



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya

BİLDİRİ ve TAM METİN KİTABI

www.medikalfizik2021.org



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ
4-7 KASIM 2021 - ANTALYA

Değerli Meslektaşlarım,

Medikal Fizik Derneği olarak bu yıl kongremizi fiziksel olarak 4-7 Kasım 2021 tarihinde sizlerin değerli katılımlarıyla Antalya Beldibi'nde Amara Premier Palace Oteli'nde yapacağız.

Medikal Fizik Derneği'nin düzenlediği medikal fizik kongreleri, ülkemizdeki medikal fizikçileri bir araya getirmekte; uluslararası katılımla, yurt içinde ve yurt dışında çalışan bilim insanlarının bilimsel gelişmeler hakkında bilgi alışverişi ve işbirliği olanaklarını arttırmayı hedeflemektedir.

Her zaman olduğu gibi bilimsel programımızı konularında uzman yurt içi ve yurt dışı değerli konuşmacılarımızın katkılarıyla gerçekleştireceğiz. Kongrede “Radyoterapi”, “Diagnostik Radyoloji” ve “Nükleer Tıp” alanlarındaki güncel uygulama ve çalışmalar sunularak tartışılacak ve alandaki yeni gelişmeler paylaşılacaktır.

Kongre Düzenleme Kurulu adına, 18. Ulusal Medikal Fizik Kongremize sizleri davet etmekten büyük onur ve kongremizde bir araya gelecek olmamızdan mutluluk duyuyoruz.



Prof. Dr. Bahar Dirican
Kongre Başkanı

Kongre Kurulları

Kongre Başkanı

Prof. Dr. Bahar Dirican

Kongre 2. Başkanı

Prof. Dr. Turan Olğar

Kongre Sekreteri

Doç. Dr. Aydın Çakır

Kongre Saymanı

Doç. Dr. Murat Okutan

Üyeler

Prof. Dr. Hilal Acar Demir

Doç. Dr. Serap Çatlı Dinç

Dr. Nezahat Olacak

Dr. Türkay Toklu

Dr. Kadir Yaray

Med. Fiz. Uzm. Ferhat Cengiz

Med. Fiz. Uzm. Alptuğ Özer Yüksel

Bilimsel Kurul

Hediye ACUN

Oya AKYOL

Fadime ALKAYA

Vildan ALPAN

Güngör ARSLAN

Songül BARLAZ US

Hatice Bilge BECERİR

Cemile CEYLAN

Aydın ÇAKIR

Tahir ÇAKIR

Yiğit ÇEÇEN

Deniz ÇELİK

Ayşe DAĞLI DEĞERLİ

Hilal ACAR DEMİR

Bayram DEMİR

Mustafa DEMİR

Serap ÇATLI DİNÇ

Bahar DİRİCAN

Ali DOĞAN

İsmail Faruk DURMUŞ

Yelda ELÇİM

Tülay ERCAN

Hakan EREN

Mehmet ERTUĞRUL ERTÜRK

Evren Ozan GÖKSEL

Fatih BİLTEKİN

Esin GÜNDEM

Basri GÜNHAN

Salih GÜRDALLI

Emel HACİİSLAMOĞLU

Tuğba HACIOSMANOĞLU

Aysun İNAL

Songül KARAÇAM

Zafer KARAGÜLER

Gönül KEMİKLER

Nazmiye DÖNMEZ KESEN

Ayhan KILIÇ

Ayşe KOCA

Canan KÖKSAL

Murat KÖYLÜ

Halil KÜÇÜCÜK

Nadir KÜÇÜK

Süreyya NUR

Nazmi OĞUZ

Murat OKUTAN

Nezahat OLACAK

Turan OLGAR

Zeynep ÖZEN

Alper ÖZSEVEN

Nural ÖZTÜRK

Şule PARLAR

Yücel SAĞLAM

Öznur ŞENKESEN

Bora TAŞ

Türkay TOKLU

Taylan TUĞRUL

Nina TUNÇEL

Hasan UYSAL

Yonca YAHŞI

Bülent YAPICI

Kadir YARAY

Doğan YAŞAR

Yağız YEDEKÇİ

Mete YEĞİNER

Ayşegül YURT

Abdullah ZARARSIZ

KONGRE BİLMSEL PROGRAMI

05 KASIM 2021, CUMA

08:00-09:00 Kayıt
09:00-09:15 Açılış Konuşmaları

1. Oturum

Oturum Başkanları: Hatice Bilge BECERİR, Nina TUNÇEL

09.15-10.00 Nanoparticles for Radiation Therapy Enhancement
Kiki THEODOROU
10.00-10.30 Kanser Tedavisinde Nanoparçacıklarla Radyokemoterapi
Hamed NOSRATİ, Yavuz Nuri ERTAŞ
10:30-11:00 Kahve Arası

Uydu Sempozyumu – Varian

11.00-11.30 Radyoterapi Sistemlerinde Yapay Zeka
Yvette WILBUR

2. Oturum - Medikal Fizik'te Yapay Zeka

Oturum Başkanı: Songül KARAÇAM

11.30-11.45 Yapay Zeka'nın Dünü Bugünü ve Yarını
Mete YEĞİNER
11.45-12.00 Radyolojide Yapay Zeka Uygulamaları
Alper SELVER
12.00-12.15 Doz Hesaplamalarında Yapay Sinir Ağlarının Kullanımı
Yağız YEDEKÇİ
12.15-12.30 Radyoterapide "Büyük Veri'nin" İşlenmesi ve Yönetimi
Hamza TATLI
12.30-14.00 Öğle Yemeği

3. Oturum - Radyoterapide Yüzey Takip Sistemleri

SALON - A

Oturum Başkanı: Tülay ERCAN

14.00-14.15 Radyoterapide Yüzey Takip Sistemlerine (SGRT) Genel Bakış
Nadir KÜÇÜK
14.15-14.30 Radyoterapide Yüzey Takip Sistemlerinin (SGRT) Klinik Rasyoneli ve Zorlukları
Esra KÜÇÜKMORKOÇ
14.30-14.45 Radyoterapide Yüzey Takip Sistemlerinin (SGRT) Uygulamaları
İsmail Faruk DURMUŞ

4. Oturum - Nükleer Tıp'ta Dozimetri

SALON - B

Oturum Başkanları: Ş. İpek KARAASLAN, Yasemin PARLAK

14.00-14.30 Temel Prensipler
Mustafa DEMİR
14.30-14.50 Simplicit^{90Y}™ Yazılımı
Bilal KOVAN
14.50-15.10 MIM SurePlan™ MRT Yazılımı
Gizem GEMİCİ
15.10-15.30 QDOSE® Yazılımı
Türkay TOKLU

KONGRE BİLMSEL PROGRAMI

05 KASIM 2021, CUMA

SALON - A

5. Oturum - Radyoterapide Solunuma bağlı hareketlerin Yönetimi

Oturum Başkanı: Murat Okutan

14.50-15.05 Radyoterapide Aktif Nefes Kontrolü (ABC) Kullanımı
Yelda ELÇİM

15.05-15.20 Varian RPM (Real-Time Position Management-RPM) Sistemi
Fatih KARAKÖSE

15.20-15.50 Kahve Arası

Sözlü Bildiriler Oturumu – 1 Oturum Başkanları: Nural ÖZTÜRK, Şule PARLAR

15.50-16.00 Cyberknife'da Fixed ve Mlc Kolimatörleri için Beyin Metastazlı Olgularda Srt Tedavi Planlarının Karşılaştırılması
Mehmet TOSUN

16.00-16.10 Farklı Sabit Bölümlü Dental Protez Materyallerinin Radyasyon Dozuna Etkisinin Gafkromik Filmler Kullanılarak Karşılaştırılması
Songül BARLAZ US

16.10-16.20 Akciğer Kanseri Hastalarının Stereotatik Beden Radyoterapisinde Farklı Jaw Genişliğinin Dozimetrik Karşılaştırılması
Sevecen Seyhun NASIR CAN

16.20-16.30 Stereotaktik Radyocerrahi VMAT Planları için Photon Optimizer ve Progressive Resolution Optimizer Algoritmalarının Karşılaştırılması
Yücel AKDENİZ

16.30-16.40 Akciğer Yarı Planının EGSnrc/BEMnrc/DOSXYZnrc Simülasyonuna İstatistiksel Belirsizliğin Etkisinin Belirlenmesi
Esin GÜNDEM

SALON - B

15.30-15.40 90Y-Mikroküre Dozimetrisinde Akciğer Dozunun Hesaplaması için Yeni bir Yazılım: Mobil kod (90YDoseCal)
Mohammad ABUQBEITAH

15.40-15.50 Radyoaktif Tedavisi Sonrası Dozimetri: Onaylanmış Yöntem
Mohammad ABUQBEITAH

15.50-16.20 Kahve Arası

6. Oturum - Radyoloji ve Nükleer Tıp'ta Tanısal Referans Değerler, Optimizasyon Oturum Başkanları: Turan OLGAR, Leyla POYRAZ

16.20-16.50 Radyolojik Uygulamalarda Tanısal Referans Değerler
Ayşegül YURT

16.50-17.20 Nükleer Tıp Uygulamalarında Tanısal Referans Değerler
Yasemin PARLAK

17.20-17.30 Girişimsel İncelemelerde Yerel Tanısal Referans Seviyelerinin Belirlenmesi: Pilot Çalışma
İsmail ÖZSOYKAL

Sözlü Bildiriler Oturumu – 2 Oturum Başkanları: Bağrı UYSAL, Bilal KOVAN

17.30-17.40 Tiroid Kanseri Radyoaktif İyot Tedavisi Sonrası Tüm Vücut Görüntülemesinde İdeal Çekim Zamanının Belirlenmesi
Serdar Sedat IŞIK

17.40-17.50 Discovery IQ ve DISCOVERY ST Model PET-BT Sistemlerinde PET Tarayıcılarının NEMA Testlerinin Karşılaştırılması
Fatma Gizem DEMİR

KONGRE BİLMSEL PROGRAMI

05 KASIM 2021, CUMA

SALON - A		SALON - B	
16.40-16.50	Radyoterapide Kullanılmak Üzere Tümöre Spesifik Nano-Boyutlu Lipozomal Radyoduyarlayıcı Geliştirilmesi Mehmet KARABUĞA	17.50-18.00	Diagnostik Radyoloji Görüntüleme Cihazlarının Periyodik Kalite Kontrolleri: Büyük Ölçekli Uygulama Örneği Yusuf Levent ERTOKTAŞ
16.50-17.00	Post-Mastektomi Meme Planlamada Metal Artefakt Önleyici Programının Kullanımının Dozimetrik Etkisi Ebru ŞİMŞEK	18.00-18.10	Tıbbi Görüntüleme Uygulamaları için Kadmiyum Çinko Tellür (CdZnTe) Algılayıcı Sistemlerinin Geliştirilmesi Ali Mürteza ALTINGÜN
17.00-17.10	Sağlıkta Kalite Standartları Kapsamında Radyasyon Güvenliği Yelda ELÇİM	18.10-18.20	3 Boyutlu Yazıcıyla Elde Edilen Farklı Baskı Örneklerinin Bilgisayarlı Tomografi Görüntülerinde Hounsfield Unit Değerlerinin Belirlenmesi İsmail ÖZSOYKAL
17.10-17.20	Akciğer Kanseri SBRT'sinde ÇYK Genişliği ve PTV Marjının Etkisi Ferhat ÇETİNEL		
17.20-17.30	Özofagus Kanseri Radyoterapisinde Intermediate Optimizasyon Modülünün Doz Dağılımına Etkisinin İncelenmesi Yaren ENGİN		
17.30-17.40	Meme Kanseri Hücre Hattı Üzerinde Gümüş Nanopartiküllerin Radyoterapi Duyarlılığı Tahir ÇAKIR		
17.40-17.50	Flat/Unflat 6 MV Foton Küçük Alan Output Faktör Ölçümlerinde Farklı Detektörler İçin TRS 483 Tavsiyesinde Düzeltme Faktörlerinin Belirlenmesi ve Karşılaştırılması Burcu HIZ TEMİZER		
17.50-18.00	Varian TrueBeam STx Cihazı için Geliştirilmekte Olan GEANT4 Tabanlı Kalite Kontrol (QA) Yazılımı Oğuzhan AYRANCIOĞLU		
18.00-18.10	Baş-Boyun Radyoterapisi Almış Hastaların Çene Kemiklerinde Geç Yan Etki Gelişim Riskinin Değerlendirmesi Ceren AYRANCIOĞLU		
18.10-18.20	Meme Koruyucu Cerrahi Sonrası Radyoterapide Farklı Tedavi Tekniklerinin Dozimetrik Karşılaştırılması İrem KAPTAN		
19.00-20.00	Açılış Kokteyli		

KONGRE BİLMSEL PROGRAMI

06 KASIM 2021, CUMARTESİ

7. Oturum - Medikal Fizikte Monte Carlo Uygulamaları

Oturum Başkanı: Serap ÇATLI DİNÇ

08.30-09.00 Medikal Fizikte Farklı Monte Carlo Kodlarının Kullanımı
Kadir AKGÜNGÖR

09.00-09.30 Monte Carlo'nun Klinik Uygulamaları (Radyoloji, Nükleer Tıp ve Radyoterapi)
Türkay TOKLU

8. Oturum

Oturum Başkanı: Hilal ACAR

09.30-10.15 Medical Malpractice in the Field of Oncology
Constantin KAPPAS

10.15-10.45 Kahve Arası

Uydu Sempozyumu – Elekta

10.45-11.15 1.5T MR Rehberliğinde Adaptif Radyoterapi
Emre Mustafa Karademir

9. Oturum

Oturum Başkanı: Aydın ÇAKIR

11.15-11.45 MR Rehberliğinde Radyoterapi
Esmâ EFE, Nazlı BİLİCİ

11.45-12.05 MR Rehberliğinde Radyoterapide Kalite Kontrol
Derya YÜCEL

12.05-12.25 MR Sistemlerinde Kalite Kontrol
GE– Onur GÜLBABA

12.25-14.00 Öğle Yemeği

10. Oturum - Radyoterapide Cihaz ve Hasta Kalite Temini (QA)

Oturum Başkanları: Emel HACİİSLAMOĞLU, Salih GÜRDALLI

SALON - A

14.00-14.30 Radyoterapide Cihaz ve Hasta Kalite Temini (QA)
Ertuğrul ERTÜRK

14.30-15.00 EPID Tabanlı 3 Boyutlu InVivoDozimetreSisteminin Klinikte Kullanılabilirliği: Hastaya özgü kalite kontrol, cihaz bazlı kalite kontrol ve prelinik dozimetre
Fatih BİLTEKİN

11. Oturum - Radyolojik Uygulamalarda Hasta Dozimetrisi

Oturum Başkanı: Türkay TOKLU

SALON - B

14.00-14.45 Radyografi, BilgisayarlıTomorafi ve Mamografi'de Hasta Dozimetri Yöntemleri
Turan OLGAR

14.45-15.30 Klinik Uygulamaları
İsmail ÖZSOYKAL

KONGRE BİLMSEL PROGRAMI

06 KASIM 2021, CUMARTESİ			
SALON - A		SALON - B	
15.00-15.30	Görüntü Rehberliğinde Radyoterapi Sistemlerinin Görüntüleme Bileşenlerinin Kalite Temini Esin GÜNDEM	15:30-16:00	Kahve Arası
15:30-16:00	Kahve Arası		
Sözlü Bildiriler Oturumu – 3 Oturum Başkanları: Nezahat OLACAK, Öznur ŞENKESEN		12. Oturum - Tanı ve Tedavi Uygulamalarında Doz ve Görüntü Kalitesinin Değerlendirilmesi Oturum Başkanları: Turan OLGAR, Bağnu UYSAL	
16.00-16.10	İki Farklı Solunum Takip Sisteminin (Real-Time Position Management ve Deviceless 4 Dimension) Ev Yapımı Hareketli Fantomla Değerlendirilmesi Songül ÇAVDAR KARAÇAM	16.00-16.45	Radyolojik Uygulamalarda Doz ve Görüntü Kalitesi Asena YALÇIN
16.10-16.20	Profilaktik Kranial Işınlamalarda VMAT, 3B Konformal ve DCAT Tekniklerinin Dozimetrik Karşılaştırılması Dursun EŞİTMEZ	16.45-17.30	Nükleer Tıp Uygulamalarında Doz ve Görüntü Kalitesi Muhammet MEDYENOĞLU
16.20-16.30	Preciseplan Planlama Sisteminin Doz Hesaplamalarında Foton Demetleri İçin Kalite Temininin Değerlendirilmesi Semiha AŞKIN	Oturuma Özgü Sözel Bildiriler Oturum Başkanları: Turan OLGAR, Bağnu UYSAL	
16.30-16.40	Elekta Synergy Lineer Hızlandırıcı Tedavi Kafası Geometrisinin CAD ile Çizimi ve Geant4 Monte Carlo Yazılımına Aktarılması Recep KANDEMİR	17.30-17.40	Tc-99m ve I-123 Görüntülemelerde DEW/TEW Saçılma Düzeltme Yöntem Uygulamaları Melek CAN
16.40-16.50	Hasta Kalite-Kontrol Sonuçlarının Takip ve Analizini Yapan Python Yazılımı Recep KANDEMİR	17.40-17.50	Monte Carlo Yöntemiyle Oluşturulan Görüntüden MTF Hesaplanması Aziz Rasim YUSUF
16.50-17.00	Hi Art Tomotherapy Planlama Sisteminde Bulunan Parametrelerin Prostat Kanseri Tedavi Planlamalarına Etkilerinin İncelenmesi Ahmet Fatih YÜREKLİ		

KONGRE BİLMSEL PROGRAMI

06 KASIM 2021, CUMARTESİ

SALON - A

17.00-17.10	Akciğer SBRT Tedavilerinde DCAT ve VMAT Yöntemlerinin Dozimetrik Olarak Karşılaştırılması Melisa AKMANLAR
17.10-17.20	Çok Kriterli Optimizasyon Yöntemi Kullanılarak Beyin Tümörlü Hasta Planlarının Karşılaştırılması Ayşe Gülbin KAVAK
17.20-17.30	Baş Boyun Radyoterapi Yapılan Hastalarda Adaptif Uygulamaların Hedef ve Kritik Organlara Etkisinin İncelenmesi Özlem GÖREN
17.30-17.40	Post-Mastektomi Radyoterapi Uygulanan Meme Kanseri Hastalarda Rotasyonel Set-Up Belirsizliğinin Cone-Beam Bilgisayarlı Tomografi Görüntüleri Üzerinden Değerlendirilmesi Büşra BULUT
17.40-17.50	Yüksek Doz Hızlı Vajinal Brakiterapide Farklı Multikanal Aplikatör Doluluk Kombinasyonlarının Dozimetrik Karşılaştırılması Rozana BUCI
17.50-18.00	Akciğer Kanserinin Hacimsel Modülasyonlu Ark Tedavisinde 4 Boyutlu Konik Işınli Bilgisayarlı Tomografi ile Altı Serbestlik Dereceli Masa Kullanılarak Planlama Hedef Hacim Marjının Fraksiyonlar Arası Geometrik Yeterliliğinin Değerlendirilmesi Yücel SAĞLAM
18.00-18.10	Küçük Hücreli Akciğer Kanseri Hipokampampüs-Korumalı Profilaktik Tüm Beyin Radyoterapisinin (HA-PWBRT) Volumetrik Ark Tedavisi ve Helikal Tomoterapinin Dozimetrik Karşılaştırması; Tedavi Planlarına Dayalı Çalışma Sevecen Seyhun NASIR CAN
18.10-18.20	Prostat Kanseri Sterotaktik Vücut Radyoterapisinde (SBRT) Endorektal Balon Kullanımının Dozimetrik İncelenmesi Kadir YARAY
18.20-18.30	Meme Kanseri Nedeniyle 3 Boyutlu Planlama İle Postoperatif Radyoterapi Uygulanan Hastaların Retrospektif Olarak Kardiak Parametrelerinin Volümetrik Değerlendirilmesi Ayça İRİBAŞ ÇELİK
20.00	Gala Yemeği



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



KONGRE BİLMSEL PROGRAMI

07 KASIM 2021, PAZAR

13. Oturum - Helikal Tomoterapi

Oturum Başkanı: Kadir YARAY

SALON - A

08.30-08.50	Helikal Tomoterapide Akıllı Teknolojiler ve Güncel Gelişmeler MEDİTEL – Bora İMRAN
08.50-09.10	Helikal Tomoterapide Klinik Uygulamalar Evren Ozan GÖKSEL
09.10-09.30	Günümüzde Adaptif Radyoterapi Uygulama Yöntemleri Zeynep ÖZEN

14. Oturum

Oturum Başkanları: Bilal KOVAN, Tuğba HACIOSMANOĞLU

SALON - B

08.30-09.00	Yerli Görüntüleme Sistemleri ASELSAN – Ömer DEMİRKAYA
09.00-09.30	Yerli Hasta ve Personel Dozimetri Sistemleri RADKOR – Şamil Osman GÜRDAL
09.30-10.00	Yerli Radyasyon Ölçüm Cihazı Üretimi ALARA RGD – Devrim DEMİRAĞ
10.00-10.30	Yerli Gama Prob ve Portatif Gama Kamera Üretimi Sabancı Üniversitesi - Emrah KALEMCİ

SALON - A

15. Oturum - Radyobiyojoloji

Oturum başkanı: Bahar DİRİCAN

09.30-10.00	SRS-SBRT ışınlamalarında ve İkinci seri ışınlama stratejilerinde radyobiyojolojik yaklaşım Cemile CEYLAN
10.00-10.30	Adaptif Radyoterapiye Radyobiyojolojik Yaklaşım Aysun İNAL
10.30-11:00	Kahve Arası
11:00-11:15	Kapanış Töreni



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



KONUSMA METİNLERİ

KM.1- NANOPARTICLES FOR RADIATION THERAPY ENHANCEMENT	
Kiki Theodorou	2
KM.2 - YAPAY ZEKA'NIN DÜNYÜ, BUGÜNÜ, YARINI	
Mete Yeginer	3
KM.3 - RADYOLOJİDE YAPAY ZEKA UYGULAMALARI	
M. Alper Selver	4
KM.4 - DOZ HESAPLAMALARINDA YAPAY SİNİR AĞLARININ KULLANIMI	
Yağız Yedekçi	5
KM.5 - RADYOTERAPİDE YÜZEY TAKİP SİSTEMLERİNE (SGRT) GENEL BAKIŞ	
Nadir Küçük	6
KM.6 - RADYOTERAPİDE YÜZEY TAKİP SİSTEMLERİNİN (SGRT) KLİNİK RASYONELİ VE ZORLUKLARI	
Esra Küçükorkoç	7
KM.7 -RADYOTERAPİDE YÜZEY TAKİP SİSTEMLERİNİN (SGRT) UYGULAMALARI	
İsmail Faruk Durmuş	8
KM.8 - RADYOTERAPİDE AKTİF NEFES KONTROLÜ (ABC) KULLANIMI	
Yelda Elçim	9
KM.9 - REAL-TIME POSITION MANAGEMENT (RPM)	
Fatih Karaköse	12
KM.10 - NÜKLEER TIPTA DOZİMETRİ: TEMEL PRENSİPLER	
Mustafa Demir	13
KM.11 - QDOSE® YAZILIMI	
Türkey Toklu	16
KM.12 - RADYOLOJİK UYGULAMALARDA TANISAL REFERANS SEVİYELER	
Ayşegül Yurt	17
KM.13 - NÜKLEER TIPTA TANISAL REFERANS SEVİYELERİ	
Yasemin Parlak	18
KM.14 - MONTE CARLO'NUN KLİNİK UYGULAMALARI	
Türkey Toklu	19
KM.15 - MEDİKAL MALPRACTICE IN THE FIELD OF ONCOLOGY	
Constantin Kappas	21
KM.16 - MR REHBERLİĞİNDE RADYOTERAPİ	
Nazlı Bilici Güven	22
KM.17 - MR-LİNAK'LARDA KALİTE KONTROL	
Derya Yücel	25
KM.18 - EPID TABALI 3 BOYUTLU İN VİVO DOZİMETRE SİSTEMİ'NİN KLİNİKTE KULLANILABİLİRLİĞİ: HASTAYA ÖZGÜ KALİTE KONTROL, CİHAZ BAZLI KALİTE KONTROL VE PREKLİNİK DOZİMETRE	
Fatih Biltekin	26
KM.19 -GÖRÜNTÜ REHBERLİĞİNDE RADYOTERAPİ SİSTEMLERİNİN GÖRÜNTÜLEME BİLEŞENLERİNİN KALİTE TEMİNİ	
Esin Gündem	28
KM.20 - RADYOGRAFİ, BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ VE MAMOGRAFİ'DE HASTA DOZİMETRİ YÖNTEMLERİ	
Turan Olğar	29
KM.21 - RADYOLOJİK UYGULAMALARDA HASTA DOZİMETRİSİ: KLİNİK UYGULAMALAR	
İsmail Özsoykal	30
KM.22 - RADYOLOJİK UYGULAMALARDA DOZ VE GÖRÜNTÜ KALİTESİ	
Asena Yalçın	31
KM.23 -HELİKAL TOMOTERAPİDE KLİNİK UYGULAMALAR	
Evren Ozan Göksel	32
KM.24 - ADAPTİF RADYOTERAPİDE GÜNCEL YAKLAŞIMLAR:	
Zeynep Özen	36
KM.25 - SRS-SBRT UYGULAMALARINDA VE YENİDEN İŞINLAMALARDA RADYOBİYOLOJİK YAKLAŞIM	
Cemile Ceylan	39
KM.26 - ADAPTİF RADYOTERAPİYE RADYOBİYOLOJİK YAKLAŞIM	
Aysun İnal	42
KM.27 - DOZİMETRİ TEKNOLOJİLERİ	
Şamil Osman Gürdal	44
KM.28 - YERLİ RADYASYON ÖLÇÜM CİHAZI ÜRETİMİ	
Devrim Demirağ	45
KM.29 - NANOPARTICLES FOR SYNCHRONOUS RADIOCHEMOTHERAPY	
Hamed Nosrati ¹ , Yavuz Nuri Ertas ^{1,2}	46



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



SÖZEL BİLDİRİLER

OP.1 - Hİ ART TOMOTHERAPY PLANLAMA SİSTEMİNDE BULUNAN PARAMETRELERİN PROSTAT KANSERİ TEDAVİ PLANLAMALARINA ETKİLERİNİN İNCELENMESİ <u>Ahmet Fatih Yürekli¹, Mete Yeğiner², Eda Küçüktülü³, Gökhan Özyiğit², H. Fadıl Akyol²</u>	48
OP.2 - CYBERKNİFE'İN FİXED VE MLC KOLİMATÖRLERİ İÇİN BEYİN METASTAZLI OLGULARDA SRT TEDAVİ PLANLARININ DOZİMETRİK KARŞILAŞTIRMASI <u>Mehmet Tosun, Sibel Kahraman Çetintaş, Metin Zorlutuna, Hidayetül Mediha Kılıç, Arda Kahraman, Ali Altay, Candan Demiröz Abakay, Meral Kurt</u>	49
OP.3 - MEME KORUYUCU CERRAHİ SONRASI RADYOTERAPİDE FARKLI TEDAVİ TEKNİKLERİNİN DOZİMETRİK KARŞILAŞTIRILMASI <u>İrem Kaptan, Bahar Dirican,</u>	50
OP.4 - FARKLI SABİT BÖLÜMLÜ DENTAL PROTEZ MATERYALLERİNİN RADYASYON DOZUNA ETKİSİNİN GAFKROMİK FİLMER KULLANILARAK KARŞILAŞTIRILMASI <u>Songül Barlaz Usl¹, Ayşe Seda Ataoğlu², Gülfem Ergün³, Aytül Kanat⁴, Eda Kaya Pepele⁵</u>	51
OP.5 - PROFİLAKTİK KRANİAL İŞINLAMALARDA VMAT, 3B KONFORMAL VE DCAT TEKNİKLERİNİN DOZİMETRİK KARŞILAŞTIRILMASI <u>Dursun Eşitmez¹, Ebru Şimşek¹, Gülfem Süsoy Doğan², Ayşe Okumuş¹, İsmail Faruk Durmuş^{1,3}</u>	52
OP.6 - STEREOTAKTİK RADYOCERRAHİ VMAT PLANLARI İÇİN <i>PHOTON OPTİMİZER</i> VE <i>PROGRESSİVE RESOLUTION OPTİMİZER</i> ALGORİTMALARININ KARŞILAŞTIRILMASI <u>Yücel Akdeniz</u>	53
OP.7 - TC-99M VE I-123 GÖRÜNTÜLEMEDE DEW/TEW SAÇILMA DÜZELTME YÖNTEM UYGULAMALARI <u>Melek Can¹, Özlem Karadeniz^{2,1}, Türkan Ertay^{3,1}, Gamze Çapa Kaya^{3,1}</u>	54
OP.8 - MEME KANSERİ HÜCRE HATTI ÜZERİNDE GÜMÜŞ NANOPARTİKÜLLERİN RADYOTERAPİ DUYARLILIĞI <u>Tahir Çakır¹, Cengiz Karakaya², Gökhan Görgişen³, İ. Musab Gülaçar⁴, Nina Tunçel⁵</u>	55
OP.9 - TIBBİ GÖRÜNTÜLEME UYGULAMALARI İÇİN KADMIYUM ÇİNKO TELLÜR (CDZNT) ALGILAYICI SİSTEMLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ <u>Ali Mürteza Altıngün¹, Emrah Kalemci¹, Raşit Turan², Mehmet Can Karaman², Merve Genc², Cemile Ceylan³, Kezban Berberoğlu⁴</u>	56
OP.10 - TİROİD KANSERİNDE RADYOAKTİF İYOT TEDAVİSİ SONRASI TÜM VÜCUT GÖRÜNTÜLEMESİNDE İDEAL ÇEKİM ZAMANININ BELİRLENMESİ <u>Serdar Sedat Işık, Füsun Çetin</u>	57
OP.11 - POST-MASTEKTOMİ MEME PLANLAMADA METAL ARTEFAKT ÖNLEYİCİ PROGRAMININ KULLANIMININ DOZİMETRİK ETKİSİ <u>Ebru Şimşek¹, Dursun Eşitmez¹, Ayşe Okumuş¹, Nezihe Seden Küçüktürk¹, İsmail Faruk Durmuş²</u>	58
OP.12 - AKCİĞER KANSERİ SBRT'SİNDE ÇYK GENİŞLİĞİ VE PTV MARJİNİN ETKİSİ <u>Ferhat Çetinel, Bahar Dirican</u>	59
OP.13 - ÖZOFAGUS KANSERİ RADYOTERAPİSİNDE INTERMEDIATE OPTİMİZASYON MODÜLÜNÜN DOZ DAĞILIMINA ETKİSİNİN İNCELENMESİ <u>Yaren Engin, Canan Köksal Akbaş, Şule Karaman, Hatice Bilge Becerir</u>	60
OP.14 - ⁹⁰Y-MİKROKÜRE DOZİMETRİSİNDE AKCİĞER DOZUNUN HESAPLAMASI İÇİN YENİ BİR YAZILIM: MOBİL KOD (90YDOSECAL) <u>Mohammad Abuqbeitah¹, Nazenin İpek², Mustafa Demir¹</u>	62
OP.15 - RADYOİYOT TEDAVİSİ SONRASI DOZİMETRİ: ONAYLANMIŞ YÖNTEM <u>Mohammad Abuqbeitah¹, Nazenin İpek², Mustafa Demir¹</u>	63
OP.16 - FLAT/UNFLAT 6 MV FOTON KÜÇÜK ALAN OUTPUT FAKTÖR ÖLÇÜMLERİNDE FARKLI DETEKTÖRLER İÇİN TRS 483 TAVSİYESİNDE DÜZELTME FAKTÖRLERİNİN BELİRLENMESİ VE KARŞILAŞTIRILMASI <u>Burcu Hız Temizer¹, Cemile Ceylan^{2,1}, Türkay Toklu^{3,1}, Şerife İpek Karaaslan¹, Alper Özkan²</u>	64
OP.17 - VARIAN TRUEBEAM STX CİHAZI İÇİN GELİŞTİRİLMekte OLAN GEANT4 TABANLI KALİTE KONTROL (QA) YAZILIMI <u>Oğuzhan Ayrancıoğlu^{1,2}, Kadir Akgüngör³</u>	65
OP.18 - DISCOVERY IQ VE DISCOVERY ST PET-BT SİSTEMLERİNİN PERFORMANSLARININ NEMA TESTLERİ KULLANILARAK KARŞILAŞTIRILMASI <u>Fatma Gizem Demir¹, Mustafa Yasir Özpeliçioğlu¹, Türkay Toklu², Murat Tuncel¹, Ömer Uğur¹</u>	66
OP.19 - BAŞ-BOYUN RADYOTERAPİSİ ALMIŞ HASTALARIN ÇENE KEMİKLERİNDE GEÇ YAN ETKİ GELİŞİM RİSKİNİN DEĞERLENDİRMESİ <u>Ceren Ayrancıoğlu, Oğuzhan Ayrancıoğlu, Doğan Akçay, Hasan Oğuz Çetinayak, Şeyda Kınay, Nuri Karabay, Gamze Çapa Kaya, Fadime Akman</u>	67
OP.20 - PROSTAT KANSERİ STEREOTAKTİK VÜCUT RADYOTERAPİSİNDE (SBRT) ENDOREKTAL BALON KULLANIMININ DOZİMETRİK İNCELENMESİ <u>Kadir Yaray, Mete Gündoğ</u>	68
OP.21 - SAĞLIKTA KALİTE STANDARTLARI KAPSAMINDA RADYASYON GÜVENLİĞİ <u>Yelda Elçim</u>	69



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



OP.22 - İKİ FARKLI SOLUNUM TAKIP SİSTEMİNİN (REAL-TİME POSITION MANAGEMENT VE DEVİCELESS 4 DİMENSİYON) EV YAPIMI HAREKETLİ FANTOMLA DEĞERLENDİRİLMESİ <u>Songül Çavdar Karaçam</u> ^{1,2} , Duygu Tunçman ¹ , Elif Kayhan ² , Ceren Ciciyık Barlas ² , Didem Çolpan Öksüz ² , H. Fazilet Öner Dinçbaş ²	70
OP.23 - YÜKSEK DOZ HIZLI VAJİNAL BRAKİTERAPİDE FARKLI MULTİKANAL APLİKATÖR DOLULUK KOMBİNASYONLARININ DOZİMETRİK KARŞILAŞTIRILMASI <u>Rozana Buci</u> ¹ , Yusuf Ziya Hazera ² , Hakan Eren ² , Senem Alanyalı ² , Murat Köylü ² , Nezahat Olacak ² , Zeynep Özşaran ² , Yavuz Anacak ²	71
OP.24 - AKCİĞER KANSERLİ HASTALARIN STEREOTATİK BEDEN RADYOTERAPİSİNDE FARKLI JAW GENİŞLİĞİNİN DOZİMETRİK KARŞILAŞTIRILMASI <u>Sevecen Seyhun Nasır Can</u> , Naciye Işık, Beyhan Ceylaner Bıçakcı, Deniz Karpaz, Gökhan Yaprak	74
OP.25 - AKCİĞER SBRT TEDAVİLERİNDE DCAT VE VMAT YÖNTEMLERİNİN DOZİMETRİK OLARAK KARŞILAŞTIRILMASI <u>Melisa Akmanlar</u> ¹ , Mert Cananoğlu ² , Sümeysa Mandal ³ , Özgür Kara ⁴ , Mecit Canbolat ⁵ , Yiğit Çeçen ⁵ , İlker Çatan ⁵ , Çağrı Yazgan ⁵ , Taylan Bükülmez ²	75
OP.26 - DİAGNOSTİK RADYOLOJİ GÖRÜNTÜLEME CİHAZLARININ PERİYODİK KALİTE KONTROLLERİ: BÜYÜK ÖLÇEKLİ UYGULAMA ÖRNEĞİ <u>Yusuf Levent Ertoktaş</u> ¹ , Ufuk Karanfil ² , Baha Kılıç ³ , Türkay Toklu ^{1,4}	76
OP.27 - 3 BOYUTLU YAZICIYLA ELDE EDİLEN FARKLI BASKI ÖRNEKLERİNİN BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ GÖRÜNTÜLERİNDE HOUNSFİELD ÜNİT DEĞERLERİNİN BELİRLENMESİ <u>İsmail Özsoykal</u> ¹ , Buğra Hüsemoglu ² , Aysegül Yurt ¹	77
OP.28 - GİRİŞİMSSEL İNCELEMELERDE YEREL TANISAL REFERANS SEVİYELERİNİN BELİRLENMESİ: PİLOT ÇALIŞMA <u>İsmail Özsoykal</u> ¹ , Dilara Karakuş ¹ , Özkan Alataş ² , Aysegül Yurt ¹	78
OP.29 - PRECİSEPLAN PLANLAMA SİSTEMİNİN DOZ HESAPLAMALARINDA FOTON DEMETLERİ İÇİN KALİTE TEMİNİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ <u>Semiha Aşkın</u> , Bahar Dirican	79
OP.30 - ELEKTA SYNERGY LİNEER HIZLANDIRICI TEDAVİ KAFASI GEOMETRİSİNİN CAD İLE ÇİZİMİ VE GEANT4 MONTE CARLO YAZILIMINA AKTARILMASI <u>Recep Kandemir</u> ^{1,2} , Kadir Akgüngör ³	80
OP.31 - HASTA KALİTE-KONTROL SONUÇLARININ TAKİP VE ANALİZİNİ YAPAN PYTHON YAZILIMI <u>Recep Kandemir</u> ^{1,2} , Kadir Akgüngör ³	81
OP.32 - BAŞ-BOYUN RADYOTERAPİSİ YAPILAN HASTALARDA ADAPTİF UYGULAMALARIN HEDEF VE KRİTİK ORGANLARA ETKİSİNİN İNCELENMESİ <u>Özlem Gören</u> ¹ , Miraç Kamışlıoğlu ² , Emre Şanlı ³ , Esra Küçükorkoç ³ , Süleyman Çelebi ³ , Nadir Küçük ³	82
OP.33 - POST-MASTEKTOMİ RADYOTERAPİ UYGULANAN MEME KANSERLİ HASTALARDA ROTASYONEL SET-UP BELİRSİZLİĞİNİN CONE-BEAM BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ GÖRÜNTÜLERİ ÜZERİNDEN DEĞERLENDİRİLMESİ <u>Büşra Bulut</u> ¹ , Uğur Akbayır ^{1,2} , Hatice Halis ³ , Haldun Şükrü Erkal ⁴	84
OP.34 - MEME KANSERİ NEDENİYLE 3 BOYUTLU PLANLAMA İLE POSTOPERATİF RADYOTERAPİ UYGULANAN HASTALARIN RETROSPEKTİF OLARAK KARDİAK PARAMETRELERİNİN VOLÜMETRİK DEĞERLENDİRİLMESİ <u>Ayça İrbaş Çelik</u> ¹ , Aysegül Ünal Karabey ² , Özgehan Onay ³ , Songül Ç. Karaçam ³ , Deniz Çebi Olgun ⁴ , Ahmet Dirican ⁵ , Nuran Şenel Beşe ⁶	85
OP.35 - AKCİĞER YART PLANININ EGSNRC/BEMNRC/DOSXYZNRC SİMÜLASYONUNA İSTATİSTİKSEL BELİRSİZLİĞİN ETKİSİNİN BELİRLENMESİ <u>Esin Gündem</u> , Bahar Dirican	87
OP.36 - ÇOK KRİTERLİ OPTİMİZASYON YÖNTEMİ KULLANILARAK BEYİN TÜMÖRLÜ HASTA PLANLARININ KARŞILAŞTIRILMASI <u>Ayşe Gülbin Kavak</u> , İhsan Karşlıoğlu	88
OP.37 - AKCİĞER KANSERİNİN HACİMSSEL MODÜLASYONLU ARK TEDAVİSİNDE 4 BOYUTLU KONİK IŞINLI BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ İLE ALTI SERBESTLİK DERECELİ MASA KULLANILARAK PLANLAMA HEDEF HACİM MARJININ FRAKSİYONLAR ARASI GEOMETRİK YETERLİLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ <u>Yücel Sağlam</u>	89
OP.38 - KÜÇÜK HÜCRELİ AKCİĞER KANSERİNDE HİPOKAMPAMPÜS-KORUMALI PROFİLAKTİK TÜM BEYİN RADYOTERAPİSİNİN (HA-PWBRT) VOLUMETRİK ARK TEDAVİSİ VE HELİKAL TOMOTERAPİNİN DOZİMETRİK KARŞILAŞTIRMASI; TEDAVİ PLANLARINA DAYALI ÇALIŞMA <u>Özlem Yetmen Doğan</u> , Nilsu Çini, <u>Sevecen Seyhun Nasır Can</u>	91
OP.39 - RADYOTERAPİDE KULLANILMAK ÜZERE TÜMÖRE SPESİFİK NANO-BOYUTLU LİPOZOMAL RADYODUYARLAŞTIRICI GELİŞTİRİLMESİ <u>Mehmet Karabuğa</u>	92
OP.40 - MONTE CARLO YÖNTEMİYLE OLUŞTURULAN GÖRÜNTÜDEN MTF HESAPLANMASI <u>Aziz Rasim Yusuf</u> , Özlem Birgül, Doğan Bor	93



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



POSTER BİLDİRİLER

PP.1 - ERKEN EVRE MEME KANSERLİ HASTALARDA HIZLANDIRILMIŞ KISMİ MEME IŞINLAMASINDA VMAT-CYBERKNİFE TEDAVİ PLANLARINDA KALBİN DOZİMETRİK İNCELENMESİ <u>Hidayet'ül Mediha Kılıç¹, Öznur Sarıbaş¹, Zeynep Kıraner¹</u>	95
PP.2 - BRAKİTERAPİ PLANLAMASINDA DOZ OPTİMİSAZYONLARIN KARŞILAŞTIRILMASI <u>Berna Erdurmuş Tırpancı¹, Nalan Özkan², Aysegül Ünal Karabey¹, Deniz Çelik¹, Özlem Ay¹, Gülşah Özkan¹, Aykut Oğuz Konuk¹, Binnaz Sarper¹</u>	96
PP.3 - BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİDE TÜP AKIMI MODÜLASYON SİSTEMİNİN HASTA DOZUNA ETKİSİ <u>Salih Görür</u>	97
PP.4 - FARKLI BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ VERİLERİNİN TEDAVİ PLANLAMA SİSTEMİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ <u>Melis Teke¹, Ersan Yılmaz¹, Aysegül Ünal Karabey², Mehmet Sinan Karabey¹</u>	100
PP.5 - MANYETİK REZONANS GÖRÜNTÜLEME ÜNİTESİNDE GÜVENLİK KÜLTÜRÜ: MEDİKAL FİZİKÇİ BAKIŞI <u>İbrahim Ashyüce¹, Nina Tunçel²</u>	101
PP.6 - BİLATERAL MEME IŞINLAMALARINDA VMAT VE SW-IMRT TEKNİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI <u>Dursun Eşitmez¹, Ebru Şimşek¹, Gülfem Süsoy Doğan², Nezihe Seden Küçükçik¹, İsmail Faruk Durmuş^{1,3}</u>	102
PP.7 - MANYETİK REZONANS GÖRÜNTÜLEMEDE GÖRÜNTÜ OLUŞTURMA TEKNİKLERİ <u>İbrahim Ashyüce¹, Nina Tunçel²</u>	103
PP.8 - 3 FARKLI TEDAVİ PLANLAMA SİSTEMİ ALGORİTMALARI İLE OLUŞTURULAN HACİM FARKLILIKLARININ KARŞILAŞTIRILMASI <u>Aysegül Ünal Karabey¹, Gülşah Özkan¹, Berna Tırpancı¹, Aykut Oğuz Konuk¹, Melis Teke², Ersan Yılmaz², İbrahim Halil Suyusal¹, Sinan Karabey², Görkem Aksu¹</u>	104
PP.9 - PROSTAT HACİMSEL YOĞUNLUK AYARLI ARK TERAPİ (VMAT) PLANLARININ PORTAL DOZİMETRE TEKNİĞİYLE TEDAVİ ÖNCESİ HASTA BAZLI KALİTE GÜVENİLİRLİKLERİNİN İNCELENMESİ <u>Gülşah Özkan¹, Aysegül Ünal Karabey¹, Berna Tırpancı¹, Aykut Oğuz Konuk¹, İbrahim Halil Suyusal¹, Gülfem Güneş¹, Nermin Mirzazade¹, Görkem Aksu¹</u>	105
PP.10 - MEDİKAL LİNEER HIZLANDIRICI KAFASINDA YER ALAN DÜZLEŞTİRİCİ FİLTREDEKİ ELEMENTLERİN FOTO-NÖTRON TESİR KESİTİNİN İNCELENMESİ <u>Uğur Ofllaz¹, İsmail Hakkı Sarpün², Hasan Özdoğan³</u>	106
PP.11 - KÜÇÜK HÜCRELİ DIŞI AKCİĞER KANSERİ RADYOTERAPİSİNDE HİBRİT TEKNİK İLE ELDE EDİLEN PLANLARDA DOZ DAĞILIMLARININ STANDART TEDAVİ TEKNİKLERİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI <u>Merve Fidan¹, Canan Köksal Akbaş¹, Şule Karaman¹, Hatice Bilge Becerir¹</u>	107
PP.12 - AKCİĞER KANSERİNİN RADYOTERAPİSİNDE AKCİĞERİN ALDIĞI DOZU AZALTMAK İÇİN YOĞUNLUK AYARLI TEDAVİ TEKNİĞİ İLE OLUŞTURULAN HİBRİT TEKNİĞİN ARAŞTIRILMASI <u>Merve Fidan¹, Canan Köksal Akbaş¹, Şule Karaman¹, Hatice Bilge Becerir¹</u>	108
PP.13 - SAĞ AKCİĞER KANSERİ TEDAVİSİNDE RAYSTATION VE MONACO TEDAVİ PLANLAMA SİSTEMLERİNİN TOPLAM MONİTOR ÜNİT VE OPTİMİZASYON SÜRESİ AÇISINDAN KARŞILAŞTIRILMASI <u>Melis Teke¹, Ersan Yılmaz², Mert Cananoglu², Mecit Canbolat³, İlker Çatan³, Taylan Bükülmez², Mehmet Sinan Karabey¹</u>	109
PP.14 - PROSTAT KANSERİ TEDAVİSİNDE RAYSTATION VE MONACO TEDAVİ PLANLAMA SİSTEMLERİNİN TOPLAM MONİTOR ÜNİT VE OPTİMİZASYON SÜRESİ AÇISINDAN KARŞILAŞTIRILMASI <u>Taylan Bükülmez¹, Mert Cananoglu¹, Melis Teke², Ersan Yılmaz², Mecit Canbolat³, İlker Çatan³, Mehmet Sinan Karabey²</u>	110
PP.15 - FARKLI TEDAVİ PLANLAMA SİSTEMİ ALGORİTMALARINDA TÜM VÜCUT IŞINLAMASININ DOZ KARŞILAŞTIRILMASI <u>Gökçe Uçar Alveroğlu¹, Nazmiye Dönmez Keskin¹, Canan Köksal Akbaş¹, İnci Kınır Çeltik², Hatice Bilge Becerir¹</u>	111
PP.16 - GLİOBLASTOMA HASTALARINDA ADAPTİF RADYOTERAPİ: HEDEF HACİM VE RİSK ALTINDAKİ ORGAN DOZLARI DEĞİŞİMİ <u>Öznur Şenkesen¹, Evrim Tezcanlı¹, Ufuk Abacıoğlu¹, Zeynep Özen², Halil Küçükçik², Evren Ozan Göksel¹, Alptekin Arifoğlu², Meriç Şengöz¹</u>	112
PP.17 - PROSTAT KANSERİ YOĞUNLUK AYARLI RADYOTERAPİ TEDAVİSİNDE REKTUM VOLÜMÜNÜN AKUT GASTRO İNTESTİNAL TOKSİSİTE OLUŞUMUNA ETKİSİ <u>Gamze Boz¹, Duygu Gedik¹, Sevim Eryılmaz¹, Ayfer Ay Eren¹</u>	116
PP.18 - AKCİĞER KANSERİ TEDAVİSİNDE YOĞUNLUK AYARLI RADYOTERAPİ TEKNİĞİ KULLANILARAK TEDAVİ PLANLAMA SİSTEMLERİNİN FARKLILIKLARININ İNCELENMESİ <u>Aykut Oğuz Konuk¹, Aysegül Ünal Karabey¹, Gülşah Özkan¹, Berna Tırpancı¹, Ersan Yılmaz², Melis Teke², İbrahim Halil Suyusal¹, Mehmet Sinan Karabey², Maksut Görkem Aksu¹</u>	117
PP.19 - SAĞ MEME HASTASINDA 3D-CRT, VMAT VE IMRT TEDAVİ PLANLAMA TEKNİKLERİNİN DOZİMETRİK KARŞILAŞTIRILMASI <u>Kadir Taşpınar¹, Bahar Dirican¹, Murat Beyzadeoğlu¹</u>	118
PP.20 - MULTİPLE METASTAZLI BEYİN TÜMÖRLERİNDE SRS TEDAVİLERİNİN RTOG PROTOKOLLERİNE GÖRE İNCELENMESİ <u>Taha Erdoğan¹, Elif Şahin², Şule Öncül², Duriye Öztürk¹</u>	121



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



PP.21 - HASTAYA ÖZEL 3 BOYUTLU MODELLER KULLANILARAK GLİOBLASTOMA RADYOTERAPİSİNDE YART VE VMAT TEKNİKLERİNİN DOZİMETRİK KARŞILAŞTIRILMASI <u>Meryem Cansu Şahin¹, Kaan Manisa²</u>	122
PP.22 - MEME RADYOTERAPİSİNDE ALAN DIŞI TİROİD VE PAROTİS DOZLARININ TERMOLÜMİNESANS DOZİMETRELER İLE DOZİMETRİK OLARAK İNCELENMESİ <u>Osman Vefa Gül¹, Gökçen İnan</u>	123
PP.23 - FARKLI SİLİNDİR TİPİ İYON ODALARININ ENERJİ VE ALAN BOYUTU PERFORMANSLARININ GEANT4 SİMÜLASYONU İLE KARŞILAŞTIRILMALI DEĞERLENDİRİLMESİ <u>Oğuzhan Ayrancıoğlu^{1,2}, Recep Kandemir^{2,3}, Gizem Şişman^{2,3}, Kadir Akgüngör⁴</u>	124
PP.24 - VAJİNAL KUBBE IŞINLAMASI PLANLAMA TOMOGRAFİSİ GÖRÜNTÜLERİNDE METAL ARTEFAKT AZALTMA ALGORİTMASININ DOZİMETRİK DEĞERLENDİRİLMESİ <u>Şefika Arzu Ergen¹, Songül Karaçam¹, Sevda Kanat¹, Ceren Ciciyık¹, İsmet Şahinler</u>	125
PP.25 - F-18 FDG PET/BT ONKOLOJİK GÖRÜNTÜLEMEDE BİR YALANCI POZİTİFLİK NEDENİ: FRONTAL BÖLGEDE TRAVMAYA BAĞLI F-18 FDG TUTULUMU VE ANAMNEZİN ÖNEMİ <u>Serdar Sedat Işık^{1,2}</u>	126
PP.26 - DERİN NEFES TUTMA TEKNİĞİ İLE SOL MEME RADYOTERAPİSİ UYGULANAN MEME KANSERLİ HASTALARDA DOZ HACİM VE DOZ KÜTLE HİSTOGRAMLARININ AKCİĞER VE KALP AÇISINDAN KARŞILAŞTIRILMASI <u>Dilara Karakuş¹, İsmail Özsoykal¹, Doğukan Akçay², Volkan Semiz², Barbaros Aydın², Kadir Akgüngör³, Zümre Arıcan Alıcıkus²</u>	128
PP.27 - RAYSTATION PLANLAMA SİSTEMİ İLE STEREOTAKTİK AKCİĞER RADYOTERAPİSİNDE FFF VE FF ENERJİLERİNİN PLAN KALİTESİNE ETKİSİ <u>Melisa Akmanlar¹, Mecit Canbolat², İlker Çatan², Çağrı Yazgan²</u>	129
PP.28 - TÜM BEYİN RADYOTERAPİSİNDE IŞINLAMA SÜRESİNİ KISALTMAK VE HİPOKAMPÜS VE LENSİ KORUMAK İÇİN TOMOTERAPİ RADYOTERAPİ PLANLAMASI <u>Çağla Çetinkaya¹, Gül Kanyılmaz</u>	130
PP.29 - MONİTOR DEĞERLERİNİN PROGNOSTİK ENFLAMATUAR BİYOBELİRTEÇLERDEKİ DEĞİŞİMİ ETKİLİYOR MU? <u>Özcan Özden¹, Senem Koç², Fuzuli Tuğrul¹</u>	132
PP.30 - AKCİĞER KANSERİ İÇİN EŞZAMANLI ENTEGRE BOOST VE YOĞUNLUK AYARLI RADYOTERAPİ PLANLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ <u>Çağla Çetinkaya</u>	134
PP.31 - TÜRKİYEDE MEDİKAL FİZİK AÇISINDAN COVID-19 PANDEMİ SÜRECİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ <u>Vildan Alpan¹, Salih Gürdallı², Öznur Şenkesen³, Yücel Sağlam¹, Yasemin Bölükbaşı¹, Uğur Selek¹</u>	136
PP.32 - ELEKTRON TEDAVİLERİNDE GRİD SİZE DEĞİŞİMİNİN YÜZEY DOZU İLE DOZ HESAPLARINA ETKİSİ <u>Özgür Boran</u>	137
PP.33 - AKCİĞER KANSERİ RADYOTERAPİSİNDE DÜZLEŞTİRİCİ FİLTRELİ VE FİLTRESİZ TEDAVİ PLANLARININ KARŞILAŞTIRILMASI <u>Tuğçe Kavalci¹, Mert Cananoglu², Taylan Bükülmez², Çağrı Yazgan¹, Mecit Canbolat¹, İlker Çatan¹, Yiğit Çeçen¹, Özgür Kara³</u>	138
PP.34 - İYONİZE RADYASYONA BAĞLI TESTİS HASARINDA KÜÇÜK GTPAZ RACI'IN ROLÜ <u>Yasar Aysun Manisalıgil^{1,2}, Mukaddes Gümüştekin³, Serap Cilaker Mıcılı⁴, Cemre Ural⁵, Zahide Çavdar⁵, Gizem Şişman², Ayşegül Yurt^{1,2}</u>	139
PP.35 - VERT: SANAL GERÇEKLİK RADYOTERAPİ SİMÜLATÖRÜNÜN KLİNİK FAYDALARININ İNCELENMESİ <u>Simge Erçetin¹, Çağrı Yazgan¹, Yiğit Çeçen¹, Mecit Canbolat¹, İlker Çatan</u>	140
PP.36 - ÇERÇEVESİZ STEREOTAKTİK BEYİN RADYOCERRAHİSİ UYGULAMASINA ÖZGÜ GELİŞTİRİLEN TERMOPLASTİK SRS MASKE SİSTEMİNİN KULLANIM ETKİNLİĞİNİN İNCELENMESİ <u>Uğur Akbayırlı¹, Seçkin Gündüz</u>	142
PP.37 - RAYSTATION TEDAVİ PLANLAMA SİSTEMİNDE DEFORMABLE IMAGE REGİSTRATION ÖZELLİĞİ İLE BİR PROSTAT TEDAVİSİNDE RETROSPEKTİF OLARAK CBCT GÖRÜNTÜLERİ KULLANILARAK DOZ TAKIBININ YAPILMASI <u>Ali Hıdır Yeşil¹, Taylan Bükülmez², Çağrı Yazgan¹, Mert Cananoglu², İlker Çatan¹, Mecit Canbolat¹, Gökberk Ünal¹</u>	143
PP.38 - BAŞ BOYUN KANSERLİ HASTALARIN YOĞUNLUK AYARLI RADYOTERAPİ PLANLAMASINDA İKİ FARKLI DOZ ALGORİTMASININ DOZİMETRİK KARŞILAŞTIRILMASI <u>Fadime Alkaya¹, Görkem Çevikbaş², Z. Füsun Tokatlı³, Özgür O. Şeşeoğulları¹, Evrim Metcalfe¹</u>	144
PP.39 - MEME KANSERİ RADYOTERAPİSİNDE DUAL ARC VE ÇOKLU ALAN IMRT TEKNİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI <u>Sanaz Hendi¹, Ayfer Haydaroglu¹, Serdar Sanduvaç¹, Aşkın Aydemir</u>	145



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



TAM METİN BİLDİRİLER

TM.1 - Hİ ART TOMOTHERAPY PLANLAMA SİSTEMİNDE BULUNAN PARAMETRELERİN PROSTAT KANSERİ TEDAVİ PLANLAMALARINA ETKİLERİNİN İNCELENMESİ <u>Ahmet Fatih Yürekli¹, Mete Yeğiner², Eda Küçükütü³ Gökhan Özyiğit², H. Fadıl Akyol²</u>	147
TM.2 - MEME KORUYUCU CERRAHİ SONRASI RADYOTERAPİDE FARKLI TEDAVİ TEKNİKLERİNİN DOZİMETRİK KARŞILAŞTIRILMASI <u>İrem Kaptan, Bahar Dirican</u>	154
TM.3 - SAĞ MEME HASTASINDA 3D-CRT, VMAT VE IMRT TEDAVİ PLANLAMA TEKNİKLERİNİN DOZİMETRİK KARŞILAŞTIRILMASI <u>Kadir Taşpınar, Bahar Dirican, Murat Beyzadeoğlu</u>	156
TM.4 - MULTİPLE METASTAZLI BEYİN TÜMÖRLERİNDE SRS TEDAVİLERİNİN RTOG PROTOKOLLERİNE GÖRE İNCELENMESİ <u>Taha Erdoğan¹, Elif Şahin², Şule Öncül², Driye Öztürk¹</u>	160
TM.5 - SAĞLIKTA KALİTE STANDARTLARI (SKS) KAPSAMINDA RADYASYON GÜVENLİĞİ <u>Yelda Elçim</u>	168
TM.6 - İKİ FARKLI SOLUNUM TAKIP SİSTEMİNİN (REAL-TİME POSİTİON MANAGEMENT VE DEVİCELESS 4 DİMENSİYON) EV YAPIMI HAREKETLİ FANTOMLA DEĞERLENDİRİLMESİ <u>Songül Çavdar Karaçam^{1,2}, Duygu Tunçman¹, Elif Kayhan², Ceren Ciciyık Barlas², Didem Çolpan Öksüz², H. Fazilet Öner Dinçbaş²</u>	170
TM.7 - TÜM BEYİN RADYOTERAPİSİNDE IŞINLAMA SÜRESİNİ KISALTMAK VE HİPOKAMPÜS KORUMAKSİ YAPILARAK TOMOTERAPİ RADYOTERAPİ PLANLAMASI <u>Çağla Çetinkaya, Gül Kanyılmaz</u>	173
TM.8 - AKCİĞER YART PLANININ EGSNRC/BEAMNRC/DOSXYZNRC SİMÜLASYONUNA İSTATİSTİKSEL BELİRSİZLİĞİN ETKİSİNİN BELİRLENMESİ <u>Esin Gündem, Bahar Dirican</u>	176
TM.9 - AKCİĞER KANSERİNİN HACİMSEL MODÜLASYONLU ARK TEDAVİSİNDE 4 BOYUTLU KONİK IŞINLI BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ İLE ALTI SERBESTLİK DERECELİ MASA KULLANILARAK PLANLAMA HEDEF HACİM MARJININ FRAKSİYONLAR ARASI GEOMETRİK YETERLİLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ <u>Yücel Sağlam</u>	179
TM.10 - MEME KANSERİ RADYOTERAPİSİNDE “DUAL ARC” VE “ÇOKLU ALAN” IMRT TEKNİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI <u>Sanaz Hendi, Ayfer Haydaroğlu, Aşkın Aydemir, Serdar Sanduvaç</u>	181
TM.11 - MLC LİFLERİNİN FİZİKSEL BUHAR BİRİKTİRME YÖNTEMİYLE KAPLANMASI <u>Yeliz Yalçın¹, R. Seda Tıgılı Aydın^{1,2}</u>	184
TM.12 - GÖRÜNTÜ REHBERLİĞİNDE RADYOTERAPİ SİSTEMLERİNİN GÖRÜNTÜLEME BİLEŞENLERİNİN KALİTE TEMİNİ <u>Esin Gündem</u>	185
TM.13 - DOZ HESAPLAMALARINDA YAPAY SİNİR AĞLARININ KULLANIMI <u>Yağız Yedekçi</u>	188
TM.14 - AKCİĞER KANSERİ TEDAVİSİNDE YOĞUNLUK AYARLI RADYOTERAPİ TEKNİĞİ KULLANILARAK TEDAVİ PLANLAMA SİSTEMLERİNİN FARKLILIKLARININ İNCELENMESİ <u>Aykut Oğuz Konuk¹, Ayşegül Ünal Karabey¹, Gülşah Özkan¹, Berna Tırpancı¹, Ersan Yılmaz², Melis Teke², İbrahim Halil Suyusal¹, Mehmet Sinan Karabey², Maksut Gökem Aksu¹</u>	190
TM.15 - MEME KANSERİ NEDENİYLE 3 BOYUTLU PLANLAMA İLE POSTOPERATİF RADYOTERAPİ UYGULANAN HASTALARIN RETROSPEKTİF OLARAK KARDİAK PARAMETRELERİNİN VOLÜMETRİK DEĞERLENDİRİLMESİ <u>Ayça İribas Çelik¹, Ayşegül Ünal Karabey², Özgehan Onay³, Songül Ç. Karaçam³, Deniz Çebi Olgun⁴, Ahmet Dirican⁵, Nuran Şenel Beşe⁶</u>	191
TM.16 - MEME RADYOTERAPİSİNDE ALAN DIŞI TİROİD VE PAROTİS DOZLARININ TERMOLÜMİNESANS DOZİMETRELER İLE DOZİMETRİK OLARAK İNCELENMESİ <u>Osman Vefa Gül, Gökçen İnan, Hamit Başaran</u>	196



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



Konuşma Metinleri





18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



KM.1- Nanoparticles for Radiation Therapy Enhancement

Kiki Theodorou

Affiliation: Medical Physics Dept., Medical School, University of Thessaly

Nanoparticles (NPs) have been used for drug delivery, for *in vitro* diagnosis and for *in vivo* imaging. During the last decades, efforts have been made for the use of nanoparticles as therapeutic agents. Given that radiation therapy is not a selective antitumor treatment, the main challenge is to increase its therapeutic efficacy and thus to increase the differential radiation effect between healthy and cancer cells by the combined use of NPs.

In the many research projects that have been conducted the last years, different nanoparticle designs and materials have been employed but the main idea is the use of high-Z NPs for radiosensitization. In this context, these NPs can intensify the production of secondary electrons and ROS that in turn enhance radiation therapy effects. The enhancement of radiotherapy efficiency could be evaluated by the determination of the Nanoparticle-mediated Enhancement Ratio (NER) after a single radiation dose, the determination of the Dose Modifying Factor (DMF) based on survival curves and the variation of the ROS production upon irradiation.

This review will focus on the different approaches followed on the use of nanoparticles, the dosimetric studies available, the radiobiological issues and the target selectivity. Discussion will be made on the efficiency and the prospective of the use of NPs in current radiotherapy practice.



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



KM.2 - Yapay Zeka'nın Dünü, Bugünü, Yarını

Mete Yeğiner

Hacettepe Üniversitesi, Radyasyon Onkolojisi AD, 06100, Sıhhiye Ankara

Giriş ve Amaç: Yapay zeka uygulamaları geçen yüzyılın ortalarından itibaren gelişerek bilimin ve teknolojinin farklı branşlarında makinelerin verileri algılama, algıladıklarını yorumlama ve problemi çözmede insanlara yardımcı olmalarını sağlamaktadır. Bu konuşmanın amacı, medikal fizik alanında çalışan araştırmacılara yapay zeka'nın tarihsel sürecini irdelleyerek konu hakkındaki farkındalığı yaygınlaştırmak ve güncel makine öğrenimi tekniklerini kullanarak ulusal ve uluslararası düzeyde medikal fizik alanına yapılan katkıları artırmaktır.

Yöntem: Yapay zeka alanında Türkçe ve İngilizce yayınlanmış kaynaklar incelenerek konunun doğumundan günümüze tarihsel süreci karşılaştırmalı olarak özetlenmiştir. 1950'den itibaren Turing, McCarthy ve Rosenblatt gibi bilim insanlarının konunun doğuşundaki katkılarıyla birlikte 1974 yılındaki ilk kışına kadar yapay zeka alanının büyük yatırımlar ve beklentilerle ilerlemesi, bu süreçteki köşe taşlarını ve sıçrama noktalarını oluşturan olaylar ve buluşlar irdelenerek anlatılmıştır. Bilgisayarların kapasitelerinin yetersizliği ve zamanın algoritmalarının sağduyu ve akıl yürütme gibi eylemleri yapabilmeleri için gerekli olan büyük verileri toplayamamaları gibi nedenlerle yapay zeka çalışmaları 1993'e kadar iki defa iflasın eşiğine gelmiştir. Bu tarihten itibaren olasılık ve karar teorisinin (decision theory) konuya katılması, özel konulara çözüm getiren akıllı ajanlar (intelligent agents), ve endüstriden sağlığa birçok alanda makine öğrenmesinin kullanımıyla birlikte yapay zekanın uygulama alanının genişlemesi anlatılmıştır. 2011 yılından itibaren büyük verilerle beslenen derin öğrenme sinir ağlarının ve algoritmalarının devreye girmesiyle yapay zeka çok büyük sıçramalar yaparak günümüzde her sene yeni uygulamalarla çok farklı araştırma alanlarına katkıda bulunmaktadır. Konuşmada son olarak radyoterapi alanında tedavi planlama sistemlerinin optimizasyon ayağında Generative Adversarial Network algoritması kullanılarak getirilen yeni bir bakış açısı anlatılarak yapay zeka'nın bu alana getirdiği ve getireceği yenilikler örneklenmiş olacaktır.

Sonuç: Yapay zeka son 70 senedeki seyriyle ve özellikle son 10 senedeki derin öğrenme atılımıyla birlikte birçok branşta olduğu gibi medikal fizik alanında da yeniliklere ve yeni bakış açılara gebe dir.



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



KM.3 - Radyolojide Yapay Zeka Uygulamaları

M. Alper Selver

Radyoloji, görüntüleme ve görüntü işleme kapsamında tüm teknolojik gelişmelerden en hızlı ve en yoğun şekilde etkilenen tıp alanlarından birisidir. Hastalığın teşhis ve tedavisinde her zaman önemli rol oynayan ve önemiyle beraber sayısı da her geçen gün artan tıbbi görüntülerin elde edilmesinden, içerisindeki bilgilerin çıkarılmasına kadar çok farklı aşamalarda yapay zeka yaklaşımlarından ve özellikle makine öğrenmesi tekniklerinden faydalanılmaktadır. Geçtiğimiz yıllarda sıklıkla kullanılmakta olan yapay sinir ağlarının bir süre için başarım ve teknik kapasite açısından doyuma ulaştığı düşünülmüş olsa da, bilgi işlem kapasitesindeki çığır açıcı teknolojik gelişmeler, çok daha karmaşık mimaride olan derin ağların kullanımıyla yeni başarı sınırlarının önünü açmıştır. Bu konuşma kapsamında öncelikle derin ağ mimarilerinin yapay sinir ağlarından farkları teorik ve uygulama açısından karşılaştırılacaktır. Derin öğrenme tabanlı sistemlerde anahtar rol oynayan veri kümelerinin sahip olması gereken özellikler ve bu özelliklerin nasıl kontrol edilebileceğine ilişkin bilgiler sunulacaktır. Ardından, radyolojik görüntü işlemede teknolojinin üst sınırını belirlemede kullanılan “grand challenge” organizasyonlarından bahsedilecektir. Son olarak, değerlendirme metriklerinin önemine vurgu yapılacaktır ve çeşitli örneklerin sunumuyla konuşma tamamlanacaktır.



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



KM.4 - Doz Hesaplamalarında Yapay Sinir Ağlarının Kullanımı

Yağız Yedekçi

Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı Ankara/Türkiye

Bu konuşma yapay sinir ağlarının kısa bir tanıtımı ile başlayacaktır. Daha sonra doz hesaplamalarında kullanımına yönelik uygulamalar doz hesaplama ve doz tahmini başlıkları altında incelenecektir. Yapay zeka, öğrenme ve problem çözme gibi insana ait özelliklerin taklit edilerek öğrenebilen sistemler inşa edilmesidir. Yapay Sinir Ağları bu girişimlerin en ünlü örnekleridir. Yapay sinir ağlarının temelini oluşturan yapay sinir hücreleri ise biyolojik sinir hücrelerinin matematiksel olarak modellenmesidir. Modern radyoterapi modalitelerinin başarısı doz hesaplamasının doğruluğuna ve verimliliğine bağlıdır. Doz hesaplama hızı arttıkça, doğruluk azalmaktadır. Analitik yöntemler, modeller ve veri tabanları kullanan mevcut teknikler hızlıdır ancak kesinlikten yoksundur. Örneğin Monte Carlo yöntemlerine dayalı hesaplama kodları kullanılarak artırılmış hassasiyet elde edilebilir. Tüm bu sorunları ele almanın daha yeni bir yolu, sinir ağlarını kullanarak dozimetri hesaplamasında yeni bir yaklaşım kullanmaktır. Buna yönelik ilk çalışma 1999 yılında yapılmıştır. Girdiler 16 farklı derinlik ve 9 farklı alan boyutu iken çıktı rölatif doz (PDD ve TAR) olarak elde edilmiştir. Daha sonra Matheiu ve ark. NeuRad'ı tanımladılar. Daha sonra aynı grup su dışındaki başka bir ortamda ve heterojen bir ortam için doz hesaplama çalışmaları yapmıştır. 2021 yılında Medical Physics' yayımlanan bir çalışmada ise 3B ortamda yapay sinir ağları kullanılarak heterojen bölgeler için doz hesaplaması başarılı bir şekilde yapılmıştır. Modern radyoterapi uygulamaları tavşana benzetilirse, bu alandaki çalışmalar kaplumbağa hızı ile hareket etmektedir. Ancak yapay sinir ağlarının doz tahmininde kullanılması çok daha hızlı gelişen ve gündemde olan bir konudur. Doz tahmini atlas tabanlı, tam bağlantılı sinir ağları ve evrimsel sinir ağları(CNN) ile yapılmaktadır. Yeni hastalar için hacimsel doz dağılımlarını çıkarmak için geçmiş veriler kullanılmaktadır. Atlas tabanlı teknikler, ilk makine öğrenimi tabanlı dozimetrik tahmin teknikleri arasındadır. Eski planların bilgileri kullanılarak yeni planların oluşturulmasına yardımcı olmaktadır. Atlas tabanlı yöntemlere bir alternatif, yapay sinir ağlarını kullanarak bir dizi hiyerarşik özelliği öğrenerek dozu doğrudan tahmin etmektir. 2016'dan beri CNN tabanlı mimariler, hacimsel bilgileri tahmin etmek için tam bağlantılı YSA'lara alternatif olarak kullanılmıştır. CNN'lerin kullanımına yönelik ilk çalışmalar U-Net üzerine kurulmuştur. U-Net ve DenseNet'in birlikte kullanıldığı algoritmalarda vardır. Ayrıca Kearney ve ark. tarafından da DoseNet tanıtılmıştır. DoseNet'in U-Net'ten doz tahminin de daha başarılı olduğu raporlanmıştır. Yapay zeka algoritmaları, doğru kullanıldığında büyük bir klinik potansiyele sahiptir, ancak yanlış kullanıldığında da zarar verebilir, bu nedenle faydaların kontrollü ve güvenli bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için radyasyon onkolojisinde AI yeterlilik seviyesini yükseltmek önemlidir.



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



KM.5 - Radyoterapide Yüzey Takip Sistemlerine (SGRT) Genel Bakış

Nadir Küçük

Günümüzde gerçek zamanlı üç boyutlu(3D) yüzey görüntüleme sistemlerinin geliştirilmesiyle yüzey kılavuzlu radyoterapi (SGRT) tedavileri yapılmaya başlanmıştır. İyonize radyasyona gerek olmadığından radyoterapinin her aşamasında SGRT rahatlıkla kullanılmaktadır. SGRT'nin başlangıç motivasyonu 3 noktalı konumlandırmayı ve dolaşısıyla lazer sistemlerini ortadan kaldırmak olmasına rağmen günümüzde birçok farklı avantajından faydalanılmaktadır.

Genel olarak SGRT sistemleri bir projektör kombinasyonu ile hastaların 3D yüzeylerini gerçek zamanlı kaydetmek için tekli veya çoklu kamera ünitesini birlikte kullanmaktadır. Tedavi izomerkezi pozisyonunda oluşturulan referans yüzey yardımıyla gerekli translasyonel ve/veya rotasyonel yönlerde gerekli düzeltmeler yapılmaktadır. SGRT, hasta pozisyonunun sürekli izlenmesine izin veren, böylece hasta güvenliğini ve konforunu iyileştiren ve aynı zamanda daha yüksek hassasiyet/tekrarlanabilirlik sağlayarak iş akışlarını standartlaştıran bir yöntemdir. Ek olarak, planlandığı gibi hedef hacime yüksek dozu vermeye ve normal dokuyu korumaya yardımcı olarak klinik sonuçları iyileştirme potansiyeline sahiptir. Hastanın pozisyonlanması açısından, SGRT, genel tedavi süresinin azaltılması ve görüntüleme dozunun en aza indirilmesi için etkili bir araçtır. Ayrıca SGRT, solunumu izleyen etkili bir araç olarak kliniklerde kullanılmaktadır. Özetle SGRT, radyoterapi tedavisi çeşitli basamaklarda (hasta pozisyonlanması, fraksiyon içi hareket takibi, solunum takibi vs.) genel doğruluğunu iyileştiren önemli bir yöntemdir.

Gerçek zamanlı fraksiyon içi hareketin takibi için günümüzde teknolojik gelişmelere bağlı olarak çeşitli metodlar kullanılmaktadır. SGRT kullanımı ile rutin klinik işleyiş değişmektedir. SGRT adapte edilen kliniklerde daha önce yaşanan birçok zorluklar kolaylıkla çözülmek ile beraber sistemin getirdiği yeni zorluklar hayatımıza girmiştir. Hasta pozisyonlamasında 3-nokta yaklaşımından SGRT ile binlerce nokta referans olarak alınmaktadır. Artık hasta pozisyonlamasında tatu, boyalı kalem, nokta markır gibi aparatlar kullanmak yerine hastanın 3D anatomisini ve konturlarını gösteren kameralar kullanılmaktadır. SGRT ile giderek immobilizasyon araçlarına ihtiyaç azalmaktadır. Bazı çalışmalar SGRT ile maskesiz tedavilerin sonuçlarını yayımlamaktadırlar. Hasta setup sürelerinin azaldığı ifade edilen bir çok çalışma vardır. Örneğin Batin E. ve arkadaşları 2016 yılında yaptıkları çalışmada post mastektomi göğüs duvarı ışınlamalarında büyük düşüş (11'den 6 dakikaya) raporlamışlardır.

Görüntü güdümlü radyoterapi (IGRT) günümüzde standart olarak tüm radyoterapi tedavilerinde kullanılmaktadır. SGRT'nin tedavilere katılması ile IGRT veya IGRT/SGRT yöntemlerini uygulama konusunda bir karmaşa söz konusu olabilmektedir. Çalışmalarda hasta pozisyonlamasında kullanılan IGRT ve SGRT metodları karşılaştırılmış ve birbirleri ile uyum raporlanmıştır. SGRT bağımsız bir IGRT metodu olarak kabul edilmeli ve kliniklerde uygulanan görüntüleme stratejilerine entegre edilmelidir. Çünkü SGRT ile hastaya ekstra doz verilmeden görüntü elde edilebilmekte, gerçek zamanlı geri bildirim alınabilmekte, milimetrenin altında hassasiyetle 3D uzaysal rezölüsyon sağlanabilmekte ve radyoterapide en geniş FOV aralığıyla hasta yüzey görüntülemesi yapılabilmektedir. Konuşmada yukarıda bahsedilen tüm konular detaylandırılacak ve örneklendirilecektir.



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



KM.6 - Radyoterapide Yüzey Takip Sistemlerinin (SGRT) Klinik Rasyoneli ve Zorlukları

Esra Küçükmarkoç

Yüzey görüntüleme, gerçek zamanlı olarak üç boyutlu (3B) yüzeyler oluşturan, radyoterapi için görüntü kılavuzluğu sağlayan, yüzey kılavuzlu radyoterapi (SGRT) olarak adlandırılan bir süreç olarak gelişmekte olan bir yöntemdir. SGRT başlangıçta hasta pozisyonlamasında lazer ve cilt işaretlerinin yerini alması için geliştirilmiş bir araç olsa da sonrasında SGRT'nin sağladığı zengin data, araştırmacılar tarafından hasta güvenliğini, tedavi kalitesini ve hareket yönetimini etkileyecek şekilde kullanımını sağlamıştır. Ancak bu kadar çok bilgi barındırması kullanıcıları bunaltabileceği ve SGRT için uygulama zorluğu yaratabileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Bu konuşmada klinik deneyimlere dayanarak SGRT'nin rasyoneli ve zorlukları tartışılacaktır.



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



KM.7 -Radyoterapide Yüzey Takip Sistemlerinin (SGRT) Uygulamaları

İsmail Faruk Durmuş

Radyoterapide (RT) amaç, belirlenen hedef hacme optimum dozu verirken, hedefin çevresinde kalan sağlıklı dokuları mümkün olduğunca korumaktır. Tümör kontrolü hedef hacme verilen doz ile doğrudan ilişkili olduğundan, uygulanan dozun doğruluğu çok önemlidir. Gelişen teknikler ile hedef hacme uygulanan dozlar artırılırken, emniyet marjları küçültülerek sağlıklı doku koruması daha da arttırılmaktadır. Bu sebeple hedef hacmin sınırlarının belirlenmesi ve tedavinin doğru uygulanmasının önemi iyice artmaktadır. Hedef hacmi doğru ışınlamak ve sağlıklı dokunun korunması için görüntü rehberliğinde Radyoterapi (IGRT) uygulanmaktadır. IGRT hasta ve organ hareketlerinden veya set-up hatalarından oluşabilecek belirsizlikleri ortadan kaldırmak için tedaviden önce ve tedavi esnasında iki boyutta veya üç boyutta anatomik görüntüleme ile tedavi alanlarının veya bölgesinin kontrolü işlemidir. Tedavi hazırlığındaki ve set-up'taki hatalar, organ hareketleri, tümör ve normal dokulardaki değişimler gibi belirsizlikleri ortadan kaldırıp tedavi başarı şansını artırır.

Yüzey rehberliğinde Radyoterapi (SGRT) tedavi esnasında hastanın vücudunu üç boyutlu haritalandırmak için yüksek çözünürlüğe sahip kamera kullanan özel bir IGRT tekniğidir. Tedavi esnasında ve öncesinde hastanın vücudunu referans olarak altı boyutta pozisyonel doğruluğu sağlar. SGRT teknolojisinde son yıllarda olağanüstü gelişmeler yaşanmıştır. Bu takip yöntemi ile hasta pozisyonlama, hastayı tedavi esnasında izleme, solunum kontrollü tedaviler, maskesiz intrakranyal tedaviler uygulanabilmektedir. Tedavi öncesinde veya sırasında gerçek zamanlı olarak tespit edilen üç boyutlu hasta vücudu haritası, genellikle planlama CT'sinin çekildiği anda elde edilen bir referans yüzey haritası ile karşılaştırarak hesaplama yapılır. Böylelikle ilgili bölgenin gerçek zamanlı altı boyutta farklılıkları tespit edilebilmektedir. Fantom çalışmalarında optik yüzey tarama sistemlerinin sub-milimetre düzeyinde belirsizlikle takip ve pozisyonlama yaptığı belirlenmiştir. SGRT tekniğini piyasada bulunan AlignRT (VisionRT, London UK), Identify (Varian Medical Systems, Palo Alto, CA, USA), Catalyst™ (C-RAD AB, Uppsala Sweden) ile yapılabilmektedir. Planlama CT ve tedavi odasında bir veya üç tane optik yüzey tarama sistemi bulunur. Genel olarak her bir Light-emitting diode (LED) ve Charge Coupled Device (CCD) kamera sistemi olan iki komponentten oluşur. Tedavi masasının ayak tarafına tavana monte edilir ve varsa diğer iki kamera hastanın sağına ve soluna yerleştirilir. Hastanın cildini taramak için, yakın görünür bölgede elektromanyetik dalga gönderip sonra hastanın cildinden yansıyan dalga kamera tarafından toplanır. Hastanın pozisyonu, kamera tarafından toplanan dalganın optik üçgenleme mantığıyla hesaplaması sonucu belirlenir.

Yüzey takip sistemleri genel olarak klinikte üç amaca yönelik olarak kullanılmaktadır. Birincisi hasta pozisyonlama, ikincisi tedavi esnasında gerçek zamanlı hasta takibi, son olarak solunum kontrollü tedavilerdir. SGRT, hastanın pozisyonlandırmak için vücudun belirli noktalarına tatuaj yapılmasına gerek kalmadan tedavinin uygulanmasını sağlamaktadır. MV/KV port veya CBCT ile hastanın maruz kaldığı radyasyon miktarını azaltmak için kullanılabilmektedir. Bazı tedavi bölgelerinde hastanın cildi ile hedef hacim arasında korelasyonda belirsizlikler olmasına rağmen, hastanın doğru setup'ı için büyük katkı sağlamaktadır. Tedavi esnasında intra-fraksiyon takip ile gerçek zamanlı hareket takibi yapılabilmektedir. DIBH teknikleri içerisinde optik yüzey takip sistemleri her fraksiyonda hızlı, güvenilir bir tedavi sağlamaktadır. Spirometri sistemleri gibi hastayı rahatsız edici ve solunumun abdomen veya toraks bölgesinden alınması durumunda olabilecek belirsizlikler daha az olarak tedaviyi uygulama imkanı sağlamaktadır. Setereotaktik vucut tedavilerinde hem hedefi daha küçük marjlarla ışınlayarak, hem de solunum kaynaklı hareketten bağımsız olarak daha doğru Hounsfield unit/elektron yoğunlukları belirlenerek doz hesabı daha doğru olarak yapılabilmektedir. Tedavi zamanını bir miktar arttırmış olsa bile, kullanıcıların eğitimi ve deneyimleri arttıkça ve hastaların doğru nefes eğitimi sağlandıkça bu ilave zaman daha da azalarak etkin olarak kullanılabilmektedir.



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



KM.8 - Radyoterapide Aktif Nefes Kontrolü (ABC) Kullanımı

Yelda Elçim

Sağlık Bilimleri Üniversitesi Gülhane Eğitim ve Araştırma Hastanesi Radyasyon Onkolojisi, Ankara/Türkiye

Akciğer kanseri ülkemizde kansere bağlı ölümlerin en önde gelen sebeplerinden ve meme kanseri de kadınlarda en sık karşılaşılan kanser türlerindendir. Son yıllardaki cerrahi, radyoterapi ve kemoterapi tedavi modalitelerindeki gelişmelerle sağ kalım süreleri ve yaşam kaliteleri arttırılmaktadır. Radyoterapide ana hedefin tümöre maksimum dozu verirken çevre dokuları olabildiğince korumak olduğu düşünüldüğünde, akciğer ve meme radyoterapisinde en önemli sıkıntılardan biri solunuma bağlı tümör ve organ hareketleridir.

Radyoterapi sırasında solunuma bağlı hareketin yol açtığı problemler 3 ana başlık altında incelenebilir:

1. Görüntülemedeki sınırlamalar: Akciğer kanseri tedavisinde konvansiyonel radyoterapi tekniği ile solunuma bağlı hareket dikkate alınmadığında, görüntüleme sırasında artefaktlar ortaya çıkmaktadır.
2. Tedavi planlamasındaki sınırlamalar: Tümörün hareket sınırlarını kapsayacak bir marjın tedavi marjınlarına eklenmesiyle solunuma bağlı hareketin hesaba katılması; tedavi alanını ve istenmeyen dozlara maruz kalan sağlam doku hacmini artırır. Yapılan çalışmalarda akciğer kanserinde solunuma bağlı tümör hareketinin özellikle yukarı-aşağı yönde daha çok olmak üzere birkaç mm'den 5 cm'ye kadar olabileceği tespit edilmiştir.
3. Radyoterapi verilmesindeki sınırlamalar: Radyoterapi sırasında fraksiyon içi hareketin varlığı doz dağılımının hareket yönü boyunca ortalama (averaging) ve bulanıklık etkisine (blurring) neden olurken; Fraksiyonlar arası hareketin varlığı doz dağılımının kaymasına neden olur. Bu yer değiştirme amaçlanan ve verilen doz dağılımı arasında bir deviasyona yol açar.

Radyoterapide solunuma bağlı hareketin etkisini azaltmak için kullanılan çeşitli teknikler vardır. Hareketi Kapsayan ("Motion-Encompassing") Teknikler, Solunum Ayarlı ("Respiratory Gated") Teknikler, Zorlamalı Sığ Nefes ("Forced Shallow-Breathing") Teknikler, Solunumla senkronize teknikler ve Nefes tutma teknikleridir. Nefes tutma teknikleri de kendi içinde; Derin inspirasyonda nefes tutma, Solunum monitorizasyonu olmadan kendi kendine nefes tutma, Solunum monitorizasyonu ile birlikte kendi kendine nefes tutma, Yoğunluk ayarlı radyoterapiyle kombine nefes tutma ve Aktif nefes kontrolü olarak geliştirilen çeşitli yöntemlerle kullanılmaktadır.

ABC (Active Breathing Coordinator™, Elekta); tekrarlanabilir nefes tutmayı kolaylaştırmak için Wong ve arkadaşları tarafından geliştirilmiş, modelleme ve fizibilite çalışmalarında özellikle akciğer radyoterapisinde solunuma bağlı hareketin yönetilmesinde, tümör kontrol olasılığının ve normal doku koruyuculuğunun artırılmasında katkısı gösterilmiş bir sistemdir (1).

Son yıllarda yaygın olarak kullanılan ABC sistemi ile; toraks ve abdomen yerleşimli tümörlerin tedavisinde solunuma bağlı hareketi sabitleyerek ITV'nin (internal hedef hacim) minimize edilmesini sağlamaktadır. Bunun yanı sıra, tümör hareketini sabitleyerek intrafraksiyon ve interfraksiyonlar arasında tekrarlanabilir tedaviyi de sağlayan kullanışlı bir tekniktir.

ABC cihazı hastaya özel solunum fazının takip edildiği, önceden tanımlanmış bir eşik değerinde genellikle orta ya da derin inspirasyonda nefes tutmasını kontrol ederek kullanılır. Cihazda solunum hareketini ölçen dijital spirometre ve buna bağlı bir balon valf ile çalışmaktadır. ABC tekniğinde hasta serbest solunumda ağızlıktan soluk alıp verir. Teknisyen, hastanın tedaviden önce belirlenen solunum siklusu evresinde ve akciğer hacminde sistemi aktive eder ve balon valf kapanır. Hastanın birkaç hazırlık serbest solunumundan sonra belirlenmiş olan eşik değerinde akciğer hacmine ulaşması öğretilir. Valf, hava kompresörü ile önceden belirlenen süre boyunca şişirilir, bu şekilde hastanın nefes tutması sağlanır. Şekil 1'de hastanın serbest solunum siklusu ve Şekil 2'de orta-derin inspirasyonda nefes tutma

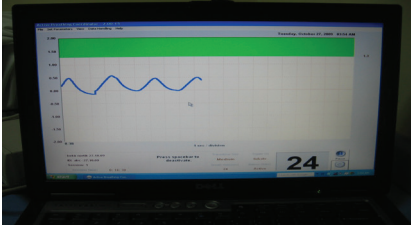


18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

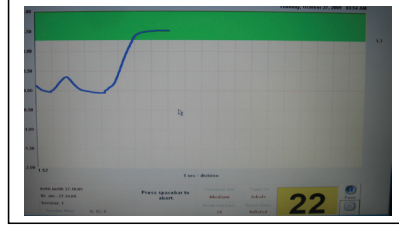
4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



fazı görülmektedir. Nefes tutma süresi genellikle 15-30 saniyedir ve bu süre tamamen hastanın kişisel performansına bağlıdır. Hasta kısa bir dinlenmeden sonra tekrar nefes tutabilmesi için dayanabileceği bir süre seçilmelidir. Mümkün olduğunca her tedavi açısında tek nefes tutmalıdır. Maksimum inspiratuar volümün %75'i orta-derin inspirasyonda nefes tutma seviyesi olarak kabul edilmektedir.



Şekil 1. Serbest Solunum



Şekil 2. Nefes Tutma

Solunuma bağlı hareketin yönetiminde, hastaların sabit ve tekrarlanabilir pozisyonlanarak immobilizasyonu önemlidir. Immobilizasyon aracı kullanmak set-up hatası ve tedavi belirsizliğini azaltacaktır. ABC sistemi kullanılarak BT (Bilgisayarlı Tomografi) simulasyonu yapılması ve aynı koşullarda tedavi verilmesi ile hedef hacim sabit fazda “donmuş” kabul edilerek IM elimine edilerek; 3-B KRT ve SBRT tedavilerinde doz yükseltme yapılması sağlanmaktadır.

ABC genellikle akciğer ve meme radyoterapisinde kullanıldığı gibi solunuma bağlı hareketin yönetiminde Hodgkin Lenfoma gibi tedavi planlamalarında da güvenle kullanılmaktadır. Ayrıca akciğer ve karaciğer SBRT gibi tedavilerde daha küçük marjlar ile daha yüksek tedavi dozlarına çıkmak için etkin kullanımı gösterilmiş bir sistemdir.

Kliniğimizde ABC sistemi; akciğer, sağ ve sol meme, sağ ve sol göğüs duvarı, Hodgkin lenfoma 3-D CRT ile akciğer ve karaciğer SBRT hastalarında aktif olarak kullanılmaktadır. ABC sistemi kullanılarak yapılan bazı çalışmalar ve sonuçları özetle verilmektedir;

NSCLC 23 hastada, orta-derin inspirasyonda ABC sistemi kullanılarak kritik organ dozları karşılaştırılmıştır. SCC, Adeno Ca ve Large Cell Ca için GTV'ye ve CTV'ye 3 farklı grupta farklı marjlar verilerek; MLD (mean lung dose), V20, V13, V5 ve V3 akciğer dozları ile spinal kord, özefagus ve kalp kritik organ dozları karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak ABC kullanımının tüm kritik organ dozları üzerindeki etkinliği gösterilmiştir (2).

Erken evre sol meme kanseri 25 hasta radyoterapisinde, orta-derin inspirasyonda ABC sistemi kullanılarak, serbest solunum ve nefes tutma tekniği ile aynı koşullarda tedavi planlamaları hazırlanmıştır. Kritik organlar; akciğerler, kalp, sol ön inen arter (LAD), karşı meme ve spinal kordun aldığı dozlar karşılaştırmalı değerlendirilmiştir. Nefes tutma tekniği kullanılan planlama dozlarında serbest solunuma göre dozlarda anlamlı azalmalar saptanmıştır (3).

Sol taraf yerleşimli mastektomize edilmiş göğüs duvarı 28 hasta radyoterapi planlamasında, orta-derin inspirasyonda ABC sistemi kullanılarak kritik organ dozları serbest solunum ile karşılaştırılmıştır. Özellikle LAD ve kalp dozlarında nefes tutma tekniğinin etkinliği gösterilmiştir (4).

Erken evre sağ meme 36 hasta radyoterapisinde orta-derin inspirasyonda ABC sistemi kullanılarak serbest solunum planlama dozları ile karşılaştırmalı değerlendirilmiştir. Sonuç olarak; toplam akciğerde ortalama akciğer dozu (MLD) 7 Gy'den 5.2 Gy'e (26% azalma) ve ipsilateral akciğer dozu 12.6 Gy'den 9.4 Gy'e (25% azalma), karaciğer için ortalama doz 4.6 Gy'den 1.7 Gy'e (58% azalma) ve kalp için 1.7 Gy'den 1.4 Gy'e (16% azalma) görülmüştür (5).

Sağ yerleşimli erken evre meme 36 hasta radyoterapisinde, tümör yatağı boost dahil orta-derin inspirasyonda ABC sistemi kullanılarak serbest solunum planlama dozları ile karşılaştırmalı değerlendirilmiştir. Çalışmamız, ABC'nin sağ taraflı erken evre meme kanseri hastalarının adjuvan radyoterapisine dahil edilmesinin, önemli ölçüde iyileştirilmiş kritik organ koruma ile sonuçlandığını ortaya koymaktadır ve toksisiteyi iyileştirmek için uygulanabilir strateji olarak kullanılmaktadır (6).



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



Referanslar

1. Wong, J.W., Sharpe, M.B., Jaffray, D.A., The use of active breathing control (ABC) to reduce margin for breathing motion. Int J Radiat Oncol Biol Phys 1999; 44:911-919.
2. Evaluation of active breathing control-moderate deep inspiration breath-hold in definitive non-small cell lung cancer radiotherapy. O Sager, M Beyzadeoglu, F Dincoglan, K Oysul, Y Elcim , H Gamsiz, B Uysal, S Demiral, B Dirican, S Surenkok. Neoplasma. 59(3):333-40. doi: 10.4149/neo_2012_043 (2012)
3. Non- Mastektomize Sol Meme Kanseri Radyoterapisinde Aktif Nefes Kontrolü-Orta Derin İnspirasyonda Nefes Tutma Kullanımının Rolü: Dozimetrik Bir Değerlendirme. Omer Sağer, Murat Beyzadeoglu, Ferrat Dincoglan, Kaan Oysul, Yelda Elcim, Hakan Gamsiz, Bora Uysal, Selçuk Demiral, Bahar Dirican, Serdar Surenkok. International Journal of Hematology and Oncology, Vol 22, Num 3 Page(s): 147-155. (2012)
4. Dosimetric Evaluation of Critical Organs at Risk in Mastectomized Left-Sided Breast Cancer Radiotherapy Using Breath-Hold Technique Sided Breast. Ferrat Dincoglan, Murat Beyzadeoglu, Omer Sager, Kaan Oysul, Yelda Elcim, Hakan Gamsiz, Bora Uysal, Selcuk Demiral, Bahar Dirican, Serdar Surenkok. Tumori Journal, (2013) <https://doi.org/10.1177/030089161309900113>
5. Dosimetric Evaluation of Breathing-Adapted Radiotherapy for Right-Sided Breast Cancer. Selcuk Demiral, Omer Sager, Ferrat Dincoglan, Bora Uysal, Hakan Gamsiz, Yelda Elcim, Bahar Dirican, Murat Beyzadeoglu. Cancer Therapy & Oncology International Journal, 7(3), pages 39-42, DOI: 10.19080/CTOIJ.2017.07.555713. (2017)
6. Evaluation of breathing-adapted radiation therapy for right-sided early stage breast cancer patients. Selcuk Demiral, Omer Sager, Ferrat Dincoglan, Bora Uysal, Hakan Gamsiz, Yelda Elcim, Bahar Dirican, Murat Beyzadeoglu. Indian Journal of Cancer , Volume: 58, Issue:2, Page:195-200. DOI: 10.4103/ijc.IJC_140_19 (2021)



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



KM.9 - Real-Time Position Management (RPM)

Fatih Karaköse

Teknolojinin gelişmesi ile birlikte Radyoterapide de gelişmeler meydana gelmiştir. Bunlardan en önemlisi hareketin olduğu bölgelerin ışınlamalarında teknolojiyi kullanarak hareketi yönetmektir. Bunların başında ise Varian tarafından üretilen Real-Time Position Management (RPM) sistemi gelir.

RPM Respiratory Gating teknolojisi, tümör pozisyonunun hastanın solunum döngüsü ile korelasyonunu sağlar. Sistem, bir kızılötesi izleme kamerası ve hastaya yerleştirilmiş yansıtıcı bir işaretleyici kullanarak hastanın solunum düzeni ile birlikte hareket aralığını ölçer ve bunları bir dalga biçimi olarak görüntüler. Tümörün dalga biçimine göre nasıl hareket ettiği belirlendikten sonra, tümörün solunum döngüsünün istenen bölümünde limitler ayarlanarak ışınlanabilir. Bu limitler otomatik gating sisteminin tedavi ışınını ne zaman açıp kapatacağını belirler. Sistem ışın verilme aralığı olarak popülasyona dayalı sınırlar yerine hastaya özel tedavi sınırlarının kullanılmasına izin verir ve çevre dokulara verilen dozu azaltırken tümöre reçete edilen dozun artırılmasına imkan sağlayabilmektedir. Ek olarak, hastalar tedavi boyunca normal nefes alabilirler.

RPM klinik akışta üç amaç için kullanılabilir. Bunlardan birincisi 4DCT çekimidir. Hedef hareketinin değerlendirilmesine izin veren bu teknik sayesinde tümör hareketi belirlenerek hedefi ısıkalama riski minimuma indirgenir. Hastanın üzerine yerleştirilen ve üzerinde yansıtıcı markerlar olan küp sayesinde hastanın solunum siklusu yazılım tarafından modellenir. Modellenen solunum arayüz ile CT bilgisayarına aktarılır ve sisteme hastanın solunum periyoduna ait parametreler girilir. Girilen bu bilgiler ışığında hem tüp hareketi hem de masa hareketleri belirlenerek tüm fazlara ait CT çekimi yapılır. Elde edilen görüntüler yazılım tarafından birleştirilerek MIP, MinIP, AVIP data setleri oluşturulur ve hareket değerlendirilir. Hastanın nefes siklusuna göre gerekli olan parametreleri sisteme girerken dikkatli olunmalıdır. Çünkü görüntüde bulanıklık, artefakt ya da gap olması bu değerlerle alakalıdır. İkinci kullanım alanı ise Breath Hold tekniğidir. Uygun olan hastalarda nefes tutturularak hedefi sabitlemek amaçlanır. Bu yöntemle hem daha küçük marjlarla hedef ışınlanabilmekte hem de kritik organ dozları düşürülebilmektedir. Son kullanım alanı ise Phase Gating'dir. Hasta serbest solunumda iken hastanın nefes siklusunda belirlenen faz aralıklarında ışınlama yapılarak tedavi gerçekleşir. Unutulmamalıdır ki hedef konturlaması yapılırken, ışınlanan yapılacağı fazlar dikkate alınmalıdır. Bu yöntemin dezavantajı ise Beam-On Time'in uzun olmasıdır.

RPM sistemi kullanarak tümörün olası konumu belirlenebilir ve buna göre marjlar ayarlanabilir. Uygun olan hastalarda Breath Hold tekniği uygulanarak hedefi sabitleyebilir ve kritik organ dozlarını düşürebiliriz.



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



KM.10 - Nükleer Tıpta Dozimetri: Temel Prensipler

Mustafa Demir

Radyonüklid tedavi planlaması vücuttaki primer ya da metastatik kanser odaklarının sintigrafik olarak görüntülenmesinden sonra başlar. Bu nedenle gerek gama kamera ile gerekse PET (Pozitron Emisyon Tomografisi) ile sintigrafik görüntüleme tedavinin en önemli basamağıdır. Klinisyen, uygulayacağı tedavide radyonüklidin vücutta lokalize olacağı kanser odaklarını sintigrafik olarak görmek ister. Bunun için hastasının sintigrafi çekiminin PET/BT, PET/MR, SPECT/BT gibi modern görüntüleme sistemleri ile yapılmasını ister.

Radyonüklid tedavide radyofarmasötiklerin kullanımı üç farklı ana başlıkta irdelenir. Birincisi radyonüklidin uygun fiziksel özelliklerde olması, ikincisi radyasyon ile etkileşen hücrenin radyosensitivitesi üçüncüsü ise tümöre radyonüklidi taşıyan molekülün yani biyolojik ajanın özellikleridir. Günümüz modern nükleer tıbbı bu üç başlığı bünyesinde bulunduran çok disiplinli bir bölüm olmuştur. Radyonüklid tedavinin başarısı için hastaya özel dozimetri yapılarak uygulanacak radyonüklidin aktivite miktarının belirlenmesi sağlık fizikçi departmanının işlevini, hücresel sensitivitenin belirlenerek tedavinin verilmesi klinisyenin işlevini, biyoaktif ajanın özelliklerinin belirlenmesi ise radyofarmasi departmanının işlevi içinde tanımlanır (1).

Radyonüklit tedavide genellikle alfa (α) ve eksi yüklü beta (β^-) parçacıkları kullanılır (Tablo 1). Bu parçacıklar radyofarmasötik özellikte olup spesifik bir hedefe yönelik olduğundan “Hedeflenmiş Radyonüklit Tedavi (TRT)” olarak adlandırılır.

Tablo 1: Radyonüklid tedavide sıklıkla kullanılan radyoizotoplar ve bazı fiziksel özellikleri

Radyo-nüklid	Ana Emisyonları (keV)			Yarılanma süresi	Erişme uzaklığı (dokuda)
	Alfa	Beta	Gama		
⁸⁹ Sr	-	1212	-	1212 s	8 mm
⁹⁰ Y	-	2284	-	2.67 g	11.3 mm
¹³¹ I	-	606	364	8.04 g	2.3 mm
¹⁵³ Sm	-	805	103	1.93 g	3.0 mm
¹⁶⁶ Ho	-	1850	81	1.13 g	8.5 mm
¹⁷⁷ Lu	-	497	113, 208	6.7 g	1.8 mm
¹⁸⁶ Re	-	1070	137	3.8 g	4.5 mm
¹⁸⁸ Re	-	2120	155	0.7 g	5 mm
²²⁵ Ac	5700	-	-	11.4 g	-
²²³ Ra	5780	-	-	273.6 s	<0.01 mm

mm: milimetre, µm: mikro metre, g: gün, s: saat

TRT de Radyonüklidin Seçimi

1. Parçacık Radyasyonlarının Özellikleri: Radyonüklid tedavide kullanılan parçacık radyasyonlarından α , β^- ve Auger elektronlarının terapötik etkinlik sağladıkları, bununla birlikte β^- partikülünün en yüksek terapötik etkinliğe sahip olduğu bilinmektedir. Bu parçacıklar belli bir dozda biyolojik sistemlere verildiğinde güçlü tahribat yaratırlar. Bu özellik sayesinde parçacık radyasyonları kanser tedavisinde kullanılır.



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



2. Tümör Boyutu ve Heterojenitesi: Radyonüklidin farmakokinetiğine, radyonüklidin organdaki biyodağılımına bağlı olarak değişmekle birlikte biyolojik dokularda α partiküllerinin yolu genellikle 50-100 μm olup orta boyuttaki neoplazmaların mikrometastazları için etkin tedavi olanağı sağlamaktadır.

3. Radyonüklidin Yarılanma Süresi: Fiziksel yarılanma süresi 6 saat ile 8 gün arasında olan radyonüklidlerden ^{89}Sr (yarılanma süresi 50 gün) hariç diğerleri TRT’de kullanılmaktadır. Klinik pratikte, bir radyoizotopun organizmadan veya hedef dokudan temizlenmesi için fiziksel yarılanma süresinin yanında biyolojik yarılanma süresi de önemlidir. Canlıda hem fiziksel yarılanma hem de biyolojik atılım birlikte gerçekleşir. Fiziksel (Tf) ve biyolojik (Tb) eliminasyon ile radyonüklidin miktarının yarıya inmesi için geçen süreye efektif yarılanma süresi (Tef) denir. Bu üç değişken arasında $1/T_{\text{ef}} = 1/T_{\text{f}} + 1/T_{\text{b}}$ matematiksel bağıntısı vardır. Radyonüklidin fiziksel yarılanması karakteristik bir özellik olup sabittir. Örneğin ^{177}Lu radyonüklidinin fiziksel yarılanma süresi 6.1 gün olup her ortamda aynıdır. Fakat biyolojik yarılanma canlıdan canlıya hatta organdan organa değişiklik gösterir. Buna bağlı olarak efektif yarılanma süresi de değişkendir. İşte bu nedenle TRT’de hastaya uygulanacak radyonüklidin aktivite miktarının belirlenmesinde efektif yarılanma süresinin hastaya spesifik olarak hesaplanması gerekir (2).

4. Radyonüklidin Kimyasal Saflığı: TRT’de kullanılan radyonüklidlerin yüksek derecede kimyasal saflığa sahip olması, kirliliğe neden olabilecek kontaminant izotopların ve radyofarmasötüğün işaretlemesinde taşıyıcı molekül içeren metal radyonüklidlerin bulunmaması gereklidir.

5. Radyonüklidin β^- ışınlarından başka γ - ışınlarına da sahip olması: TRT’de hastaya spesifik dozimetri yapılması ve maksimum güvenli dozun belirlenmesi tedavinin etkinliğini güvenceye almaktadır. Organ dozimetrisi γ -ışınlarından yararlanılarak alınan sintigrafik görüntülerden hesaplanır. Dozimetri hesaplamalarında ideal olan gama enerjisi 140 keV idealdir. Bununla birlikte 70-300 keV enerji aralığında olan gama ışınları da kullanılmaktadır.

6. Radyonüklidin taşıyıcı moleküllere bağlanma yeteneği: İşaretlenen radyofarmasötik vücut sıvıları ile temas ettiğinde uzun süre stabil kalabilmeli, başka bir ifade ile kısa sürede metabolize olmamalıdır.

7. TRT’de kullanılan radyofarmasötüğün hastaya maliyeti: Radyofarmasötüğün yaygın kullanım alanı bulabilmesi için fiyatının düşük olması aranan özelliklerdendir.

^{131}I ve ^{90}Y gibi β^- radyasyonu yayan radyonüklidler TRT’deki rutin klinik uygulamaların yaklaşık %90 oranını oluşturur.

Vücutta bazı organ ve dokuların radyosensitivitesi yüksektir. Bu tür organ veya dokular bir eşik doz değerinin üstünde radyasyona maruz kalırlarsa fonksiyonlarını geçici ya da kalıcı olarak kaybedebilirler. Nispeten düşük doz değerlerinde fonksiyonlarını kaybeden organlara “kritik organ” denir. Organların fonksiyonları bozulmadan alabilecekleri doz miktarına “maksimum tolare edilebilir doz yükü” denir. Eksternal ışınlamalarda olduğu gibi hedeflenmiş radyonüklit tedavilerde de kritik organlar ve maksimum tolare edilebilir doz yükleri belirlidir. Örneğin Kırmızı kemik iliği için 2 Gy, böbrekler için 23 Gy dir (3-5).

TRT’de maksimum tolare edilebilir doz yükünü belirlemekteki amaç, tümöre maksimum dozu verirken kritik organların doz toleransının aşılmamasıdır. Kritik organ dozları belli ve sabit olmakla birlikte radyonüklidin biyokinetiği hastadan hastaya değişiklik gösterebilir. Örneğin tiroit kanserinin radyoiodot ile tedavisinde, hastaların tiroit uptake değerleri ve buna bağlı olarak tayin edilen efektif yarılanma süresi birbirinden farklıdır.

TRT ‘de maksimum güvenli aktivite miktarının belirlenmesi için hastaya çok düşük bir radyonüklid aktivitesi uygulanarak dozimetri yapılır. Bu dozimetri sonucunda hastaya spesifik olarak belirlenmiş olan radyofarmasötik miktarı tedavi amacı ile uygulanır. Dozimetri çalışmasında organ dozlarının hesaplanması için hastadan sintigrafik görüntü alınması gerekir. Bu nedenle dozimetri için gama salınımı yapan bir radyonüklid kullanılır. TRT’de kullanılan radyonüklidlerden bazıları β^- parçacıklarının yanında γ - ışınları salınımı da yapmaktadır. Örneğin ^{131}I radyonüklidinin 606 keV enerjili β^- ışınları ve 364 keV enerjili γ - ışınları vardır. Görüntülemeye ve dozimetrik hesaplamalarda γ - ışınlarından yararlanır. Benzer şekilde nöroendokrin tümör ve prostat kanseri tedavilerinde kullanılan ^{177}Lu radyonüklidinin 208 keV (%11 verim) ve 113 keV (%6 verim) enerjili gama ışınları vardır. TRT’de hem β^- ışınları hem de γ - ışınlarına sahip olan radyonüklidlere “Teranostik” denir. Teranostikler TRT’de önemli avantajlar sağlarlar. ^{90}Y gibi sadece β^- ışınları olan fakat γ ışınları salınımı olmayan radyonüklidlerin kullanılmasında dozimetri



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



hesaplamaları tedavi edilecek organda benzer biyodağılım ve biyokinetik özellik gösteren ve γ ışınları salınımı yapan başka bir radyonüklid kullanılarak yapılır. Karaciğer tümörlerinin tedavisinde kullanılan ^{90}Y radyonüklidinin dozimetrisinde $^{99\text{m}}\text{Tc}$ MAA (makro agregat albumin) kullanılmakta, elde edilen dozimetrik sonuçlar ^{90}Y aktivitesine uyarlanmaktadır. Bu dozimetrik işlem için başka bir alternatif PET görüntülemeyi. ^{90}Y radyonüklidinin çok düşük verimli (32/100 0000) anihilasyon fotonları vardır. Bu sayede PET görüntülemeye ve dozimetrik işlemlere de uygundur. ^{90}Y radyonüklidinin dozimetri yapmak için başka bir özelliği de yaklaşık 110 keV maksimum verimli (aralık: 75-160 keV) Bremsstrahlung (frenleme radyasyonu) yani X- ışınları vardır. Bu enerjideki X-ışınları gama kamerada görüntü alınmasına ve dolayısıyla dozimetri yapılmasına olanak sağlamaktadır (6-7)

Kaynaklar

1. Amin I Kassas. Therapeutic Radionuclides: Biophysical and Radiobiologic Principles. *Semin Nucl Med.* 2008;38(5):358–366. doi: 10.1053/j.semnuclmed.2008.05.002
2. Emami B, Lyman J, Brown A, et al. Tolerance of normal tissue to therapeutic irradiation. *Int J Radiat Oncol Biol Phys.* 1991;21:109–22.
3. Boice JD, Inskip PD. Radiation-induced leukemia. In: Henderson ES, Lister TA, Greaves, eds. *Leukemia*. Philadelphia, PA: W.B. Saunders 1996, 195–209.
4. Bernard BF, Krenning EP, Breeman WA, et al. *D-lysine reduction of indium-111 octreotide and yttrium-90 octreotide renal uptake*. *J Nucl Med.* 1997;38(12):1929-33.
5. Walderherr C, Pless M, Maecke HR. *Tumor response and clinical benefit in neuroendocrine tumors after 7.4 GBq (90) Y-DOTATOC*. *J Nucl Med.* 2002 43(5):610-6.
6. Shen S, Gerald L. DeNardo, et al. Planar Gamma Camera Imaging and Quantitation of Yttrium-90 Bremsstrahlung. *J Nucl Med* 1994;35:1381-9.
7. Demir M. Radyonüklid Tedavi.Ed. Bekiş R. In: Radyonüklid Tedavinin Fiziksel Temelleri (Parçacık Radyasyonunun Biyolojik Etkileri ve Özellikleri. O’Tıp Kitapevi ve Yayıncılık 2019, Sf: 21-34.



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



KM.11 - QDOSE® Yazılımı

Türkay Toklu

Net Nükleer Tıp Arge ve Sağlık Hizmetleri San.Tic.Ltd.Şti.

QDOSE® Yazılımı, genel olarak Nükleer Tıp ünitelerindeki dozimetri ihtiyaçlarının pek çoğunu karşılayabilecek yeterliliğe sahip, özellikle Lu-177 tedavilerinde 2D dozimetri fonksiyonunun yanı sıra hibrid (2,5D) ve 3D dozimetri seçeneklerini sunan bir internal dozimetre yazılımıdır. Planar, SPECT ve PET görüntülerine ek olarak CT ve/veya MR görüntüleri de yazılıma alınabilmektedir.

Yazılımın öne çıkan özelliklerinden biri International Commission on Radiological Protection (ICRP)'nin dozimetrik hesaplamalarında kullanıldığı IDAC-Dose 2.1 ve 1.1 yazılımlarının altyapısını kullanmasıdır. Hesaplamalarda MIRD Pamphlet 16'nın yanı sıra ICRP 110'da tanımlanan realistik matematiksel fantomları ve ICRP 133'de tanımlanan spesifik soğurma oranlarını kullanması diğer önemli özelliklerindendir.

2D ve 3D çakıştırma fonksiyonlarına ek olarak ROI/VOI çizimi ve segmentasyon fonksiyonları bulunmaktadır. Zaman-aktivite eğrilerini eksponansiyel fonksiyonlara fit edebilme yeteneğinin yanı sıra kümülatif aktivite hesaplamasında eksponansiyel fonksiyon integrasyonuna ek olarak trapezoidal yöntemle de hesaplama yapabilmektedir.

Yazılım, Nükleer Tıp'ta tedavi ve görüntüleme amacıyla kullanılan hemen hemen tüm izotoplar için hesaplama yapabilmektedir. ICRP 110'a göre kadın ve erkek fantomlar için hesap yapmasına ek olarak hastaya spesifik hesaplama yapılabilmesi için organ ağırlıklarını değiştirmeye olanak tanımaktadır. Pediatrik doz hesaplamalarında IDAC 1.1 yazılımının sunduğu Cristy-Eckerman fantomları kullanılmaktadır.

Lezyon dozimetrisi için küre modelini içeren yazılım, hastanın CT görüntülerini kullanarak organ ağırlığını hesaplamaktadır. Yazılım istenildiğinde, Dose-Point Kernel metodolojisini kullanarak voksel seviyesinde dozimetrik hesaplama yapılabilmesi ve Doz-Hacim histogramlarının (DVH) çizilebilmesi özelliklerini barındırmaktadır.

QDOSE® Yazılımı ayrıca mikroküre tedavisi (SIRT) modülüne sahiptir. Bu modül sayesinde cam veya reçine mikroküreler için ^{99m}Tc-MAA planar ve SPECT görüntülerinden tedavi öncesi dozimetri hesaplamasının yanı sıra ⁹⁰Y PET/CT veya Bremsstrahlung SPECT/CT görüntülerinden tedavi sonrası dozimetri hesaplaması yapabilmektedir.



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



KM.12 - Radyolojik Uygulamalarda Tanısal Referans Seviyeleri

Ayşegül Yurt

Dokuz Eylül Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Medikal Fizik AD.

Uluslararası Radyasyondan Korunma Komitesi (The International Commission in Radiation Protection, ICRP), Avrupa Birliği ve Uluslararası Atom Enerjisi Kurumu (IAEA) gibi otoriteler, iyonlaştırıcı radyasyondan korunmada temel ilkeleri gerekçelendirme, optimizasyon ve doz sınırlamaları olarak tanımlar. Yeterli bir radyasyondan korunma programı, gereksiz ve yararlı olmayan hiçbir radyasyon uygulamasını içermez. Bu amaç için de 2 temel ilke vardır; uygulamaların gerekçelendirilmesi ve korunmanın optimizasyonudur. Bunlardan optimizasyon ilkesine göre tanısal radyolojik uygulamalarda, konunun uzmanları tarafından belirlenen yeterli tanısal değere sahip görüntülerin optimum dozda elde edilmesi hedeflenir.

Hasta dozlarını azaltmak görüntü kalitesinden fedakârlık etmek anlamına gelebilir ki, tanısal değeri yüksek görüntüleri elde etmek için hasta dozların yükseltilmesi gerekebilir. Dijital sistemlerde radyasyon dozları arttıkça görüntü kalitesi arttığı bilinen bir gerçektir; peki ne kadar artırılmalıdır ve referans değerler ne olmalıdır? Burada referans seviyelerin belirlenmesinde, Tanısal Referans Seviyeleri (Diagnostic Reference Levels - DRLs) kavramı ilk kez 1996 yılında ICRP tarafından ortaya kondu ve tanısal ve girişimsel X-ışını uygulamalarında radyasyondan korunmada optimizasyon için güçlü ve yeterli bir araç olarak ifade edildi. Uluslararası otoritenin DRLs için ortaya koyduğu bilgiler aşağıdaki gibi özetlenebilir;

- DRLs için belirlenen doz değerleri radyologlar ve tıbbi görüntüleme teknikerleri tarafından anlaşılır olmalıdır. DRLs sistemini kurmuş olan ülkelerde, radyologlar ve tıbbi görüntüleme teknikerleri, hastalara verdikleri radyasyon dozlarını görebildikleri gibi aynı uygulamalarda meslektaşları tarafından verilen dozlarla karşılaştırmak için basit bir araç sağlamış olmaktadır. Bu, radyolojik uygulamalara ilişkin radyasyon dozları konusunda farkındalık yaratmakta ve doz dağılımı en üst seviyedeki merkezlerde düzeltici faaliyetlere teşvik etmektedir. Örneğin tanısal referans seviyelerin kullanılması ve optimizasyonu ciddiyle yürüten İngiltere’de 1980’lerin başından 2000’e kadar ortalama hasta dozlarında %50’lik bir azalma olduğu görülmüştür.

- DRLs daima görüntü kalitesi değerlendirmesiyle paralel kullanılmalıdır. Bu nedenle bir referans düzeyi oluşturma veya kullanma çalışmaları yapıldığında, tanısal değeri yüksek görüntüler elde edinildiğinden emin olunması gereklidir.

- DRLs, hastaya gereksiz yere yüksek dozlardan kaçınmaya yardımcı olarak korunmanın optimizasyonuna rehberlik eder. DRLs değerlerinin aşılması otomatik olarak bir tetkikin yetersiz yapıldığı anlamına gelmez. DRLs düzeyini karşılayacak bir uygulama yapıldığında da yeterli olduğu anlamına gelmez, çünkü düşük bir görüntü kalitesi olabilir.

- DRLs için kullanılan doz değerleri kolayca ölçülebilmelidir. DRLs, giriş yüzey dozu ve giriş yüzey hava kerma, DAP gibi birkaç yöntemi ve görüntü sayısı ve floroskopi süresi gibi parametreleri temel alır. Radyolojik uygulamaların farklı tipleri için farklı ölçüm miktarları belirlenir; radyografi ve floroskopi için cilt giriş dozu (ESD) veya doz alan ürünü (DAP) kullanılırken mamografide standart meme fantomunda cilt giriş dozu belirlenir ve sonunda BT uygulamaları için ağırlıklı bilgisayarlı tomografi doz indeksi (CTDI_w) ve doz uzunluk değeri (DLP) belirlenir.

- DRLs, doz limiti değildir.
- DRLs, aynı modalitede farklı incelemeler için uygulanabilir.
- DRLs, bireysel hastalara uygulanabilir değildir. DRLs çalışma verilerinin toplanması ve referans doz değerlerinin kontrolü ile ilgili detaylar istatistik değerlendirmede medyan değer $\%75$ ’i alınarak sayısal değerler olarak belirlenir ve raporlanır. DRL’ler, ortalama boyuta sahip hastalar için kabul edilebilir bir doz göstergesidir.

- Tanısal referans düzeylerin tıbbi görüntüleme ile ilgili uzman kuruluşlar tarafından oluşturulması gerektiğini, bir ülke veya bölgeye özel olması gerektiğini ve gözlemlenen hasta doz dağılımlarında uzun süreli değişiklikleri ve istikrar durumuna göre belli aralıklarla gözden geçirilmesi gerektiğini vurgulamaktadırlar.

- DRLs’in temel amacı, optimizasyonun dinamik ve sürekli işlevinde kullanımlarıdır. DRL değerlendirmeleri düzenli olarak, en az üç - beş yılda bir veya ulusal mevzuatın gerektirdiği şekilde yapılmalıdır.

Sonuç olarak, DRLs değerlerinin bilinmesiyle minimum hasta dozunda klinik olarak değerlendirmeye yeterli optimum görüntü kalitesini sağlarken konunun uzmanlarına yaptıkları uygulamalardaki doz takiplerini gözden geçirecekleri referans düzeyler belirlenir.



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



KM.13 - Nükleer Tıpta Tanısal Referans Seviyeleri

Yasemin Parlak

Nükleer tıp ve moleküler görüntüleme alanları, özellikle hem metabolik ve fizyolojik hem de anatomik yapı hakkında bilgi sağlama üstünlükleriyle büyümeye devam ediyor. Ulusal ve uluslararası raporlara göre yıllık yapılan Nükleer Tıp tetkikleri ciddi bir oranda artmıştır. Nükleer tıp kullanımındaki bu artış, iyonlaştırıcı radyasyona maruz kalmanın artmasına ve dolayısıyla olası olumsuz sağlık etkileri riskinin de artmasına yol açmıştır. Hasta ve çalışan radyasyon güvenliğini sağlayabilmek için bu risklerin ve faktörlerin bilinmesi gerekir.

Tıbbi görüntülemede optimizasyon, iyonlaştırıcı radyasyon miktarı ile görüntü kalitesinin dengelenmesidir. Görüntüleme protokollerinin optimizasyonu ve tanısal referans seviyelerinin (DRL) oluşturulması, düşük radyasyon dozlarında kaliteli görüntü hedeflerine ulaştıracaktır. DRL, belirli bir tetkikte uygulanan aktivitenin o tetkik için alışılmadık derecede yüksek veya düşük olup olmadığını belirtmek için tıbbi görüntülemelerde kullanılır ve bu merkezleri kıyaslamak, uygulamadaki ülkeler arası farklılıkları anlamak ve toplumsal kılavuzlar ile uygunluk sağlamak için önemlidir.

ICRP, medikal incelemelerde DRL kullanılmasına yönelik önerilerini ICRP, 60, 73, 103 ve 105 yayınlarında vermektedir. Komisyon, ‘tanısal referans düzeyi’ terimini ilk olarak 1996 yılında Yayın 73’te rapor edip, sonrasında geliştirdi.

Nükleer Tıpta hasta kilosu bazlı aktiviteler, radyofarmasötikğin ağırlıklı olarak tek bir organda yoğunlaştığı incelemeler için uygun olmayabilir (örn. tiroid taramaları, akciğer perfüzyon taramaları) ve bu tetkikler için tüm yetişkin hastalara standart bir aktivite uygulanabilir.

ICRP çocuk, ergen ve düşük kilolu hastalar için kiloya dayalı uygulanan aktivitelerin kullanılmasını tavsiye etmektedir. Morbid obez hastalar için sabit bir maksimum aktivitenin ayarlanması da düşünülebilir.

Tanısal referans değerler, ulusal sağlık ve radyasyondan koruma yetkilileri ile birlikte profesyonel tıbbi kuruluşlar tarafından seçilmeli ve gözlemlenen doz dağılımlarındaki uzun vadeli değişiklikler ve gerekli stabilite belirli aralıklarla gözden geçirilmelidir.



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



KM.14 - Monte Carlo'nun Klinik Uygulamaları

Türkey Toklu

Yeditepe Üniversitesi, Sağlık Fiziği Anabilim Dalı

Monte Carlo (MC) yöntemi Medikal Fizik uygulamalarında yaygın bir şekilde kullanılmakta olan stokastik bir hesaplama yöntemidir. Bu yöntem ile radyasyon transportu yapılarak bir ortama giren foton ve parçacık akıları ile ortamda depolanan doz değerinin hesaplanması mümkündür. Doğrudan ölçümün zor olduğu birçok durum için MC yöntemi başarı ile kullanılabilir. Medikal Fizik'in üç ana branşı olan Radyoloji, Nükleer Tıp ve Radyoterapi alanlarında farklı amaçlarla MC yöntemi kullanılabilir.

Radyoloji alanında, özellikle radyografik incelemelerde hasta dozlarının hesaplanabilmesi için National Radiological Protection Board (NRPB) tarafından NRPB-R262 ve NRPB-SR262 veritabanları, standart insan benzeşimi matematiksel fantomlar kullanılarak, Cilt Giriş Dozu (ESD) ve Doz-Alan Çarpımına (DAP) bağlı olarak organ ve efektif dozlar için katsayılar içermektedir. Bu veritabanları MC yöntemi ile oluşturulmuştur. Benzer şekilde NRPB-SR250 veritabanı ise bilgisayarlı tomografi uygulamaları için yine MC yöntemi ile oluşturulmuş diğer bir veritabanıdır. Bunların yanı sıra, yine organ ve efektif doz hesaplamada MC kodu içine gömülmüş PCXMC ve ImpactMC gibi yazılımlar da bulunmaktadır. MCNP, EGSnrc/BEAMnrc, Geant4/GATE gibi genel amaçlı MC kodları da Radyoloji alanında kullanılabilir. Bozkurt ve Bor [1] çalışmalarında girişimsel radyoloji uygulamalarında hekim ve hasta için organ ve efektif dozları eş-zamanlı olarak MCNP kodu ile hesaplamışlardır.

MC uygulamaları sadece dozimetrik amaçlarla kullanılmamakta, görüntüleme amacıyla da MC hesaplamaları yapılabilir. Anabilim Dalımızda gerçekleştirdiğimiz çalışmada EGSnrc/BEAMnrc MC kodu kullanılarak bir X-ışını tüpü modellenmiş ve bu model AAPM TG-195 [2] numaralı raporu kullanılarak doğrulanmıştır. Bu model kullanılarak X-ışını tüpü tarafından üretilen x-ışını demetinde oluşan Heel etkisi gibi karakteristikler incelenebilmekte, her noktada oluşan X-ışını spektrumu elde edilebilmektedir. Bunlara ek olarak HVL, MTF ve kontrast gibi parametrelerin ölçümleri gerçekleştirilebilmektedir. Diğer bir genel amaçlı MC kodu olan Geant4/GATE kodu ile de klinik ve pre-klinik bilgisayarlı tomografi gibi sistemlerin simülasyonları yapılabilir.

Nükleer Tıp alanında da MC kodu yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. En bilinen kullanım alanı MIRD yöntemi [3]. MIRD yönteminde fotonlar için Spesifik Soğurma Oranları (SAF) standart fantomlar kullanılarak MC kodu ile hesaplanmaktadır. Standart matematiksel fantom olarak yakın geçmişe kadar sıklıkla Cristy-Eckerman fantomları [4] olarak bilinen fantomlar kullanılmaktaydı. Günümüzde ICRP Publication 110'da [5] tanımlanmış, daha gerçekçi fantomlar kullanılarak da MIRD hesaplaması yapılabilir. Aynı SAF değerleri kullanılarak yine ICRP tarafından 53, 80, 106 ve 128 numaralı dokümanlarda, radyofarmasötiklerden dolayı organların maruz kaldıkları dozların ve efektif dozların hesaplanabileceği tablolar oluşturulmuştur.

Nükleer Tıp'ta kullanılan dozimetri yazılımlarının da temelini oluşturan Dose-Point Kernel (DPK) yöntemi de MC hesaplamaları sayesinde kullanılabilir. Bu yöntemdeki Kernel'ler her izotop ve ortam materyali için (örneğin yumuşak doku, kemik gibi) MC yöntemi ile hesaplanmış doz dağılımlarıdır. Bu dağılımlar ve hastanın tomografi görüntüsü ile belirlenen fiziksel yoğunluk haritasının konvolüsyonu ile 3-boyutlu doz dağılımı elde edilebilir.

Nükleer Tıp uygulamalarında dozimetrik hesaplamalar, MC kodlarının doğrudan kullanımı ile de gerçekleştirilebilir. Anabilim Dalımızda Geant4/GATE kodu ile internal dozimetri hesaplamaları yapılmaktadır. Aynı kod ile pre-klinik dozimetrik çalışmalar da yapılabilir.

Geant4/GATE kodu ile Nükleer Tıp uygulamalarında da PET, SPECT gibi görüntüleme sistemlerinin simülasyonunun yapılması da mümkündür. Anabilim Dalımızda da bir gama kamera simülasyonu gerçekleştirilmiş ve uzaysal ayırma gücü gibi görüntü kalitesi parametrelerinin hesaplanması sağlanmıştır. Hesaplama sonuçları ölçüm sonuçları ile kıyaslanmıştır.

MC yöntemlerinin en geniş kullanım alanı ise Radyoterapi uygulamalarıdır. Radyoterapi alanında MC kodları, referans iyon adası dozimetrisi için durdurma gücü oranları ve pertürbasyon faktörlerinin hesaplaması, gerçekçi linac



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



ve dedektör simülasyonları ile hasta tedavi planlaması ve plan verifikasyonu amaçlarıyla kullanılabilir. Wulff ve arkadaşlarının [6] çalışması iyon odası pertürbasyon faktörlerinin hesaplanması için iyi bir örnek oluşturmaktadır.

Günümüzdeki CPU ve GPU işlemci kapasitelerindeki gelişmeler, Monte Carlo hesaplamasının tedavi planlaması ve plan verifikasyonu amacıyla kullanılabilmesine olanak tanımaktadır. Hesaplamalarda genel olarak 3 grup MC algoritması kullanılmaktadır: genel amaçlı MC kodları (EGSnrc, PENELOPE, Geant4, MCNP gibi), hızlandırılmış MC kodları (VMC, DPM, XVMC, PENFAST, VCM++ gibi) ve önceden hesaplanmış MC verisi kullanan kodlar (MMC, SMC).

Genel amaçlı MD kodlarından EGSnrc/BEAMnrc MC kodu kullanılarak Anabilim Dalımızda linac simülasyonları gerçekleştirilmektedir. Bunun için linac kafasına dair teknik bilgilere ihtiyaç duyulmaktadır (bu bilgilere ulaşamaması halinde Sanal Kaynak Modellemesi (VSM) de yapılması mümkündür). Teknik bilgiler kullanılarak linac modellendikten sonra ilk adım olarak hızlandırılmış elektron demetinin karakteristiklerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu karakteristiklerden doz dağılımı üzerinde en etkili olanı elektron demetinin ortalama enerjisidir. Bu değer belirlendikten sonra çeşitli alan boyutlarında derin doz eğrileri, doz profilleri output faktörleri gibi özellikler, iyon odası ölçümleri ile kıyaslanarak model doğrulanmalıdır. MC simülasyonu sonucunda elde edilen doz dağılımı, simüle edilen parçacık başına Gy birimindedir. Bu nedenle son olarak MU kalibrasyonunun da yapılması gerekir.

Linac simülasyonu sonrası istenilen alan boyut ve şekillerinde faz-uzay dosyaları elde edilerek bunlar DOSXYZ-nrc kodu ile oluşturulabilecek fantomlarda veya hastalara ait CT görüntüleri üzerinde radyasyon transportu gerçekleştirilebilir. MC yöntemi içsel olarak ortama verilen dozu (dose-to-medium, Dm) hesaplamaktadır. Bununla beraber radyoterapi cihaz kalibrasyonları ve tedavi etkinliği ile normal doku toleransları suya verilen doza (dose-to-water, Dw) göre belirlenmiştir. Bu nedenle MC hesaplamalarının Dw'a dönüştürülmesi ihtiyacı ortaya çıkabilmektedir. Buna dair bir yöntem Siebers ve arkadaşları [7,8] tarafından önerilmiştir. Ancak bu yöntemin yeterli olmadığını öne süren bir çalışma ise Andreo [9] tarafından verilmiştir. MC ile hesaplanmış doz dağılımlarının raporlanması konusunda halen bir tartışma sürmektedir.

Sonuç olarak, MC yöntemleri Medikal Fizik'in üç ana branşında da yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Yöntem sadece dozimetrik amaçlı değil, aynı zamanda görüntüleme amaçlı da kullanılabilir. İşlemci gücünün ve hızlandırılmış algoritmaların da geliştirilmesi ile tedavi planlaması gibi yoğun işlemler kısa sürelerde gerçekleştirilebilmektedir. Klinik ve bilimsel araştırma amaçlı, MC yöntemlerine ihtiyacımız her geçen gün artacak gibi görünmektedir.

Referanslar

1. Bozkurt A, Dor D. Simultaneous determination of equivalent dose to organs and tissues of the patient and of the physician in interventional radiology using the Monte Carlo method. *Phys Med Biol.* 2007;52(2):317-330.
2. Sechopoulos, I. et al. Monte Carlo reference data sets for imaging research: Executive summary of the report of AAPM Research Committee Task Group 195. *Med Phys.* 2015;42:5679-5691.
3. Loevinger R, Berman M. A revised schema for calculating the absorbed dose from biologically distributed radionuclides, MIRD Pamphlet No. 1 Revised. New York: The Society of Nuclear Medicine; 1976.
4. Cristy M, Eckerman K. Specific absorbed fractions of energy at various ages from internal photons sources. Oak Ridge, TN: Oak Ridge National Laboratory; ORNL/TM-8381 V1-V7; 1987.
5. ICRP. Adult reference computational phantoms. ICRP Publication 110. *Ann ICRP* 2009;39:2.
6. Wulff J, Heverhagen JT, Zink K. Monte-Carlo-based perturbation and beam quality correction factors for thimble ionization chambers in high-energy photon beams. *Phys Med Biol.* 2008;53(11):2823-2836.
7. Siebers JV, Keall PJ, Nahum AE, Mohan R. Converting absorbed dose to medium to absorbed dose to water for Monte Carlo based photon beam dose calculations. *Phys Med Biol.* 2000;45(4):983-995.
8. Chetty IJ et al. Report of the AAPM Task Group No. 105: Issues associated with clinical implementation of Monte Carlo-based photon and electron external beam treatment planning. *Med Phys.* 2007;34(12):4818-4853.
9. Andreo P. Dose to 'water-like' media or dose to tissue in MV photons radiotherapy treatment planning: still a matter of debate. *Phys Med Biol.* 2015;60(1):309-337.



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



KM.15 - Medical Malpractice in the Field of Oncology

Constantin Kappas

Nanoparticles (NPs) have been used for drug delivery, for *in vitro* diagnosis and for *in vivo* imaging. During the last decades, efforts have been made for the use of nanoparticles as therapeutic agents. Given that radiation therapy is not a selective antitumor treatment, the main challenge is to increase its therapeutic efficacy and thus to increase the differential radiation effect between healthy and cancer cells by the combined use of NPs.

In the many research projects that have been conducted the last years, different nanoparticle designs and materials have been employed but the main idea is the use of high-Z NPs for radiosensitization. In this context, these NPs can intensify the production of secondary electrons and ROS that in turn enhance radiation therapy effects. The enhancement of radiotherapy efficiency could be evaluated by the determination of the Nanoparticle-mediated Enhancement Ratio (NER) after a single radiation dose, the determination of the Dose Modifying Factor (DMF) based on survival curves and the variation of the ROS production upon irradiation.

This review will focus on the different approaches followed on the use of nanoparticles, the dosimetric studies available, the radiobiological issues and the target selectivity. Discussion will be made on the efficiency and the prospective of the use of NPs in current radiotherapy practice.



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



KM.16 - MR Rehberliğinde Radyoterapi

Nazlı Bilici Güven

Maceramız 2020 yılında başladı. 2020 yılının ekim ayında mr linak odası tamamlandıktan sonra, Unity tüm pandemi koşullarını aşarak Ocak 2021 de yeni evine yani Liv Hospital'a ulaştı. Elekta mühendislerinin yoğun çalışmalarından sonra, nisan ayında cihaz odasında çepeçevre bakırla sarılmış ahşap panellerden oluşan radyo frekans kafesi inşaatı başladı ve yaklaşık bir ay sürdü. Cihaz genel görünümünü alınca, cihaz kabul testi ise mayıs ayında gerçekleşti. Mayıs sonundan hasta alımına kadar süren yoğun mr ve fizik eğitimlerinden sonra gerekli belgeler alınarak ilk hasta alımımız ise temmuz ayında gerçekleşti.

Elekta Unity sistemi özelliklerinden bahsederek, 1.5 Tesla magnetik alanı kullanıyor. Enerjisi 7MV flattening filter freedir. Kaynak tümör uzaklığı 143,5cm, maksimum alan crossplane 57.4cm inplane 22cmdir. Doz hızı izosentir da 425mu/dakikadır. Tedavi tekniği step and shoot imrt ve üç boyutlu konformaldır. Maksimum gantri hızı 6rpm yani cihaz dakika da 6 dönüş gerçekleştirebiliyor. Bu hız konvansiyonel linak da ise 1'dir. MR linak da fazla sayıda imrt alanı kullandığımızda cihaz bu alanları hızlı bir şekilde verebiliyor. Lif hızı 6cm/s ve multilif kolimatörler ise sadece superior ve inferior yönünde hareket ediyor. Lif genişliği izosentir da 7.175mm ve masa sadece longitudinal (boyuna) yönünde hareket ediyor.

Cihaz,MR kısmında 1.5 Tesla statik manyetik alan kullanıyor. Mr alanı olduğundan hastaların ve personelin MR uyumlu olması gerekiyor. Bunun için kliniğimiz de metal dedektörünü kullanıyoruz. Hasta çekimi için, bir posterior bir de anterior coil var. Posterior coil masanın içinde MR izosentirinde olacak şekilde yerleştirilmiş durumdadır. Fizik ölçümleri alınırken eğer MR kullanılmıyacaksa posterior coilin bu alandan çıkarılması gerekiyor. Fizik ölçümleri ile beraber alınırsa coile zarar verilebilir. Anterior coili ise hastaları tedaviye alırken üzerine yerleştiriyoruz. Kliniğimizde hastalara mr simülasyonun da ve tedaviye alırken T2 ağırlıklı 3D sekansını kullanıyoruz. Tedavi başında, hafta da bir ve hastanın son günü olacak şekilde difüzyon ağırlıklı mr çekimi yapıyoruz.

Mr kalite kontrol testlerinde, her sabah hasta almadan önce mr da yapılması gereken 4 test bulunuyor. Bu testler kafa fantomu adı verilen bir fantom üzerine mr coil koyularak yapılmaktadır. Bu setupla pıqt, snr test,scaling test tra üç testi arka arkaya yapabiliyorsunuz. Bu testler yaklaşık 20 dakika sürüyor. Kafa fantom yan yatırılarak scaling test cor kontrolünü yapmaktadır. Bu testte yaklaşık 5 dakika sürüyor. Günlük olan testlerde hasta almadan önce sadece mr testleri için 25 dakika ayırmak gerekiyor. Haftalık olarak yapılan geometrik distorsiyon testi prosedürü, 1.5T tarayıcısı ile elde edilen MR görüntülerinin geometrik doğruluğunu değerlendirmek için tasarlanmıştır. Bu test de yaklaşık 10 dakika sürmektedir. Radyasyondan etkilenmemesi gereken bir fantom olduğu için cihaz odası dışında bir odada muhafaza edilmesi önerilmektedir. Bu testlerin sonucu ok ya da not ok tarzında gelmektedir. Şu ana kadar testler de bir sorunla karşılaşmadık. Son olarak helyum seviyesi kontrolüne de haftalık olarak bakıyoruz. İlk kurulduğumuz yandan bu yana seviyede de hiçbir azalma gerçekleşmedi.

MR Linak kalite kontrol testlerinde şuan da yayınlanan bir task grup bulunmuyor, fakat bunun için çalışmalar devam ediyor. Benim de şuan kliniğimizde referans aldığım yayın Şubat 2021 yılında Mr linak konsorsiyumu tarafından yayınlanan yayındır. Buradaki tüm testlerden değil ama konvansiyonel linakta da benzerlerini yaptığımız oradan adapte edilmiş olan testlerden bahsedeceğim.

MR linak cihazında lazer sadece sagittal de var ve alan ışını yok. Bundan dolayı, cihazın izosentir tayinini mv görüntüleme sistemi ile yapıyoruz. Panel linak içerisinde bulunuyor. Panel her zaman ışın yolunun sonunda ve etrafındaki tüm elektronikler ise zırhlanmış durumda bulunuyor. Sistem cihazda sadece servis modunda kullanılıyor. MV ile; mr-mv isocenter uyumu, qa platform kalibrasyonu, su fantomundaki iyon odalarının yerini tayin etmek, output alırken izosentir tayininde ve mlc kalibrasyonu, picket fence testlerinde mv görüntüleme kullanıyoruz. QA platform mr linakta lazer ya da ışın alanı olmadığı için, kalite kontrol için kullanılacak olan ekipmanları doğru pozisyonlandırmaya yarar. Sun Nuclear Arccheck MR, Sun Nuclear IC Pofiler MR, PTW Starcheck maxi MR ile uyumludur. Kullanılacak olan fantomların referans noktasını izomerkez de konumlandırmak için tasarlanmıştır.



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



QA testlerinden bir tanesi konvensiyonel linaktan adapte edilmiş olan radyasyon izomerkezi yani winston lutz testidir. Bu test için MV hizalama fantomu kullanılır. Bu fantom QA platformunun üzerine yerleştirilir. Mv hizalama fantomunun tam ortasında sadece mv ile görebileceğimiz ball bearingler bulunuyor. Ayrıca bu fantomda superior ve inferior yönünde iki tane daha ball bearing bulunuyor bu ball bearingler fantomda rotasyon var mı yok mu onu belirliyor. Eğer ki varsa o zaman QA platformu kalibre etmek gerekiyor. Kalibre edilmiş QA platformu sayesinde izosentirde daha net ve keskin ball bearing görüntüleri elde ediyoruz. Isocenter boyutunu ölçebilmemiz için, 3 tane yönümüz var. Bir tanesi AQUA adı verilen kalite kontrol testlerini yapan bir program, radyasyon izomerkez programı ya da mv görüntüleme ile x,y,z, koordinat sistemi tayini ile belirleyebiliyoruz. Kliniğimizde bu testi AQUA programı ile gerçekleştiriyoruz. Bu testte önce mv görüntüleme ile her 45derecede 8 görüntü alıyoruz. Bu görüntüleri AQUA programına gönderip analiz ediyoruz. Klinik açıldığından bu yana toplamda aylık olmak üzere 4 kere radyasyon izomerkezi kontrol yaptık. Ortalama yarıçap değerimiz 0,342mm. Tolerans da 1mmin altıdır.

Cihazın kurulma sürecinde; gantynin içerisine, mr mekanik izosenterı gantrinin mekanik izosenterının 0.5mm içerisinde olacak şekilde yerleştirilir. Cihazı montajı tamamlandıktan sonra mr ve mv izosenter uyumuna mr-mv fantomu ile bakılıyor. Fantomun içinde 7 tane zirkonyum oksitten küreler bulunuyor. Bu kürelerin etrafında ise bakır sülfat solüsyonu var. Bu küreler yüksek atom numarasına sahip oldukları için mv de görüntülenirler ve etraflarındaki solüsyon sayesinde mrda da görüntülenebilirler. Bu testte fantom linağın izosenterına yerleştirildikten sonra, mr sisteminden görüntü alınır. Aynı zamanda cihazda 10 gantri açısından MV görüntüleme sistemi ile görüntü alınır. DPPC adı verilen programda bu iki görüntü karşılaştırılır. Elde edilen sonuçlar monaco planlama sistemine yüklenir. Aylık ölçümlerde, referans ölçümden 1mmden daha fazla bir fark çıkarsa, yeni bulunan değer Monacoya aktarılır. Bu değer; hasta tedavisi esnasında, online monaconun hesapladığı izosentir kaymasına katılır.

Cihazın doz verimi için referans şartlar, 10x10cm² lik alan gantri 0'da 5cm derinlikde SAD da kalibrasyonu gerçekleştiriyoruz. Masanın üstüne katı fantomları ve iyon odasını ve iyon odasının üzerinde de 5cm olacak şekilde katı fantomları yerleştiriyoruz. Masayı fantomlarla beraber linağın içine gönderdikten sonra mv ile görüntüleme gerçekleştiriyoruz. Bu görüntüleme için gantri bir 0° yken birde 90° iken ki tane görüntü çekiyoruz. Bu iki görüntüde farmerın efektif noktasını bulmaya çalışıyoruz. MV Sisteminde linağın izosentirını veren bir cross var. Bu crossa tıklayıp iyon odasından ne kadar uzak olduğumuzu görebiliyoruz. Gantri 0 da iken görüntüde 2mm,3mm gibi uzaklık varsa, yönüne göre yani fantomlar laterale kayması gerekiyorsa fantomları kaydırıyoruz, longitudinal yönüne kayması gerekiyorsa masayı hareket ettiriyoruz. Gantri 90° iken fark varsa fantom ekliyoruz veya azaltıyoruz. Düzeltmeleri yapıp, kontrol görüntülerini çektikten sonra elektrometre ile değer okuyup sonuca bakıyoruz. Mr linakta da absöüt dozimetri için TRS 398 kullanıyoruz. Absöüt dozimetrimin konvansiyonel linaktan tek farkı ise artık bir manyetik alan faktörü var.

MR Linakta hasta planı monaco da yapılıp onaylandıktan sonra hasta kalite kontrolünü mr uyumlu arccheck ekipmanımızla gerçekleştiriyoruz. Ekipmanı qa platformunun üzerine yerleştiriyoruz. Kalite kontrolünü yaptıktan sonra her gün unity de adaptif planlamasını yapıyoruz. Hastanın immobilizasyonu yapıp, bir mr görüntüsü çekiyoruz. Mr füzyonu yapıp, adapt to shape ya da adapt to positiondan uygun olanı seçip planlamasını yapıyoruz. Planlama onaylanıncı cihaza yani moseiqe planı gönderip hastanın ışınlamasını gerçekleştiriyoruz. Hasta kalite kontrolü ne zaman yapılıyor dersiniz, ışınlama bittikten sonra hasta kalite kontrolünü yapıyoruz. Hastanın ne kadar fraksiyonu varsa, o kadar kalite kontrol yapıyoruz. Gördüğünüz tabloda hastaların onaylanan planlarının kalite kontrol sonuçlarının ortalamasını görüyorsunuz. Örneğin referans ortalaması 99.7 olan sekiz prostat hastasının adaptif planlarda kalite kontrol değeri en düşük 99.4 en yüksek 100 olarak görülüyor. Hasta ışınladıktan sonra geçmeyen bir değerimiz olmadı.

Manyetik alanda beam data alınıp, model yapıldıktan sonra monaco planlama sistemine yüklenir. Commissioning ve kalite kontrol testlerinden sonra monaco hasta planlaması için hazırdır. Planlama sistemi offline ve online olarak ikiye ayrılıyor. Her iki planlama sistemi de GPUMC algoritmasını kullanıyor. Bilgisayarlı tomografisi çekilen hastanın görüntüsü offline monacoya yükleniyor. Hasta tedavisinde online monaco da mr üzerinden plan yapacağımız için, tüm elektron yoğunluğunu planlama bt görüntüsü üzerinden çeker. Buradaki en önemli kontorlama işleme-



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



rinden biri, hastanın çekilen görüntüdeki tüm kemiklerini kontrolleme işlemidir. Bu yapıldığı zaman cilt (patient) konturu gerçek elektron yoğunluğunu gösterecektir. Offline monaco da planı bitirdikten sonra monacodaki forced ed on mr bölümünden mr görüntüsüne elektron yoğunluğunu aktarmanız gerekiyor. Bunu yapmazsanız zaten planı monaco onaylamanıza izin vermiyor. Planlama manyetik alanı, mr linak masasını, masanın üstündeki şilteyi ve mr coili hesaba katarak planlama yapıyor. Danimarka Odense ve İsveç Uppsala'nın ortak yaptığı bir çalışmada masanın ve mr coilin atenuasyonunun tedavi planlama sisteminden ne kadar farklı olduğunu hesaplamışlar. Yaptıkları çalışma sonucu, 110° - 130° ve 230° - 250° aralığından farkın %1-1.5 olduğunu bulmuşlar. Bu da planlama da belirsizliğe yol açabileceği için, ben kendi kliniğimde bu açı aralığını gerekmedikçe tercih etmiyorum.

Liv Hospital, Ulus'da ilk hastamızı 16 temmuz 2021 de tedaviye aldık. Pelvik lenf nodu hastamıza toplamda 3 fraksiyonluk sbtr uyguladık. Bunu takiben ağustos ayında ilk prostat sbtr, eylülde ilk multiple karaciğer metastazını ve pankreas sbtr hastasını başarıyla tedaviye aldık. Kasım ayına kadar toplamda 303 fraksiyon tamamlamış olduk.

Kliniğimizde toplam 303 fraksiyonun %93ünde adapt to shape (ats) yaptık. Geri kalan %7 sinde adapt to position yaptık. Hasta tedavi süresi dağılımlarında en çok süreyi bizim kliniğimizde prostat ve rektum hastaları alıyor. Bunun sebebi, hastalara rektum ve mesaneleri her gün değiştiğinden ats yapıyoruz. Ats de yeni kontrolleme işlemi yapıldığından hastaların yatış süresi uzuyor. Bu da bazen bazı hastaların mesanelerini tutamamalarına sebep oluyor. Böyle durumlarda eğer ki hasta ışınlaniyorsa ve hasta acil durum butonuna basarsa, mecburen tedaviyi yarı da kesmek zorunda kalıyoruz. Örneğin hastanın toplam 1000 monitör uniti var ve bunun 400 monitor uniti ışınladı. Böyle durumlarda completion plan adı verilen bir plan yapılıyor. Bu plan tekniği sadece adapt to position (atp) ye izin veriyor ve moseiq de kalan mu ve alanlar üzerinden bir plan yapılıyor ve kalan ışınlama hastaya veriliyor. Bu teknik cihaz arızasında ya da acil durumlarda herhangi bir sebeple ışınlama kesildiğin de yapılıyor.

Karaciğer, pelvik lenf nodu ve pankreas hastalarımız da nefes kontrolünü sağlamamız için korse kullanıyoruz. İlk hastalarımızdan parakolik metastazı olan bir hastaya 24gy 3 fraksiyon tedavi uyguladık. Fotoğraflarda 1. 2. ve 3. Fraksiyonlar da organ değişimi görülüyor. Hastanın üç aylık pet kontrolünde kitlesinin tamamen temizlendiğini gözlemledik.

Multiple karaciğer metazası hastasına 3 fraksiyonluk bir tedavi uyguladık. Hastayı korseyle tedaviye aldık. Bu hastada kullandığım alan sayısı 14 alandır. Mr simülasyonu ve tedavisinde T2 3D sekansı uyguladık ve üç fraksiyonda da hastaya adapt to position yaptık. Şu ana kadar hastanın bir şikayeti bulunmamaktadır.

Cihazı kullandığımız süre boyunca cihazın avantajları şu şekilde, hastalara her gün adaptif plan yapılıyor. Bunun avantajı offline monaco da hastanın gtv'sine 1cmlik marj verilirken, online monaco da görerek ışınladığımız için marjı düşürüp 0.7cm gibi marj değişikliği yapabiliyoruz. Offline monacoda dozimetrik kriteri örneğin rektum kriteri limitte olan bir hastanın online monacoda marjı düşürüp, her gün organın hareketine göre kontur çizip üzerinde yeni plan çalışabildiğimiz için, limit değerini aşağılara çekebiliyoruz. Trafik ışıkları sayesinde tek seferde ptnin sarıp sarmadığını ya da kritik organların az ya da çok doz aldığını görebiliyoruz. Kliniğimizde her hasta için bir excel kullanıyoruz. Bu excelde hastalar her fraksiyonda PTV ve kritik organları her gün ne değer aldıysa onu kaydediyoruz. Böylece örneğin PTV ile komşuluğu olan bir bağırsak konturunda bağırsak kriteri iki gün düşük doz almış bir hasta da, üçüncü gün PTV'yi daha çok sardırabiliyoruz. Motion monitoring sayesinde pvt hareketini görebiliyoruz. Cihazın üç aylık kullanımda mekanik değerleri ve doz verimi stabildir.



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



KM.17 - MR-Linak’larda Kalite Kontrol

Derya Yücel

GenesisCare UK Cromwell, İngiltere

Manyetik Rezonans (MR) görüntüleme, yumuşak dokularda sağladığı üstün görüntüleme avantajıyla, radyoterapi'nin sıkça değerlendirdiği bir metottur. Elektronların elektromanyetik alan içerisindeki davranışları sebebiyle lineer hızlandırıcı (linak) ortamında bu görüntüleme tekniğinin kullanımı yakın zamana kadar mümkün olamamaktaydı.

Teknolojik gelişmelere paralel olarak, düşük ve yüksek manyetik alan kuvvetine sahip iki MR görüntülemeli linak (MR-Linak) kliniklerde yerlerini almaya başladı. Yüksek doz tedavileri günlük adaptif planlama ve yumuşak dokuları iyi derecede çizme imkânı tanıyan bu sistemler, gelişmişlikleriyle doğru orantılı olarak yeni zorlukları da beraberlerinde getirmektedir.

İki sistemin bütünleşmesi ve kapalı tasarımlarıyla seleflerinden ayrılan MR-Linaklar’da kalite kontroller hem görüntüleme hem de tedavi üzerinde her fraksiyon, günlük, aylık, üç aylık ve yıllık olarak, kendine has yöntemlerle, incelenmektedir.

Bu sunumda düşük güç MR kuvvetine sahip olan 0.35 T Viewray MRIdian MR-Linak için GenesisCare İngiltere’de kullanılan kalite temin yöntemleri anlatılacaktır.



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



KM.18 - EPID Tabanlı 3 Boyutlu İn Vivo Dozimetre Sistemi'nin Klinikte Kullanılabilirliği: Hastaya Özgü Kalite Kontrol, Cihaz Bazlı Kalite Kontrol ve Preklinik Dozimetre

Fatih Biltekin

Hacettepe Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı, 06100, Ankara

Elektronik portal görüntüleme cihazı (EPID) başlangıçta hedef hacmin yerini belirlemek ve tedavi öncesi hasta pozisyonunu doğrulamak için geliştirilmiştir. Ancak, görüntüleme amacı ile kullanımından kısa bir süre sonra EPID ile elde edilen görüntünün veya sinyalin hastaya verilen radyasyon dozu ile ilişkili olduğu anlaşılmıştır [1]. Doz doğrulaması için piyasaya sürülmesi ile birlikte EPID'in dozimetrik özellikleri farklı araştırmacılar tarafından da incelenmiş ve yoğunluk ayarlı radyoterapi (YART), volümetrik ark tedavisi (VMAT) gibi kompleks tedavi modaliteleri öncesinde hastaya özgü kalite kontrol testlerinde de güvenilir bir şekilde kullanılabilceği kanıtlanmıştır [2-4]. Günümüzde halen standart bir yaklaşım olmamasına rağmen in vivo doz ölçümü tedavi öncesi kalite kontrol testleri ile tespit edilmesi mümkün olmayan; anatomik değişiklikler, yanlış hasta/bölge, fraksiyon içi yazılım/donanım arızası gibi hataların zamanında tespit edilmesine imkan tanımaktadır [5]. Özellikle de YART, VMAT gibi yeni tedavi modalitelerinde nokta doz ölçümüne dayanan in vivo doz yaklaşımları bu hataların tespit edilmesinde yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle 2 boyutlu (2B) ve 3 boyutlu (3B) doz ölçümü ve/veya analizi yapmaya imkan sağlayan yeni sistemlere ihtiyaç duyulmaktadır. EPID sistemi ise günümüzde artık çoğu cihazda entegre olarak kullanılmakta ve ekstra bir donanıma gereksinim duyulmaması nedeni ile en uygulanabilir in vivo dozimetre sistemlerinden biri olarak tanımlanmaktadır. Ayrıca günümüzde çeşitli ticari veya ev yapımı yazılımlarla birlikte EPID ile ölçülen doz bilgisinin 3B olarak modellenmesi ve 3B in vivo doz doğrulamasının yapılması mümkün olmuştur [4-14]. Hastaya özgü tedavi öncesi kalite kontrol testleri ve in vivo doz ölçümlerine ek olarak EPID'in günlük doz kontrolü, demet profili gibi cihaz temelli kalite kontrol testlerinde de kullanılabilirliği literatürde farklı çalışmalarda gösterilmiştir [15, 16]. Bu çalışmalara ek olarak kendi kliniğimizde yapmış olduğumuz çalışma kapsamında da EPID tabanlı 3B in vivo dozimetre sisteminin cihaz temelli kalite kontrol testlerinde etkin bir şekilde kullanılabilceği gösterilmiştir [17]. Bu sayede tek bir ışınlama ile günlük doz kontrolü, referans alan için demet profili, yüzde derin doz eğrisi, ışıklı/ışınlanan alan uyumu gibi bir çok parametre kısa süre içinde eş zamanlı olarak kontrol edilebilmektedir. Ayrıca, deney hayvanları kullanılarak yapılan preklinik radyoterapi uygulamalarında da doku eşdeğeri fantomların üretilmesi, küçük hayvanlar için özel dizayn edilmiş görüntü kılavuzluğunda ışınlama platformlarının kullanılması laboratuvar ortamında da hassas tedavilerin verilmesine olanak sağlamıştır. Ancak, preklinik radyoterapi uygulamalarında uluslararası standart bir kalite kontrol programının olmaması nedeni ile laboratuvarlar veya klinikler arasında doz ölçümlerinin doğruluğunu ve tekrarlanabilirliğini sağlamak mümkün gözükmemektedir. Bu amaçla literatürde nokta doz ölçümü ve film dozimetre kullanımına ilişkin çeşitli öneriler yer almaktadır [18, 19]. Kendi kliniğimizde yapmış olduğumuz çalışma kapsamında da 3B EPID tabanlı in vivo dozimetre sisteminin preklinik hayvan çalışmalarında da kullanılabilirliği farklı ışınlama senaryoları üzerinden fare fantomunda yapılan ölçümler ile teyit edilmiştir [20]. Yakın gelecekte ise yapay zeka ve derin öğrenme temelli yaklaşımların kliniğe tam entegrasyonu ile EPID tabanlı doz kılavuzluğunda radyoterapi ve gerçek zamanlı doz takibi yaklaşımlarının günümüzdeki cihaz bazlı ve hastaya özgü kalite kontrol testlerinin yerini alması öngörülmektedir.



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



Referanslar

1. McDermott LN, Louwe RJW, Sonke JJ, Van Herk M, Mijnheer BJ (2004) Dose-response and ghosting effects of an amorphous silicon electronic portal imaging device. *Med Phys* 31(2):285-95.
2. Curtin-Savard AJ, Podgorsak EB (1999) Verification of segmented beam delivery using a commercial electronic portal imaging device. *Med Phys* 26:737-42.
3. Pasma KL, Dirkx ML, Kroonwijk M, Visser AG, Heijmen BJ (1999) Dosimetric verification of intensity modulated beams produced with dynamic multileaf collimation using an electronic portal imaging device. *Med Phys* 26:2373-8.
4. Mans A, Remeijer P, Olaciregui-Ruiz I, Wendling M, Sonke J-J, Mijnheer B et al (2010) 3D Dosimetric verification of volumetric-modulated arc therapy by portal dosimetry. *Radiother Oncol* 94:181-7.
5. Mans A, Wendling M, McDermott LN, Sonke JJ, Tielenburg, R, Vijlbrief R, Mijnheer BJ, van Herk M, Stroom JC (2010) Catching errors with in vivo EPID dosimetry. *Med Phys* 37(6Part2), 2638-44.
6. van Elmpt W, McDermott L, Nijsten S, Wendling M, Lambin P, Mijnheer B (2008) A literature review of electronic portal imaging for radiotherapy dosimetry. *Radiother Oncol* 88:289-309.
7. Esposito M, Bruschi A, Bastiani P, Ghirelli A, Pini S, Russo S, Zatelli G (2018) Characterization of EPID software for VMAT transit dosimetry. *Austral Phys Eng Sci Med* 41(4):1021-7.
8. Nijsten SM, Mijnheer BJ, Dekker AL, Lambin P, Minken AW (2007) Routine individualised patient dosimetry using electronic portal imaging devices. *Radiother Oncol* 83(1):65-75.
9. Wendling M, Louwe RJW, McDermott LN, Sonke JJ, van Herk M, Mijnheer BJ (2006) Accurate two-dimensional IMRT verification using a back-projection EPID dosimetry method. *Med Phys* 33:259-73.
10. Wendling M, McDermott LN, Mans A, Sonke JJ, van Herk M, Mijnheer BJ (2009) A simple backprojection algorithm for 3D in vivo EPID dosimetry of IMRT treatments. *Med Phys* 36:3310-21.
11. McDermott LN, Wendling M, Sonke JJ, van Herk M, Mijnheer BJ (2007) Replacing pretreatment verification with in vivo EPID dosimetry for prostate IMRT. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 67:1568-77.
12. Yedekci Y, Biltekin F, Ozyigit G (2019) Feasibility study of an electronic portal imaging based in vivo dose verification system for prostate stereotactic body radiotherapy. *Phys Med* 64:204-9.
13. Biltekin F, Yazici G, Ozyigit G (2021) PO-1633 EPID-based 3D in vivo dosimetry in head and neck radiotherapy. *Radiother Oncol* 161:1354-5.
14. Biltekin F, Yazici G, Ozyigit G (2021) PO-1863 3D in-vivo dosimetry for novel inverse optimized 3D-CRT technique in craniospinal irradiation. *Radiother Oncol* 161:1587-8.
15. Sun B, Goddu SM, Yaddanapudi S, Noel C, Li H, Cai B, Kavanaugh J, Mutic S (2015) Daily QA of linear accelerators using only EPID and OBI. *Med Phys* 42(10):5584-94.
16. Budgell GJ, Zhang R, Mackay RI (2007) Daily monitoring of linear accelerator beam parameters using an amorphous silicon EPID. *Phys Med Biol* 52(6):1721.
17. Biltekin F, Yedekci Y, Ozyigit G (2019) Feasibility of novel in vivo EPID dosimetry system for linear accelerator quality control tests. *Australas Phys Eng Sci Med* 42(4):995-1009.
18. Biglin ER, Price GJ, Chadwick AL, Aitkenhead AH, Williams KJ, Kirkby KJ (2019) Preclinical dosimetry: exploring the use of small animal phantoms. *Radiat Oncol J* 14(1):1-10.
19. Robinson SM, Esplen N, Wells D, Bazalova-Carter M (2020) Monte Carlo simulations of EBT3 film dose deposition for percentage depth dose (PDD) curve evaluation. *J Appl Clin Med Phys* 21(12):314-24.
20. Biltekin F, Ozyigit G (2021) PO-1583 3D In-vivo dosimetry for preclinical dose verification of small animal irradiation: a phantom study. *Radiother Oncol* 161:1307-9.



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



KM.19 -Görüntü Rehberliğinde Radyoterapi Sistemlerinin Görüntüleme Bileşenlerinin Kalite Temini

Esin Gündem

Gülhane Eğitim Araştırma Hastanesi Radyasyon Onkolojisi AD. ANKARA

Giriş: Gelişmiş görüntüleme yöntemleri ile tümör hacmi fonksiyonel ve biyolojik tanımlanırken, Yoğunluk Ayarlı Radyoterapi-YART (Intensity Modulated Radiotherapy-IMRT), Stereotaktik Radyocerrahi (SRS) ve Stereotaktik Body Radyoterapi (SBRT) gibi tedavi tekniklerinin gelişmesiyle de homojen doz dağılımları elde etmek mümkün olmuştur. Bununla birlikte tümör hacmine çok iyi uyum sağlayan doz dağılımına sahip YART, SRS ve SBRT gibi tedavi modaliteleri görüntü rehberliğinde yapılmazsa kullanışsızdırlar. IGRT Sistemleri, hasta set-up'ında görüntülemenin kullanıldığı eski tekniklerden farklı olarak, set-up'daki sapmaları doğru şekilde hesaplamak ve düzeltmek için planlamadan gelen referans görüntüler ile tedavi sırasında veya hemen öncesinde görüntüleme sistemi ile elde edilmiş verilerin doğru olarak eşleştirmesini yapabilen özel bilgisayar donanımlarını kullanırlar.

IGRT Sistemlerinde Görüntüleme Bileşenlerinin Kalite Temini

Kalite Temini (KT) prosedürleri, cihazın ve görüntüleme sistemlerinin yazılım ve donanım olarak fonksiyonelliğinin güvenilirliğini ve tekrarlanabilirliği sağlanacak şekilde düzenlenmelidir. KT prosedürleri, belirli kabul edilebilirlik kriterleri ve tolerans düzeyleri ile doğrulanmalı, özel araçlar ve fantomlar kullanarak belirtilen parametrelerin periyodik ölçümlerini içermelidir. Genel olarak her klinik, kullandığı cihazlarını iyi tanımalı, cihazın kullanım özelliklerine ve protokollere göre günlük, aylık ve yıllık KT prosedürleri tanımlayıp periyodik uygulamalıdır.

Görüntüleme sistemleri, modern radyasyon tedavisi tekniklerinde 3 boyutlu hasta anatomisini ve hassas hedef lokalizasyonunu belirlemek için kullanılmaktadır. Bu sistemler hastanın güvenliğinin yüksek olması ve tedavinin doğruluğu açısından büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle görüntüleme sisteminin kalitesi düzenli ve rutin olarak kontrol edilmeli ve kliniklerde kapsamlı kalite protokolleri uygulanmalıdır. Görüntü kalitesinin değerlendirilmesi, rutin kalite kontrol protokolünün önemli bir parçasıdır. Görüntüleme sisteminin görüntü kalitesi, demet enerjisi, doz hızı ve görüntü kalibrasyon faktörleri gibi birçok faktöre bağlıdır. Bu nedenle bu parametrelerin her biri için kontrol edilmelidir. Diğer önemli bir parametre de görüntüleme dozudur. İyonlaştırıcı radyasyonun tüm tıbbi kullanımlarında olduğu gibi, IGRT sistemleri için de maruziyet dozunun dikkatle yönetilmesi gerekir. Görüntü rehberliğinde RT ve Radyocerrahi de görüntüleme dozu seviyesi kontrol altında tutulmalıdır.



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



KM.20 - Radyografi, Bilgisayarlı Tomografi ve Mamografi’de Hasta Dozimetri Yöntemleri

Turan Olğar

Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Fizik Mühendisliği Bölümü, Tandoğan, Ankara

Dozimetri, tanısal radyolojide önemi giderek artan bir araştırma konusudur. Girişimsel radyoloji ve kardiyoloji incelemelerinde hastaların aldıkları radyasyon dozları, bir popülasyonda radyasyona bağlı olarak önemli bir latensi döneminden sonra kanser gözlenmesine sebep olacak kadar yüksek bir düzeyde olabilir. Uzun ışınlama süreleri, incelemelerin kompleks olması ve yüksek görüntü kalitesi gereksinimi girişimsel radyoloji incelemelerindeki yüksek hasta ve çalışan radyasyon dozlarının ana sebepleridir. Bazı girişimsel radyoloji incelemelerinde yüksek hasta radyasyon dozları nedeniyle, cilt ve gözler gibi belirli vücut organlarında algılanabilir akut semptomlar (ciltte eritem ve cilt dokusu hasarı gibi) en sık bildirilen ciddi yan etkilerdendir. Dünya Sağlık Örgütü, Uluslararası Radyasyon-dan Korunma Komitesi ve diğer uluslararası otoriteler bu tür işlemlerin sıklıkla, radyasyonun etkileri ve radyasyon dozunun teknik ve ışınlama parametrelerine olan bağımlılığı hakkında yeterli bilgiye ve farkındalığa sahip olmayan personel tarafından gerçekleştirildiğine dikkat çekmişlerdir. Mamografi, yıllık radyasyon dozuna maruz kalma ile sonuçlanan tekrarlayıcı bir tarama prosedürü olduğu için, gerçekleştirilen en yüksek düzeyde optimize edilmiş görüntüleme prosedürlerinden biridir. Mamografi ayrıca Amerika Birleşik Devletleri’nde radyasyon dozunun federal hükümet tarafından düzenlendiği tek görüntüleme prosedürüdür. Bilgisayarlı Tomografi (BT), 1970’lerin başında klinik uygulamaya girmiş ve tanısal görüntüleme için BT’nin kullanımı son yirmi yılda çarpıcı bir biçimde artarak mevcut en önemli görüntüleme modalitelerinden biri haline gelmiştir. BT taramalarında hastalar, geleneksel radyografi incelemelerinden kaynaklanan radyasyon dozlarından önemli ölçüde daha yüksek radyasyon dozlarına maruz kalmaktadır. Bu çalışma radyografi, mamografi, floroskopi ve BT’de hasta dozimetri yöntemlerini ve bu yöntemlerin gerçekleştirilmesinde medikal fizikçinin rolünü kapsamaktadır.



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



KM.21 - Radyolojik Uygulamalarda Hasta Dozimetrisi: Klinik Uygulamalar

İsmail Özsoykal

Dokuz Eylül Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Medikal Fizik AD.

X ışınlarının keşfedilmesi ve tıp alanında kullanıma girmesiyle birlikte radyolojik uygulamalarda hem teknik hem de klinik olarak birbirini izleyen çok büyük gelişmeler kaydedilmiştir. Radyografi, floroskopi, mamografi ve bilgisayarlı tomografi (BT) gibi farklı tekniklere dayanan görüntüleme modalitelerindeki teknolojik ilerlemeler sonucunda x ışınlarının klinik kullanımı dünya çapında büyük artış göstermiştir. Diğer yandan, iyonlaştırıcı radyasyonun biyolojik etkilerini kontrol altında tutmak ve klinik uygulamaların güvenli bir şekilde devamlılığını sağlamak adına gerekçelendirme ve optimizasyon gibi temel radyasyondan korunma ilkeleri bu sürecin çok önemli birer parçası haline gelmiştir.

Hasta dozlarının gerçek zamanlı in vivo ölçülmesinin mümkün olmamasından dolayı, herhangi bir radyolojik inceleme sonrasında hastanın maruz kaldığı radyasyon dozunun tahmininde çeşitli ampirik yaklaşımlar kullanılmaktadır. Bu yaklaşımlar, x ışını tüpü çıkışında havada veya yoğunluğu bilinen bir ortamda, belirli ışınlama koşullarında ve referans noktalarda alınan doz ölçüm verileri üzerine inşa edilmiştir. Temelde, görüntüleme cihazlarının dozimetrik kararlılığını test etmek veya farklı cihazların performanslarını dozimetrik olarak karşılaştırmak amacıyla kullanılan bu tip veriler, eldeki tek veri tipi olduklarından, hastaya ait özelliklerin (inceleme bölgesi, pozisyon, yaş vs.) bir takım kabuller/belirsizlikler üzerinden hesaba katılmasını sağlayan dönüşüm faktörleriyle çarpılarak incelemeye/hastaya ait etkin doz bilgisine dönüştürülebilmektedir. Radyografi incelemeleri için cilt giriş dozu ve doz alan çarpımı; floroskopi incelemeleri için cilt giriş dozu, maksimum cilt dozu ve doz alan çarpımı; mamografi incelemeleri için ortalama glandüler doz; BT incelemeleri için ise CTDIvol, SSDE ve DLP değerleri söz konusu ölçümler ve/veya çeşitli hesaplamalar kullanılarak elde edilen ve tıbbi ışınlamalardan kaynaklanan hasta dozlarının değerlendirilmesinde de kullanılan başlıca parametreler olarak gösterilebilir.

Günümüzde, toplumda hem sağlık sorunlarının giderilmesi amacıyla tıbbi ışınlamaya maruz kalan bireylerin sayısı, hem de bu bireylerin inceleme başına maruz kaldığı radyasyon dozlarının artmasının başlıca iki sebebi vardır. Bunlardan biri, artan görüntü kalitesiyle birlikte girişimsel radyoloji ve BT sistemlerinin mevcut klinik olgulara geçmişe göre daha geniş bir yelpazede katkı sunabilmeleridir. Diğeri ise, radyografi ve floroskopi gibi sistemler yerine artık BT gibi ileri görüntüleme yöntemlerinin klinikte eskiye nazaran daha yaygın bir şekilde tercih edilmesidir.

Yukarıda bashedilen ve toplum dozlarının artmasına sebep olan iki faktöre önemli bir ek olarak, kronik hastalıkların klinik takibini sürdürmek amacıyla periyodik olarak tekrar edilen incelemelere bağlı kümülatif dozların vurgulanması gerekmektedir. Bu tip takip hastalarının farklı incelemelerden kaynaklanan etkin dozlarının toplamı (kümülatif etkin doz) epidemiyolojik çalışmalardan elde edilen bilgiler doğrultusunda radyasyona bağlı stokastik etkilerin anlamlı bir şekilde görülmeye başladığı en düşük seviye olarak kabul edilen 100 mSv'lik etkin doz değerlerini aşabilmektedir. Nitekim, son birkaç yıl içerisinde yayınlanan çalışmalarda, tekrar eden BT ve girişimsel radyoloji uygulamalarına bağlı kümülatif etkin dozların 100 mSv ve üzerinde seyrettiği hastaların varlığı dikkat çekici bir şekilde ortaya konulmuştur. Söz konusu çalışmaların yapılmasında, son 10 yılda geliştirilen otomatik doz izleme sistemlerinin araştırmacılara sunmuş olduğu dozimetrik verilerden faydalanılmıştır. Bu sistemler özellikle gelişmiş ülkelerde yaygın olarak kullanılmakta ve gerek hasta, gerek cihaz, gerekse inceleme türü özelinde birçok veriyi analiz etme şansı tanınmaktadır. Her ne kadar hastaların farklı incelemelerde maruz kaldığı etkin doz geçmişlerinin kümülatif olarak değerlendirilmesi, radyasyona bağlı risk hesaplamalarının yapılması veya bu durumun klinik kararların önünde bir unsur olarak yer alması pek rasyonel olmasa da, doz izleme sistemleri, gerekçelendirme ve optimizasyon gibi önemli radyasyondan korunma ilkelerinin uygulanabilirliğinin artırılması bakımından önemli birer araç olarak kabul edilmektedir.

Cihaz teknolojileri, hesaplama ve analiz yöntemlerindeki gelişmelerle birlikte BT, floroskopi, mamografi ve radyografi gibi iyonlaştırıcı radyasyon içeren cihazlarda tüp çıkışından etkin doza geçmekte kullanılan yaklaşımlar, klinik uygulamalarda karşılaşılan dozlar, kişisel doz izleme sistemleri ve bu dozların kontrol edilebilmesi için atılan ve atılması planlanan güncel adımlar önümüzdeki dönemde de radyolojik uygulamaların önde gelen tartışma konularından olacaktır.



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



KM.22 - Radyolojik Uygulamalarda Doz ve Görüntü Kalitesi

Asena Yalçın

Ankara Üniversitesi Nükleer Bilimler Enstitüsü

asenayalcin@ankara.edu.tr

Radyasyondan korunma ihtiyacına ilişkin artan farkındalıkla birlikte, “mümkün olduğunca iyi görüntü kalitesi” ilkesinden “gerektiği kadar iyi görüntü kalitesi” ilkesine bir kayma gözlemlenebilir¹. Hastaların maruz kaldığı radyasyon dozu, doğru bir teşhis için yeterli görüntü kalitesi sağlarken makul olan en düşük seviyede olmalıdır (ALARA). Ancak bunun anlamı en düşük radyasyon dozu değildir. Yeterli görüntü kalitesini oluşturan etkenler ise farklı görüntüleme işlemleri için hala tartışmaya açıktır. Hasta ve hastalıkla ilgili çok çeşitli koşullar ve radyografik incelemeler için iş akışı göz önüne alındığında, belirli bir tanı sorusunu güvenilir bir şekilde yanıtlamak için minimum dozu bireysel olarak belirlemek olanaksız görünmektedir. ALARA ilkesine göre hasta dozunun azaltılması, tüm görüntüleme zincirinin optimizasyonunu ve uygun görüntüleme parametrelerinin seçimini de gerektirir¹.

Medikal görüntülemede hastalıkların teşhisi (diagnostik) ve tedavisinde hayati öneme sahip olan görüntü kalitesinin değerlendirilmesinde farklı yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemler genel olarak fiziksel, fizikofiziksel ve klinik değerlendirmeler olarak sınıflandırılır ve her yöntemin kendine özgü bazı avantaj ve dezavantajları vardır. Bu yöntemlerin birlikte yürütülmesi ve yorumlanması gereklidir. Ancak, bu değerlendirmeler oldukça karmaşıktır ve çok sayıda donanım gerektirmektedir. Bu nedenle değerlendirme yöntemlerinin bir arada yürütülmesi pratik olarak oldukça zordur.

Fiziksel değerlendirmeler, görüntüleme sisteminin kalitesini tanımlamak için gereklidir ve sıklıkla kullanılmaktadır. Ancak klinik değerlendirme sonuçları bu fiziksel ölçümlerle tam olarak açıklanamadığından klinikte uygulanan prosedürlerin kalitesini ve etkinliğini anlamak için gözlemci performansına dayanan testler de bunlara uyarlanmalıdır. Literatürde de fiziksel ve klinik değerlendirmelerin birlikte yürütülmesi gerektiği ancak bu konudaki çalışmaların yetersiz olduğu vurgulanmaktadır.

Referanslar

1. Uffmann, M., & Schaefer-Prokop, C. (2009). Digital radiography: the balance between image quality and required radiation dose. *European journal of radiology*, 72(2), 202-208.



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



KM.23 -Helikal Tomoterapide Klinik Uygulamalar

Evren Ozan Göksel

Acıbadem MAA Üniversitesi, SHMYO Radyoterapi Programı

Acıbadem Altunizade Hastanesi, Radyasyon Onkolojisi Bölümü

Tomotherapy helical IMRT tekniğinin kullanıldığı ve buna bağlı olarak 135 cm uzunluğa kadar alan kesişimi problemi olmadan tedavi gerçekleştirilebilen, pnömatik çalışan MLC sistemi sayesinde yüksek doz modülasyonu kabiliyetine sahip, MVCT görüntüleme tekniği ile 3 boyutlu (3B) IGRT imkanı sağlayan bir cihazdır. Bu özellikleri nedeniyle Tomotherapy cihazı bazı kompleks radyoterapi vakaları için bazı üstünlükler sağlar.

Bunların başında kraniospinal (CSI), tüm vücut (TBI) ve tüm kemik iliği (TMI) ışınlamaları gibi uzun segmentlerin ışınlanması ihtiyacı olan vakalar gelir. Örneğin, konvansiyonel linaklarda en büyük alan boyutunun 40cm olması nedeniyle kraniospinal ışınlamalarda hangi teknik kullanılırsa kullanılsın (3B, FinF, IMRT, VMAT) alan kesişimi olan bölgelerde oluşan sıcak alanlarda toksisitenin artması veya soğuk alanlarda tümör kontrol olasılığının azalması problemleri ortaya çıkmaktadır. Kraniospinal ışınlamalarda helikal tomoterapi (HT) tekniğinin dozimetrik üstünlüğü dozimetrik ve klinik çalışmalarla gösterilmiştir (1, 2). Kraniospinal ışınlamalarda HT ile 3B ve FinF tekniklerine göre hedefte daha homojen ve konformal doz dağılımları elde edilirken, düşük doza maruz kalan normal doku hacimlerindeki artış IMRT ve VMAT teknikleriyle benzerdir. HT ile CSI da düşük doza maruz kalan akciğer hacmi artmasına rağmen, pediatrik hastalarda akut radyasyon pnömanisi gelişmediği Jose' Pen' Agari' Cano ve arkadaşları tarafından gösterilmiştir (3).

Helikal tomoterapi tekniğinin üstün olduğu diğer bir klinik vaka ise tüm vücut ve tüm kemik iliği ışınlamalarıdır. Konvansiyonel linaklarda tüm vücut ışınlamaları farklı hasta pozisyonlandırma teknikleriyle birlikte genelde uzatılmış SSD ve kişiye özel akciğer bloğu methodu ile uygulanır. Bu method kullanıldığında bazı dozimetrik belirsizlikler oluşurken, hastanın pozisyonunun doğruluğunun IGRT yöntemleriyle kontrolü de mümkün olmaz. TBI ve TMI için konvansiyonel linaklarda IMRT ve VMAT teknikleri kullanıldığında ise yine alan kesişimi problemi nedeniyle sıcak-soğuk doz bölgeleri oluşması riski ortaya çıkmaktadır. Audrey H. Zhuang ve arkadaşları HT tekniği ile TBI da uzatılmış SSD tekniğine göre daha iyi hedef kapsanması ve daha iyi akciğer korunması sağlandığını göstermişlerdir (4). Timothy E. Schultheiss ve arkadaşları ise HT ile TMI da hedefte doz artırımının mümkün olduğunu, ayrıca normal doku korumasındaki artışa bağlı olarak radyasyon pnömanisi, katarakt, nörokognitif etki ve ikinci tümör oluşumu gibi geç yan etkilerin azalacağını belirtmişlerdir (5).

Kitaguchi M ve arkadaşları 24 hasta ve 53 cilt bölgesi için HT tekniği ile total cilt ışınlamasını değerlendirmişlerdir (6). Hastaların %83.3'ü mycosis fungoidis tanısı almış ve bu hastalara 20Gy/10fr radyoterapi uygulanmıştır. Çalışmanın sonucunda, HT tekniği ile geçici bir palyatif etki elde edilmesine rağmen kol ve gövde ışınlamalarındaki kemik iliği baskılanması oranı (%94.1 grade ≥ 3) oldukça yüksek bulunmuştur ve tüm vücut elektron tedavisinin hala altın standart olduğunun altı çizilmiştir.

Kliniğimizin cihaz parkurunda farklı cihazlarımız bulunması nedeniyle, farklı vakalarda o vakaya en uygun cihazı seçmeye çalışıyoruz. Bu nedenle beyin kanseri radyoterapisinde genelde HT tekniğini tercih etmiyoruz ancak literatürde de üstünlüğünün gösterilmesi sebebiyle hippocampus korumalı profilaktik tüm beyin ışınlamalarında HT tekniğini tercih ediyoruz. Vinai Gondi ve arkadaşları HT tekniğini IMRT ile karşılaştırdıklarında hippocampus korumasının HT tekniği ile anlamlı oranda daha iyi olduğunu göstermişlerdir (7). Dandan Wang ve arkadaşları ise HT tekniğinin VMAT tekniğinden hem hedef kapsamasında hem de hippocampus korumasında daha iyi olduğunu belirtmişlerdir (8).

Baş-boyun kanserleri için de HT tekniğinin üstünlüğü dozimetrik ve klinik olarak gösterilmiştir. Jean-Emmanuel Bibault ve arkadaşları Fransa'da 17 merkezli yaptıkları çalışmada 166 baş-boyun hastasını HT ve RapidArc teknikleri



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



için klinik olarak değerlendirmişlerdir (9). Bölgesel kontrol oranı HT ile anlamlı miktarda daha iyi bulunurken (HT için %83.3, RapidArc için %72.7, $p:0.025$), kansere özgü sağkalım da HT yönünde daha iyi bulunmuştur (HT için %92.7, RapidArc için %85.5, $p:0.014$). Progresyonsuz sağkalım ve toplam sağkalımda iki teknik arasında anlamlı fark bulunmazken, HT tekniği ile akut yutma bozuklukları oranı ($p:0.012$) ve tedavi sonrası yutma fonksiyonu bozukluklarındaki azalma oranı daha düşük bulunmuştur ($p:0.012$). Ayrıca, baş-boyun kanserlerindeki klinik tecrübemiz, HT tekniği ile diğer tekniklere göre özellikle spinal kord ve beyin sapında daha iyi korunma sağlanabildiğini göstermiştir. Bununla beraber baş-boyun hastalarında sıklıkla görülen kilo kaybı ve tümör küçülmesi MVCT ile rahatlıkla takip edilebilmekte ve tetiklenmiş adaptif radyoterapi uygulaması yapılabilmektedir.

Meme kanseri tedavilerinde ve özellikle sol meme radyoterapisinde HT tekniğinin ipsilateral organları korumadaki üstünlüğü literatürde gösterilmiştir (10). Mastektomi olan veya mastektomi sonrası hemen implant yerleştirilmiş olan meme kanseri hastalarında cildin de hedef olması nedeniyle yine HT tekniğini kliniğimizde tercih ediyoruz. Bunun en önemli nedeni; diğer tedavi tekniklerinde cildin yeterli dozu almasını sağlamak amacıyla bolus kullanılması gerekliliği ve bolusun cilde arada hava boşluğu kalmadan yerleştirilmesi zorluğu varken, HT tekniği ile cilt üzerine bolus yerleştirme zorunluluğu olmadan cilt dozunun artırılabilmesidir. Literatür HT ile cilt dozunun doğruluğu konusunda kafa karıştırıcı bilgiler verirken (11, 12), biz klinik olarak EBT3 film ile kendi invivo ölçümlerimizi yaptık ve sonuçlarını klinik limitlerimiz içerisinde uygun bulduk.

Hao-Wen Cheng ve arkadaşları 10 bilateral meme kanseri hastası için HT, VMAT, FinF ve IMRT tekniklerini dozimetrik olarak karşılaştırmışlardır (13). Sonuç olarak HT tekniğinin en iyi organ korumasını sağladığını belirtmişlerdir.

Kliniğimizde akciğer kanseri radyoterapisi için HT yerine diğer cihazları tercih etmekteyiz, ancak HT tekniği ile bazı özel akciğer kanseri vakalarında da iyi sonuçlar elde edildiği literatürde sunulmuştur. Müdder T ve arkadaşları 16 mezotelyoma kanseri hastası için HT ve VMAT tekniklerini dozimetrik olarak karşılaştırmışlar ve iki tekniğinde bu tedavi için uygun olduğunu ancak HT ile daha iyi akciğer koruması sağlandığını belirtmişlerdir (14).

Mide, pankreas gibi abdomen bölgesi kanserleri için klinik tecrübemizde HT tekniğinin diğer tekniklere göre major bir üstünlüğünü göremediğimiz için bu bölgelerin tedavisinde cihazların müsaitlik durumuna göre hem HT hem de diğer teknikleri tercih edebiliyoruz.

Pelvis bölgesinde de HT tekniği ile oldukça iyi dozimetrik sonuçlar elde edilebilmektedir. Ancak, pelvis bölgesi için planlamada elde edilen dozlardan belki de daha önemli bir konu planın yüksek doğrulukla uygulanabilmesidir. Pelvis bölgesinde mesane, rektum ve bağırsaklar gibi dolup boşalabilen organlar bulunduğundan, hastanın setup doğruluğu ile birlikte bu organların da planlandığı doluluk-boşlukta olduğunun her fraksiyon öncesinde kontrol edilmesi gerekmektedir. Tomotherapy cihazının MVCT IGRT sistemi sayesinde her fraksiyon öncesinde hastanın pozisyonundaki hatalar ve iç organ hareketleri kontrol edilebilmektedir. Üç boyutlu bu IGRT sistemi sayesinde Tomotherapy cihazı hastadaki kilo kaybı gibi anatomik değişikliklerin ve tümör hacmindeki değişikliklerin takip edilerek adaptif radyoterapi gerekliliğine karar verilmesine olanak sağlar. Schwarz M ve arkadaşları erken evre 8 prostat kanseri hastası için HT ile 5 alan IMPT (Yoğunluk Ayarlı Proton Terapi) için doz dağılımlarını karşılaştırmışlardır (15). Sonuç olarak HT ve 5fIMPT için hedef kapsamasının ve NTCP tahminine göre geç gastrointestinal yan etkilerin benzer olduğunu belirtmişlerdir.

SRS-SBRT tedavilerinin de HT tekniği ile uygulanabildiğini gösteren çalışmalar vardır. Ancak, biz kliniğimizde bulunan diğer cihazların bazı üstünlükleri nedeniyle bu tedavileri Tomotherapy cihazında uygulayıyoruz.

Günümüzde Tomotherapy cihazının son modeli olan Radixact sistemine Synchrony solunum kontrol sistemi de entegre edilmiş ve literatürde bu sistemle ilgili yayınlar yer almaya başlamıştır. Guang-Pei .C ve arkadaşları çalışmalarında bu sistemin kliniğe adapte edilmesi sürecini sunmuşlardır (16). Çalışmaya 10 fiducial yerleştirilmemiş akciğer hastası ve 5 fiducial yerleştirilmiş prostat hastası dahil edilmiştir. Synchrony kullanımı ile akciğer V5 hacminde %19,6 (115cc) azalma, V20 hacminde ise %27,2 (30cc) azalma olduğunu bulmuşlardır. Synchrony dahil edilerek



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



yapılan tedavi planı verifikasyonlarında geçme oranı %95 olarak bulunmuş ve bu sistemin gerektirdiği ek görüntüleme nedeniyle hastaya verilen ek dozun reçete edilen dozun %0.5'i (akciğer için 45-54Gy/3fr, prostat için 70Gy/28fr) kadar olduğunu belirtmişlerdir. Ancak, simülasyon aşamasında değerlendirilen 3 potansiyel hastadan 2 tanesinin solunum paternlerindeki düzensizlik nedeniyle Synchrony ile tedaviye uygun bulunmadığının altını çizmişlerdir.

Ayrıca Kraus KM ve arkadaşları Hi-ART ile Radixact sistemlerini kraniospinal ışınlama için karşılaştırmışlardır (17). İmaj kalitesindeki artışın görüntü değerlendirme süresini kısalttığını ve bu kaliteli görüntü sayesinde intrafraksiyonel adaptif radyoterapinin daha yüksek doğrulukla uygulanabildiğini belirtmişler. Kraniospinal ışınlama uygulanan 10 hasta için ışınlama sürelerinin ortalamasının 915 saniyeden 632 saniyeye indiğini bildirmişlerdir. Son olarak; Tomotherapy cihazının çok cihazlı bölümlerde bulunmasının ve seçilmiş vakalarda kullanılmasının açık üstünlüğü bulunduğunun altını çizmişlerdir.

Referanslar

1. Parker W, Brodeur M, Roberge D, Freeman C. Standard and nonstandard craniospinal radiotherapy using helical TomoTherapy. *Int J Radiat Oncol Biol Phys.* 2010 Jul 1;77(3):926-31. doi: 10.1016/j.ijrobp.2009.09.020. Epub 2010 Mar 16. PMID: 20231076.
2. Bandurska-Luque A, Piotrowski T, Skrobala A, Ryczkowski A, Adamska K, Kaźmierska J. Prospective study on dosimetric comparison of helical tomotherapy and 3DCRT for craniospinal irradiation - A single institution experience. *Rep Pract Oncol Radiother.* 2015 Jan 18;20(2):145-52. doi: 10.1016/j.rpor.2014.12.002. PMID: 25859405; PMCID: PMC4338290.
3. Peñagaricano J, Moros E, Corry P, Saylor R, Ratanatharathorn V. Pediatric craniospinal axis irradiation with helical tomotherapy: patient outcome and lack of acute pulmonary toxicity. *Int J Radiat Oncol Biol Phys.* 2009 Nov 15;75(4):1155-61. doi: 10.1016/j.ijrobp.2008.12.083. Epub 2009 May 19. PMID: 19467796.
4. Zhuang AH, Liu A, Schultheiss TE, Wong JY. Dosimetric study and verification of total body irradiation using helical tomotherapy and its comparison to extended SSD technique. *Med Dosim.* 2010 Winter;35(4):243-9. doi: 10.1016/j.meddos.2009.07.001. Epub 2009 Sep 16. PMID: 19944588.
5. Schultheiss TE, Wong J, Liu A, Olivera G, Somlo G. Image-guided total marrow and total lymphatic irradiation using helical tomotherapy. *Int J Radiat Oncol Biol Phys.* 2007 Mar 15;67(4):1259-67. doi: 10.1016/j.ijrobp.2006.10.047. PMID: 17336225.
6. Kitaguchi M, Yamashita H, Takenaka R, Okuma K, Nawa K, Nakagawa K. Helical Skin Radiation Therapy Including Total Skin Radiation Therapy Using Tomotherapy for Primary Cutaneous Lymphoma With Bone Marrow Suppression as a Related Adverse Event. *Pract Radiat Oncol.* 2021 May-Jun;11(3):e308-e321. doi: 10.1016/j.prro.2020.11.007. Epub 2021 Jan 10. PMID: 33440254.
7. Gondi V, Tolakanahalli R, Mehta MP, Tewatia D, Rowley H, Kuo JS, Khuntia D, Tomé WA. Hippocampal-sparing whole-brain radiotherapy: a "how-to" technique using helical tomotherapy and linear accelerator-based intensity-modulated radiotherapy. *Int J Radiat Oncol Biol Phys.* 2010 Nov 15;78(4):1244-52. doi: 10.1016/j.ijrobp.2010.01.039. PMID: 20598457; PMCID: PMC2963699.
8. The Capabilities and Characteristics of Helical Tomotherapy and Co-Planar Dual Arcs Volumetric-Modulated arc Therapy Associated with Hippocampal Sparing During Prophylactic Cranial Irradiation
9. Bibault JE, Dussart S, Pommier P, Morelle M, Huguet M, Boisselier P, Coche-Dequeant B, Alfonsi M, Bardet E, Rives M, Calugaru V, Chajon E, Noel G, Mecellem H, Servagi Vernat S, Perrier L, Giraud P. Clinical Outcomes of Several IMRT Techniques for Patients With Head and Neck Cancer: A Propensity Score-Weighted Analysis. *Int J Radiat Oncol Biol Phys.* 2017 Nov 15;99(4):929-937. doi: 10.1016/j.ijrobp.2017.06.2456. Epub 2017 Jun 27. PMID: 28864403.
10. Hacıislamoglu E, Colak F, Canyılmaz E, Dirican B, Gurdalli S, Yılmaz AH, Yoney A, Bahat Z. Dosimetric comparison of left-sided whole-breast irradiation with 3DCRT, forward-planned IMRT, inverse-planned IMRT, helical tomotherapy, and volumetric arc therapy. *Phys Med.* 2015 Jun;31(4):360-7. doi: 10.1016/j.ejmp.2015.02.005. Epub 2015 Feb 26. PMID: 25733372.
11. Cleuziou JP, Desgranges C, Henry I, Jaumot M, Chartier P, Sihanath R, Carré M, Bulabois CE, Cahn JY, Pasteris C, Balosso J, Gabelle-Flandin I, Verry C, Giraud JY. Total body irradiation using helical tomotherapy: Set-up experience and in-vivo dosimetric evaluation. *Cancer Radiother.* 2021 May;25(3):213-221. doi: 10.1016/j.canrad.2020.07.009. Epub 2021 Jan 2. PMID: 33402290.



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



12. Ito S, Parker BC, Levine R, Sanders ME, Fontenot J, Gibbons J, Hogstrom K. Verification of calculated skin doses in postmastectomy helical tomotherapy. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*. 2011 Oct 1;81(2):584-91. doi: 10.1016/j.ijrobp.2010.11.041. Epub 2011 Feb 6. PMID: 21300469.
13. Cheng HW, Chang CC, Shiau AC, Wang MH, Tsai JT. Dosimetric comparison of helical tomotherapy, volumetric-modulated arc therapy, intensity-modulated radiotherapy, and field-in-field technique for synchronous bilateral breast cancer. *Med Dosim*. 2020 Autumn;45(3):271-277. doi: 10.1016/j.meddos.2020.01.006. Epub 2020 Feb 29. PMID: 32122694.
14. Müdder T, Sarria GR, Henkenberens C, Holz J, Garbe S, Röhner F, Stumpf S, Buchstab T, Giordano FA, Leitzen C. Dosimetric Comparison Between Helical Tomotherapy and Volumetric Modulated Arc Therapy in Patients With Malignant Pleural Mesothelioma. *Clin Oncol (R Coll Radiol)*. 2021 Aug 21:S0936-6555(21)00291-0. doi: 10.1016/j.clon.2021.08.005. Epub ahead of print. PMID: 34429236.
15. Schwarz M, Pierelli A, Fiorino C, Fellin F, Cattaneo GM, Cozzarini C, Di Muzio N, Calandrino R, Widesott L. Helical tomotherapy and intensity modulated proton therapy in the treatment of early stage prostate cancer: a treatment planning comparison. *Radiother Oncol*. 2011 Jan;98(1):74-80. doi: 10.1016/j.radonc.2010.10.027. Epub 2010 Dec 20. PMID: 21176983.
16. Chen GP, Tai A, Puckett L, Gore E, Lim S, Keiper T, Johnstone C, Shukla M, Lawton C, Li XA. Clinical Implementation and Initial Experience of Real-Time Motion Tracking With Jaws and Multileaf Collimator During Helical Tomotherapy Delivery. *Pract Radiat Oncol*. 2021 Sep-Oct;11(5):e486-e495. doi: 10.1016/j.ppro.2021.01.010. Epub 2021 Feb 10. PMID: 33578002.
17. Kraus KM, Kampfer S, Wilkens JJ, Schüttrumpf L, Combs SE. Helical tomotherapy: Comparison of Hi-ART and Radixact clinical patient treatments at the Technical University of Munich. *Sci Rep*. 2020 Mar 18;10(1):4928. doi: 10.1038/s41598-020-61499-w. PMID: 32188899; PMCID: PMC7080845.



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



KM.24 - Adaptif Radyoterapide Güncel Yaklaşımlar:

Zeynep Özen

Mevcut standart radyasyon tedavisi sürecinde, hasta anatomisi, tedavi planlaması için simülasyonda bilgisayarlı tomografi görüntülerine ihtiyaç vardır. Ancak tedavi süresince hasta anatomisi statik değildir ve değişiklikler olabilir. Adaptif radyasyon tedavisinin (ART) amacı, tedavi sürecindeki bu varyasyonları ölçmek ve hesaplamaktır, böylece optimal planlanan doz dağılımı, verilen son doz dağılımı ile aynı olur. ART ilkesinin uygulanması, 3 ana alanda teknik bileşenler üzerine kuruludur: görüntü rehberliği, doz doğrulama ve plan uyarlamasıdır.

ART uygulamaları, hasta tedavi masasında yatarken, tedavi planının değiştirilmesi klinik uygulamalarda daha yaygın hale gelmiştir. ART, risk altındaki organların aldığı dozu düşürürken hedef hacimdeki dozları güvenli bir şekilde yükseltmeye yardımcı olan ve tedaviye bağlı toksisiteyi azaltan iyi bir yöntemdir. ART, 20 yılı aşkın bir süre önce, megavoltaj portal görüntüleme ve tekrarlı bilgisayarlı tomografi (BT) görüntülemeleri kullanarak günlük set-up hatalarını kontrol etme süreci olarak ortaya çıktı. Teknolojik gelişmelerle birlikte uygulanabilirlik çeşitliliği de arttı. Tedavi süresince hedef ve normal organlardaki (boyut, şekil, işlev ve yanıt) ve hasta konturlarındaki (ağırlık) değişiklikleri hesaba katmak için klinik kabul edilebilirlik açısından izlendiği ve klinik sonuçları iyileştirmek amacıyla gerektiğinde değiştirildiği radyoterapi olarak tanımlanabilir.

Adaptif radyoterapi için tek bir çözüm yoktur. Görüntüleme, adaptasyon ihtiyacının değerlendirilmesi, tedavi planlamasının yeniden yapılması ve uygulanması için birden fazla aracı birleştiren bir süreçtir. Bu nedenle iş akışı, adaptif radyoterapinin güvenli, etkili ve verimli bir şekilde uygulanmasını sağlamak için kritik bir unsurdur. On-line ve Off-line adaptif tedavilerin yanı sıra tedavi boyunca anlık uygulanan real time adaptif tedaviler de yapılabilmektedir.

ART, dört temel teknolojiye ihtiyaç duyar: görüntüleme, değerlendirme, yeniden planlama ve kalite güvencesi. ART, değişen hasta anatomisine ve/veya fizyolojisine uyum sağlamaya odaklandığından, bu tür değişiklikleri ölçmek ve doğru değerlendirmek gereklidir. Tedavi odasında cihaza entegre CT (CBCT), manyetik rezonans (MRI) görüntülemeleri ile değerlendirme, planın uygulanacak mı yoksa yeniden optimizasyon yapılacak mı kararını vermek için görüntülemenin kullanıldığı süreçtir. Bu sürecin karmaşıklığı, manuel değerlendirmeden kümülatif dozun yüksek oranda otomatik olarak gözden geçirilmesine kadar değişebilir. Bu nedenle değerlendirmede, görüntü incelemesi, risk altındaki hedeflerin ve organların tanımlanması, dozun yeniden hesaplanması ve gözden geçirilmesi, ART'nin zaman ölçeğine bağlı olarak manuel, yarı otomatik veya tam otomatik olabilir. CBCT veya MRI kılavuzluğunda ART için planlama aşamasında yayınlanmış farklı yaklaşımlar vardır. Yaklaşım ne olursa olsun, amaç hastanın masa başında kalma süresini en aza indirmek, optimizasyon için kullanılan yapıları veya ağırlıklarını ve diğer planlama parametrelerini en doğru biçimde hastaya uygulamaktır.

Tekniğin seçimi, klinik hedefe, mevcut teknolojiye ve kaynaklara bağlıdır. Bu uygulamaların her birinin dikkate alınması gereken avantajları ve dezavantajları vardır. Off line uyarlamalar, genellikle fraksiyonlar arasındaki süre boyunca gerçekleştirilir, sıkıştırılmış bir zaman çerçevesinde de olsa, daha geleneksel bir tedavi planlama iş akışına sahiptir. Off line ART'nin bir avantajı, CBCT veya MRI gibi oda içi görüntüleme sistemleri planlama için uygun değilse, tedavinin yeniden planlanması için temel olan CT veya MRI kullanılabilmesidir. Off line ART'nin dezavantajı, anatomik değişiklikleri 'takip etme' potansiyelidir. Anatomik değişikliğin sıklığı yüksekse (örneğin, bir fraksiyon içinde veya fraksiyonlar arasında sıklıkla değişiklikler meydana geliyorsa), bu tür değişikliklere yeterince hızlı yanıt veremeyebilir ve düzeltmek yerine geometrik hataya neden olabilir.

Online ART, hastanın tedavisinden hemen önce tedavi pozisyonunda görüntülenmesi, adaptasyon ihtiyacının değerlendirilmesi ve ardından hasta tedavi pozisyonunda kalırken yeniden planlanması ve uygulaması ile gerçekleşir. Dolayısıyla bu süreç oldukça verimli olmalı ve değerlendirme, yeniden planlama ve kalite güvencesi için özel,



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



iyi entegre edilmiş araçlar birbiri ile uyumlu olmalıdır. Online ART'nin avantajı, gözlemlenen değişikliklerin hemen adapte edilerek tedavinin uygulanabilmesidir. Birçok anatomik değişiklik, göreceli olarak fraksiyonlar arası değişim gösterebilir. Pelvis bölgesindeki lezyonun tedavi planı oluştururken, herhangi bir tedavi gününde hedefe yakın risk altındaki organların, hedefe değişken şekilde yaklaşma olasılığı göz önünde bulundurulamaz (mesane doluluğu, bağırsak hareketliliği, mide doluluğu gibi) bu nedenle ART için çok uygundur.

Son olarak, real time ART, tedavi sırasında planı gerçek zamanlı olarak uyarlamak için anatominin veya ışın düzleminin gerçek zamanlı veya gerçek zamanlıya yakın görüntülemesini kullanır. ART, gerçek zamanlı olarak ölçülebilir veya tahmin edilebilir tüm anatomik değişikliklere tepki verebilir ve bu nedenle potansiyel olarak en doğru uyarlama şeklidir. Bununla birlikte, gerçek zamanlı ART, daha yüksek bir kalite güvence yükü getirir ve on line veya offline ART'den önemli ölçüde daha fazla otomasyon gerektirir.

CBCT görüntülerin kaydedilmesi ve hastanın buna göre yeniden konumlandırılması için bir arayüz gereklidir. Görüntü kalitesi, yumuşak dokuları ve organları hastayı yeniden konumlandırmak, görüntüleri yeniden şekillendirmek ve diğer adaptif işlemleri gerçekleştirmek için yeterli kontrasta sahiptir. Bu görüntülerin Hounsfield birimleri tedavi ışını tarafından görülen zayıflamayı doğru bir şekilde temsil ettiğinden, MVCT görüntüleri doz hesaplamaları için de kullanılabilir.

Yeniden planlama için kullanılan özel görüntüleme tekniklerinin seçimi, yalnızca tek tek organları iyi görme gerekliliğini değil, solunum nedeniyle olası intrafraksiyon hareketini de hesaba katmalıdır. Halen kullanılmakta olan düşük alanlı MRI kılavuzlu radyoterapi sistemleri, kısa (17 saniyelik) MRI taraması, hem nefes alma hareketinden kaynaklanan bulanıklığı azaltan hem de yeniden planlama için yeterli anatomik bilgi sağlayan geniş bir görüş alanı görüntüsü elde etmek için tek bir nefes tutma tekniğiyle kullanılabilir. MR linak kullanıcıları, vücuttaki doz birikimini doğru bir şekilde hesaplamak için tedavi planlaması sırasında deriden tümöre kadar tüm dokular hesaba katılacağından, görüntünün tüm görüş alanı boyunca yeterli uzamsal bütünlük sağlamalıdır. Bu yaklaşım, lezyon etrafındaki sadece dar bir bölgenin tanımlanması için önemli olabileceği tanısal MRG taramalarından temel olarak farklıdır. On line ART'de tüm vücut konturu gereklidir.

On line ART için, temel (ilk simülasyon) planının orijinal görüntüsü, hasta konumlandırma işlemi sırasında günün görüntüsüne rijit veya deforme olacak şekilde eşleştirilmesidir. Düşük alanlı MRI kılavuzlu radyoterapi uygulamalarında, mevcut konturlar ve altta yatan bağıl elektron yoğunluğu, orijinal görüntü ile aynı şekilde kaydedilir, ardından doğrulukları onaylanmalıdır ve herhangi bir tutarsızlık için manuel olarak düzeltilmelidir. Bunların manuel olarak düzenlenmesi, genellikle zaman alan bir adımdır ve dikkatli olunmalıdır. Hasta yeniden planlama sürecinde masada beklemediğinden, yeni planın oluşturulması için herhangi bir standart tedavi planlama süreci kabul edilebilir.

On line bir plan için, iş akışının verimliliği ve verilen dozun tam olarak anlaşılması için, her fraksiyon için adaptasyonun neden gerekli olduğunu, hangi yapıların yeniden şekillendirilmesi ve/veya yeniden oluşturulması gerektiğini, eğer herhangi bir önemli değişiklik varsa, belgelemek faydalıdır. Planlama yapılacak görüntünün bağıl elektron yoğunluğunun, bağımsız doz hesaplamasının geçiş hızının, bir sonraki fraksiyon için başlangıç planının ve bu tür diğer ilgili parametrelerin hesaba katılması gerekiyordu. Bu bilgi, tüm ekip üyelerinin, hastanın tedavisinin belirli bir bölümüne katılmış olsun ya da olmasın, sonraki herhangi bir bölümün verimli ve güvenli bir şekilde verilmesi için gerekli bilgilere hızlı bir şekilde sahip olmalarını sağlar.

AI, özellikle derin öğrenme uygulamaları, toplumda öne çıkan bir konu haline geldi ve radyasyon onkolojisi de bu konudaki gelişmeleri tedavi yöntemlerine uyarlamaktadır. Temel olarak, AI bir bilgisayar algoritmasıdır, ART için, son derece keskin biçimlendirilmiş doz dağılımları geliştirmede, anatomik modellemede, anatominin zaman içinde doğru korelasyonlarını sağlamada ve gelişmiş görüntüde hem hız hem de karmaşıklık açısından plan optimizasyonundaki hesaplama ilerlemelerinden yararlandı. Adaptif radyoterapinin gelecekteki gelişimi, süreci bütünlendirmek için daha fazla görüntü, şekillendirme, dozimetrik kısıtlamalar, tedavi planlarının karmaşıklığı ve sistemler arasında geçişler



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



gördükçe elde ettiğimiz hızla artan miktarda veriyi işleme yeteneğimize bağlıdır. Tüm bu veriler, daha sıkı zaman kısıtlamalarında adaptif radyoterapi sürecinde daha fazla karar alınmasına yol açmaktadır.

Yaygın klinik uygulamanın önündeki en büyük engellerden biri iş yükü olduğundan yapay zekanın adaptif radyoterapi üzerindeki etkisi çok önemli olma potansiyeline sahiptir. AI'nın radyoterapi ortamına girmesinden bu yana gösterdiği verimlilik ve etkinlik, büyük umutlar vaat etmektedir. Temel adaptif radyoterapi bileşenlerinin tümü: şekillendirme, kayıt, planlama, kalite güvencesi (QA) ve karar verme, AI tabanlı algoritmadan yararlanabilir. AI tabanlı otomatik segmentasyon algoritması, model tabanlı ve atlas tabanlı segmentasyon gibi önceki algoritmalara kıyasla gelişmiş doğruluk göstermektedir. Bu AI oto-segmentasyon yoluyla dokunun gerçek zamanlı olarak hedeflenmesi, hastaların hızlı bir şekilde yeniden planlanması ve gerçek zamanlı doz hesaplamaları gibi önceden "imkansız" kabul edilen fikirleri olası hale getirme potansiyeline sahiptir. Ayrıca bu teknoloji ile daha önce hiç düşünülmemiş adaptif radyoterapi stratejileri geliştirmek de mümkündür.

Adaptif radyoterapi (ART), tedavi süreci boyunca çeşitli organ bölgelerinde anatomik ve fonksiyonel varyasyonu kontrol etme sürecinin aktif klinik kullanımdadır. Görüntülemenin, tedavi planlamasına uyarlanabilmesine yönelik araçlar ve oda içi görüntüleme tekniklerindeki gelişmeler dahil olmak üzere temel teknoloji gelişmeye devam ettiği sürece ART teknikleri de gelişmeye ve değişmeye devam edecektir .

Hacimsel görüntüleme ve otosegmentasyon, günlük dozun hesaplanmasını sağlar ve uyarılma kararlarının yalnızca geometrik bilgilerden ziyade dozimetrik bilgilere dayalı olarak alınmasına imkan tanır. Veriler, cone beam BT'nin (CBCT) doğrudan görüntü üzerinde doz hesaplamalarına olanak sağlamak için kalibre edilebileceğini göstermiştir. CBCT' veya bağımsız bir algoritma yoluyla otomatik segmentasyon, günlük dozun değerlendirilmesine yardımcıdır.

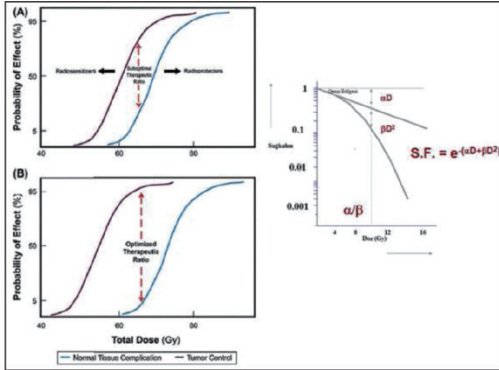
Yapay zeka (AI), özellikle derin öğrenme (Deep Learning) uygulamaları, günümüzde öne çıkan bir konu haline geldi. Adaptif radyoterapi biçimlendirilmiş doz dağılımları geliştirmede, anatomik modellemede, anatominin zaman içinde doğru korelasyonlarını sağlamada ve gelişmiş görüntüde hem hız hem de karmaşıklık açısından plan optimizasyonundaki hesaplama ilerlemelerinden yararlandı. Adaptif radyoterapinin gelecekteki gelişimi, tedavi süreci içinde daha fazla görüntüleme yöntemlerini kullanma, şekillendirme, dozimetrik kısıtlamalar, tedavi planlarının karmaşıklığı ve sistemler arasında geçişler, elde ettiğimiz hızla artan miktarda veriyi işleme yeteneğimize bağlıdır.

KM.25 - SRS-SBRT Uygulamalarında ve Yeniden Işınlamalarda Radyobiolojik Yaklaşım

Cemile Ceylan

İstanbul Onkoloji Hastanesi

Teknolojik gelişmelerle daha etkin SBRT uygulamaları yapılırken SBRT' nin radyobiolojik etkisi konvansiyonel radyoterapi için kullanılan kuramlarla tam olarak açıklanamamaktadır (1). Konvansiyonel fraksiyonasyonda makroskopik olarak radyasyon-tümör etkileşiminin biyolojik sonuçları radyoterapinin 5R' si ile açıklanır. Repair: sublethal (onarılabilir) hücresel hasarın tekrar onarımı, Repopulation: radyasyona maruz kalma sonrasında tekrar çoğalma, Redistribution: hücre döngüsü içinde tekrar yer alma, Reoxygenation: sağlam hücrelerin tekrar oksijenlenmesi, Rad-yosensitivity: farklı hücre tiplerinin radyasyon duyarlılığı olarak tanımlanır. İlk 4R tarifi 1975 yılında yapılırken; hemotolojik, epitelyal kok hücreler gibi radyasyon duyarlılığı fazla olan ya da radyasyona dirençli olan nöronlar, bazı tümör hücreleri (melanoma, sarkom hücreleri) gibi hücrelerin yukarıda belirlenen 4R' ye olan cevaplarının farklı olacağını açıklayan beşinci R' yi eklediler (2). Repair ile fraksiyonlar arasında normal dokuların kendini onarması ile daha az yan etki sağlanırken, aynı zamanda tümör dokuları da kendini onaracağından radyasyona dirençli bir popü-lasyon oluşmaya başlar. Konvansiyonel radyoterapide 5R' nin optimizasyonu ile Şekil 1a' da gösterildiği üzere kabul edilebilir normal doku toksisitesinde fraksiyonasyon yapılarak ve Şekil 1b' deki sağ kalım eğrisindeki omuz kısmının tekrarlılığı artırılarak, terapötik aralığın açılması hedeflenir.



Şekil 1. a: Toplam doz-Normal Doku Komplikasyonu ve Tümör Kontrolü. Terapötik aralık normal doku komplikasyon eğrisi ile tümör kontrol eğrisinin ayrılmasına olanak sağlayan doz değeridir; b: LQ modeline göre Sağkalım-Doz Eğrisi. Sağ kalım eğrinin omuz kısmı sublethal DNA hasarına neden olan dozu gösterirken, bu omuz bölge-sindeki doz değerindeki fraksiyonasyonda DNA hasarına uğramış normal dokuların onarımı mümkündür.

SRS ve SBRT tekniklerinin başarılı klinik sonuçları yayınlandıkça, yüksek tümör kontrol oranlarının ve kabul edilebilir normal doku zararlarının gözlenmesi üzerine konvansiyonel radyoterapide radyobiolojik etkiyi açıklayan 5R ve Lineer Quadratic (LQ) modellerinin SRS/SBRT uygulamalarındaki doğruluğu araştırılmaya başlanmıştır (3,4). Konvansiyonel fraksiyon dozları tümör hücresinde damarsal hasar oluşturmazken SRS/SBRT uygulamalarındaki >10 Gy gibi yüksek dozlarda damarsal yapı bozulur (5). Bu nedenle konvansiyonel fraksiyonasyonda bir avantaj olan tekrar oksijenlenme SRS/SBRT uygulamalarında görülmez yani reoksijenasyon sonrası hücre olumu SBRT' de olmaz. Ancak damarsal yapının bozulmasından dolayı indirekt tümör hücresi ölümleri artar. SRS/SBRT uygulamala-rında fraksiyon dozlarının yüksek olmasından dolayı tedavi suresi de uzun olacağından ışınlama suresince sublethal hasarın onarımı gerçekleşebilir (3). Bununla birlikte SRS ve SBRT' de oluşan damarsal hasar ve reoksijenizasyondan kaynaklı etki, hücre onarımından daha etkili olacağından hücre onarımının etkisi göz ardı edilebilir. Konvansiyonel radyoterapi sırasında uzun fraksiyonasyonlarda tekrar çoğalma (Repopulation) SRS/SBRT uygulamalarının en çok 2 hafta sürmesinden dolayı SRS/SBRT' de anlamlı değildir (5). LQ modeli konvansiyonel radyoterapide ve fraksiyon



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



başına dozun <10 Gy olduğu SRS ve SBRT uygulamalarında hücre ölümünü doğru tahmin ederken, fraksiyon başına düşen dozun >10 Gy olduğu SBRT uygulamalarında LQ modelinin hücre ölümünü doğru tahmin edemediği raporlanmıştır (6,7). Bunun nedeni LQ modelinin damarsal hasardan kaynaklı indirekt/nekrotik hücresel ölümlerini, tümör bağışıklık yanıtını ve BED'in reoksijenizasyondan kaynaklı tümör sağ kalımını dikkate almamasındandır (3,6,7). LQ modelinin SBRT uygulamalarındaki bu eksiklerini gidermek için çalışmalar yapılsa da tümör hücresi sağ kalımı gen farklılıkları, tümörün damarsal ve bağ dokusu yapısı, reoksijenasyon ve immünel fonksiyonlar gibi matematiksel formüllerle açıklanamayacak çok etkene bağlı olmasından dolayı en doğru yaklaşımı bulmak oldukça zordur.

Reirradiasyon, tedavi cihazlarındaki ve tedavi planlama sistemlerindeki güncel gelişmeler sonucunda hem lokal kontrolü sağlamak hem de palyasyon ve yaşam süresini arttırmak için günümüzde sıkça uygulanır hale gelmiştir. İlk tedaviye ait doz kayıt bilgilerine ulaşım kolaylığı, reirradiasyonun yine ileri tedavi teknikler ile yapılabilmesi, yeni nesil tedavi planlama sistemlerinde her iki planın üst üste getirilebilmesi, deformable image registration gibi ileri görüntü eşleme yöntemleri ile yeniden ışınlanacak hacmin doğru belirlenmesi ve Image Guided Radiation Therapy (IGRT) ile doğru ve tutarlı tedavi seçeneğinin olması gibi olanaklar reirradiasyonu kolaylaştıran etkenlerdendir. Ancak reirradiasyon hem tedavi kararı hem de tedavi planlaması süreci ve yöntemi açısından klinik uygulamalarda karşılaşılan en zorlayıcı tedavi seçeneğinden biridir. Reirradiasyon kararı, tedavi planlaması ve tedavi sürecinde dikkat edilmesi gereken faktörler: riskli kritik organ doz değerleri, ilk tedaviye ait Doz/Fraksiyon şeması, tedavi planı ayrıntıları, Doz-Hacim Eğrileri (DVH) gibi sıralanabilir (8). Reirradiasyon kararının, planlamasının ve tedavi süresince ve sonrasında takibin ne kadar zor olmasına karşın yapılan çalışmalarda (9) rekürrens tümörlerin reirradiasyon sonuçları her ne kadar heterojen olsa da uygun planlama ve tedavi yönteminin seçilmesi, radyofizik hesaplama sonrasında rekürren hacme verilebilecek optimum tedavi dozunun belirlenmesi ve aynı zamanda kritik organ dozlarının tolerans değerlerinin doğru hesaplanarak reirradiasyona bağlı olası toksisitenin minimuma indirilmesi ile lokal kontrol oranlarının yüksek olduğu raporlanmıştır. Bu nedenle reirradiasyon tedavi seçeneği klinik uygulamalarda sıkça karşılaşılan, güvenli ve etkin bir tedavi yöntemidir (10).

Reirradiasyon sürecinde izlenecek ve medikal fizik yapılanması gereken adımlar: ilk tedaviye ait doz bilgilerinin toplanması, ilk tedaviye ait klinik bilgilerin toplanması, çakışan hacim ve OAR'lerin tayini, geçmiş tedavi planına göre kritik organların aldığı dozların BED değerleri hesaplanmalı ve eğer ilk RT uygulaması fraksiyon dozu 2Gy'den farklı ise OAR'lere ait 2 Gy eşdeğer doz değerleri (Equivalent Dose in 2 Gy, EQD2) hesaplaması, vb şeklinde sıralanabilir (11). Ayrıca reirradiasyon tekniği konvansiyonel fraksiyonasyon şemalı tedavi yerine SRS, SBRT gibi uygulamalarla hipofraksiyonasyon şemaları kullanılacaksa her bir organ için α/β değerleri kullanılarak BED değerinden EQD₂ dönüşümü yapılmalı, bilinen tolerans doz değerinin aşılmadığı plan sonunda değerlendirilmelidir. Reirradiasyon planı yapılırken ilk tedaviye göre kritik organların EQD2'ye göre izinli doz değerleri ve literatürde yapılan çalışmaların derlemesi ile elde edilen zamana göre azalım hesabı yapılmalı izinli kritik organ doz değerleri belirlenmelidir. Kümalatif planda doz değerlendirmesi yapılırken aşağıdaki açıklanan durumlara dikkat edilmelidir (10,11)).

-İlk tedaviye ait OAR dozlarına erişim sağlanamadı ise hedef hacme yakın OAR'ın tolerans dozunun tamamı aldığı kabul edilmeli.

-TPS'de normal dokulara ait onarım hesaba katılmadığından eğer kritik organa ait onarım tahmin edilemiyorsa onarımın olmadığı en kötü senaryo düşünülmeli.

-Kümülatif plandaki doz konvansiyonel fraksiyonasyon şemasıyla değerlendirilmeli. Eğer ilk RT'deki fraksiyon dozu 2Gy'den farklı ise LQ model ile EQD2 biyolojik eşdeğer dozu Denk. 1 ile hesaplanmalı. QUANTEC verileri kullanılarak ilgili OAR için bilinen izinli doz tolerans değerleri ile karşılaştırılmalı.

-Her iki tedavi arasında geçen süre, hastadaki anatomik değişimler ve kullanılan immobilizasyondan dolayı ilk tedaviye ait BT görüntüleri ile reirradiasyon planına ait BT görüntüleri her ne kadar DIR yöntemleri ile non-rigid olarak eşleştirilse dahi doz aktarımı bire bir olamayacağı göz önüne alınmalıdır. Dokular radyasyona duyarlılıklarına göre erken ya da geç yan etki gösteren dokular olarak ikiye ayrılır. LQ modeline göre erken reaksiyon gösteren, hızlı



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



polifere olan ve radyasyon hasarını hızlı onaran dokularda α/β oranı yüksektir ve genellikle α/β oranı 10 kabul edilir. Bu değer ile farklı fraksiyonasyon şemalarının organdaki BED doz hesaplaması yapılır. Geç reaksiyon gösteren dokularda poliferasyon kapasitesi düşüktür ve genellikle α/β oranı 3 kabul edilir (12). Bu dokuların doz değerlendirilmesinde her ne kadar BED değeri kullanılsa da fiziksel doz değerleri de reirradiasyon değerlendirmesi yapılırken dikkate alınmalıdır (12). BED hesaplaması LQ modellemesine göre hesaplanır ve klinik uygulamalarda farklı doz-fraksiyon şemalarının karşılaştırılmasında sıkça kullanılır.

Kaynaklar

1. Nahum AE. The radiobiology of hypofractionation. Clin Oncol (R Coll Radiol) 2015;27(5): 260-9.
2. Song CW, Park H, Griffin RJ, Levitt SH. Radiobiology of stereotactic radiosurgery and stereotactic body radiation therapy. Technical Basis of Radiation Therapy. Medical Radiology, Radiation Oncology. Springer-Verlag; Berlin Heidelberg: 2012. p.51-61.
3. Song CW, Cho LC, Yuan J, Dusenbery KE, Griffin RJ, Levitt SH. Radiobiology of stereotactic body radiation therapy/ stereotactic radiosurgery and the linear-quadratic model. Int J Radiat Oncol Biol Phys 2013;87(1):18-9.
4. Shibamoto Y, Otsuka S, Iwata H, Sugie C, Ogino H, Tomita N. Radiobiological evaluation of the radiation dose as used in high-precision radiotherapy: effect of prolonged delivery time and applicability of the linear-quadratic model. J Radiat Res 2012;53(1):1-9.
5. Park HJ, Griffin RJ, Hui S, Levitt SH, Song CW. Radiation-induced vascular damage in tumors: implications of vascular damage in ablative hypofractionated radiotherapy (SBRT and SRS). Radiat Res 2012;177(3):311-27.
6. Brown JM, Carlson DJ, Brenner D. The tumor radiobiology of SRS and SBRT: are more than the 5 Rs involved? Int J Radiat Oncol Biol Phys 2014;88(2):254-62.
7. Kirkpatrick JP, Meyer JJ, Marks LB. The linear-quadratic model is inappropriate to model high dose per fraction effects in radiosurgery. Semin Radiat Oncol 2008;18(4):240-3.
8. Approach towards re-irradiation of common cancers. Bandyopadhyay Anis, Patro Kanhu Charan, Basu Poulami, Roy Kaushik. Year : 2018 | Volume: 1 | Issue Number: 1 | Page: 29-34
9. Høyer M. Re-irradiation with stereotactic body radiation therapy (SBRT). Chin Clin Oncol 2017;6(Suppl 2):S15. doi: 10.21037/cco.2017.07.01.
10. F. Dionisia, F. Fioricab, I. E. D'Angeloc, I. M. Maddalod, I. Giacomellia, E. Tornarie, A. Roscaf, F. Vigof, D. Romanellg, M. Cianchettia, F. Tommasinoh, M. Massaccesii, E. Orlandij. Organs at risk's tolerance and dose limits for head and neck cancer reirradiation: A literature review.
11. Carsten Nieder, Johannes A. Langendijk, Matthias Guckenberger & Anca, L. Grosu (2018) Second re-irradiation: a narrative review of the available clinical data, Acta Oncologica, 57:3, 305-310, DOI: 10.1080/0284186X.2017.1409433.
12. Paradis KC, Mayo C, Owen D, et al: The special medical physics consult process for reirradiation patients. Adv Radiat Oncol 4:559-565, 2019



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



KM.26 - Adaptif Radyoterapiye Radyobiyojik Yaklaşım

Aysun İnal

İyonize radyasyonun canlıda direkt ve indirekt etkisi olduğu bilinmektedir. Dokularda çoğalma hücre siklusu ve fazlar halindedir. Normal veya kanser dokusunda ki milyarlarca hücreye radyasyon uygulandığı sırada hücre siklusunun G0, G1, G2, S ve mitoz fazlarında yer alma durumuna göre radyasyon etkisi farklılaşır. Radyasyon alan dokuda radyobiyojinin 5R'si [Repair (normal dokuda hızla oluşan tamir, kanser hücresinde daha yavaş ve etkisizdir), Repopülasyon (radyasyon ile ölen dokudaki hücreler yerine yeni hücrelerin meydana gelmesini sağlar), Reoksijenasyon (yeniden ve artarak kanlanma ve oksijenlenme meydana gelir), Redistribüsyon (çoğalan normal ve kanser hücreleri belli bir zaman siklusu ve aşamaları ile çoğalmaya devam ederler), Radyosensitif (radyasyona hassasiyet ve radyasyona direnç olarak açıklanır)] etkili olmaktadır. Ayrıca, son yıllarda, anti-tümör bağışıklık tepkisinin yeniden etkinleştirilmesinin radyobiyojinin 6. R'si olarak kabul edilebileceği iddiasını destekleyen kanıtlar sunulmaktadır.

Radyobiyojide var olan bu gelişimler, genel tedavi süresi, fraksinasyon, toplam doz, tedavi zamanı gibi birçok faktörü, tümör yapının durumuna bağlı olarak etkileyecektir. Özellikle herhangi bir sebeple, yeniden tedavi planı gerektiren durumlarda, işleyiş prosedürleri hazırlanırken, zamana bağlı değişimlerinde göz önünde bulunması gerektiği ilerleyen radyobiyojoloji çalışmaları ile oldukça önem kazanmaktadır

Radyoterapinin temel prensiplerinden biri, tedavinin genel tedavi süresinin (GTS) planlanan bir şekilde tamamlamaktır. Radyoterapi tedavilerindeki kesintiler, özellikle yüksek proliferatif tümör hücrelerinde, tümör kontrol olasılığını (TKO) önemli ölçüde etkileyebilir (1). Ancak, günlük uygulamada, planlanmamış tedavi kesintileri birçok nedenden dolayı kaçınılmazdır. Tedaviye ara verilmek zorunda kalınmasının yaygın nedenleri arasında, adaptif tedavi hazırlığı, makine bozulması, tatiller ve hastanın ciddi radyasyon reaksiyonları bulunur. Planlanmamış tedavi araları konusunda The Royal College of Radiologists report bazı öneriler yayınlanmıştır (2).

Telafi'nin matematiksel kararı, ilave tedavi fraksiyonları, kalan fraksiyonlar için fraksiyon başına dozu uyarlamak, her ikisini değiştirmek veya zamanlamayı (örneğin günde iki kez tedavi) yeniden ayarlamak olabilir. Arada 6 saat ara ile günde iki kez tedavi edilmesinin uygun olabileceğini gösteren bazı çalışmalar fraksiyon dozunun 2.2 Gy'i aşmaması gerektiğini bildirmektedir (2). Beklenen aynı tümör kontrol olasılığını sağlamak için toplam dozun artırılması (fraksiyonların sayısını arttırarak veya fraksiyon başına dozu artırarak) her zaman en iyi çözüm olmayabilir. Birçok tedavi rejimi olası akut veya geç yan etkilerle belirlenir ve sınırlandırılır. Bu sebeple tümör dokusu üzerindeki etkiyi düzeltmek için telafi edici bir tedavi fraksinasyonu hesaplandığında, normal dokulardaki etkinin de yeniden hesaplanması gerekir (3). Bu hesabın sonrasında iki faktörle karşı karşıya kalınır: tümöre biyolojik olarak etkili yeni doz (ideal olarak tümöre karşı başlangıçta planlanan etkiye yaklaşır) ve risk altındaki organlara biyolojik olarak etkin doz (yan etki riskini temsil eder). İdeal olarak, telafi edici tedavi normal doku komplikasyonları riskini arttırmamalıdır. İki çeşit telafi yöntemi vardır. İlki saldırgan yaklaşım (Offensive) diğeri ise koruyucu yaklaşım (Defensive). İlkinde hedef tümöre yönelik hedeflenen doza erişmeyi amaçlarken diğesinde kritik organları korurken verilebilecek en iyi dozu bulabilmektir.

Lokal tümör kontrolü radyoterapide genel tedavi süresinin uzamasından olumsuz etkilenebilir. Özellikle yassı hücreli baş-boyun kanserlerinde tümör hücresi re popülasyonunun lokal kontrolde kayıplar üretebileceğini (%1-2) bildirmektedir (4). Benzer şekilde küçük hücreli dışı akciğer kanseri için %1,6 LC kaybı gösterilmiştir (4).

RT'deki GTS' nin uzaması bir dizi tümör bölgesi için incelenmiştir. Tedavide verilen araların nasıl telafi edileceği konusunda özellikle kesintinin konumu ve süresine bağlı olarak tümör yerleşim yerine göre tam bir fikir birliği yoktur (5). Birçok çalışmacı, GTS uzamasını, tümör biyolojik eşdeğer dozun (BED_{10}) azalmasına katkıda bulunan klonojenik hücre repopülasyonu nedeniyle düşük lokal kontrol (LC) ile ilişkilendirmiştir (6). Telifide kullanılan matematiksel denklemler yer almaktadır. Formüle edilen biyolojik etkin dozun (BED) uygulanmasının kullanımıyla, tedavi telifisi için Tiime-Dose factor (TDF) tablosunun kullanımı eleştirilmeye başlanmıştır (5). TDF hesaplamasına ilişkin denklem aşağıda gösterilmektedir.



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



$$TDF = TDF_1 \left(\frac{T}{T + R} \right)^{0.11} + TDF_2$$

Hem retrospektif analiz hem de Monte Carlo simülasyonları bizi, tedavinin uzatılmasının günlük BED_{10} azalma oranını belirleyen repopülasyonun günlük BED-eşdeğer faktörü (K) yaklaşımına götürmektedir. Bu sayede, tedavi arasını kompanse eden stratejiler LC kaybını dengelememize ve terapötik indeksi korumamıza neden olabilir. Bu stratejilerin artı ve eksi yönleri literatürde tartışılmıştır (6). En sık ekstra fraksiyonlar, risk altındaki organlara (BED_3) ve tümöre (BED_{10}) göre Biyolojik Eşdeğer Doz hesaplamalarına dayalı olarak hesaplanır. Diğer referanslara rağmen (6) 28 günlük bir re-popülasyon gecikme zamanı (T_{delay}) ve her bir patoloji için spesifik α/β değeri ve K ($Gy \cdot day^{-1}$) 'nin gerçekçi telafiye yaklaşmak için kullanıldığı varsayılarak yaklaşık bir senaryo kabul edilir. Doz telafisi, 28 günlük hızlandırılmış hücre repopülasyonu için histolojiye bağımlı K faktörünü dikkate alır (6).

Hendry ve Roberts T_{delay} değerini 29 (% 95 CL 17–31) gün olarak buldular (7). Dale ve arkadaşları K ve T_{delay} değerlerinin birlikte kullanılmasını ve baş-boyun kanserli hastalar için sırasıyla 0.9 Gy $gün^{-1}$ ve 28 gün alınmasını önermişlerdir (8). Küçük hücreli dışı akciğer tümörleri için, tedavinin sonuna doğru günlük lokal kontrol kaybının baş ve boyun kanserleri ile yaklaşık olarak aynı olduğuna dair kanıtlar vardır. BED hesaplamasına ait denklem aşağıda yer almaktadır.

$$BED = n \times d \times \left[1 + \frac{d}{(\alpha/\beta)} \right] - K \times (T - T_{delay})$$

Tedavisi, ara veren bir hastanın zaman adaptif uygulaması için bir dizi soru sormak gerekir. Bu soruların cevapları temel alınarak zaman adaptif bir yaklaşım prosedürü oluşturulabilir. Bu sorular; Tedavi küratif mi? palyatif mi? Tedavi şeması, konvansiyonel mi? Hipofraksiyone mi? Tümör büyüme hızı hangi oranda? Tümör yayılımı oranı nedir? gibi sorulara bulunan cevaplar ile uygun tedavi senaryoları oluşturulmalıdır. Telafi için önerilen yöntemlerden bazıları, ekipman değişimi, günde iki kez tedavi, hafta sonu tedavi olmakla beraber, personel ve cihaz yetersizliği durumunda yukarıda bahsi geçen matematiksel yöntemlerdir.

Referanslar

1. Cox JD, Pajak TF, Asbell S, Russell AH, Pederson J, Byhardt RW et al. Interruptions of high-dose radiation therapy decrease long-term survival of favourable patients with unresectable non-small cell carcinoma of the lung: analysis of 1244 cases from 3 Radiation Therapy Oncology Group (RTOG) trials. Int J Radiat Oncol Biol Phys 1993;27:493–498.
2. The Royal College of Radiologists. The timely delivery of radical radiotherapy: Standard and guidelines for the management of unscheduled treatment interruptions. 3rd ed. London: The Royal College of Radiologists; 2008.
3. Bese NS, Hendry J, Jeremic B. Effects of prolongation of overall treatment time due to unplanned interruptions during radiotherapy of different tumor sites and practical methods for compensation. Int J Radiat Oncol Biol Phys. 2007;68:654–661
4. Koukourakis M, Hlouverakis G, Kosma L, Skarlatos J, Damilakis J, Giatromanolaki A, et al. The impact of OTT on the results of radiotherapy for nonsmall cell lung carcinoma. Int J Radiat Oncol Biol Phys 1996;34:315–322
5. McMillan MT, Ojerholm E, Verma V, Higgins KA, Singhal S, Predina JD, et al. Radiation Treatment Time and Overall Survival in Locally Advanced Non-small Cell Lung Cancer. Int J Radiat Oncol Biol Phys 2017; 98(5):1142–1152
6. Fowler JF, Chappell R. Non small cell lung tumours repopulate rapidly during radiation therapy. (Letter). Int J Radiat Oncol Biol Phys 2000;46:516–517.
7. Hendry JH, Bentzen SM, Dale RG. A modelled comparison of the effects of using different ways to compensate for missed treatment days in radiotherapy. Clin Oncol 1996;8(5):297–307.11.
8. Dale RG, Hendry JH. Practical methods for compensating for missed treatment days in radiotherapy, in particular reference to head and neck schedules. Clin Oncol 2002;14:382–93.



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



KM.27 - Dozimetri Teknolojileri

Şamil Osman Gürdal

RADKOR

RADKOR, 2011 senesinde kurulmuş olup, kişisel dozimetre alanında hizmet verebilmek için çalışmalarına başlamıştır. 2012 TSE Hizmet yeterlilik ve TÜRKAK ISO IEC 17025 kapsamında akreditasyon belgelerini almıştır. RADKOR Personel Dozimetre Ölçüm ve Değerlendirme Laboratuvarı; Türkiye Atom Enerjisi Kurumu'nun yapmış olduğu denetimler sonucunda "Dozimetri Servisi" uygunluk belgesini alarak yurt içi hizmetine 2013 yılında başlamıştır. RADKOR Personel Dozimetre Ölçüm ve Değerlendirme Laboratuvarı bahsi geçen hususlara ek olarak, Avrupa Radyasyon Dozimetre Komitesi (EURADOS) tarafından periyodik olarak düzenlenen karşılaştırma testlerine 2012 yılından itibaren sürekli katılım sağlamış ve tüm testleri başarı ile tamamlamıştır.

RADKOR kişisel dozimetre hizmetinin yanı sıra, 2018 senesinde faaliyete geçmiş olan Ankara şubesinde, X-ışını, Gama ışınlama ve kalibrasyon laboratuvarlarını kurmuş olup, ülkemizde akredite olduğu kapsamda akreditasyon belgesine sahip ilk tüzel kuruluştur. Geniş Ar-Ge ekibiyle geliştirmiş olduğu OSL Teknolojileri (WBD0SE, PDOSE, EXTDOSE OSL Dozimetri Sistemleri) kapsamında sağlık kuruluşları, endüstriyel firmalar, radyasyon doz ölçme laboratuvarları gibi radyasyon doz takibinin yer aldığı tesislere anahtar teslim çözümler sunmaya başlamıştır.

2020 yılı içerisinde Uluslararası Atom Enerjisi Kurumu'nun (IAEA) alt yüklenicisi olan RADKOR, IAEA'nın düzenlediği çeşitli projelerde 14 farklı ülkeye iyonlaştırıcı radyasyon ölçüm sistemlerinin ihracatını yapmaya başlamıştır.

RADKOR, alanında uzman nükleer enerji, fizik, elektronik ve yazılım mühendislerinden oluşan kadrosu ile tüm iyonlaştırıcı radyasyon sistemlerini uluslararası standartları sağlayacak şekilde geliştirip üreterek ulusal ve uluslararası pazara sunmayı amaç edinmiştir.



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



KM.28 - Yerli Radyasyon Ölçüm Cihazı Üretimi

Devrim Demirağ

Alara RGD

Alara radyasyon güvenliği danışmanlığı -ALARA RGD- 2013 yılında kurulmuştur. ALARA RGD radyasyon ölçüm cihazları üretimi yapmaktadır. Ayrıca TENMAK onaylı olarak Radyasyon Güvenliği eğitimleri ve radyasyon güvenliği ile ilgili olarak danışmanlık hizmeti vermektedir.

ALARA RGD cihaz üretimine 2015 yılında ADA serisi radyasyon dedektörleri ile başlamış olup bu seriyi EKE Serisi Kişisel elektronik Dozimetre ve ARM Serisi radyasyon alan monitörleri izlemiştir.

ADA ve ARM serilerinde 6 farklı özellikte EKE serisi dozimetrelerde 2 farklı özellikte Geiger Müller tüpü kullanılmaktadır.

Üretimi yapılan cihazların elektronik ve görsel tasarımları tamamıyla ALARA RGD tarafından gerçekleştirilmiş olup elektronik kart üretimleri ve kart dizgileri yerli üreticiler tarafından yapılmaktadır. Cihazların son montajı ve paketlenmesi ALARA RGD bünyesinde yapılmaktadır.

Cihazların üretiminde kullanılan elektronik komponentler ve dedektörlerin en önemli parçası olan Geiger Müller tüpleri kaçınılmaz olarak yurtdışından temin edilmektedir.

Yerli Geiger Müller tüp üretimiyle ilgili olarak çalışmalar yine ALARA RGD bünyesinde üniversite özel sektör iş birliği ile devam etmektedir.



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



KM.29 - Nanoparticles for Synchronous Radiochemotherapy

Hamed Nosrati¹, Yavuz Nuri Ertas^{1,2}

¹ ERNAM—Nanotechnology Research and Application Center, Erciyes University, Kayseri 38039, Turkey.

² Department of Biomedical Engineering at Erciyes University, Kayseri, Turkey.

Cancer is a leading cause of death globally, and is responsible for an estimated 10 million deaths in 2020. At the moment, several therapies including surgery, chemotherapy, and radiotherapy, are the main approaches in cancer therapy that are used in the clinic.

Chemotherapy, continues to be one of the most commonly used approaches for cancer treatment and is mostly based on systemic administration of cytostatic drugs. As a result, chemotherapy suffers from numerous drawbacks, such as toxic side effects on off-target tissues, and low treatment efficacy, leading to incomplete treatment and cancer relapse. We and others have demonstrated that delivery of chemotherapeutics via various carriers provides significant therapeutic benefits and can overcome conventional chemotherapy obstacles.

Radiation therapy (RT) is one of the most commonly used cancer therapeutic strategies that has clinically demonstrated to be effective. The dilemma of effective radiotherapy is how to maximize cancer cell killing within the capacity of an acceptable dose that does not harm nearby healthy tissues too much. Localized RT could be achieved by applying of nano-radiosensitizers, which could significantly increase the local radiation dose within tumor without increasing the systemic radiation burden.

Nanoradiosensitizers, especially nanomaterials based on high Z elements, can absorb radiation energy, and emit cascades of secondary electrons, leading to local dose enhancement of RT, which can generate reactive oxygen species (ROS) inside the tumor cells. Nanoradiosensitizers can accumulate within the tumor through the enhanced permeation and retention (EPR) effect. In this line, we has developed various nanoradiosensitizers, such as Bismuth and Au, and evaluated their ability in enhancing of RT both in vitro and in vivo.

Due to lack of curative potential of single-mode therapies, they have been used synchronously with other therapeutic approaches. Chemotherapy is the most common cancer treatment, which can be used synchronously with other therapeutic approaches, such as radiotherapy.

However, designing novel biomaterials with combined synchronous therapeutic abilities is highly essential to ameliorate present cancer therapy. Nanoparticles are an attractive approach to this goal because they can act as carriers of chemotherapeutics into tumors, and at the same time act as radiosensitizers in RT. In this line, we have developed NPs as both drug carrier and radiosensitizer, which will discuss in this presentation.



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



Sözel Bildiriler





18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



OP.1 - Hi Art Tomotherapy Planlama Sisteminde Bulunan Parametrelerin Prostat Kanseri Tedavi Planlamalarına Etkilerinin İncelenmesi

Ahmet Fatih Yürekli¹, Mete Yeğiner², Eda Küçüktülü³, Gökhan Özyiğit², H. Fadıl Akyol²

¹ SBÜ Gülhane Eğitim ve Araştırma Hastanesi Radyasyon Onkolojisi Kliniği

² Hacettepe Üniversitesi Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı

³ SBÜ Kanuni Eğitim ve Araştırma Hastanesi Numune Kampüsü Radyasyon Onkolojisi Kliniği

Giriş ve Amaç: Tomotherapy tedavi sisteminde planlamalar field width (FW), pitch (P) ve modülasyon faktörü (MF) adları altında üç ana parametreye bağlıdır. Bu parametrelerin farklı değerleri ile çeşitli kombinasyonları sonucu planlar üretilebilir. Bu çalışmada amaç ise çeşitli sınırlandırmalar neticesinde elde edilen parametre kombinasyonlarının prostat kanseri tedavi planlamalarının tedavi süresine ve doz dağılımlarına etkisi incelenerek optimum parametre setini sunmaktır.

Materyal ve Metot: Önceden tedavi görmüş yüksek riskli prostat kanseri tanısı almış on hastanın gerekli etik kurul izinleri alınarak bilgisayarlı tomografi (BT) görüntüleri alınmıştır. Yoğunluk ayarlı radyoterapi (YART) protokolüne göre uzman doktorlar tarafından tekrardan çizimleri yapılmıştır. Prostat bezi ve seminal veziküller çizilerek klinik hedef hacmi (CTV) oluşturulmuştur. CTV nin posterior bölgesinden 4 mm ve geri kalan bölgelerden 7 mm marj verilerek planlama hedef hacmi (PTV) oluşturulmuştur. Her hasta için parametrelerden setler oluşturularak 48 adet tedavi planı oluşturulmuştur (FW=1.05, 2.5, 5.0 cm; P=0.172, 0.215, 0.287, 0.430; MF=1.8, 2.0, 2.2, 2.4). Planlar, 1000 iterasyon ile sınırlandırılmıştır. Verilen sınırlandırmalar neticesinde ≤ 81.3 Gy ve ≥ 76 Gy değerlerini sağlamak amaçlanmıştır. Ayrıca dozimetrik hacim histogramı (DVH) üzerinden uyumluluk sayısı (CN), homojenlik indeksi (HI) ve tedavi zamanları (t) analiz edilmiştir.

Tartışma: FW=5.0 cm ile en kısa tedavi süresi elde edilmiştir. Bununla birlikte alan sonunda doz düşüşü keskin değildir ve de kritik organların (OAR) x Gray doz adlıkları hacim () değerleri diğer alanlara göre yüksek çıkmıştır. FW=1.05 cm ile en iyi CN, HI ve OAR değerleri elde edilmesine rağmen tedavi süresi FW=5.0 cm e göre 3 katı daha uzun çıkmıştır. OAR değerleri üzerine P parametresinin etkisi 0.1 cc ile 0.9 cc arasında değişirken, MF parametresinin etkisi 0.7 cc ile 3.6 cc arasında değişkenlik göstermiştir.

Sonuç: Bu değerler neticesinde göre elde edilen optimum OAR , CN, HI ve t değerleri için FW=2.5 cm, P=0.215 ve MF=2.4 parametre seti önerilmektedir.



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



OP.2 - Cyberknife'in Fixed ve MLC Kolimatörleri İçin Beyin Metastazlı Olgularda SRT Tedavi Planlarının Dozimetrik Karşılaştırması

Mehmet Tosun, Sibel Kahraman Çetintaş, Metin Zorlutuna, Hidayetül Mediha Kılıç, Arda Kahraman, Ali Altay, Candan Demiröz Abakay, Meral Kurt

Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyasyon Onkolojisi, Bursa, TURKEY

Giriş: Beyin metastazları en sık görülen kötü huylu intrakranial tümörlerdir ve kanserli hastalarda önemli bir ölüm riski nedenidir. Metastatik beyin tümörleri için radyoterapi tedavisinde birincil amaç lokal kontroldür. Cyberknife sisteminde stereotaktik radyoterapi (SRT) yöntemi bu lokal sınırlamaların bir çoğunun üstesinden gelmektedir.

Amaç: Bu çalışmanın amacı beyin metastazlı olguların Cyberknife sisteminde FIXED kolimatör ve MLC için dizayn edilen planların kalitelerini değerlendirmek ve karşılaştırmaktır.

Materyal ve yöntem: Çalışmamızda seçilen 10 olgunun, iki farklı kolimatör kullanılarak farklı lokalizasyonlarda bulunan hedef hacimlere yönelik, tedavi planları yapıldı. Tedavi planları yapılırken doğru bir karşılaştırma yapabilmek için FIXED kolimatör ve MLC için kullanılan planlama parametreleri, her bir olgu için sabit tutuldu. Reçete edilen doz minimum %80' likizodoz eğrisine tanımlandı. Reçete edilen doz 3 fraksiyonda 18 Gy olarak belirlendi. Yapılan planların istatistiksel olarak karşılaştırılırken bütün analizlerde istatistiksel analiz için IBM SPSS 25 sürümü kullanılmıştır.

Bulgular: İntrakranial tümörler için iki farklı kolimatörde parametreler karşılaştırıldı. nCI değeri için FIXED kolimatörün MLC'den daha üstün olduğu görüldü ($p=0,032$). MU ve tedavi süreleri için MLC'nin FIXED kolimatörden daha üstün olduğu görülmüştür ($p=0,001$). HI, CI, GI değerleri için karşılaştırıldığında önemli bir fark bulunmamıştır.

Sonuç: Sonuç olarak her durumda, her iki kolimatörde çok iyi bir uygunluğa sahip makul bir plan sağlanabilmektedir. FIXED kolimatör için nCI daha iyi iken MLC'de MU ve tedavi süresi daha iyi olduğu görülmüştür. Hangi kolimatörün seçileceği olgudaki tümörün hacmi, çapı, lokalizasyonu ve çevre kritik organlarının durumu değerlendirilerek karar verilmelidir.

AnahtarKelimeler; Beyin Metastazı, Stereotaktik Radyocerrahi, CyberKnife, Kolimatör



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



OP.3 - Meme Koruyucu Cerrahi Sonrası Radyoterapide Farklı Tedavi Tekniklerinin Dozimetrik Karşılaştırılması

İrem Kaptan, Bahar Dirican,

Gülhane Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı

Amaç: Erken evre meme kanserinde meme koruyucu cerrahi (MKC) sonrası uygulanan radyoterapi tedavisi lokal kontrolü ve sağkalımı artırması nedeniyle standart yaklaşım olarak kabul edilmektedir ve mastektomi ile aynı sonuçları vermektedir. Çalışmamızda MKC geçirmiş 10 sol meme kanserli kadın hastanın üç boyutlu konformal radyoterapi (3D-CRT) ve alan içinde alan yoğunluk ayarlı radyoterapi (FiF IMRT) ile oluşturulan tedavi planlarının homojenite indeksi, hedef hacmin (PTV) ve riskli organların aldıkları dozlar, cilt yüzeyi ve cildin 0,5 cm altında aldıkları dozlar bakımından karşılaştırılması amaçlanmaktadır.

Gereç ve Yöntem: Çalışma retrospektif olarak taranan ve daha önce kliniğimizde tedavi gören MKC sonrası radyoterapi uygulanmış 10 sol meme kanserli kadın hastanın tedavi planları yeniden planlanarak tamamlanmıştır. Üç boyutlu konformal radyoterapi (3D-CRT) ve alan içinde alan yoğunluk ayarlı radyoterapi (FiF IMRT) teknikleri ile oluşturulan planlarda PTV'nin merkezi eş merkez olarak seçildi ve 6 MV X ışınları ile tanjansiyel alanlardan 25 fraksiyonda 50 Gy (en az %95 en fazla %107) ve foton ile ek doz PTV boost hacmine 5 fraksiyonda 10 Gy (en az %95 en fazla %107) tedavi uygulandı. RTOG ve QUANTEC doz sınırlama protokollerine göre kritik organların alabilecekleri dozlar sınırlandırıldı. Planların doz hacim histogramlarından PTV'nin almış olduğu $D_{\%2}$, $D_{\%98}$, $D_{\%50}$ dozları, sol akciğer için V_5 ve V_{20} , kalp için V_{25} ve karşı meme için V_1 ve $V_{2,5}$ hacimleri saptandı, student-t test ile karşılaştırıldı. Cilt yüzeyinde ve cilt altı dokuda alınan dozlar Precise TPS'in ilgili kısmından alındı.

Bulgular: Her iki teknik karşılaştırıldığında kalbin 25 Gy hacimleri ($p=0,6519$), sol akciğerin 5 Gy ($p=0,9135$), 20 Gy ($p=0,1313$) alan hacimleri ve karşı memenin 1 Gy ($p=0,1821$) ve 2,5 Gy ($p=0,5634$) alan hacimleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadı. PTV'nin almış olduğu $D_{\%2}$ ($p=0,03$) ve $D_{\%98}$ ($p=0,26$) dozlarında ise istatistiksel olarak anlamlı doz düşüşü bulundu.

Hastaların cilt yüzeyinde almış oldukları dozlar ($p=0,8305$) ve cildin 0,5 cm altında ($p=0,04242$) aldıkları dozlar arasında da istatistiksel olarak anlamlı farka rastlanmasa da klinik anlamda FiF IMRT tekniğinin riskli organ dozları ve cilt dozlarında; alınan dozları düşürdüğü bulundu.

Sonuçlar: FiF IMRT tekniği meme radyoterapisinde 3D-CRT tekniğine göre alınan dozları azaltması açısından daha avantajlıdır. Ancak en doğru tedavi yöntemine; hastanın yaşı, tümör yerleşimi ve meme büyüklüğü gibi etkenler göz önüne alınarak hasta bazında karar verilmelidir.

Anahtar Kelimeler: Meme Kanseri, Meme Radyoterapisi, 3D-CRT, FiF IMRT



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



OP.4 - Farklı Sabit Bölümlü Dental Protez Materyallerinin Radyasyon Dozuna Etkisinin Gafkromik Filmler Kullanılarak Karşılaştırılması

Songül Barlaz Us¹, Ayşe Seda Ataol², Gülfem Ergün³, Aytül Kanat⁴, Eda Kaya Pepele⁵

¹Mersin Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı, Mersin, Türkiye

²Özel Ağız ve Diş Sağlığı Polikliniği, Ankara, Türkiye

³Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

⁴Mersin Onko Özel Onkoloji Merkezi, Mersin, Türkiye

⁵İnönü Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı, Malatya, Türkiye

Giriş ve Amaç: Radyoterapi esnasında farklı atom numarası ve yoğunluğa sahip ortamlardan geçen foton, ikincil elektron saçılmaları meydana getirir. Bu durum radyasyon doz değerlerinde ani artış yada azalmalara neden olur. Bu çalışmada, dört farklı malzemeden yapılmış sabit bölümlü dental protezlerin (Metal destekli porselen (BM), çift tabaka zirkonyum (BZ), tek tabaka zirkonyum (MZ) ve çift tabaka lityum disilikat (BL)) radyasyon dozuna olan etkisinin gafkromik filmler kullanılarak karşılaştırılması amaçlanmıştır.

Yöntem: Çalışmada, gerçek insan mandibulasının 5, 6 ve 7 numaralı alveolar boşluklarına dişler ve sabit bölümlü dental protezler yapılmıştır. Gafkromik filmler dental protezlere uygun şekilde kesilerek protezlerin bukkal ve lingual yönlerine yapıştırılmıştır. Mandibula, silindirik şeklinde içi su dolu kaba konularak, lineer hızlandırıcı cihazı ile 90°gantri açısında, 6 MV foton enerjisi kullanılarak 2 Gy radyasyon dozu ile ışınlanmıştır. Ölçüm diş ve tüm dental materyaller için 3'er defa tekrar edilmiştir. Gafkromik film üzerindeki kararmalar optik densite olarak okunmuş ve sonuçlar istatistiksel analiz yapılarak karşılaştırılmıştır. İstatistiksel olarak anlamlılık $p < 0.05$ olarak alınmıştır.

Bulgular: Çalışma sonuçlarına göre, diş ile BL doz değerleri arasında istatistiksel olarak farklılık görülmemiştir ($p > 0.05$). Fakat diş ile MZ, BZ ve BM arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0.05$). Diş ile karşılaştırıldığında, en fazla radyasyon doz değişimi MZ'de meydana gelmiştir. BM ve BZ'deki doz değişimleri birbirine yakındır. BL'deki doz değişimi ise diş ile karşılaştırıldığında en az olmaktadır.

Sonuç: Baş-boyun radyoterapisinde intraoral mukozit, kserostomi ve osteonekrozis gibi radyasyonun neden olduğu yan etkileri azaltmak için radyasyon dozu değişiminin az olduğu dental materyallerin seçilmesi oldukça önemlidir. Çalışmaya göre, diş dozu ile farkı istatistiksel olarak anlamlı olmayan BL materyali radyoterapi açısından protez yapımında kullanılabilecek en uygun materyaldir.

Anahtar Kelimeler: Radyoterapi; gafkromik film; dental materyal



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



OP.5 - Profilaktik Kranial Işınlamalarda VMAT, 3B Konformal ve DCAT Tekniklerinin Dozimetrik Karşılaştırılması

Dursun Eşitmez¹, Ebru Şimşek¹, Gülfem Süsoy Doğan², Ayşe Okumuş¹, İsmail Faruk Durmuş^{1,3}

¹*Yeni Yüzyıl Üniversitesi Özel Gaziosmanpaşa Hastanesi Radyasyon Onkolojisi Ana Bilim Dalı, İstanbul*

²*İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Nükleer Fizik Anabilim Dalı, İstanbul*

³*Nişantaşı Üniversitesi Meslek Yüksek Okulu, İstanbul*

Konformal ark tekniği genelde stereotaktik tedavilerde kullanılmaktadır. Konformal ark tekniğinin özel bir formu olan DCAT (Dynamic Conformal Arc Therapy) ise, rotasyonel alan boyunca kritik organları korumak için MLC ile bloklama yapılırken uniform bir radyasyon alanı uygulanmaktadır. Çalışmamızda DCAT tekniğinin total kranyum ışınlamalarında VMAT (Volumetric Modulated Arc Therapy) ve 3B konformal tekniğine göre dozimetrik karşılaştırması yapılmıştır.

Daha önce tedavi edilmiş on bir total kranyum hastasına VMAT, 3B-Konformal ve DCAT teknikleri ile 10 fraksiyonda 25Gy planlar yapıldı. Total kranyumda maksimum (D1), minimum (D99) doz değerleri ve homojenite indeks (HI) değerleri karşılaştırıldı. Kritik organ olarak lens ve optik sinir dozları karşılaştırıldı.

Hedef volümde D1, D99 doz değerleri ve HI açısından üç teknik ile benzer sonuçlar bulundu. Sağ ve Sol optik sinir maksimum dozlarında VMAT tekniği ile daha düşük sonuçlar elde edildi. Diğer iki teknik ile de benzer sonuçlar bulundu. Sağ ve Sol lens mean doz değerlerinde 3B-Konformal ile en düşük değerler elde edildi. Vücudun 2Gy, 5Gy ve 10Gy doz alan hacimleri karşılaştırıldığında en düşük değerler sırasıyla, 3B-Konformal, DCAT ve VMAT olduğu görüldü. Tedavi ışınlama zamanı ve MU açısından değerlendirildiğinde VMAT ile en yüksek değerler elde edildi. DCAT ve 3B-Konformal teknikleriyle benzer sonuçlar bulundu.

VMAT tekniğinde kritik organ koruması MLC ile küçük segmentler oluşturularak yoğunluk ayarlı yapılırken, DCAT tekniğinde MLC bloklama yöntemi kullanılmaktadır. DCAT ile değişken doz hızı ve segment shape optimizasyon ve MLC bloklama özellikleri sayesinde rotasyonel alan boyunca homojen bir doz dağılımı ve kritik organ koruması sağlanmaktadır. Ayrıca hem tedavi süresi hem de MU olarak oldukça düşük değerler elde edilmektedir. Total kranyum ışınlamalarında alternatif bir teknik olarak DCAT'de kullanılabilir.

Anahtar Kelimeler: DCAT; Profilaktik; VMAT; 3D-Konformal



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



OP.6 - Stereotaktik Radyocerrahi VMAT Planları için *Photon Optimizer* ve *Progressive Resolution Optimizer* Algoritmalarının Karşılaştırılması

Yücel Akdeniz

Acıbadem Adana Hastanesi

Giriş ve Amaç: Beyin lezyonlarında linac tabanlı stereotaktik radyocerrahi (SRS) genellikle volümetrik modülasyonlu ark tedavisi (VMAT) tekniği kullanılarak gerçekleştirilir. VMAT optimizasyon algoritmaları 3B uzayı farklı modellediklerinden, küçük hacimli SRS planlarının tedavi kalitesini önemli ölçüde etkileyebilir. Bu çalışmada, SRS VMAT planları için “Photon Optimizer” (PO) ve “Progressive Resolution Optimizer” (PRO) algoritmasının plan kalitesi üzerindeki dozimetrik etkisi karşılaştırılmıştır.

Yöntem: Tek beyin metastazı olan on hasta için 1 mm kesit kalınlığı ile planlama-BT taramaları yapıldı. Çizilen PTV’ler ortalama 14,85 cm³ (8,6-20 cm³ aralığında) hacme sahipti. Çalışma hastaları, 6 MV FFF foton ışınları ile Eclipse tedavi planlama sisteminde (V13.6) PO ve PRO algoritmaları ile optimize edildi. Her plan için aynı optimizasyon kriterlerini içeren bir şablon, müdahale olmaksızın kullanıldı. PO için en yüksek çözünürlük (1.25 mm) seçildi ve PRO ile optimize edilirken PTV ve beyin için nokta bulutu model çözünürlüğü 1 mm’ye ayarlandı. Reçetelendirilen doz, tek fraksiyonda 18 Gy idi. Planlanan dozun (D_p) %100’ü, PTV’nin %99’una normalize edildi. PO ve PRO ile optimize edilen planlar, anizotropik analitik algoritma (AAA) ve aynı grid çözünürlüğü (1 mm) ile hesaplandı. PO ve PRO planları, toplam monitör unit (MU), PTV için hesaplanan Paddick Conformity indeksi (CI) ve gradyan indeksi (GI), V_{12} (12 Gy’den fazla alan sağlıklı beyin hacmi) ve D_{ort} (ortalama beyin dozu) karşılaştırılarak incelendi. İstatistiksel analiz SPSS kullanılarak yapıldı.

Bulgular: Hem PO hem de PRO planları için plan kalite metrikleri Tablo 1’de tüm hastalar için gösterilmektedir. CI için PRO planları lehine önemli bir avantaj elde edildi. Ortalama CI değeri 0.89 ± 0.009’dan (PO) 0.941 ± 0.017’ye (PRO) ($p < .05$) anlamlı olarak yükselirken, GI açısından PO (3.084 ± 0.242) ve PRO (3.031 ± 0.184) arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktu. V_{12} ’de PRO’da (11.52 ± 3.22 cm³) PO’dan (12.74 ± 3.61 cm³) daha az hesaplandı ($p < 0.05$). Ayrıca, istatistiksel analizde D_{ort} ’nın PRO’nun lehine 124.2 ± 41.3 cGy’den (PO planları için) 119.7 ± 39.6 cGy’ye (PRO planları için) düştüğü bulundu ($p < 0.05$). Toplam MU sayısı açısından ise PO ve PRO arasında anlamlı bir fark yoktu.

Tablo 1. Plan kalite metrikleri

	Toplam MU		D _{ort} (cGy)		V ₁₂ (cc)		CI		GI	
Hasta # / Plan	PO	PRO	PO	PRO	PO	PRO	PO	PRO	PO	PRO
1	5284	4991	90.1	87.5	9.73	8.95	0.885	0.962	3.157	3.163
2	4574	4953	121.6	124.8	12.6	11.5	0.895	0.931	2.682	2.722
3	7473	6607	161.2	149.4	15.37	13.58	0.906	0.939	3.242	3.150
4	4512	4590	154.4	148.6	17.13	15.12	0.899	0.951	3.282	3.224
5	4956	4958	158.5	151.9	18.9	17.25	0.889	0.933	2.957	2.974
6	5984	5605	35.4	33.3	7.08	6.42	0.883	0.929	3.376	3.298
7	4630	4725	144.1	137.7	12.95	11.82	0.890	0.937	2.876	3.028
8	5592	5341	147	144.1	10.77	9.92	0.894	0.977	2.839	2.936
9	5684	5079	85.1	80.6	9.95	8.74	0.875	0.923	3.387	3.318
10	4614	4652	144.3	138.7	12.87	11.85	0.885	0.933	3.041	2.999
Ortalama	5330	5150	124.2	119.7	12.74	11.52	0.890	0.941	3.084	3.081
sd	919	598	41.3	39.6	3.61	3.22	0.009	0.017	0.242	0.184
Min	4512	4590	35.4	33.3	7.08	6.42	0.875	0.923	2.682	2.722
Max	7473	6607	161.2	151.9	18.9	17.25	0.906	0.977	3.387	3.318
	P > 0.05		p < 0.05		p < 0.05		p < 0.05		P > 0.05	

Sonuç: Bu çalışmada, SRS VMAT planlarında 3B uzayı farklı şekilde modelleyen iki optimizasyon algoritması (PO ve PRO) için planlar karşılaştırıldı. Çalışma, PRO’nun nokta bulutu modeliyle optimize edilen SRS VMAT planlarının hem hedef hacim kapsamı hem de organ koruması açısından PO’dan daha iyi sonuçlar verdiğini gösterdi. Küçük hedef hacimlerin optimizasyonunda PRO, daha yeni algoritma olan PO’ya tercih edilebilir.



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



OP.7 - Tc-99m ve I-123 Görüntülemeye DEW/TEW Saçılma Düzeltme Yöntem Uygulamaları

Melek Can¹, Özlem Karadeniz^{2,1}, Türkan Ertay^{3,1}, Gamze Çapa Kaya^{3,1}

¹ Dokuz Eylül Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Medikal Fizik Anabilim Dalı, İnciraltı-İzmir

² Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Fakültesi, Fizik Bölümü, Tınaztepe Kampüsü, Buca-İzmir

³ Dokuz Eylül Üniversitesi, Nükleer Tıp Anabilim Dalı, İnciraltı-İzmir

Teknesyum-99m (Tc-99m) ve İyot-123 (I-123), nükleer tıpta tanısal inceleme amacıyla kullanılan radyonüklidlerdir. Tc-99m'in, Compton etkileşimleri ile saçılmış fotonlarının görüntüleme sistemine hatalı bilgi taşıması, görüntü kalitesini etkileyen bir faktördür. Benzer olarak I-123 görüntülemeye, yüksek enerjili fotonların saçılmaları da görüntü kalitesini etkileyebilmektedir. DEW (Dual Energy Window) ve TEW (Tripple Energy Window) saçılma düzeltme yöntemleri, saçılan fotonların sebep olduğu görüntü kusurlarının iyileştirilmesi amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır.

Sunulan araştırmada; Tc-99m ve I-123 kaynakları ile alınan planar/SPECT görüntülerine, DEW ve TEW saçılma düzeltme yöntemleri uygulanmış ve bu yöntemlerin etkinliği; hem nitel hem de görüntü kalite parametreleri (kontrast, sinyal/gürültü oranı ve uzaysal rezolüsyon) açısından değerlendirilmiştir.

Araştırmada, GE Healthcare marka Optima NM/CT 640 serili LEHR, MEGP, HEGP kolimatörlü gama kamera sistemi ile farklı Tc-99m/I-123 aktivitesi içeren küresel, çizgisel kaynak ve kardiyak fantomun planar ve SPECT görüntüleri alınmıştır. Tc-99m ve I-123 ile alınan SPECT görüntülerinin, iteratif yöntem ile rekonstrüksiyonu yapılmıştır.

Planar ve SPECT görüntülemeye, gerek Tc-99m gerekse I-123 fantom görüntülerine uygulanan DEW ve TEW saçılma düzeltme yöntemlerinin, değişen oranlarda görüntüyü iyileştirdiği ortaya çıkmış ve bu yöntemlerin etkisi hem nitel hem nicel açıdan başarılı bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Teknesyum-99m, iyot-123, ikili enerji pencere düzeltme yöntemi, üçlü enerji pencere düzeltme yöntemi, tek foton emisyon tomografi



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



OP.8 - Meme Kanseri Hücre Hattı Üzerinde Gümüş Nanopartiküllerin Radyoterapi Duyarlılığı

Tahir Çakır¹, Cengiz Karakaya², Gökhan Görgişen³, İ. Musab Gülaçar⁴, Nina Tunçel⁵

¹Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tıp Fakültesi Biyofizik A.D

²Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Tıbbi Biyokimya A.D

³Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tıp Fakültesi Tıbbi Genetik A.D

⁴İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tıbbi Genetik A.D

⁵Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyasyon Onkolojisi A.D

Giriş ve Amaç: Radyoterapi (RT) alanındaki gelişmelere rağmen RT etkinliğinin artırılarak, daha fazla sağlam dokuyu korumak, radyasyon onkologları için hala tatmin edici düzeylerde olmadığı görülmektedir. Meme kanseri tedavisinde daha iyi sonuçların elde edilmesine yönelik yeni tedavi şemaları oluşturulmuş ise de sağlıklı dokuları koruyarak, tedavi volümlerine daha fazla radyasyon verebilir mi? sorusu hala güncelliğini korumakta, güncel tedavi modalitelerine, rağmen hastaların sağ kalım oranlarında istenilen düzeyde bir artış olmadığı literatür bilgilerinden görülmektedir. Bu nedenle meme kanserinde sağkalımın artırılması amacıyla yeni tedavi modalitelerine ihtiyaç duyulduğu aşikardır. Klinik verileri hala yetersiz olsa da, daha güçlü bir radyasyon yanıtı elde etmek için tümör dokusuna altın ve gümüş nanoparçacıklar (AgNP) uygulayarak yeni ve farklı bir yaklaşım araştırmacıların ilgi odağı olmuştur. AgNP'lerin MV mertebesindeki radyasyon ile daha iyi etkileşime sahip ve çift oluşum olayını tetikleyen parçacıklar olduğu ve hedefte sekonder radyasyon oluşturduğu ayrıca rapor edilmiştir. Literatür verilerine göre RT etkinliğinin artırılması için AgNP'lerin radyosensitizör olarak kullanılabileceğini destekleyen prelinik bulguların olgunlaştırılması ve klinik verilerle desteklenmesi durumunda mevcut RT dozlarının düşürülerek risk altındaki organların daha iyi korunmasının gündeme gelebileceğine ilişkin çalışmalar mevcuttur. AgNP'lerin farklı kanser türlerinde hücre canlılığını azaltma, apoptozu arttırabilme, kanser immünoterapisinin ihtiyaçlarını karşılayabilme ve antikanser/sitotoksik etkileri literatürlerce dekteklendiğinden dolayı bu çalışmada, farklı konsantrasyonlarda AgNP'lerin, farklı radyasyon dozlarında RT ile kombine uygulandığında MCF7 meme kanseri hücre hattında ve CRL4010 normal meme hücre modeli hattı üzerinde radyosensitiviteye olan etkisi araştırıldı.

Yöntem: Çalışmada normal meme hücre modeli olarak CRL-4010 ve MCF7 meme kanseri hücre hatları kullanıldı. Hücreler 96 kuyulu hücre kültürü plakasına her kuyuda 5000 hücre olacak ekilip; her iki hücre hattına farklı konsantrasyonlarda AgNP, farklı dozlarda RT, farklı doz ve konsantrasyonlarda AgNP+RT verildi ve kontrol gruba göre karşılaştırıldı. RT dozu hücre kültürlerinde Hounsfield Unit ve elektron yoğunlukları göz önünde bulundurularak, tüm hücrelerde homojen doz dağılımı olacak ve invivo koşulları sağlayacak şekilde 3 boyutlu konformal teknik ile, 5, 8 ve 10 Gy olacak şekilde dozimetrisi tasarlanarak uygulandı. Hücre sağkalım oranları MTT analizi ile belirlendi.

Bulgular: İlk olarak, RT'nin hücre canlılığı üzerindeki etkisini anlamaya çalıştık. Sonuçlarımıza göre, beklendiği üzere artan radyasyon dozuna bağlı olarak CRL4010'un hücre canlılık seviyeleri giderek azaldı. 5Gy, 8Gy ve 10Gy RT uygulamaları sonrasında CRL4010 hücrelerinin canlılığının sırasıyla %22, %34 ve %40 azaldığını gözlemlendi. MCF7 hücre hattında hücre canlılık seviyeleri 5Gy'de %4, 8Gy'de %10 ve 10Gy'de %13 azaldığı görüldü. CRL4010 ve MCF7 hücrelerinde sadece AgNP'lerin tek başına sitotoksik etkileri incelendiğinde; CRL4010 ve MCF7 hücrelerinde konsantrasyona bağlı olarak hücre ölümünü indüklediği görüldü. Farklı oranlarda seyreltilmiş AgNP'lerin MCF7 hücrelerinde CRL4010 hücrelerine göre daha etkin olduğu gözlemlenmiştir. MCF7 ve CRL4010 hücrelerinde AgNP'lerin RT etkinliğini kontrol gruba göre arttırdığı saptanmıştır.

Sonuç: CRL4010 ve MCF7 hücre hatlarına 1/6, 1/5 ve 1/4 konsantrasyonlarında sadece AgNP uygulaması sitotoksikite etkisi gösterdi. Bu nedenle, AgNP'lerin optimum konsantrasyonunun belirlenmesi, terapötik yaklaşımların yanıt verebilirliği için oldukça önemlidir. Sonuçlarımıza göre AgNP'lerin konsantrasyona bağlı olarak MCF7 ve CRL4010 hücrelerinde sitotoksikite etkisi göstermekle birlikte RT etkisini arttırmıştır. Sonuçlarımız, 5Gy RT + 1/8 konsantrasyonlu AgNP uygulamasından sonra CRL4010 ve MCF7 hücre canlılığında sırasıyla %65 ve %71 azalmaya yol açtığını gösterdi. Ayrıca 10Gy RT + 1/8 konsantrasyonlu AgNP uygulamasından sonra CRL4010 ve MCF7 hücre canlılığında sırasıyla %45 ve %77 azalma olduğunu saptadık. Bu sonuçlar meme kanseri hücrelerinin normal meme hücrelerine kıyasla AgNP + RT'ye daha duyarlı hale geldiğini göstermiştir. Bu yöntemle radyosensitiviteyi tespit eden hücre kültürü çalışmalarının kişiye özgü KT ve RT dozlarının belirlenmesine yönelik yapılacak dozimetrik çalışmalara öncül olabileceğini düşünmekteyiz.



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



OP.9 - Tıbbi Görüntüleme Uygulamaları için Kadmiyum Çinko Tellür (CdZnTe) Algılayıcı Sistemlerinin Geliştirilmesi

Ali Mürteza Altıngün¹, Emrah Kalemci¹, Raşit Turan², Mehmet Can Karaman², Merve Genc², Cemile Ceylan³, Kezban Berberoğlu⁴

¹ Sabancı Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi İstanbul, Türkiye

² Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Ankara

³ İstanbul Onkoloji Hastanesi, İstanbul

⁴ Anadolu Sağlık Merkezi (ASM)

Medikal görüntüleme, modern tıbbın tanı ve tedavi amaçlı kullanılan çok önemli ve etkili bir araçlardan biridir. Bu nedenle, akademik ve özel sektörde daha hızlı, kaliteli ve doğru görüntüleme teknikleri için yapılan çalışmalar artmaktadır. CdZnTe (Kadmiyum – Çinko -Telür) yarı-iletken kristali tabanlı algılayıcılar, oda sıcaklığında iyi bir enerji çözünürlüğü vermesi, yüksek atom sayısı sayesinde fotonları yakalama becerisi, iç direncinin yüksek olması ve büyük elektron bant genişliği sebebiyle tek foton emisyonlu bilgisayarlı tomografi (SPECT), pozitron emisyon tomografisi (PET) ve X-ray bilgisayarlı tomografi (CT) görüntüleme tekniklerinde kullanılmaktadır. Ortadoğu Teknik Üniversitesi (ODTÜ), Sabancı Üniversitesi (SÜ), Anadolu Sağlık Merkezi (ASM), İstanbul Onkoloji Hastanesi ve İleri Ar-Ge Teknolojileri A.Ş işbirliğiyle yürütülen projemizde CdZnTe tabanlı gama algılayıcı sistemleri geliştirilmiş, görüntüleme ve tanı amacıyla kullanılabilecek bir elle tutulabilir mini gama kamera ve gama-prob prototipi yerli ve milli imkanlar kullanılarak üretilmiştir. Gama-prob, genel olarak kalem şeklinde olan, radyoaktif ışınmayı tespit edebilen ve Sentinel Lenf Nodu (SLN) tespiti için kullanılan bir cihazdır. Gama kameralar ise bir kolimatör yardımı ile hastaya verilen radyoaktif maddelerden yayılan ışını görüntüleyebilen bir cihazdır. Projede, ODTÜ tarafından büyütülen ve ticari olarak da temin edilen CdZnTe kristallerinin elektronik okuma devreleri ile testleri ve dış muhafaza tasarımı için benzetim çalışmaları SÜ’de gerçekleştirildi. Okuma ve kontrol elektroniği SÜ ve ODTÜ tarafından beraber geliştirildi. Ayrıca cihazların mekanik tasarımları ve üretimi İleri Ar-Ge A.Ş tarafından yapıldı. Son olarak tamamlanan gama kamera ve gama-prob prototip cihazlarının fantom testleri ASM’de gerçekleştirildi. Sunumda, gama kamera ve gama prob prototiplerinin fantom performansları, ticari ürünlerin performansı ile de karşılaştırılarak verilecektir.

Anahtar Kelimeler: CdZnTe, görüntüleme, gama kamera, gama prob



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



OP.10 - Tiroid Kanseriinde Radyoaktif İyot Tedavisi Sonrası Tüm Vücut Görüntülemesinde İdeal Çekim Zamanının Belirlenmesi

Serdar Sedat Işık, Füsün Çetin

¹ T.C. İstanbul Aydın Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Sağlık Fiziği Yüksek Lisans Programı,
ssedatisik@stu.aydin.edu.tr, fusuncetin@stu.aydin.edu.tr

Giriş ve Amaç: Nükleer tıp görüntüleme sistemlerinde görüntü kalitesi oldukça önemli bir husustur. Bu çalışmada, diferansiye tiroid kanseri tanımlı hastalarda radyoaktif iyot tedavisini takiben farklı günlerde yapılan sintigrafik görüntülemelerde görüntü kalitesinin en yüksek olduğu ve lezyonların en iyi ayırd edilebildiği; gürültü değerinin düşük, lezyon kontrastının ve kontrast-gürültü oranının en yüksek olduğu çekim zamanının belirlenmesi amaçlanmaktadır.

Gereç ve Yöntem: Çalışmada, diferansiye tiroid kanseri tanısı konmuş, operasyon geçirmiş ve yüksek doz radyoaktif iyot tedavisi alan 23 hastada, radyoaktif iyot tedavisini takip eden 3. günden 12. güne kadar 2'şer gün aralıklarla 5 kez gama kamera ile görüntüleme yapılmıştır. Farklı günlerde alınan görüntüler için elde edilen gürültü, kontrast ve kontrast-gürültü oranı gibi parametrelere ilişkin sonuçlar karşılaştırılarak analiz edilmiştir. Böylece hastalarda kalan bakiye tiroid dokularının ve eğer varsa lenf ve uzak organ metastazlarının en iyi görüntülenebildiği zamanın belirlenmesi amaçlanmaktadır. Görüntüleme işlemi HEGP kolimatörü kullanılarak I^{131} için 364 keV tepe noktası ve %15 pencere genişliği ile tüm vücut görüntülemesinde ise yatak hızı 6 cm/dk olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

Bulgular: Elde edilen görüntüler değerlendirilerek lezyonların en iyi ayırt edilebildiği, en iyi görünimleri veren, en yüksek kontrastta, en yüksek kontrast-gürültü oranında ve gürültüsü en düşük olan ideal çekim zamanının belirlenmesi için bulgular analiz edilmiştir. Radyoaktif iyot tedavisini takip eden 3.günde yapılan çekimlerde gürültü değerinin en düşük olduğu, küçük bakiye tiroid dokusunun daha iyi görüntülenebildiği tespit edilmiştir. Olası lenf ve uzak organ metastazlarının bazı hastalarda erken ya da geç günlerde yapılan görüntülemelerde tespit edilebildiği bazı hastalarda ise tedaviden sonraki geç günlerde (7., 9. ve 11.günlerde) yapılan çekimlerde dahi kontrast-gürültü oranının yüksek olduğu ve iyi görüntülenebildiği bulunmuştur. Tedaviden sonraki geç günlerde ise gürültünün artması nedeniyle bakiye tiroid dokusunda kontrastın, kontrast-gürültü oranının düştüğü ve bu dokuların görüntülenemez hale gelebildiği görülmektedir.

Sonuç: Literatürde tiroid kanserinin radyoaktif iyot tedavisini takiben farklı günlerde sintigrafik görüntüleme yapılması tavsiye edilmiş olsa da ideal çekim gününün belirlenmesi için kontrast, kontrast-gürültü oranı ve gürültü parametrelerini göz önüne alarak değerlendiren ayrıntılı çalışmaların eksikliği görülmektedir. Farklı uygulama kılavuzlarında ve araştırmalarda tedavi sonrasında görüntülemenin yapılabileceği zaman aralığının belirtildiği, ancak genel kabul görmüş belirli bir çekim gününün ve yöntemin önerilmediği görülmektedir. Bu çalışmada, tiroid kanserinin radyoaktif iyot tedavisi sonrasında ideal çekim gününün belirlenmesi hedeflenmiştir. Sonuç olarak, 3.günde yapılan çekimlerde gürültünün düşük olduğu ve küçük bakiye tiroid dokusunun daha iyi görüntülenebildiği görülmektedir. Tedaviden sonraki geç günlerde (7., 9. ve 11.günlerde) yapılan çekimlerde olası lenf ve uzak organ metastazlarının iyi görüntülenebildiği ancak bakiye tiroid dokusunun görüntülenemez hale gelebildiği görülmüştür. Özellikle bazı hastalarda farklı günlerde görüntüleme yapmanın hastalardaki ek bulguların tespit edilmesinde yararlı olacağı görüşüne varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Görüntüleme, görüntü kalitesi, gürültü, I^{131} tedavisi, kontrast, kontrast-gürültü oranı, radyoaktif iyot, tiroid kanseri.



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



OP.11 - Post-Mastektomi Meme Planlamada Metal Artefakt Önleyici Programının Kullanımının Dozimetrik Etkisi

Ebru Şimşek¹, Dursun Eşitmez¹, Ayşe Okumuş¹, Nezihe Seden Küçükçuk¹, İsmail Faruk Durmuş²

¹*Yeni Yüzyıl Üniversitesi Özel Gaziosmanpaşa Hastanesi Radyasyon Onkolojisi Ana Bilim Dalı, İstanbul*

²*Nişantaşı Üniversitesi Meslek Yüksek Okulu, İstanbul*

Post-mastektomi sonrası meme hastalarına şişirilebilir silikon balon takılmaktadır. Silikon balonda memeyi şişirmek için bir metalik port bulunmakta ve planlama CT'sinde parlama ve dark volümleri oluşturmaktadır. Metal Artefakt Azaltıcı (MAR) programları sayesinde parlama ve dark volümleri azaltılabilmektedir. Çalışmamızda post-mastektomi sonrası meme hastalarına MAR'lı ve MAR'sız CT görüntülerinde artefakt volümleri ve hedef volüm dozları karşılaştırıldı.

Dört post-mastektomi hastasına planlama CT'si çekimi sırasında artefakt önleyici MAR programı ve normal CT görüntüleri elde edildi. Her iki CT görüntülerinde metalik portun oluşturduğu parlama ve portun etrafında oluşan dark volümleri konturlandı ve karşılaştırıldı. Her iki CT görüntü setinde metalik portun rölatif elektron yoğunluğu 1 gr/cm^3 , 3 gr/cm^3 , 5 gr/cm^3 , 7 gr/cm^3 , 9 gr/cm^3 olacak şekilde atanarak doz dağılımları tekrar hesaplatıldı. PTVmeme ve metalik portun etrafında 0.5 cm alanın %95'inin aldığı dozlar karşılaştırıldı.

MAR'lı CT'lerde dark volümü ortalama $7,4\pm 5,9\text{ cc}$ iken MAR'sız CT'lerde $16\pm 7,2\text{ cc}$ olarak bulundu. Metalik portun oluşturduğu parlama volümü MAR'lı CT'lerde $19,9\pm 6,5\text{ cc}$ iken MAR'sız CT'lerde $27,5\pm 6,4\text{ cc}$ olarak bulundu. PTVmeme %95'inin aldığı doz MAR'lı CT de %10'a kadar, MAR'sız CT de ise %12'ye kadar azalmaktadır (9 gr/cm^3). Metalik portun etrafındaki 0.5 cm 'lik alanın aldığı doz MAR'lı CT de %17'ye kadar, MAR'sız CT de ise %14'e kadar azalmaktadır (9 gr/cm^3).

Metalik portun dahil olduğu hedef volümlerde; metalin doğru konturlanması ve planlamada doğru elektron yoğunluğunun atanması, doz dağılımı hesaplanmasında kritik öneme sahiptir. MAR programı yardımıyla dark volümü 2,16 kat ve portun parlama volümünü 1,38 kat daha düşük olarak belirlenmektedir. Metalik portun doğru belirlenmesi ve doğru elektron yoğunluğu atanması yapıldığında hedef volümde %16'ya varan daha doğru doz hesabı yapılabilmektedir.



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



OP.12 - Akciğer Kanseri SBRT'sinde ÇYK Genişliği ve PTV Marjının Etkisi

Ferhat Çetinel, Bahar Dirican

*Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Gülhane Tıp Fakültesi, Dahili Tıp Bilimleri Bölümü,
Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı, Ankara*

Akciğer kanseri SBRT radyoterapi planlaması için PTV'yi tanımlamada en önemli parametrelerden biri hedef hacim paylarıdır. Bu çalışmada, Lineer Hızlandırıcı cihazının radyasyon demetini şekillendiren kolimatör sisteminin yaprak genişliğinin PTV ve kritik organ dozlarına etkisi incelenerek değerlendirilmiştir. SBRT uygulamalarını diğer radyoterapi yaklaşımlarından ayıran en önemli farklardan biri tümöre yüksek fraksiyon dozu uygulanmasıdır. Akciğer kanseri radyoterapisinde, torakal bölgedeki kritik organların fazlalığı ve SBRT tekniğinde kullanılan yüksek doz nedeniyle hedef hacmin lokalizasyonu, boyutları sınırlarının şekli, organ hareketliliği ve bunlara bağlı olarak tedavi için hedef hacmin konturlama payları çok önemlidir. SBRT'de kullanılan Lineer Hızlandırıcı cihazının kolimatör sisteminin yaprak genişliği de doz dağılımı üzerinde etkilidir. Bu doz dağılımının incelenmesi ve hedefe verilen payların ve yaprak genişliğinin hedef hacim ve kritik organların dozları için optimizasyonu tümör kontrol olasılığını artırmaya ve normal doku komplikasyonlarını azaltmaya katkı sağlayacaktır. Bu çalışmada Elekta marka Synergy® model lineer hızlandırıcı, dinamik mikro çok yapraklı kolimatörler (Dynamic Micro Multileaf Collimator- DMLC), Elekta BodyFIX® hasta sabitleme sistemi, Elekta solunum izleme ve kontrol sistemi (Active Breathing Coordinator), General Electric marka LightSpeed model bilgisayarlı tomografi ve Elekta CMS ERGO®++ tedavi planlama sistemi kullanılmıştır. Gülhane Eğitim ve Araştırma Hastanesi Radyasyon Onkolojisi Kliniğinde Akciğer SBRT uygulanan geriye dönük planlanan 13 hastanın PTV ve kritik organlarının dozları çalışmanın tümör lokalizasyonu, tümör boyutları, tümör sınırlarının düzgün ya da düzgün olmayan şekilde olmasına göre incelenerek değerlendirilmiştir. Seçilen hastalardaki değerlendirilen kritik organ dağılımı; %100 spinal kord ve tüm akciğer, %84,6 karşı akciğer, %69,2 özafagus, %15,4 karaciğer, %15 trakea ve büyük bronşlardır. Tüm hasta grubu için tümör hacmi minimum 4 cm³, maksimum 32,9 cm³ ve median 11,9 cm³ olarak bulunmuştur. Yapılan incelemelerde dinamik çok yapraklı kolimatör genişliği ve PTV'ye verilen marjların Konformite İndeksi (CI_{paddick}), Homojenite İndeksi (HI), planlanan hedef hacim ve kritik organ dozlarına bakılarak 13 hastanın incelendiği grupta, 3 mm genişlikteki ÇYK kullanımı daha iyi kritik organ koruması ve aynı zamanda daha iyi tümör sarımı ile sonuçlanmıştır (p<0,05). CI_{paddick} ve HI değerleri açısından gruplar arasında istatistiksel anlamlı bir farklılık bulunamamıştır (p>0,05). Kritik organlarda maksimum koruma sağlamada ÇYK genişliği ve PTV marjlarının farklılaşması ile ilişkisinin değerlendirildiği bu çalışmada; PTV marjı modifikasyonunda +2, +3, +5 mm marj seçeneklerinden, +2 mm PTV marjı ve 3 mm ÇYK genişliği kullanılması halinde, 5 mm genişlikteki ÇYK'ye göre daha iyi OAR korunması sağlanırken, 3 mm genişlikteki ÇYK kullanımı ve +5 mm PTV marjı kombinasyonunda daha iyi tümör sarımı sağlanmıştır.

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



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



OP.13 - Özofagus Kanseri Radyoterapisinde Intermediate Optimizasyon Modülünün Doz Dağılımına Etkisinin İncelenmesi

Yaren Engin, Canan Köksal Akbaş, Şule Karaman, Hatice Bilge Becerir

İstanbul Üniversitesi Onkoloji Enstitüsü, İstanbul

Amaç: 10 torasik özofagus ve 10 abdominal özofagus hastasının VMAT tekniği ile oluşturulan tedavi planlarında intermediate doz hesaplama modülü ile optimize edilerek elde edilen doz dağılımları ile intermediate doz hesaplama modülü kullanılmadan elde edilen doz dağılımları karşılaştırılması amaçlanmıştır. Her iki yöntemle oluşturulan tedavi planlarına ait hedef hacim dozları, kritik organlar dozları, konformite indeks (CI) ve homojenite indeks (HI) değerleri DVH'ler üzerinden değerlendirilerek karşılaştırmalar yapılmıştır.

Yöntem-Gereçler: Çalışmaya radyoterapi tedavisini İstanbul Üniversitesi Onkoloji Enstitüsü'nde tamamlamış olan toplam 20 özofagus kanseri tanılı hasta dahil edilmiştir. Hastalara ait BT görüntüleri supin pozisyonda Philips Big Bore Brilliance 4D Bilgisayarlı Tomografi Cihazı'nda alınarak riskli organlar konturlanmıştır. Abdominal ve torasik özofagus hastalarına ait tedavi planları Eclipse (v15.6) Tedavi Planlama Sistemi'nde önce intermediate optimizasyon modülü dahil edilmeden, sonrasında ise optimizasyon parametrelerinde değişiklik yapılmadan intermediate optimizasyon modülü dahil edilerek optimizasyon gerçekleştirilmiştir. Oluşturulan planların doz dağılımları AAA algoritması ile hesaplanmıştır. 1 isocenter ve 2 tam rotasyon ile oluşturulan planlarda 6 MV foton enerjisi kullanılmıştır. PTV' nin %95'inin reçete edilen dozun tamamını (50,4 Gy) alması sağlanmıştır. ICRU 83 protokolü çerçevesinde her iki hasta grubunun PTV $D_{95\%}$, $D_{98\%}$, $D_{50\%}$ ve D_{mean} (near-maksimum, near-minimum, medyan doz, ortalama doz) verileri kaydedilmiştir. Plan kalitesinin değerlendirilmesi için konformite indeks (CI) ve homojenite indeks (HI) parametreleri hesaplanmıştır. Abdominal özofagus hastaları için; kalp, spinal kord, akciğer-ptv, bilateral böbrek ve karaciğer dozları, torasik özofagus hastaları için ise; kalp, spinal kord ve akciğer-ptv dozları Quantec tarafından müsaade edilen doz değerleri çerçevesinde DVH üzerinden değerlendirilmiştir. Verilerin istatistiksel karşılaştırmaları örneklem sayısının az olması sebebiyle Wilcoxon-Signed Rank Test kullanılarak SPSS (versiyon 22.0) programında yapılmıştır.

Bulgular: Kritik organ ve PTV için elde edilen doz değerlerinin karşılaştırmaları Tablo-1 ve Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 1. Abdominal özofagus hastalarına ait PTV ve kritik organ dozları

Ptv/Kritik Organ Verileri	AAA	AAA Intermediate	P*
			AAA vs AAA Intermediate
$D_{98\%}$ (cGy)	4883,887	4911,77	0,07
D_2 (cGy)	5432,674	5360,47	0,005
D_{mean} (cGy)	5274,004	5239,56	0,012
CI	1,184	1,170	0,008
HI	0,103	0,085	0,005
MU	425,800	415,100	0,005
AKCİĞER-PTV V_5	40,0900	40,2600	0,031



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



AKCİĞER-PTV V_{10}	26,8800	27,0400	0,074
AKCİĞER-PTV V_{20}	7,4600	7,4800	0,414
AKCİĞER-PTV D_{mean} (cGy)	673,8200	676,6800	0,047
KALP D_{mean} (cGy)	1415,0600	1420,3200	0,203
KALP V_{30}	9,7400	9,7100	0,317
KARACİĞER D_{mean} (cGy)	1822,7600	1810,22	0,009
BİLATERAL BÖBREK D_{mean} (cGy)	506,8800	500,0900	0,005
BİLATERAL BÖBREK V_{12}	10,6200	10,3900	0,057
BİLATERAL BÖBREK V_{20}	2,9900	2,9100	0,071
BİLATERAL BÖBREK V_{23}	2,0700	1,9900	0,023
BİLATERAL BÖBREK V_{28}	1,2200	1,1600	0,034
SPİNAL KORD D_{max} (cGy)	3518,4100	3494,2800	0,285
SPİNAL KORD D_{1cc} (cGy)	3282,5200	3256,7600	0,086

Tablo 2. Torasik özofagus hastalarına ait PTV ve kritik organ dozları

Ptv/Kritik Organ Verileri	AAA	AAA Intermediate	P*
			AAA vs AAA Intermediate
D_{98} (cGy)	4904,55	4940,27	0,005
D_2 (cGy)	5586,55	5398,65	0,005
D_{mean} (cGy)	5373,31	5260,16	0,005
CI	1,256	1,233	0,009
HI	0,126	0,086	0,005
MU	414,8	398	0,005
AKCİĞER-PTV V_5	86,61	86,84	0,051
AKCİĞER-PTV V_{10}	69,34	69,64	0,208
AKCİĞER-PTV V_{20}	15,58	15,23	0,020
AKCİĞER-PTV D_{mean} (cGy)	1354,43	1352,52	0,475
KALP D_{mean} (cGy)	1622,84	1611,10	0,445
KALP V_{30}	11,23	10,86	0,024
SPİNAL KORD D_{max} (cGy)	3281,16	3199,78	0,013
SPİNAL KORD D_{1cc} (cGy)	2970,97	2901,28	0,005

Sonuç: Çalışma sonunda AAA algoritmasında intermediate doz optimizasyon modülü kullanılması abdominal ve torasik özofagus tümörlü hastaların planlarında HI ve CI parametrelerini iyileştirdiği, kritik organ dozlarının ise bazıları iyileşme gösterdiği sonucuna varılmıştır. Tablo 1’de yer alan abdominal özofagus hastalarına ait CI (1,170) ve HI (0,085) parametreleri ile Tablo 2’de yer alan torasik özofagus hastalarına ait CI (1,233) ve HI (0,086) parametrelerinin intermediate doz optimizasyon modülünün kullanıldığı tedavi planlarında anlamlı olarak düşük sonuç verdiği görülmüştür. Bunlara ek PTV’lere ait D_2 , D_{mean} ve MU parametreleri de iyileşme göstermiştir. Abdominal özofagus ışınlamalarında Akciğer-PTV (V_5), Akciğer-PTV (D_{mean}), Karaciğer (D_{mean}), Böbrek (D_{mean}), Böbrek (V_{23}) ve Böbrek (V_{28}) dozlarında iyileşme sağlanırken, torasik özofagus ışınlamalarında Akciğer-PTV (V_{20}), Kalp (V_{30}), Spinal kord (D_{max}) ve Spinal kord D_{1cc} dozlarında iyileşme sağlanmıştır.



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



OP.14 - ⁹⁰Y-Mikroküre Dozimetrisinde Akciğer Dozunun Hesaplaması için Yeni bir Yazılım: Mobil kod (90YDoseCal)

Mohammad Abuqbeitah¹, Nazenin İpek², Mustafa Demir¹

¹*İstanbul Üniversitesi, Cerrahpaşa Tıp Fakültesi*

²*Nişantaşı Üniversitesi*

⁹⁰Y mikroküre tedavisinde akciğerlere şanti olan hastalar kritik grupta değerlendirilir. Standart dozimetri yöntemlerinde foton atenüasyonu ve saçılan radyasyon nedeniyle akciğer dozunun hesaplanandan daha yüksek olma ihtimali vardır. Bu çalışmada ⁹⁰Y mikroküre tedavisinde akciğer dozunun kesin olarak hesaplanmasını sağlayan ve cep telefonlarına da yüklenebilen “mobil kod (90YDoseCal)” isimli yazılımın kullanıldığı klinik sonuçlar tanıtıldı. 18 kişiden oluşan hasta grubuna ⁹⁰Y tedavisinden önce 3-5 mCi ^{99m}Tc-MAA enjekte edildi. Enjeksiyondan sonra 140 keV’de fotopik pencere ve bir aşağı saçılım penceresi (-15%) ile tüm vücut taraması yapıldı. SPECT/BT görüntülerine atenüasyon ve saçılım düzeltmesi uygulandı. Akciğer şant fraksiyonu (LSF) hesaplamasında; standart tüm vücut taraması (WBS), saçılım düzeltmeli WBS, atenüasyon ve saçılım düzeltmeli SPECT/BT taramalarını kapsayan üç ayrı görüntü formatı kullanıldı. Tüm doz hesaplamaları, ⁹⁰Y dozimetrisi için geliştirdiğimiz mobil kod (⁹⁰Y doseCal) ile yapıldı. Ortalama akciğer dozu standart WBS ile 14,7±13,8 Gy iken SPECT/BT ve scWBS ile sırasıyla 7,4±7,7 Gy ve 9,11±11,9 Gy değerlerinde elde edildi.. Akciğer dozundaki sapma standart WBS ve SPECT/BT arasında -53% (aralık: -34/-72%) ; standard WBS ve scWBS arasında ise -46% (aralık:-18/-72%) olarak hesaplandı. Akciğer dozlarında standart WBS ve hem SPECT/BT hem de scWBS arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark (p değeri<0.05) gözlenirken, scWBS ve SPECT/BT’den alınan doz değerleri arasında anlamlı bir fark görülmedi. Saçılan radyasyonunun, akciğer şant fraksiyonlarını ve alınan radyasyon dozunu önemli ölçüde fazlalaştırdığı sonucuna varılarak ⁹⁰Y DoseCal kodunun ⁹⁰Y dozimetrisinde kullanılmasının iyi bir seçenek olduğu belirlendi. Sonuç olarak, saçılım düzeltmeli planar görüntülemekten elde edilen LSF’ler ile SPECT/BT arasındaki uyum, ⁹⁰Y tedavisinde akciğer dozu doğru bir şekilde tahmin etmek için pratik bir yöntem olarak önerildi.

Anahtar kelimeler: 90Y Tedavisi, 90yDoseCal dozimetri, Akciğer dozu



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



OP.15 - Radyoiyot Tedavisi Sonrası Dozimetri: Onaylanmış Yöntem

Mohammad Abuqbeith¹, Nazenin İpek², Mustafa Demir¹

¹*İstanbul Üniversitesi, Cerrahpaşa Tıp Fakültesi*

²*Nişantaşı Üniversitesi*

Amaç: Bu çalışmanın amacı radyoiyot (¹³¹I) tedavisinden sonra tükürük bezlerinde ve lezyonlarda absorbe edilen radyasyon dozlarını belirlemek, dozimetri yöntemini doğrulamak ve tükürük bezlerindeki işlevsel bozuklukları ve doz-cevap ilişkisini değerlendirmektir.

Materyal ve Metot: IEC vücut fantomu 1983,2 MBq ile dolduruldu ve 128 projeksiyon/2 π , 25 saniye/projeksiyon, %15 $\pm$ 7 foto-pik penceresi, 8 alt küme ve 10-40 iterasyon ile OSEM rekonstrüksiyonu kullanılarak 20 adet SPECT/BT taraması elde edildi. Fantom dataları hasta dozimetlerinde kullanıldı. Bu amaçla 31 hastaya oral yoldan 5062 $\pm$ 1913 MBq ¹³¹I uygulandıktan 4-6, 20-25 ve 168 saat sonra SPECT/BT çekimi yapılarak elde edilen görüntüler kanıye edildi.

Bulgular: BT çekimlerinden sağ parotis bezlerinin ortalama hacmi 29,4 $\pm$ 13,3 cm³, sol parotis bezlerinin ortalama hacmi 28,7 $\pm$ 11,9 cm³ bulundu. Sağ ve sol submandibuler hacimler sırasıyla 12.6 $\pm$ 3.9 cm³ ve 12.6 $\pm$ 3.8 cm³ olarak elde edildi. Parotislerde absorbe edilen ortalama doz 0.47 $\pm$ 0.46 Gy/GBq, submandibular bezlerde absorbe edilen ortalama doz 0.16 $\pm$ 10 Gy/GBq, tüm tükürük bezlerinin absorbe dozu 26 hastada ortalama 0.51 $\pm$ 0.25 (min 0.21-max.1.11) Gy/GBq olarak hesaplandı. Tiroit bakiye dokularına ve distal metastazlarda soğurulan dozlar sırasıyla 0.5-400 Gy/GBq ve 0.8-15 Gy/GBq olarak hesaplandı. Sonuç olarak, tiroit bakiye dokularının sadece %41'inin dozu > 80 Gy, %18'i 70-80 Gy, %18'i 40-70 Gy, %23'ü ise $\leq$ 40 Gy şeklinde belirlendi. Metastazlarda lezyonların %18'inin dozu $\geq$ 80 Gy, %9'unun dozu 40-60 Gy, kalan %73'ünün dozu $\leq$ 40 Gy olarak belirlendi.

Sonuç: Empirik yöntemle ¹³¹I tedavisinden sonra tiroit bakiye dokularında ve distal lezyonlarda kısmi-etkili ve değişken radyasyon doz aralığı tahmin edilmiştir. ¹³¹I-SPECT/BT ve ¹²⁴I-PET/BT'den hesaplanan tükürük bezleri dozları arasındaki uyum nedeniyle SPECT/BT kullanılarak yüksek doz ¹³¹I aktivitesi uygulamasından sonra organ dozimetresinin yapılabileceği belirlendi. Bu çalışma aynı zamanda, ¹³¹I tracer tabanlı ölçümlerden ziyade rutin tedavi-sonrası SPECT/BT taramasından elde edilen verilere bağlı olarak doz-etki ilişkisi kurmanın önünü de açmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Tükürük bezleri, ¹³¹I tedavisi, tiroit ablasyondozu, absorbe doz, SPECT/BT



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



OP.16 - Flat/Unflat 6 MV Foton Küçük Alan Output Faktör Ölçümlerinde Farklı Detektörler İçin TRS 483 Tavsiyesinde Düzeltme Faktörlerinin Belirlenmesi ve Karşılaştırılması

Burcu Hız Temizer¹, Cemile Ceylan^{2,1}, Türkay Toklu^{3,1}, Şerife İpek Karaaslan¹, Alper Özkan²

¹ Sağlık Fiziği Bölümü, Yeditepe Üniversitesi

² Radyasyon Onkolojisi Bölümü, İstanbul Onkoloji Hastanesi

³ Nükleer Tıp ABD, Yeditepe Üniversitesi

Giriş ve Amaç: Lateral yüklü parçacık dengesinin kaybolduğu çok küçük alanlar için soğurulan doz ölçümlerinde kullanılan detektörün varlığı, yoğunluğu, duvar kalınlığı, materyali, uzunluğu vb. sebeplerden dolayı dozimetrik ölçümler ciddi şekilde etkilenmekte; hacim ortalaması, pertürbasyon etkileri gibi sorunlar oluşmaktadır. Azalan alan boyutu ile Output Faktörleri de azalmakta ve TPS doz hesaplamaları etkilenerek, ciddi hatalı sonuçlara (under/overestimate) neden olmaktadır. Çalışmada 7 farklı detektör ve 9 farklı alan boyutu için detektörlere özgü düzeltme faktörleri deneysel yöntem kullanılarak hesaplandı ve literatürde belirtilen detektörlere özgü düzeltme faktörleri ile uygunluğu araştırıldı.

Yöntem: Detektörlere özgü düzeltme faktörleri su fantomu içinde her detektör ölçümü için Dose I (IBA) elektrometresi kullanılarak ölçülen output faktörlerinden elde edildi. Referans dozimetre olarak; doku eşdeğeri bir malzeme olan ve düzeltme faktörünün, hacim ortalaması ve pertürbasyon etkisinin ihmal edilebilecek seviyelerde olması sebebiyle 1 olarak kabul edildiği, yüksek çözünürlümlü EBT3 Gafkromik film kullanıldı. IBA CC01, IBA CC04, SI Extradin A16, PTW Pinpoint 3D, PTW microDiamond, SN Edge ve PTW Diode SRS için 6 MV wFF ve FFF foton output faktörleri Daisy Chain yöntemi ile orta alan kullanılarak hesaplandı. EBT3 film için hesaplanan field output faktörü kullanılarak her bir detektör için düzeltme faktörleri hesaplandı. Tüm ölçümler Versa HD Agility 160 MLC Linac cihazında kare 5, 10, 20, 25, 30, 35, 40, 45 ve 50 mm² alan boyutları için gerçekleştirildi. Orta Alan hesaplamaları için 40x40 mm² alan boyutu ve IBA CC13 iyon odası kullanıldı.

Bulgular: Çalışmada TRS-483 raporunda / literatürde belirtilmemiş kare eşdeğer alan boyutları için detektörlere ait düzeltme faktörleri hesaplandı. PTW 60019 microDiamond detektörün en küçük duyarlı hacme sahip, doku eşdeğerine en yakın malzemeden üretilmiş detektör olması sebebiyle FFF ışınları için en küçük alan boyutu (0.5 x 0.5 cm²)'nda en düşük düzeltme faktörüne sahip olduğu gözlemlendi. Shielded diyot detektörlere wFF ve FFF ışınlarında 0.5 x 0.5 cm² alan için unshielded diyot detektörlere göre daha büyük düzeltme faktörleri uygulanması gerektiği görüldü. Pinpoint detektör cevabının FFF ve wFF ışınlar için <1 cm'den küçük alanlarda farklı olduğu ve FFF ışınlar için daha büyük düzeltme faktörüne ihtiyaç duyduğu; Extradin A16 detektör cevabının ise FFF ışınlar için wFF ışınlarına göre daha küçük düzeltme faktörüne ihtiyaç duyduğu gözlemlendi. CC04 iyon odasına göre daha küçük duyarlı hacmi sahip CC01 iyon odasının 0.5 x 0.5 cm² ve 1.0 x 1.0 cm² alan boyutlarında wFF ve FFF ışınlarında, daha küçük düzeltme faktörüne ihtiyaç duyduğu görüldü.

Sonuç: Çalışmada klinikte kullanılan farklı detektörler için hesaplanan düzeltme faktörleri ile literatürde belirtilen düzeltme faktörlerinin uyumu karşılaştırıldı. Düzeltme faktörünün planlama sistemine tanımlanması ve klinik etkisinin araştırılması gelecek çalışma için planlandı.

Anahtar Kelimeler: Düzeltme Faktörleri, Küçük Alan Dozimetresi, TRS-483



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



OP.17 - Varian TrueBeam STx Cihazı için Geliştirilmekte Olan GEANT4 Tabanlı Kalite Kontrol (QA) Yazılımı

Oğuzhan Ayrancıoğlu^{1,2}, Kadir Akgüngör³

¹ İzmir Tınaztepe Galen Hastanesi, Radyasyon Onkolojisi, İzmir, Türkiye

² Dokuz Eylül Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Medikal Fizik ABD, İzmir, Türkiye

³ Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Fakültesi, Fizik Bölümü, İzmir, Türkiye

Giriş ve Amaç: Modern radyoterapi tekniklerinin her geçen gün gelişen yapısı, kullanılan Tedavi Planlama Sistemi (TPS) algoritmalarının, Kalite Kontrol (QA) donanımlarının veya yazılımlarının eksikliklerinden kaynaklanan bir takım mekanik ve/veya dozimetrik belirsizlikleri de beraberinde getirmektedir. Bu belirsizliklerin varlığı, Tedavi Planlama sürecindeki QA basamağının önemini arttırmaktadır. Bu çalışmanın amacı, günümüzde kullanılan TPS algoritmalarının ve QA donanım veya yazılımlarının yetersiz kaldığı noktalarda çözüm sunabilen, Monte Carlo (MC) tabanlı bir QA yazılımı geliştirmektir.

Yöntem: MC tabanlı “for Geometry and Tracking (GEANT4)” bilgisayarlı simülasyon yazılımı kullanılarak, Varian TrueBeam STx cihazının sırasıyla $Y_1 - Y_2$ ve $X_1 - X_2$ Jawları, Baseplate, High Definition Multi-Leaf Collimator (HD-MLC) gibi bileşenleri geometrik olarak modellendi. Modelde radyasyon kaynağı olarak, mevcut cihaz için oluşturulmuş olan ve içerisinde parçacık tipi, sayısı (ağırlığı), konumu, enerjisi ve momentumu parametrelerinin bulunduğu faz uzayları kullanıldı. Simülasyonda kullanılan detektörler, boyutları ve sayıları değiştirilebilir; birbirlerinden bağımsız olarak radyasyon akısı ve dozu hesaplarını kaydedebilen, hacimsel (Su Fantomu) ve alansal (İki Boyutlu Sıralı Dizi) geometriler olarak modellendi. Simülasyon modeli, içerisine Bilgisayarlı Tomografi (BT) görüntülerinin de yüklenerek kullanılabileceği yapıda tasarlandı. Bahsi geçen GEANT4 modelinde bulunan hareketli bileşenlerin, “C++” programlama dili kullanılarak, MC simülasyonu içerisinde hareket ettirilmesi sağlandı. “QT”, “Python” ve “Bash” programlama dilleri kullanılarak, mevcut simülasyon modelinin TPS’den alınan plan parametrelerine uygun olarak çalıştırılabilmesini sağlayan ve kullanıcı arayüzüne sahip olan bir yazılım geliştirildi. GEANT4’te modellenen ve halen geliştirilmeye devam eden yazılım ile kullanılan Varian TrueBeam STx simülasyon modelinin; 6MV, 6MV-FFF, 10MV, 10MV-FFF ve 15MV foton enerjilerinde, farklı alan boyutları için hesaplatılan Yüzde Derin Doz (PDD) ve alan profilleri (Inline-Crossline), aynı koşullarda PTW su fantomu ile alınan gerçek zamanlı ölçümler ile kıyaslanarak, simülasyon modelinin doğruluğu (Benchmark) test edildi. Simülasyon hesaplarının ve gerçek zamanlı ölçümlerin karşılaştırmasında “Matlab” programı kullanıldı.

Bulgular: MC simülasyonları ve gerçek zamanlı su fantomu ölçümlerinin Inline ve Crossline profilleri arasındaki maksimum farklar 6MV, 6MV-FFF, 10MV, 10MV-FFF ve 15MV enerjileri için sırasıyla %1.4, %2.5, %0.5, %0.8 ve %0.8; PDD’ler arasındaki farklar ise 10x10cm² alan boyutlarında sırasıyla %0.90, %0.10, %0.70, %0.70, ve %0.05’dir. TPS’den alınan Konformal Radyoterapi (3DCRT) ve Volümetrik Ayarlı Ark Terapi (VMAT) plan parametrelerinin, geliştirilen QA yazılımı ile yapılan MC simülasyonları, gerçek zamanlı ölçümler ile karşılaştırıldı ve alan profillerinin uyumlu olduğu görüldü.

Sonuç: GEANT4 Varian TrueBeam STx simülasyon modelinin geometrik ve dozimetrik parametreleri, gerçek zamanlı Varian TrueBeam STx cihazı ile uyumlu çalışmaktadır. Geliştirilen yazılımın sahip olduğu kullanıcı arayüzü ile TPS’den aktarılan veya kullanıcı tarafından isteğe bağlı girilen plan parametreleri ve aktarılan BT görüntüleri ile çalışacak olan QA yazılımının geliştirilmesine devam edilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Radyoterapi; monte carlo; geant4; kalite kontrol



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



OP.18 - Discovery IQ ve Discovery ST PET-BT Sistemlerinin Performanslarının Nema Testleri Kullanılarak Karşılaştırılması

Fatma Gizem Demir¹, Mustafa Yasir Özpeliitoğlu¹, Türkay Toklu², Murat Tuncel¹, Ömer Uğur¹

¹ Hacettepe Üniversitesi Nükleer Tıp Anabilim Dalı

² Yeditepe Üniversitesi Nükleer Tıp Anabilim Dalı

Amaç: Pozitron emisyon tomografisi (PET)-bilgisayarlı tomografi (BT) teknolojisinde gerek donanımsal gerekse de yazılımsal gelişmeler hızla devam etmektedir. Bu çalışmada Hacettepe Üniversitesi Nükleer Tıp Anabilim Dalı cihaz parkına yakın zamanda dahil olan BGO kristal yapısına sahip Discovery IQ 4 sıralı halkalı PET-BT cihazı ile halihazırda mevcut, BGO kristal yapısına sahip 3 sıralı halkalı Discovery ST cihazının karşılaştırmalı olarak performans değerlerinin araştırılması amaçlandı.

Yöntem ve Gereçler: Her iki cihazda NEMA NU2-2001 ve NEMA NU2-2012 testlerinden uzaysal ayırma gücü, hassasiyet, saçılma fraksiyonu kayıp sayımlar ve rastgele olay ölçümleri, görüntü kalitesi, sayım kayıpları rastgele olay düzeltme doğruluğu olmak üzere beş ayrı çalışma yapıldı. Uzaysal ayırma gücü analizi eş aktivitedeki her birinde 200MBq/cc F-18 bulunan üç nokta kaynağı kullanılarak yapıldı. PET sisteminin sensitivitesi ve saçılım fraksiyonu, sayım kayıpları ve rastgele olay ölçümü için NEMA standartlarına uygun fantomlar kullanıldı. Görüntü Kalitesi, saçılma ve atenüasyon düzeltmelerinin doğruluğu. üniform olmayan atenüasyona sahip vücut fantomunda hem sıcak hem soğuk lezyonlarla, farklı çaplarda küreler görüntülenerek yapıldı.

Bulgular: Uzaysal ayırma gücü (AG) Discovery ST için 1 cm'de; tanjansiyel: 5,72 mm ve aksiyel: 4,84mm, 10cm'de; tanjansiyel:6,84 mm ve aksiyel 5,49 mm olarak bulundu. Discovery IQ için 1 cm'de; tanjansiyel AG 5,01mm ve aksiyel: 4,61mm; 10cm'de, tanjansiyel: 4,98 mm ve aksiyel: 4,60 mm bulundu. Uzaysal ayırma gücü ölçüm sonuçları değerlendirildiğinde; Discovery IQ sisteminin ST sisteminden 1 cm'de tanjansiyel, aksiyel ölçümlerde sırasıyla %12,4, %4,75 daha üstün, 10 cm'de tanjansiyel, aksiyel ölçümlerde sırasıyla %27, %9,28 daha üstün olduğu bulundu. Discovery ST için ölçülen ortalama hassasiyet değeri 10,07 cps/kBq iken bu değer Discovery IQ için 14,02 cps/kBq olarak hesaplanmıştır. Sensitivite testi sonuçları değerlendirildiğinde IQ sisteminin ST sistemine göre %28,17 daha üstün olduğu bulundu. Saçılma Fraksiyonu, Sayım Kayıpları ve Rastgele Olay Ölçümü testinde Discovery ST için pik en yüksek gürültü eşdeğer sayım hızı (NECR) değeri 10,52 kBq/cc konsantrasyonda 62,55 keps olarak ölçüldü, buna karşılık IQ için Pik NECR değeri 8,8 kBq/cc konsantrasyonda 71,2 keps olarak ölçülmüştür. IQ sisteminin PET görüntülerinin daha düşük aktivitede daha kısa zamanda elde edileceği görüldü. Discovery ST için 3D görüntüleme modunda pik NECR'de (10,52 kBq/cc aktivite konsantrasyonunda) saçılma fraksiyonu %46,18 olarak ölçülmüştür. Bu değer Discovery IQ için pik NECR değerinde (8,8 kBq/cc aktivite konsantrasyonunda) %35,80'dir. Rastgele olayların düzeltme doğruluğu ST de %2,57 ve IQ da %4,38 bulundu. ST sistemi için sıcak lezyon kontrastı (10, 13, 17, 22 mm çaplı sıcak küreler için) sırasıyla %19,1, %31,5, %46,0, %64,2 bulunurken IQ sistemi için sıcak lezyon kontrastı (10, 13, 17, 22 mm çaplı sıcak küreler için) sırasıyla %43,6, %71,7, %74,6, %86,0 olarak bulundu. Ortalama değerler hesaplandığında IQ sıcak lezyon kontrastının ST'ye göre %42,2 daha yüksek olduğu bulundu. ST sistemi için soğuk lezyon kontrastı (28, 37 mm çaplı soğuk küreler için) sırasıyla %49,0, %56,2 bulunurken IQ sistemi için soğuk lezyon kontrastı (28, 37 mm çaplı soğuk küreler için) sırasıyla %67,5, %71,6 olarak bulundu. Ortalama değerler hesaplandığında IQ soğuk lezyon kontrastının ST'ye göre %24,37 daha yüksek olduğu bulundu.

Sonuç: Yaptığımız çalışmada Discovery IQ sistemi performansının ST sistemine göre üstün olduğu saptandı. Her iki sistem de aynı sintilatör materyaline sahip olsa da Discovery IQ, PET-BT cihazı LightBurst dijital dedektör teknolojisine sahip yeni nesil bir cihazdır. Detektör teknolojisindeki yenilikler ve buna bağlı değişen PET-BT konfigürasyonları sistem performans özelliklerini arttırmaktadır.



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



OP.19 - Baş-Boyun Radyoterapisi Almış Hastaların Çene Kemiklerinde Geç Yan Etki Gelişim Riskinin Değerlendirmesi

Ceren Ayrancıoğlu^{1,2}, Oğuzhan Ayrancıoğlu^{1,3}, Doğukan Akçay⁴, Hasan Oğuz Çetinayak⁴, Şeyda Kınay⁴, Nuri Karabay⁵, Gamze Çapa Kaya⁶, Fadime Akman⁴.

¹ Dokuz Eylül Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Medikal Fizik Anabilim Dalı, İzmir, Türkiye.

² İzmir Tınaztepe Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Otopsi Yardımcılığı Programı İzmir, Türkiye.

³ İzmir Tınaztepe Galen Hastanesi, Radyasyon Onkolojisi, İzmir, Türkiye

⁴ Dokuz Eylül Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı, İzmir, Türkiye.

⁵ Dokuz Eylül Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Radyoloji Anabilim Dalı, İzmir, Türkiye.

⁶ Dokuz Eylül Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Nükleer Tıp Anabilim Dalı, İzmir, Türkiye.

Giriş ve Amaç: Baş-boyun radyoterapisi (RT) almış hastaların çene kemiklerinde görülen geç yan etkiler; osteopeni, osteoporoz, radyasyon fraktürü ve radyonekroz olarak karşımıza çıkabilir. Kemik doku harabiyetine sebep olan geç yan etkilerin takibinde kullanılan bilgisayarlı-tomografi (BT) görüntülemenin sağladığı anatomik bilgiye ek olarak, BT Hounsfield-Unit (HU) değeri değişiminin de değerlendirilmesi, geç yan etki gelişim riskinin öngörülebilmesini sağlayabilir. Çalışmamızda baş-boyun kanserleri nedeniyle RT uygulanmış hastaların mandibulalarında, iyonlaştırıcı radyasyonun geç yan etki gelişimi riskinin BT-HU değerleri ile öngörülebilirliğini değerlendirmeyi amaçladık.

Yöntem: Araştırmanın örneklemini, 2014-2018 yılları arasında Dokuz Eylül Üniversitesi Radyasyon Onkolojisi Kliniği'nde baş-boyun kanseri tanısı ile RT almış 27 hastanın, tedavi ve takiplerine ilişkin kayıtlı bilgileri ile BT görüntüleri oluşturdu. Hastaların tedavi planlamalarında kullanılan BT-Simülatör (SİM) görüntüleri üzerinde, 'ilgili-hacim-bölgeleri (volume-of-interest:VOI)' oluşturuldu. Oluşturulan VOI'ler, görüntü eşleme işlemi ile takip sırasında elde edilen BT ve pozitron-emisyon-tomografisi-BT (PET-BT) görüntüleri üzerine aktarıldı. Tedavi öncesi çekilen görüntüler ile takip sırasında çekilen görüntüler üzerinden, mandibulanın belirlenen doz aralıklarına maruz kalan bölgelerinin HU değerleri, VOI'lerden yararlanılarak ölçüldü. Farklı cihazlardan elde edilen radyografik görüntülerin HU değerlerini karşılaştırılabilmesi için, cihazlar arasındaki sapmalar bir dönüşüm parametresi hesaplanarak düzeltildi. Tedavi öncesi çekilen görüntüler ile takip sırasında çekilen görüntülerde HU değerleri karşılaştırılarak zaman içinde meydana gelen değişimler değerlendirildi.

Bulgular: Araştırmamızda; belirlenen VOI gruplarında zamanla HU değerlerinde belirgin değişim izlenmedi. Ancak mandibulanın bütünü değerlendirildiğinde RT'den sonraki '3-6' ve '12-24' ay takip aralıklarında HU değerlerinde azalma saptandı. Ayrıca ölçülen HU değerlerinde zaman içinde oluşan değişim ile mandibulanın maruz kaldığı radyasyon dozu arasındaki etkileşim istatistiksel anlamlılık sınırına çok yakın (Pillai's Trace İstatistiği=3,539, p=0,055) bulundu.

Sonuç: Sınırlı verilerle retrospektif olarak yapılan çalışmamızda mandibula dozu ile HU değerleri arasında ilişki olabileceği izlenmiştir. Prospektif olarak daha yüksek hasta sayısı ile planlanacak yeni bir çalışmayla geneli temsil eden anlamlı sonuçlara ulaşılabilir.

Anahtar Kelimeler: Baş boyun kanseri; Mandibula, Hounsfield Unit; Geç Yan Etkiler, Radyoterapi.



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



OP.20 - Prostat Kanseri Sterotaktik Vücut Radyoterapisinde (SBRT) Endorektal Balon Kullanımının Dozimetrik İncelenmesi

Kadir Yaray, Mete Gündoğ

Erciyes Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyasyon Onkolojisi ABD, Kayseri

Amaç: Prostat kanseri SBRT’de, volümetrik ark tedavisi (VMAT) ve yoğunluk ayarlı (IMRT) tedavi tekniklerini, dozimetrik olarak değerlendirmek ve karşılaştırmak.

Materyal ve Metot: Merkezimizde 2016-2019 yılları arasında SBRT- IMRT tedavi tekniği ve SBRT-VMAT tedavi tekniği ile ışın tedavisi gören 15 prostat kanserli hastanın, tedavi parametreleri dozimetrik olarak bu çalışmada incelendi. Tüm hastalarda endorektal balon uygulandı. Her hasta için iki plan, yani VMAT ve IMRT planları oluşturuldu. Hem VMAT hem de IMRT planları, Eclipse™ tedavi planlama sistemi (TPS).13.6. kullanılarak oluşturuldu. Minimum ve maksimum hedef sınırları dahil olmak üzere tedavi planlama işlemiminde, rektum, mesane duvarı, penis bulb ve femur başları gibi kritik organların; planlar değerlendirildi ve planlar karşılaştırılarak; (a) belirlenen değerlere ulaşan hasta sayısı; ve (b) risk altındaki organların, yani rektum ve mesane duvarının doz hacmi istatistikleri yapılarak incelendi.

Sonuçlar: Hem VMAT hem de IMRT SBRT için 14 hasta istenilen minimum doz değerlerini karşıladı ve 1 hasta karşılamadı. VMAT ve IMRT PTV kavrayan doz, sırasıyla %99,95 ve %99,55 idi. Rektum dozları her ikisinde de benzerdi. VMAT ve IMRT planları ($p = 0.110$). Ancak IMRT’nin mesane duvarı dozu daha düşüktü ($p = 0,008$). VMAT ve IMRT için homojenite indeksleri aynıydı ($p = 0.098$), ancak IMRT’nin conformity indeksi VMAT’lardan daha yüksek ($p < 0,001$). Hem VMAT hem de IMRT planlarında benzer monitör birimleri bulunurken ($p = 0.454$), IMRT’i, daha kısa tedavi uygulama sürelerine sahipti ($p = 0.028$).

Tartışma: IMRT ve VMAT tedavi planlamalarında, doz kapsama alanı, rektum dozları ve homojenite indeksi PTV dahil, her ikisine de benzer dozimetrik özelliklerle sunuldu. Ancak, IMRT daha düşük mesane duvarı dozuna ve daha iyi doz uygunluk değerine sahipti. VMAT’ın tedavi süresi IMRT’lerden daha kısaydı. Bu nedenle, prostat stereotaktik tedavi sonuçları, endorektal balon uygulanırken, IMRT- SBRT tedavi tekniği daha iyi sonuç sunabilir



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



OP.21 - Sağlıkta Kalite Standartları Kapsamında Radyasyon Güvenliği

Yelda Elçim

Sağlık Bilimleri Üniversitesi Gülhane Eğitim ve Araştırma Hastanesi Radyasyon Onkolojisi, Ankara/Türkiye

Ülkemizde faaliyet gösteren kamu, üniversite ve özel hastanelerin çoğunda Radyoloji, Nükleer Tıp ve Radyasyon Onkolojisi bölümleri mevcuttur. Bu bölümlerde radyasyon kaynağı ya da radyasyon üreten cihazlar kullanılarak çeşitli tanı ve tedaviler yapılmaktadır. Bu uygulamaların yapıldığı hastalar ve bu alanlarda çalışan personel doğrudan ya da dolaylı olarak radyasyondan etkilenmektedir. Hastaların ve bu alanda çalışan personelin radyasyondan korunması amacıyla uluslararası çeşitli protokoller hazırlanmıştır. Radyoloji, Nükleer Tıp ve Radyasyon Onkolojisi bölümleri de her bir uygulama sırasında bu protokolleri takip etmekle ve radyasyon güvenliğini sağlamakla yükümlüdür. Bu kapsamda radyasyon içeren teşhis ve tedavi hizmetlerinde hastanelerde sağlıkta kalite değerlendirme çalışmaları yapılmaktadır ve Kalite Yönetimi Biriminin değerlendirme çalışmaları arasında radyasyon güvenliği önemli bir yere sahiptir. Kalite yönetimi birimi çalışmalarının belirli standartlarda yönetilmesini sağlamak amacıyla; Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü Sağlıkta Kalite, Akreditasyon ve Çalışan Hakları Dairesi Başkanlığı tarafından yürütülen Sağlıkta Kalite Standartları (SKS)-Hastane (Sürüm 6.1) seti 14.03.2020 tarih ve 64047795-041.02-E.474 sayıyla yayınlanarak, ülkemizde sağlık hizmeti sunan tüm kamu, üniversite ve özel hastanelerinde bu set doğrultusunda uygulama yapılması gerekmekte ve Ekim 2020 tarihi itibarıyla bu set esas alınarak sağlıkta kalite değerlendirmeleri yapılmaktadır. Bu doğrultuda, yukarıda belirtilen kurumlarda, ilgili çalışanlar ile beraber, medikal fizikçilerin SKS-Hastane (Sürüm 6.1) setinde belirlenen standart maddeleri iyi analiz ederek; hastane yönetimi, Radyasyon Güvenliği Komitesi ve Kalite Yönetim Birimi ile işbirliği içerisinde bahsi geçen standartları yerine getirmek amacıyla ihtiyaç duyulan öneri, değişiklik ve uygulamaları yapmaları gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Kalite standartları; radyasyon güvenliği; radyasyondan korunma.



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



OP.22 -İki Farklı Solunum Takip Sisteminin (Real-Time Position Management ve Deviceless 4 Dimension) Ev Yapımı Hareketli Fantomla Değerlendirilmesi

Songül Çavdar Karaçam^{1,2}, Duygu Tunçman¹, Elif Kayhan², Ceren Cicibıyık Barlas², Didem Çolpan Öksüz², H. Fazilet Öner Dinçbaş²

¹*İstanbul Üniversitesi- Cerrahpaşa, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Radyoterapi Programı, İstanbul, .*

²*İstanbul Üniversitesi- Cerrahpaşa, Cerrahpaşa Tıp Fakültesi, Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı, İstanbul, .*

Giriş ve Amaç: Dört boyutlu (4D) Bilgisayarlı Tomografi (BT) cihazlarında solunum hareketi rutin uygulamada eksternal donanımlı cihazla senkronize solunum takip sistemiyle (RPM-Respiratoy management) yapılmaktadır. RPM kamera gibi herhangi bir ekstra donanıma ihtiyaç olmadan hasta solunum fazlarını elde edebilen ve bu sayede 4D görüntüler oluşturabilen Deviceless 4 boyutlu BT cihazları bu konudaki son gelişmelerden biridir. Bu çalışmada BT cihazından ek donanım ile (RPM sistemi) elde edilen 4 boyutlu görüntüler ile ek donanım olmadan elde edilen 4D görüntülerdeki (Deviceless sistemi) hedef volüm, kritik yapıların değişiminin saptanması ve klinik kullanıma katkısının araştırılması hedeflenmektedir.

Yöntem: RPM ve Deviceless teknikleri ile görüntü kalitesini değerlendirmek için ev yapımı hareketli fantom dizaynı kullanıldı. Fantom 2 adet hava yoğunluğuna eşdeğer malzemeli akciğer dizaynı içermektedir. Bu yapıların dışında kalan kısımda Polimetil metakrilat (PMMA) kullanılmıştır. Fantom üzerinde sağ akciğerde 5.1 cc'lik tümör yapısı oyun hamuruyla oluşturuldu ve akciğer dizaynı içerisine yerleştirildi. Fantom aynı setup koşullarında hem RPM Varian yazılımına hem de Deviceless General Electric (GE) yazılımına ait çekim protokolleri ile kliniğimizdeki GE Discovery RT marka BT cihazı ile tarandı. 10 faz üzerinden elde edilen görüntüler Varian Eclipse Tedavi Planlama (TPS) sistemine aktarıldı. MIP fazı üzerinde tümör volümü, average fazda akciğer yapıları her iki sisteme ait görüntüler üzerinden aynı radyasyon onkoloğu tarafından konturlandı. Bu çalışmada, her iki akciğer için segmentasyon performansını değerlendirmek için Dice benzerlik sabiti ve x-y-z eksenlerindeki kaymalar hesaplandı. Dice benzerlik sabiti (Dice Similarity Coefficient), üst üste gelen hacimlerin kesişimi üzerinden hem manuel segmentasyonların tekrarlanabilirliğini hem de BT görüntülerinin uzamsal örtüşme doğruluğunun performansını değerlendirmek için kullanılan istatistiksel bir doğrulama metriğidir.

Bulgular: DSC değeri, iki adet ikili segmentasyon sonucu seti arasında uzamsal örtüşme olmadığını gösteren 0 ile tam örtüşmeyi gösteren 1 arasında değişir. Sağ akciğer (391.4 cc) için DSC sabiti 0.98; sol akciğer (397.8 cc) için 0.99, tümör volümü için 0.92 olarak bulundu. Ayrıca X-Y-Z eksenlerindeki kaymalar sağ akciğer için sırasıyla -0.01 cm, -0.03 cm, 0 cm iken; sol akciğer için kayma miktarları 0, 0.01 ve 0.02 cm, tümör volümü için 0.0, -0.02, 0.03 olarak bulundu.

Sonuç: Çalışmamızda iki farklı çekim protokolüne ait uygulamada uzamsal örtüşmeler benzerdir. Pratikte her iki yöntemde kullanılabilir olduğu görülmektedir.

“Bu çalışma İstanbul Üniversitesi - Cerrahpaşa Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir. Proje numarası: TSG-2019-33453

Anahtar Kelimeler: RPM; Deviceless; 4 Boyut.

OP.23 - Yüksek Doz Hızlı Vajinal Brakiterapide Farklı Multikanal Aplikatör Doluluk Kombinasyonlarının Dozimetrik Karşılaştırılması

Rozana Buci¹, Yusuf Ziya Hazeral², Hakan Eren², Senem Alanyalı², Murat Köylü², Nezahat Olacak², Zeynep Özşaran², Yavuz Anacak²

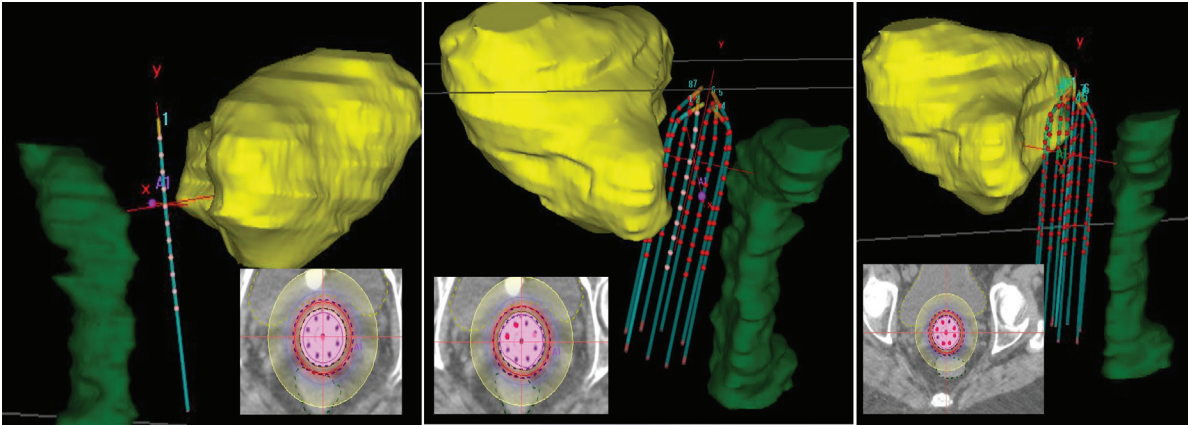
¹Mother Teresa Hospital Radiation Oncology Department, Tirana, ALBANIA

²Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı, İzmir, TÜRKİYE

Giriş ve Amaç: Bu çalışmada; yüksek doz hızlı vajinal brakiterapide kullanılan multikanal aplikatörde farklı kanal doluluk kombinasyonlarının kullanılmasının hedef ve risk altındaki organ dozlarına etkisinin araştırılmasıdır.

Yöntem: Kliniğimizde fraksiyon başına 7Gy'den toplam 21Gy vajinal brakiterapi uyguladığımız 10 hastaya ait tedavi planları incelendi. CTV silindirin 4 cm'lik kısmını kapsayacak şekilde oluşturulmuştur. PTV ise CTV'ye tüm yönlerde 0.5 cm marjin verilerek ve CTV, rektum ve mesane çıkarılarak oluşturulmuştur. Hastalara ait planlar tedavi dozunun PTV'nin en az %90'ını kapsamasını sağlayacak şekilde optimize edildi. Her hasta için üç farklı aplikatör kanal seçimi yapılarak üç farklı koşul için planlar yapıldı. Birinci koşulda aplikatörün sadece orta kateteri (tek orta kateter) kullanıldı, ikinci koşulda aplikatörün sadece periferdeki 8 adet kateterleri (perifer kateter) kullanıldı ve üçüncü koşulda aplikatörün tüm kateterleri (tam dolu) kullanıldı (Resim1). Her üç farklı teknik için PTV ve kritik organlara ait Tablo 1'deki doz parametreleri karşılaştırıldı. Karşılaştırmalar "Friedman" testi ile yapıldı.

Resim 1. Üç farklı doluluk kombinasyonuna ait kateter görünümü. 1. Tek orta kateter, 2. Perifer kateter, 3. Tam dolu.



Bulgular: Aşağıdaki Tablo-1'de vajinal brakiterapide kullanılan silindirik multikanal aplikatör için farklı kateter doluluk kombinasyonları kullanılarak yapılan üç farklı planlama yöntemine ait planların hedef ve risk altındaki organlar için farklı dozimetrik parametrelere ait değerleri verilmiştir.

Tablo 1. Silindirik multikanal aplikatörün farklı kateter doluluk kombinasyonları için dozimetrik parametrelere ait doz değerleri. Konformite İndeksi (CI), Doz Homojenite İndeksi (DHI), Doz Düzensizlik İndeksi (DNR), Doz Aşımı İndeksi (OI).



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



	TEK ORTA KATETER		PERİFER KATETER		TAM DOLU		P
	MEAN	STD. SAPMA	MEAN	STD. SAPMA	MEAN	STD. SAPMA	
PTV _{D100} (%)	74.56	4.37	70.52	4.21	71.53	6.22	0.05
PTV _{D95} (%)	86.40	0.96	85.68	1.07	85.70	1.67	0.05
PTV _{D90} (%)	90.18	0.15	90.27	0.23	90.26	0.21	0.37
PTV _{D2cc} (cGy)	1322.10	218.53	1389.80	226.64	1470.70	267.96	0.01
PTV _{V95} (cc)	28.90	2.47	29.73	2.45	28.86	2.10	0.03
PTV _{CI}	0.80	0.02	0.82	0.02	0.81	0.05	0.03
PTV _{DHI}	0.59	0.03	0.61	0.03	0.62	0.03	0.06
PTV _{DNR}	0.14	0.05	0.16	0.07	0.15	0.06	0.15
PTV _{OI}	0.07	0.03	0.07	0.04	0.07	0.04	0.05
REKTUM _{V75} (cc)	2.40	1.23	1.40	28.32	1.38	0.43	0.01
REKTUM _{D0.1cc} (cGy)	680.92	57.42	652.57	47.89	651.16	39.24	0.12
REKTUM _{D1cc} (cGy)	542.89	20.03	577.89	52.69	544.31	20.55	0.05
REKTUM _{D2cc} (cGy)	528.46	50.70	498.81	18.94	497.47	20.17	0.07
MESANE _{V90} (cc)	0.44	0.37	0.75	0.83	0.83	0.73	0.01
MESANE _{D0.1cc} (cGy)	646.31	65.41	694.05	57.16	697.88	63.18	0.00
MESANE _{D1cc} (cGy)	599.29	58.80	573.09	69.72	600.50	63.79	0.01
MESANE _{D2cc} (cGy)	541.06	73.55	561.39	65.30	532.35	67.84	0.12
Işınlama Süresi (Saniye)	280.77	24.79	256.28	17.51	260.30	17.58	0.01

Sonuç: Yüksek doz hızlı ¹⁹²Ir radyoaktif brakiterapi kaynağı dozimetrik olarak yüksek doz gradientine sahiptir, bu doz karakteristiğine bağlı olarak kaynaktan çıkan doz yaklaşık 1 cm'lik mesafede yaklaşık %75 kayba uğrar, sonraki her bir cm için kalan dozun yaklaşık %50'sini kaybederek enerjisini bırakmaya devam eder. Bu çalışmada 3.5 cm çapında multikanal silindirik aplikatörün sadece merkezi eksenindeki kateter kullanılmaktadır. Buna bağlı olarak aplikatör yüzeyi kaynaktan 1.75 cm uzaktadır. Perifer aplikatör kateterlerin kullanılması durumunda ise kaynak aplikatör yüzeyi mesafesi 1 cm'nin altındadır. Bu sebeplerden dolayı; tek orta kateter kullanılarak yapılan planlarda dozimetrik olarak kaynağın 1 cm mesafedeki yüksek doz gradient bölgesi kullanılamamaktadır, perifer kateterler ve tam dolu kateter planlamasında ise perifer kateterler aplikatör yüzeyine çok yakın olduğu için burada yüksek doz gradient bölgesi kullanılabilir.



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



Tek orta kateter kullanılarak yapılan planlarda PTV_{D100} , PTV_{D95} , PTV_{D2cc} , $REKTUM_{D1cc}$, $REKTUM_{D2cc}$, $MESANE_{V90}$ ve $MESANE_{D0.1cc}$ dozları, Perifer kateter kullanılarak yapılan planlarda PTV_{V95} , PTV_{CI} ve ışınlama süresi, tam dolu kateter kullanılarak yapılan planlarda $REKTUM_{V75}$ dozu diğer iki teknikten istatistiksel olarak daha iyi sonuç vermiştir.

Burada perifer kateter kullanımı birçok farklı dwell pozisyon seçme özgürlüğü sağlayarak optimizasyonu kolaylaştırmaktadır. PTV'yi daha yakından ışınlamaya olanak sağlayarak hem ışınlama süresini hemde PTV konformitesini arttırmaktadır. Bunun yanı ^{192}Ir doz karakteristiğinin bir sonucu olarak yakından ışınlanan PTV'nin yüksek doz gradienti bölgesinde kalması nedeniyle hem daha yüksek PTV_{D2cc} dozuna hemde PTV komşuluğunda olan rektum ve mesane dozlarının daha yüksek çıkmasına neden olmuştur.

Anahtar Kelimeler: Multikanal Silindirik Aplikatör; Tek Kanal Silindirik Aplikatör; Vajinal Brakiterapi



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



OP.24 - Akciğer Kanseri Hastaların Stereotatik Beden Radyoterapisinde Farklı Jaw Genişliğinin Dozimetrik Karşılaştırılması

Sevecen Seyhun Nasır Can, Naciye Işık, Beyhan Ceylaner Bıçakçı, Deniz Karpaz, Gökhan Yaprak

Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Kartal Dr. Lütfi Kırdar Şehir Hastanesi

Amaç: Kliniğimize başvuran primer akciğer tümörü ve/veya akciğer metastazı olan hastaların Tomotherapy cihazı ile stereotaktik beden radyoterapi (SBRT) tedavisinde farklı jaw genişliği seçiminin hedef volüm, riskli organ, conformity indeks, gradient indeks ve tedavi süresine etkisinin dozimetrik olarak saptanmasıdır.

Materyal ve Metot: Bu çalışmada 13 hastaya planlamada kullanılmak üzere General Electric Bright Speed marka bilgisayarlı tomografi ile 1.25 mm kesit kalınlığı ile 4DCT (4 boyutlu bilgisayarlı tomografi) ve sakin solunumlu bilgisayarlı tomografi görüntüleri alındı. Tedavi planlama sistemine aktarılan 4DCT kullanılarak çekilen BT görüntülerinde radyasyon onkoloğu tarafından her fazda gross tümör volümü çizildikten sonra ITV belirlenip sakin solunumlu tomografi görüntülerine eklenip ek olarak sağlıklı doku ve hedef hacim tanımlamaları yapıldı. Tomoterapi cihazı Accuray planlama sisteminde; her hastaya uygun pitch ve modülasyon faktörü belirlenerek seçilen planları aynı sınırlamalarla farklı jaw genişliklerinde (1cm, 2.5 cm ve 5 cm) tasarlandı. Elde edilen DVH üzerinden bu jaw genişliklerinde Planlanan Hedef Volüm (PTV) için Yeni Konformite İndeksi (nCI), Gradient indeks (GI) volümün %95'nin aldığı doz (D95), maksimum doz (Dmaks) değerleri, tümör yakını göğüs duvarı 0,5cm³(CW0,5cm³) ve 3cm³(CW3cm³) dozları, akciğerler 20Gy alan volüm (V20), özefagus 0,5cm³ dozu, spinal kanal 0,1 cm³ doz değerleri karşılaştırıldı. Elde edilen sonuçlar istatistiksel analiz SPSS 17.0 programında Non-parametrik Freidman testi ile yapıldı, anlamlılık $p < 0.05$ olarak belirlendi.

Bulgular: Riskli organların analizinde farklı jaw genişliklerinde özefagus 0,5cm³, spinal kanal 0,1 cm³ ve kosta 0,5 cm³ dozları arasında anlamlı bir fark bulunmazken kosta 3cm³ dozlarında 1mm jaw ortalama 32 Gy 2,5mm jaw ortalama 33.4Gy ve 5mm jaw ortalama 34.3Gy bulunmuş olup aralarında anlamlı bir fark bulunmaktadır. Akciğer V20 dozlarında ise 1mm jaw ortalama %4.6 2,5mm jaw ortalama %5.3 ve 5mm jaw ortalama % 6.4 bulunmuş olup aralarında anlamlı bir fark bulunmaktadır. Planlama sistemine aynı D95 dozları tanımlandığı için benzer bulunmuş olup anlamlı bir fark yaratmamıştır. PTV dmaks dozlarında 1mm jaw ortalama 61.2Gy 2,5mm jaw ortalama 62.3 Gy ve 5mm jaw ortalama 63.6 Gy bulunmuş olup Freidman testi ile aralarında anlamlı bir fark bulunmaktadır., nCI 1mm jaw ortalama 1.65 2,5mm jaw ortalama 1.8 ve 5mm jaw ortalama 2.03, GI 1mm jaw ortalama 6.6 2,5mm jaw ortalama 7.7 ve 5mm jaw ortalama 9.2, tedavi sürelerinde 1mm jaw ortalama 1575 saniye 2,5mm jaw ortalama 739 saniye ve 5mm jaw ortalama 484 saniye bulunmuş olup Freidman testinde anlamlı fark yaratmıştır.

Sonuç: Akciğer SBRT'si helikal tomoterapi kullanımında küçük jaw seçimi ile daha konformal plan ve daha düşük doz saçılması elde edilmekte ancak tedavi süresi uzamaktadır. Hasta performansı ve tedavi cihazının yoğunluğunun izin verdiği tedavi süresi dikkate alınarak en küçük jaw boyutunun seçilmesi önerilebilir.



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



OP.25 - Akciğer SBRT Tedavilerinde DCAT ve VMAT Yöntemlerinin Dozimetrik Olarak Karşılaştırılması

Melisa Akmanlar¹, Mert Cananoğlu², Sümeyra Mandal³, Özgür Kara⁴, Mecit Canbolat⁵, Yiğit Çeçen⁵, İlker Çatan⁵, Çağrı Yazgan⁵, Taylan Bükülmez²

¹VM Medical Park Mersin Hastanesi, Radyasyon Onkolojisi Bölümü, Mersin, Türkiye

²İstinye Üniversitesi, LİV Hastanesi, Radyasyon Onkolojisi Bölümü, İstanbul, Türkiye

³Medikal Park Antalya Hastanesi, Radyasyon Onkolojisi Bölümü, Antalya, Türkiye

⁴ONCOHEALTH Medikal Sistemler, Ankara, Türkiye

⁵ONCOTECH Medikal Sistemler, Ankara, Türkiye

Amaç: Erken evre küçük hücre dışı akciğer kanserlerine uygulanan stereotaktik beden radyoterapisinde (SBRT) dinamik konformal ark tedavisinin (DCAT) volümetrik ark tedavisi (VMAT) yöntemine karşı dozimetrik eşdeğerliliğini araştırmak ve etkinliğinin artırılıp artırılamayacağını incelemektir.

Gereç ve Yöntem: Elekta Versa HD lineer hızlandırıcısı Agility kolimatör sistemi Monaco 5.51.02 ile 6 FFF enerjisi kullanılarak planlanan 10 akciğer ca tanılı SBRT tedavisi uygulanan hastanın tedavi planları VMAT ve DCAT+SSO (Segment Shape Optimization) teknikleri kullanılarak yapılmıştır. Plan optimizasyonunda Monte Carlo algoritması kullanılmış olup tedavi planlarında 0,10 ve 350 derece masa açılı dual arclar tercih edilmiştir. Doz şeması her hasta için 50 Gy / 5 fx olacak şekildedir. Çalışmada kullanılan PTV hacimleri 2 cc ile 15cc arasındadır. VMAT tekniğinde alan marjı auto seçilirken, DCAT tekniğinde SSO aktif edilerek planlar yapılmıştır. Monaco 'nun DCAT tekniği variable ve continuous dose rate seçeneği ve SSO opsiyonu sunmaktadır.

Bulgular: RTOG 0813 protokolü kullanılarak yapılan değerlendirmeye göre R50 ve D2cm kriterleri ve kritik organların aldıkları doz limitleri kıyaslanmıştır. Tüm hastalarda D2cm kriterleri protokole uymaktadır, VMAT tekniği anlamlı olarak DCAT yöntemine göre daha düşük yüzdeye sahiptir. R50 değeri tüm hastalarda VMAT tekniğinde sağlanırken, DCAT tekniğinde sadece 1 hastada sağlanabilmiştir. DCAT tekniğinde küçük PTV hacimli (2-10cc) hastalarda R50 değeri sağlanamazken 10 cc nin üzerindeki hacimlerde sağlanabileceği sonucuna ulaşılmıştır. Spinal cord maximum dozunda iki teknikte de yaklaşık 2Gy fark ile benzer sonuçlar bulunmuştur. Total Akciğer-GTV de V12.5Gy ve V13.5Gy değerlerinin cc olarak değerleri RTOG 0813 protokolünün vermiş olduğu değerlerin oldukça altında kalmakla birlikte ; VMAT tekniğinde ortalama V12.5Gy <60 cc , V13.5Gy< 45cc iken DCAT tekniğinde V12.5Gy<150cc ve V13.5Gy<90cc bulunmuştur. Özefagus ve kalp dozları limitlerin oldukça altındadır.

DCAT+SSO yöntemiyle yapılan planların MU değerleri VMAT tekniği ile yapılan planlara göre daha düşük bulunmuştur. Planların tamamlanma süreleri de DCAT+SSO tekniğinde VMAT tekniğine göre daha kısa bulunmuştur.

Sonuç: Yapılan çalışmaya göre akciğer SBRT tedavisi için DCAT+SSO yöntemi VMAT planlarına dozimetrik olarak eşdeğer ve verimli bir alternatiftir. PTV hacminin 10cc nin altında olduğu durumlarda RTOG 0813 protokolüne göre R50 kriteri sağlanamamış olup , PTV hacminin 15 cc üzerine çıktığı planlarda R50 sağlanmaktadır. Akciğer SBRT tedavilerinde tümör yerine bağlı olarak hareketli lezyonlarda solunum takip sistemi kullanılmayan kliniklerde DCAT+SSO yöntemi VMAT yöntemine tercih edilebilir. Yine aynı şekilde FFF enerjisi olmayan durumlarda da DCAT+SSO yöntemi tercih sebebi olmalıdır.

Anahtar Kelimeler: Akciğer SBRT, DCAT, VMAT, Monaco



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



OP.26 - Diagnostik Radyoloji Görüntüleme Cihazlarının Periyodik Kalite Kontrolleri: Büyük Ölçekli Uygulama Örneği

Yusuf Levent Ertoktaş¹, Ufuk Karanfil², Baha Kılıç³, Türkay Toklu^{1,4}

¹ Radkal Mühendislik Mimarlık Kalibrasyon Test Muayene San. ve Dış Tic.Ltd.Şti.

² İstanbul İl Sağlık Müdürlüğü

³ Uniarch Klinik Mühendislik ve Klinik Alan Tasarım A.Ş.

⁴ Yeditepe Üniversitesi, Sağlık Fiziği Anabilim Dalı

Giriş ve Amaç: Diğer görüntüleme sistemlerinde olduğu gibi Diagnostik Radyoloji görüntüleme cihazlarının da periyodik kalite kontrolleri hastaların, çevrenin ve Radyoloji çalışanlarının sağlığı ve güvenliği açısından önem arz etmektedir. Uluslararası kuruluşların bu konuda zorunlulukları olduğu gibi, Ülkemizde de bu konuda hazırlanmış ve hazırlanmakta olan mevzuat bulunmaktadır. Bu çalışmanın amacı, büyük ölçekli bir periyodik kalite kontrol uygulamasının sonuçlarını değerlendirmektir.

Yöntem: Bu çalışmada, 13 sağlık tesisinde bulunan 57 adet Diagnostik Radyoloji görüntüleme cihazlarına periyodik kalite kontroller uygulanmıştır. Çalışma kapsamında 2 bilgisayarlı tomografi, 2 mamografi, 5 anjiyografi, 5 C-kollu skopi, 25 sabit ve mobil röntgen cihazı, 12 dental görüntüleme, 3 kemik densitometre, 3 CR sistemi bulunmaktadır. Tüm cihazlara periyodik testler öncesinde kabul testi uygulanmıştır. IAEA, AAPM, IPEM ve ACR gibi uluslararası kuruluşların önerileri dikkate alınarak periyodik kontroller günlük, haftalık, aylık, 3 aylık ve 6 aylık testler olarak belirlenmiştir.

Bulgular: Uygulanan kabul testlerinde 1 anjiyografi sisteminde görüntü güçlendirici giriş doz değerlerinde yükseklik tespit edilmiştir. Durum servis hizmeti sağlayıcısına iletilerek problem giderilmiştir. Periyodik kontroller sırasında 2 röntgen cihazında x-ışını ışık alanı uyumsuzluğu ve homojenite problemi, 1 bilgisayarlı tomografi cihazında ise Hounsfield Unit değerlerinde bozulma tespit edilmiştir. Bunlar da servise bildirilerek düzeltilmesi sağlanmıştır. Diğer tüm cihazların sağlıklı bir şekilde hizmet verdiği tespit edilmiştir.

Sonuç: Çalışmanın sonuçlarına göre kabul testlerinin ve periyodik kalite kontrol testlerinin uygulanması, uygun durumda olmayan veya durumu bozulan Diagnostik Radyoloji görüntüleme cihazlarının tespitinde önemli rol oynamaktadır. Bilindiği kadarıyla bu çalışma, Ülkemize bu ölçekte gerçekleştirilen ilk çalışmadır. Çalışmanın sonuçları, Sağlık Bakanlığı'nın yayımlamayı planladığı "Diagnostik Radyoloji, Nükleer Tıp ve Radyoterapi Grubu Tıbbi Cihazların Kalite Uygunluk ve Kalite Kontrol Testleri Hakkında Yönetmelik" in yürütülmesine ilişkin bir örnek teşkil etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Diagnostik Radyoloji, periyodik kalite kontrol, kabul testi



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



OP.27 - 3 Boyutlu Yazıcıyla Elde Edilen Farklı Baskı Örneklerinin Bilgisayarlı Tomografi Görüntülerinde Hounsfield Unit Değerlerinin Belirlenmesi

İsmail Özsoykal¹, Buğra Hüsemoglu², Ayşegül Yurt¹

¹ Medikal Fizik Anabilim Dalı, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.

² Biyomekanik Anabilim Dalı, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.

Giriş ve Amaç: 3 boyutlu yazıcı teknolojisi birçok alanda olduğu gibi medikal fizik alanında da gittikçe artan bir kullanıma sahiptir. Bu teknolojinin medikal fizik alanındaki başlıca kullanım amacı görüntüleme veya dozimetri amaçlı kalite kontrol çalışmalarına yönelik fantom üretimidir. Bilgisayarlı tomografi (BT) uygulamalarına yönelik fantomların uygunluğu için Hounsfield Unit (HU) değerleri üzerinden değerlendirilen doku eşdeğerliği ve homojenite kriterleri göz önünde bulundurulmaktadır. Bu çalışmada, BT görüntülerinde HU değerleri bilinen farklı dokular hedef alınarak 3 boyutlu yazıcıyla örnek baskıların elde edilmesi ve baskı parametrelerinin örnek baskılara ait HU değerleri üzerindeki etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Yöntem: Çalışma kapsamında 3 boyutlu yazıcı olarak Ultimaker 3 Extended cihazı kullanılmıştır. 3 boyutlu baskı materyali olarak ise Colorfabb firmasına ait 2.85 mm çapında LW-PLA filament kullanılmıştır. 1cm çapa ve 3 cm yüksekliğe sahip olacak şekilde modellenen silindirik baskılar sıcaklık, akış oranı ve dolgu oranı gibi baskı parametrelerine ait farklı değerler kullanılarak basılmıştır. Baskı sıcaklığı 195°C ile 205°C arasında, akış oranı %60 ile %100 arasında, dolgu oranı ise %90 ile %100 arasında değiştirilerek elde edilen toplam 18 adet silindirik baskının 128 kesitli Philips Ingenuity BT cihazıyla görüntüsü alınmıştır. DICOM formatında elde edilen görüntülerde, z eksenini boyunca farklı aksiyel kesitlerde çizilen ilgi alanları (ROI) yardımıyla, her bir silindire ait ortalama HU değeri ve standart sapma değeri belirlenmiş ve kaydedilmiştir. Bu değerler, her bir silindirik baskının hem aksiyel düzlemde hem de z eksenini boyunca ne kadar homojen görüntü verdiğini analiz etmek için kullanılmıştır. Ayrıca, farklı baskı parametreleriyle elde edilmiş olan bu silindirlerin baskı parametrelerine karşılık ortalama HU değerlerindeki değişim de incelenmiştir. Bu incelemeler sırasında PMMA fantom ve saf suya ait ortalama HU ve standart sapma değerleri referans alınmıştır.

Bulgular: Baskılara ait ortalama HU değerleri -428 HU ile +76 HU aralığında elde edilmiştir. Ortalama HU değerlerinin baskı sıcaklığıyla ters, akış oranı ve dolgu oranıyla doğru orantılı bir ilişkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Aksiyel homojeniteyi temsil eden standart sapma değerleri ise +7 HU ile +32 HU aralığında elde edilmiştir. Baskı görüntülerine ait HU standart sapma değerlerinin üç baskı parametresiyle de ters orantılı olarak değiştiği gözlenmiştir.

Sonuç: Bu çalışmada farklı 3 boyutlu baskı parametreleri ile farklı yoğunluklarda elde edilen silindirik baskıların BT görüntüsü üzerindeki HU değerleri incelenmiştir. Elde edilen bulgular doğrultusunda, farklı baskı parametreleri kullanılarak yumuşak doku eşdeğerliğinde baskılar alınabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: 3B yazıcı; 3B baskı; bilgisayarlı tomografi; fantom; hounsfield unit



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



OP.28 - Girişimsel İncelemelerde Yerel Tanısal Referans Seviyelerinin Belirlenmesi: Pilot Çalışma

İsmail Özsoykal¹, Dilara Karakuş¹, Özkan Alataş², Ayşegül Yurt¹

¹ Medikal Fizik Anabilim Dalı, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.

² Radyoloji Anabilim Dalı, Tıp Fakültesi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.

Giriş ve Amaç: Uluslararası Radyasyondan Korunma Komisyonu (ICRP) iyonlaştırıcı radyasyon içeren radyolojik incelemelerde hastaların maruz kaldığı doz seviyelerinin denetlenebilmesi ve optimize edilebilmesi için Tanısal Referans Seviyeler (TRS)'in oluşturulmasını tavsiye etmektedir. Türkiye’de, girişimsel radyolojik incelemeler özelinde bu amaca hizmet edebilecek kapsamlı bir veritabanı henüz bulunmamaktadır. Bu çalışma, başlıca girişimsel incelemelerle ilgili bir TRS veritabanı oluşturmayı amaçlamıştır.

Yöntem: Retrospektif olarak gerçekleştirilen çalışmada, Ağustos 2018 – Ağustos 2021 tarihleri arasında Dokuz Eylül Üniversitesi Araştırma Uygulama Hastanesi’nde gerçekleştirilen incelemeler değerlendirilmiş ve tüm incelemeler arasında en sık olarak gerçekleştirilen serebral anjiyografi (SA), serebral embolizasyon (SE), biliyer drenaj (BD) ve hepatik kemoembolizasyon (HK) incelemelerine ait veriler analiz edilmiştir. Tüm girişimsel incelemeler Philips Allura Xper 20/10 biplane görüntüleme sistemiyle gerçekleştirilmiştir. Verilerin toplanması ve istatistiksel analizi ICRP’nin önerileri takip edilerek yapılmıştır. Veriseti doz alan çarpımı (DAP, Gy.cm²), kümülatif hava kerma (K_{a,r}, mGy) ve floroskopi süresi (FT, s) gibi ışınlamaya ait verileri ve hasta yaşı ile cinsiyeti gibi demografik verileri içermektedir. Her bir incelemeye ait olarak oluşturulan verisetinin medyan değeri kliniğe ait TRS değeri olarak kaydedilmiş ve literatürdeki verilerle karşılaştırılmıştır.

Bulgular: Toplamda 285 girişimsel incelemenin değerlendirildiği çalışmada hastaların %54.4’ü erkek, %45.6’sı kadındır. Hastalara ait ortalama yaş ise 56.1(±15.8) olarak kaydedilmiştir. SA, SE, BD ve HK incelemeleri için DAP medyan değerleri sırasıyla 76, 206, 26 ve 224 Gy.cm² olarak kaydedilmiştir. Aynı sıraya göre K_{a,r} medyan değerleri ise 531, 2141, 125 ve 682 mGy olarak kaydedilmiştir. Yine aynı inceleme sırasına göre FT değerleri de 259, 985, 235 ve 294 saniye olarak kaydedilmiştir.

Sonuç: Çalışmamızda elde edilen bulguların çeşitli uluslararası çalışmalara ait TRS değerlerinden düşük olduğu gözlenmiştir. Bu da, Dokuz Eylül Üniversitesi Araştırma Uygulama Hastanesi Radyoloji Anabilim Dalı’nda gerçekleştirilen girişimsel incelemelerin makul hasta dozlarıyla tamamlandığını göstermektedir. Bu çalışma, Dokuz Eylül Üniversitesi tarafından desteklenmiş olan bilimsel araştırma projesinin bir kısmını oluşturan pilot bir çalışma niteliğinde olup, ileride çok merkezli, yerel ve ulusal bir TRS veritabanı oluşturmayı amaçlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Doz; girişimsel radyoloji; radyasyondan korunma; tanısal referans seviyeler



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



OP.29 - Preciseplan Planlama Sisteminin Doz Hesaplamalarında Foton Demetleri İçin Kalite Temininin Değerlendirilmesi

Semiha Aşkın, Bahar Dirican

Gülhane Eğitim Araştırma Hastanesi Radyasyon Onkolojisi AD. Ankara

Amaç: Bu çalışmada PrecisePLAN® Tedavi Planlama Sisteminde, oluşturulan planların hesaplanan dozları ile linac cihazında bu planlara uygun olarak ölçülen dozların sonuçları karşılaştırılarak kalite teminini değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Yöntem: Çalışmamızda PrecisePLAN® Tedavi Planlama Sisteminin (TPS) kalite temin testlerini değerlendirilmesinde, dozimetrik ölçümler için FC65-P silindirik iyon odası, 40x40 cm boyutunda RW3 katı su fantomu, akciğer, hava, kas, yağ ve kemik heterojenitelerine sahip çubuk fantom ve PTW Unidose Weblin model elektrometre kullanılmıştır. Katı fantomların GE Light Speed BT'de 2.5 mm kesit kalınlığı ile görüntüleri elde edilerek FC65-P iyon odasının aktif hacmi konturlanmıştır. Ölçümler Elekta marka Synergy model lineer hızlandırıcıda 6 ve 18 MV enerjileri için 5x5 cm² alan 5 cm derinlikte alınmıştır. Açık alan, yarı kesicili alan, kama filtreli alanlarda 100 MU için ölçülen ve hesaplanan doz karşılaştırılmıştır.

Bulgular: Farklı heterojentilere sahip çubuk fantomlar için 5 cm derinlikte 100 MU verilerek Precise TPS sisteminde hesaplanan doz değeriyle Lineer Hızlandırıcı cihazında ölçülen doz değeri arasındaki fark karşılaştırılmıştır. Sonuçlar TRS-430 kabul sınırları içinde bulunmuştur.

Sonuç: PrecisePLAN® tedavi planlama iş istasyonu, Linux® işletim sistemi ile yapılan kalite kontrolü sonucunda dozimetrik olarak doğruluğu kabul sınırları içerisinde bulunmuştur. Ancak akciğer için düşük enerjideki (6 MV) dozun sapması, yüksek (18 MV) enerjilere göre daha az bulunmuştur. Bu nedenle akciğer tedavisinde mümkün olduğu kadar düşük foton enerjisi tercih edilmesi sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Tedavi Planlama Sistemi, kalite temini, katı fantom



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



OP.30 - Elekta Synergy Lineer Hızlandırıcı Tedavi Kafası Geometrisinin CAD ile Çizimi ve Geant4 Monte Carlo Yazılımına Aktarılması

Recep Kandemir^{1,2}, Kadir Akgüngör³

¹ Dokuz Eylül Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Medikal Fizik Anabilim Dalı, İzmir

² Ege Özel Onkoloji Merkezi, İzmir

³ Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Fakültesi, Fizik Bölümü, İzmir

Giriş ve Amaç: Medikal Fizik'in birçok alanında, güvenilir doz hesaplamaları yapabilen ve altın standart olarak kabul edilen Monte Carlo yazılımları kullanılmaktadır. Özellikle radyoterapide lineer hızlandırıcı tasarımı yapılmak istendiğinde bu yazılımlara güvenilmektedir. Modelin oluşturulmasında ASCII formatının yanında bilgisayar destekli dizayn (CAD) formatı da kullanılmaktadır. Bu tasarım formatları Geant4 gibi Monte Carlo yazılımında kullanılmak üzere dönüştürülmelidir. Bu çalışmada, Elekta Synergy lineer hızlandırıcı cihazı tedavi kafasının 6 MV foton enerjisiyle gerçek ölçümler ile tutarlı sonuçlar üretebilen modelin CAD ile tasarlanıp Geant4'da kullanılabilecek formata dönüştürülmesi amaçlanmıştır.

Yöntem: Elekta Synergy lineer hızlandırıcı CAD modeli teknik dökümanlar ve yayınlar kullanılarak OpenSCAD açık kaynak kodlu yazılım ile oluşturuldu. Bu geometri modeli STL (Standard Tessellation Language) formatında kayıt edildi. Sonrasında Monte Carlo hesaplamasında kullanılabilmesi için Python programlama dilinde yazılmış kod ile GDML (Geometry Description Markup Language) formatına dönüştürüldü. Geant4 (v.10.07) ile yapılan Monte Carlo hesaplamalarında dönüştürülen bu dosya kullanıldı. Geometrinin doğruluğunun test edilmesi için 10x10 cm² alan boyutunda 2 milyar parçacık kullanılmış ve kaynak cilt mesafesi (SSD) 90 cm olarak konumlandırılmış, 40x40x40 cm³ boyutlarında su fantomu içerisinde 10 cm derinlikte 2x2x2 mm³ boyutlu dedektör dizilimi üzerinde profiller ve merkez aks üzerinde derin doz eğrisi hesaplamaları yapılmıştır.

Bulgular: SSD 90 cm'de 10x10 cm² alanda 10 cm derinlikte ve merkez aks boyunca sırasıyla alınan profiller ve derin doz eğrisi karşılaştırıldığında ölçülen ile hesaplanan arasındaki fark % 1 civarında elde edilmiştir.

Sonuç: Bilgisayar destekli çizim ile elde edilen STL formatı Geant4'un kullanılabileceği geometri formatına başarı ile dönüştürülmüş ve yüksek güvenilirlikli doz hesaplaması yapılabilen Elekta Synergy tedavi cihaz kafası modellenmiştir.

Anahtar Kelimeler: GDML, Geant4, Monte Carlo



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



OP.31 - Hasta Kalite-Kontrol Sonuçlarının Takip ve Analizini Yapan Python Yazılımı

Recep Kandemir^{1,2}, Kadir Akgüngör³

¹ Dokuz Eylül Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Medikal Fizik Anabilim Dalı, İzmir

² Ege Özel Onkoloji Merkezi, İzmir

³ Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Fakültesi, Fizik Bölümü, İzmir

Giriş ve Amaç: Radyoterapide VMAT/IMRT gibi kompleks tedavi planlarının tedavi öncesinde kalite-kontrolünün yapılarak planların uygulanabilir ve Tedavi Planlama Sistemi'nin (TPS) doz hesapları ile uyumlu olduğu tespit edilmelidir. Yapılan her ölçüm ve karşılaştırma sonuçlarının Medikal Fizikçiler tarafından kayıtlanması ve gerektiğinde raporlanması tavsiye edilmektedir. Ancak zamanla toplanan verilerin artışı, ölçüm ile TPS karşılaştırma sonuçlarının genel olarak değerlendirilmesini zorlaştırmaktadır. Geçmişe yönelik takip ve analizlerinin yapılmasının verimliliği artıracağı düşünülmektedir. Bu çalışmada, hasta kalite-kontrol ölçüm sonuçlarının geçmişe yönelik takip ve analizlerini yapan bir yazılımın geliştirilmesi hedeflenmiştir.

Yöntem: Bu çalışmada, veri seti olarak Celal Bayar Üniversitesi Hastanesi, Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı'nda 2019-2021 yılları arasında yapılan tüm iki boyutlu hasta kalite-kontrol sonuçlarının yer aldığı PDF formatındaki dökümanlar kullanılmıştır. Veri setinin oluşması için ölçümler PTW Octavius 729 sistemi ile yapılmıştır. Kullanılan veri setinde toplamda 600 hasta bilgisi bulunmaktadır. Tüm ölçümler Elekta Synergy lineer hızlandırıcı cihazında alınmıştır. Oluşan veri seti Python programlama dili kullanılarak yazılan programa girdi olarak aktarılmıştır. PDF dökümanlarından çözümlenerek elde edilen ölçüm bilgileri «pandas» kütüphanesi ile tablolastırılmış ve bu tablo «plotly-dash» kütüphanesi ile görselleştirilerek tüm sonuçların takip ve analizinin yapıldığı web sitesine dönüştürülmüştür.

Bulgular: Python programlama dili ve PTW Octavius 729 ile alınan ölçüm veri seti kullanılarak üç yıllık hasta kalite kontrol sonuçlarının takip ve analizinin yapılmasını sağlayan bir yazılım ortaya çıkmıştır. Ayrıca, istenildiğinde tüm yapılan analiz ve sonuçlar tek bir döküman halinde raporlanabilmektedir.

Sonuç: Bu yazılım ile uzun zaman aralığında alınan fakat analizi ve takibi yapılmamış kalite-kontrol ölçümlerin çok kısa sürede (bir dakikadan az) tüm analizlerin yapıldığı, iş yükünü azaltan ve klinik verimliliği artıran bir yazılım oluşturulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Kalite Kontrol, Python, Yazılım



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



OP.32 - Baş-Boyun Radyoterapisi Yapılan Hastalarda Adaptif Uygulamaların Hedef ve Kritik Organlara Etkisinin İncelenmesi

Özlem Gören¹, Miraç Kamışlıoğlu², Emre Şanlı³, Esra Küçükorkoç³, Süleyman Çelebi³, Nadir Küçük³

¹ Üsküdar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

² Bandırma 17 Eylül Üniversitesi, Balıkesir

³ Anadolu Sağlık Merkezi

Amaç: Bu çalışmanın amacı, baş boyun radyoterapisi gören hastalarda çeşitli sebeplerden dolayı anatomi değişimi sonucunda meydana gelen fiziksel değişikliklerin hedef ve kritik organ dozlarında meydana getirdiği dozimetrik farklılıkları ortaya koymak ve Adaptif Radyoterapi (ART)'ın gerekliliğini irdelemektir.

Materyal ve Metot: Çalışmaya 5 nazofarinks, 4 Orofarynx, 1 dil tümörü tanısı almış hasta dahil edilmiştir. Hastaların tamamı 33 fraksiyon radyoterapi tedavisi almış ve ışınlama esnasında eşzamanlı kemoterapi uygulanmıştır. Tüm hastalara radyoterapi tedavisi öncesi ve sırasında (haftalık) kilo takipleri yapılmıştır. Planlama için Accuray firmasına ait Precision 2.0.0.1 TPS kullanılmıştır. Tüm hastalar Radixact Helikal tedavi cihazında planlanmıştır. Planlamalarda HT tekniği uygulanmıştır. Hastaların ART kararı PreciseArt(Accuray) yazılımı kullanılarak verilmiştir. Gerekli değerlendirmeleri yapabilmek için seçili hasta grubunda aşağıda sıralanan verilere bakılmıştır:

1. Toplam Planlama Dozu/Projeksiyon Dozu (1.gün)
2. Beklenen Planlama Dozu/Biriken Doz (Adaptif Öncesi)
3. Toplam Planlama Dozu/ Projeksiyon Dozu (Adaptif Öncesi Son Gün)
4. Toplam Planlama Dozu/ Biriken Doz (Adaptif Öncesi)+Biriken Doz (Adaptif Sonrası).
5. Tüm hastalarda hedef ve OAR hacimlerinin aldığı dozların karşılaştırmaları
6. Hastaların adaptif ihtiyacı olduğuna karar verilen gün sayısı
7. Hastaların tüm tedavi boyunca kilo kayıpları incelenerek adaptif kararı ve kilo kaybı ilişkisi

Çalışmada IBM SPSS Statistics 22 yazılımı yardımıyla Kolmogorov Smirnov ve Independent-Samples T-Testi ile Wilcoxon Signed Ranks Testi kullanılmıştır.

Sonuçlar: Tüm hastalar değerlendirildiğinde adaptif kararı alınan fraksiyon sayısı medyan 18 (9-27) olarak hesaplanmıştır. Tedavi planı ve ilk gün uygulaması üzerinden elde edilen projeksiyon dozları arasında PTV70, PTV60 ve PTV56 maksimum nokta dozları arasındaki fark yoktur (PTV70 için $p=0.502$, PTV60 için $p=0.679$, PTV56 için $p=0.093$). Planlanan ve projeksiyonları yapılan doz kapsama oranları arasında da fark yoktur (PTV70 için $p=0.798$, PTV60 için $p=0.579$, PTV56 için $p=0.281$). Planlanan ve ilk gün tedavi sonrası projeksiyonu yapılan OAR dozlarından en yüksek fark maksimum %2.44 ile optik kiazmada bulunmuştur. Tüm organlarda planlanan ve ilk gün uygulama sonrası projeksiyon yapılan OAR dozları arasında fark yoktur. Adaptif kararı verildiği gün PTV70, PTV60 ve PTV56 için beklenen ve biriken maksimum yüzde doz farkları sırasıyla %4.7, %11.4 ve %6.2 olarak hesaplanmıştır ve sonuç tüm PTV hacimlerinde fark vardır sonuç istatistiki olarak anlamlıdır (PTV70 için $p=0.005$, PTV60 için $p=0.005$, PTV56 için $p=0.046$) şeklinde yorumlanmıştır. OAR dozlarındaki değişim adaptif kararının verilmesinde oldukça önemlidir. Bu amaçla beklenen planlama dozu ve biriken doz karşılaştırma analizleri çalışmaya dahil edilen tüm OAR'lar için yapılmıştır. Bu OAR'lar içerisinde sağ parotis, sol parotis ve spinal kord dozlarında fark vardır ve sonuç istatistiki olarak anlamlıdır (Sol parotis için $p=0.028$, sağ parotis için $p=0.007$ ve spinal kord için $p=0.009$). Sağ/sol optik sinir, optik kiazma ve beyin sapı dozlarında fark yoktur (Sağ optik sinir için $p=0.065$, sol optik sinir için $p=0.113$, optik kiazma için $p=0.109$ ve beyin sapı için $p=0.139$). PTV70, PTV60 ve PTV56 için planlamadan elde edilen ortalama doz kapsama oranları sırasıyla %94.3, %94.9 ve %95.3 iken aynı hacimlerin adaptif öncesi son gün PreciseART yazılımı değerlendirmesi ile elde edilen projeksiyon dozlarının ortalama kapsama oranı sırasıyla %96.8,



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



%95.4 ve %93.0 olarak hesaplanmıştır. Tüm OAR'lar için planlama ve adaptif öncesi son fraksiyondan projeksiyon yapılan veriler karşılaştırıldığında sağ parotis, sol parotis ve spinal kord yapılarında doz farkı vardır. Adaptif yapılma kararı verilmediği takdirde istatistiki anlamlı fark bulunan her iki parotis ve spinal kord dozlarında adaptif yapıldıktan sonra fark bulunmamıştır. Tedavi başlangıcı ile tedavi bitiminde hastalardaki ortalama kilo kaybı %10,7 (%5,6-%20,7) olarak ölçülmüştür. Toplam (tedavinin ilk günü ile son günü arasındaki süre) tedavi sürecinde ışınlamaya veya hastanın kilo kaybına bağlı tüm hedef ve parotis hacimlerinde belirgin küçülme mevcuttur. Özellikle PTV70 gross tümör hacmini ifade ettiğinde bu sonuç ışınlamaya bağlı tümör yükünde azaldığını göstermesi açısından önemlidir. PTV70 hacmindeki toplam değişim %25,69, sol ve sağ parotislerdeki ise sırasıyla %29.38 ve %29.28'dir.

Tartışma ve Sonuç: Yapılan çalışmanın sonuçlarına göre baş boyun radyoterapisi gören hastaların çeşitli sebeplerden değişen anatomiye bağlı meydana gelen fiziksel değişikliklerin hedef ve kritik organ dozlarında meydana getirdiği dozimetrik değişiklikler ortaya çıkmaktadır. Hasta için planlanan doz ile verilen doz dağılımının eşit olması ve kritik çevre dokuların korunabilmesi için ART uygulamasının gerekliliği önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Baş boyun tümörleri, Adaptif radyoterapi, doz takibi



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



OP.33 - Post-Mastektomi Radyoterapi Uygulanan Meme Kanserli Hastalarda Rotasyonel Set-Up Belirsizliğinin Cone-Beam Bilgisayarlı Tomografi Görüntüleri Üzerinden Değerlendirilmesi

Büşra Bulut¹, Uğur Akbayır^{1,2}, Hatice Halis³, Haldun Şükrü Erkal⁴

¹Medko Oncology, İstanbul, Türkiye

²Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Biyomedikal Mühendisliği Doktora Programı, Sakarya, Türkiye

³T.C. Sağlık Bakanlığı, Sakarya İl Sağlık Müdürlüğü, Sakarya Eğitim ve Araştırma Hastanesi Radyasyon Onkolojisi Kliniği, Sakarya, Türkiye

⁴Sakarya Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı, Sakarya, Türkiye

Giriş ve Amaç: Meme kanserlerinde radyoterapi mastektomi sonrası adjuvant amaçla sıklıkla kullanılmaktadır. Bu hastalarda radyoterapi başarısı doğru ve güvenli tedavi uygulaması ile doğrudan ilişkilidir. Hastaların set-up sırasında pozisyonlanmasında hastaya bağlı özelliklerin bireyselleştirilerek kullanılması set-up belirsizliğinin (özellikle rotasyonel olarak) azaltılmasına katkı sağlayabilir ve tedavi güvenliğini arttırmaya yönelik bir girişim olarak değerlendirilebilir.

Yöntem: Bu çalışmada post-mastektomi radyoterapi uygulanan meme kanserli 34 hasta için rotasyonel set-up belirsizliği, ilk tedavi gününde elde edilen cone-beam bilgisayarlı tomografi (CBCT) görüntüleri üzerinden değerlendirildi. Ölçümlerdeki pitch, yaw ve roll değerleri her hasta için (rijit hizalama ile eşleştirilen) simülasyon amaçlı BT görüntüleri referans alınarak ölçüldü ve kaydedildi. Hastalar arasındaki farklılığın analiz edilmesi amacı ile her hasta için kontralateral intakt memenin görüldüğü ilk ve son kesit kullanılarak ölçülen kraniyo-kaudal (KK) boyut, karina merkez olacak şekilde ölçülen transvers (T) boyut ve konturlanan kontralateral intakt meme hacmi (V) belirlendi. KK ve T kullanılarak her hasta için ilgi alanı (ROI) hesaplandı. Medyan değerlere göre iki gruba ayrılan hastalarda KK, T, V ve ROI için rotasyon verileri "Independent Samples T-Test" kullanılarak karşılaştırıldı.

Bulgular: Tüm hastalar için medyan pitch değeri 0,75 derece, medyan yaw değeri 1,35 derece ve medyan roll değeri 1,75 derece olarak hesaplandı. KK ve T için gruplar arasında rotasyonel ölçümler açısından farklılık saptanmadı. V için gruplar arasında roll ölçümü açısından medyan değer üzerindeki grup lehine istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunurken ($p=0,03$) diğer rotasyonel ölçümler açısından farklılık saptanmadı. ROI için gruplar arasında pitch ölçümü açısından medyan değer üzerindeki grup lehine istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunurken ($p=0,05$) diğer rotasyonel ölçümler açısından farklılık saptanmadı.

Sonuç: Bu çalışma sonucunda, hastaların set-up sırasında pozisyonlanmasında KK, T ve V benzeri hastaya bağlı özellikler rotasyonel set-up belirsizliği açısından temel belirleyici olmamakla birlikte, hastaların breast-board ile temas halinde oldukları yüzeyin artması durumunda rotasyonel belirsizliğin azalma eğiliminde olduğu gösterilmiştir. Mevcut bulguların, hasta sayısı fazlaştırmakla yapılacak yeni çalışmalar ile desteklenmesi uygun olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Adjuvant radyoterapi; cbct; mastektomi; rotasyon; set-up



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



OP.34 - Meme Kanseri Nedeniyle 3 Boyutlu Planlama İle Postoperatif Radyoterapi Uygulanan Hastaların Retrospektif Olarak Kardiyak Parametrelerinin Volümetrik Değerlendirilmesi

Ayça İribas Çelik¹, Ayşegül Ünal Karabey², Özgehan Onay³, Songül Ç. Karaçam³, Deniz Çebi Olgun⁴, Ahmet Dirican⁵, Nuran Şenel Beşe⁶

¹*İstanbul Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyasyon Onkolojisi A.D*

²*Kocaeli Üniversitesi Tıp Fakültesi Araştırma ve Uygulama Hastanesi Radyasyon Onkolojisi A.D*

³*İstanbul Üniversitesi -Cerrahpaşa Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Radyasyon Onkolojisi A.D*

⁴*İstanbul Üniversitesi -Cerrahpaşa Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Radyoloji A.D*

⁵*İstanbul Üniversitesi -Cerrahpaşa Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Biyoistatistik A.D*

⁶*Acıbadem Mehmet Aydınlar Üniversitesi Senoloji Araştırma Enstitüsü*

Amaç: Meme kanserinde meme veya göğüs duvarı bölgesine radyoterapi (RT) uygulanması sırasında kalp ve kalbi besleyen majör damarlar risk altında kalan organlar arasındadır ve aldıkları doz bilinmelidir. Bu çalışmada 2009 Aralık ve 2010 Eylül tarihleri arasında 3 boyutlu konformal radyoterapi tekniği ile tedaviye giren dört farklı ışınlama şekliyle ışınlanmış meme kanserli hastanın kalp ve LAD dozlarının volümetrik olarak hesaplanması ve farklı şekilde ışınlamalarda alınan ortalama kalp dozlarının ve LAD dozlarının birbirleriyle karşılaştırılması amaçlanmıştır.

Gereç ve Yöntem: Çalışmamızda Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Radyasyon Onkolojisinde RT gören 100 meme hastası 4 grupta incelenmiştir. 1.Grup: 33 olgu mamaria interna (MI) olmaksızın periferik lenfatik ışınlanan; Grup 1a-(16) sağ, Grup 1b-(17) sol meme veya göğüs duvarına (GD) RT alanlar. 2.Grup; 21 olgu MI ile birlikte lenfatik ışınlanan; Grup 2a-(11) sağ, Grup 2b-(10) sol meme veya GD'na RT alanlar. 3.Grup; 26 olgu sağ meme veya GD'na RT alanlar. 4.Grup; 20 olgu sol meme veya GD'na RT alan meme kanserli hastalar şeklindedir.

Bulgular: Grup :1a ; LAD ortalama doz 0,4 Gy, kalbin aldığı ortalama doz 0,7 Gy ,20 Gy alan kalp volümü % 0,3 iken Grup:1b ; LAD ortalama doz 4,6 Gy, kalbin aldığı ortalama doz 2,7 Gy ,20 Gy alan kalp volümü % 3,7 olarak bulunmuştur.

Grup:2a; LAD ortalama doz 0,6 Gy, kalbin aldığı ortalama doz 0,8 Gy ,20 Gy alan kalp volümü % 0,6 iken Grup:2b ; LAD ortalama değeri 8 Gy, kalbin aldığı ortalama doz 3 Gy ve 20 Gy alan kalp volümü % 4,3 dür.

Grup:3; LAD ortalama doz 0,3 Gy, kalbin aldığı ortalama doz 0,7 Gy ,20 Gy alan kalp volümü %0,1dir.

Grup:4; LAD ortalama değeri 3,7 Gy,kalbin aldığı ortalama doz 2,4 Gy ,20 Gy alan kalp volümü % 3 olarak hesaplanmıştır. (tablo1)

Sağ meme veya GD 'na RT alan grup dışında diğer gruplarda kalp mean ile 20 Gy alan kalp volümü arasında aynı yönde istatistiksel olarak güçlü bir anlamlılık saptanmıştır (p:0,000).

MI'lı periferik lenfatik RT alan sol meme ışınlamalarında (G 2b) ortalama 8 Gy olarak en yüksek dozu LAD dozunu ve ortalama kalp dozu 3 Gy dir. MI dahil olduğu sol meme ışınlamalarında dozlar yüksektir. Günlük pratikte solda kalp ortalama dozun 5 Gy, sağda ise 3 Gy'i geçmemesine dikkat edilmektedir.

Sonuç: Bu çalışmanın sonunda MI'nın dahil olduğu periferik lenfatik RT alan sol meme hastalarında LAD ve kalp dozları daha yüksektir. Geç yan etkilerin yıllar sonra ortaya çıktığı düşünülürken başta koroner arterler olmak üzere kalbe ait yapıların morbidite ve mortalite açısından dozimetrik analizleri yapıp kayıt altına alınması gerekir. Dozimetrik bir araştırma olan çalışmamız uzun süreli klinik gözlemler sonucunda elde edilecek verilerle desteklenmelidir.



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



GRUPLAR	n	LAD MEAN (Gy)	LAD MEAN SS	LAD MEAN p	KALP MEAN (Gy)	KALP MEAN SS	KALP MEAN P	KALP V20 MEAN %	KALP V20 MEAN SS	KALP V20 MEAN p
MI 'SIZ PERİFERİK LENFATİK RT SAĞ M/ SAĞ GD GRUP 1a	16	0,4 (0,05-1,39)	0,35	0,000	0,7 (0-10)	0,20	0,000	0,3	0,76	0,000
MI 'SIZ PERİFERİK LENFATİK RT SOL M/SOL GD GRUP 1b	17	4,6 (0,3-38)	3,15		2,7 (0-45)	1,08		3,7	2,17	
MI 'LI PERİFERİK LENFATİK RT SAĞ M/SAĞ GD GRUP 2a	11	0,6 (0,1-1,7)	0,47	0,001	0,8 (0,08-4,5)	0,25	0,001	0,6	2,11	0,001
MI 'LI PERİFERİK LENFATİK RT SOL M/SOL GD GRUP 2b	10	8 (0,5-45)	4,63		3 (0,04-44)	1,24		4,3	2,02	
SAĞ MEME/SAĞ GD RT GRUP 3	26	0,3 (0-1,2)	0,79	0,000	0,7 (0-5,6)	0,52	0,000	0,1	0,68	0,000
SOL MEME/SOL GD RT GRUP 4	20	3,7 (0,2-33)	2,35		2,4 (0-45)	0,87		3	1,93	

Tablo I: Meme kanserli 100 hastanın LAD ve Kalbin ortalama dozları



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



OP.35 - Akciğer Yart Planının EGSnrc/BEMnrc/DOSXYZnrc Simülasyonuna İstatistiksel Belirsizliğin Etkisinin Belirlenmesi

Esin Gündem, Bahar Dirican

Gülhane Eğitim Araştırma Hastanesi Radyasyon Onkolojisi AD. ANKARA

Amaç: EGSnrc/BEMnrc/DOSXYZnrc ile akciğer YART tedavi planına ait modelin oluşturulmasında kabul edilebilir istatistiksel belirsizlik düzeyinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Yöntem: Çalışmamızda Monaco Tedavi Planlama Sistemi (TPS) ile Elekta Synergy lineer Hızlandırıcı cihazın için yapılan Akciğer YART planı EGSnrc/BEAMnrc/DOSXYZnrc MC kodu ile %0,4, %0,2 ve %0,1 istatistiksel belirsizlikle modellenmiştir. MATLAB2019a ve CERRmaster yazılımları kullanılarak, TPS ve EGSnrc/BEMnrc/DOSXYZnrc modellerinden elde edilen dozimetrik parametreler karşılaştırılmıştır.

Bulgular: İstatistiksel belirsizliğin modellemeye etkisi, EGSnrc /BEAMnrc/DOSXYZnrc modeli ve TPS DVH eğrilerinden elde ettiğimiz maksimum, minimum, ortalama nokta dozlar, hacmin yüzde 98'nin aldığı doz (D98), hacmin yüzde 95'nin aldığı doz (D95), hacmin yüzde 50'sinin aldığı doz (D50) ve hacmin yüzde 2'sinin aldığı doz (D2) dozimetrik parametreler "Rölatif Doz Farkı (RDF)" hesaplanarak değerlendirilmiştir. Sonuçlar hedef hacim ve kritik organlar için değerlendirilmiş ve belirlenen istatistiksel belirsizlik değeri EGSnrc /BEAMnrc/DOSXYZnrc ile yapılacak tedavi planlarının modelleri için kullanılmıştır.

Sonuç: İstatistiksel belirsizliğin hedefin maksimum nokta dozunu en fazla etkilediği bulunmuştur. EGSnrc /BEAMnrc/DOSXYZnrc modelinde kritik yapıların istatistiksel belirsizliğe hedeften daha az duyarlı olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak istatistiksel belirsizlik azaldıkça RDF'nin azaldığı tespit edilmiştir. Çalışmamızda literatürle uyumlu sonuçlar elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: EGSnrc/BEMnrc/DOSXYZnrc, İstatistiksel Belirsizlik, MC Simülasyonu, YART



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



OP.36 - Çok Kriterli Optimizasyon Yöntemi Kullanılarak Beyin Tümörlü Hasta Planlarının Karşılaştırılması

Ayşe Gülbin Kavak, İhsan Karşoğlu

Gaziantep Üniversitesi, Tıp Fakültesi Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı, Gaziantep

Giriş: Çok kriterli optimizasyon (ÇKO, multicriteria optimization) yöntemi, şablon tabanlı plan optimizasyonu yapan yoğunluk ayarlı radyoterapi (YART, intensity-modulated radiation therapy) yönteminin gelişmiş bir özelliğidir. ÇKO'da Pareto optimizasyon yöntemi kullanılarak bir problem üzerine çeşitli çözüm seçenekleri üretmektedir.

Amaç: Bu çalışma da temozolomid tedavisi alan glioblastoma hastalarında ÇKO yöntemi ile YART optimizasyon yöntemini karşılaştırılarak, ÇKO planlamasının uygulanabilirliğini göstermek amaçlanmıştır.

Yöntem: Bu çalışmada glioblastomalı toplam 10 ardışık hasta seçilmiştir. Tüm hastalar 2 mm kalınlığında Philips Brilliance 64 Slice bilgisayarlı tomografi cihazı (Philips Medical Systems, Hollanda) kullanılarak taranmıştır. Kritik organ olarak beyin sapı, gözler, lensler, gözyaşı bezleri, optik sinirler, optik kiazma ve koklealar konturlanmıştır. Tüm hastaların planları RayPlan (versiyon 6, RaySearch Laboratories, Stockholm, İsveç) sistemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Planlanan tümör volümü (PTV) günlük 2 Gy dozdan toplam 60 Gy olarak tanımlanmıştır. Planlar tümör şekline uygun olacak şekilde koplanar olmayan 7 farklı açıdan oluşturulmuştur. Her iki yöntemde de aynı açılar ve aynı kritik değerler uygulanmıştır. Tüm hastalarda PTV volümlerinin hedeflenen dozun %95'ini alması sağlanmıştır.

Bulgular: PTV için D95 değerlerinin ortalamaları sırasıyla ÇKO için 59,8 Gy, YART için 60,25 Gy bulunmuştur. PTV için ortalama D1 değerleri ÇKO ve YART yöntemleri için sırasıyla 63,81 Gy ve 63,54 Gy olarak bulunmuştur. Beyin sapının D1 değerlerinin ortalaması, ÇKO planı için 50,01, YART planı için 49,70 Gy olarak elde edilmiştir. ÇKO ve YART yöntemleri için D1 değerlerinin ortalaması sırayla; sağ göz için 15,93 Gy ve 12,46 Gy, sağ lens için 6,61 Gy ve 5,06 Gy, sol göz için 14,92 Gy ve 10,95 Gy, sol lens için 6,09 ve 4,17 bulunmuştur. Optik kiazma için D1 değerlerinin ortalaması, ÇKO planı için 39,39 Gy, YART planı için 38,57 Gy olarak elde edilmiştir. ÇKO planları için ortalama D1 değerleri sağ optik sinir için 17,19 Gy, sol optik sinir için 22,70, YART planları için sağ optik sinir için 16,93 Gy, sol optik sinir için 20,51 Gy olarak bulunmuştur. Gözyaşı bezleri ve kokleaların doz değerleri için anlamlı fark gözlenmemiştir ($p>0,05$).

Sonuç: ÇKO ve YART yöntemleri karşılaştırıldığında, ÇKO yönteminde PTV kapsamının daha iyi olduğu gözlemlenmiştir. Kritik organ değerleri ÇKO yöntemiyle karşılaştırıldığında, genel olarak YART yönteminde daha düşük değerler elde edilebilmiştir. İstatistiksel analizler Student t testine göre yapıldığında beyin sapının ortalama değeri anlamlı ($p<0,05$) olarak bulunmuştur. Plan zamanlaması açısından ÇKO yöntemi farklı plan şablonlarını daha kısa sürede hesaplamaktadır. Bu çalışmada farklı plan seçeneklerinin aynı anda çok kısa sürede gösterme kabiliyeti sebebiyle ÇKO yönteminin glioblastoma hastalarının planlarında efektif olarak kullanılabileceği gösterilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Çok kriterli optimizasyon yöntemi; yoğunluk ayarlı radyoterapi; beyin tümörü



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



OP.37 - Akciğer Kanserinin Hacimsel Modülasyonlu Ark Tedavisinde 4 Boyutlu Konik Işın Bilgisayarlı Tomografi ile Altı Serbestlik Dereceli Masa Kullanılarak Planlama Hedef Hacim Marjının Fraksiyonlar Arası Geometrik Yeterliliğinin Değerlendirilmesi

Yücel Sağlam

Koç Üniversitesi Hastanesi Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı, İstanbul

Giriş ve Amaç: Akciğer radyoterapisinde nefes hareketinden kaynaklı hedef hacmin geometrik doğruluğunun yönetilmesi için farklı yöntemler olmasına rağmen simülasyon aşamasında, dört boyutlu bilgisayarlı tomografi (4D-CT) görüntüleri üzerinde tüm hareket aralığını içerecek şekilde brüt veya klinik hedef hacmin genişletilmesi temeline dayanan internal hedef hacim (ITV) tanımlaması geleneksel yaklaşım olarak çeşitli kliniklerde kullanılmaktadır [1-3]. Fraksiyonlar arası yer değiştirmenin önlenmesi için gelişmiş görüntü kılavuzluğunda radyoterapi (IGRT) yöntemleriyle altı serbestlik derecesi (6-DoF) masa düzeltmesi kullanılsa bile, hedef doğruluğu belirsizliklerini hesaba katmak için ITV'ye belirli bir marj eklenerek planlama hedef hacmin (PTV) oluşturulması gerektiği çeşitli çalışmalarda vurgulanmıştır [3]. Radyasyon Tedavisi Onkoloji Grubu Protokolü 0617'de PTV marjı, 4D-CT simülasyon, günlük IGRT gibi hareket yönetimi teknikleri kullanılsa bile ITV'nin tüm yönlerden çevresine en az 5 mm marj eklenerek PTV oluşturulması önerilmiştir [4-9]. Ancak tedavi uygulanmadan önce gelişmiş IGRT yöntemleriyle 6-DoF masa düzeltmesinin kullanılması, tümör hedeflemesinin geometrik doğruluğunun artırılabilirliği literatürde çeşitli çalışmalarda gösterilmiştir [8-10]. Çalışmada akciğer radyoterapisinde, gelişmiş IGRT yöntemi olan tedavi öncesi dört boyutlu konik ışın bilgisayarlı tomografi 4D-CBCT görüntüleri üzerinde 6-DoF masa düzeltmesinin, ITV'ye her yönden 5 mm marj verilerek oluşturulan PTV marjının geometrik doğruluğunun yeterliliği tüm fraksiyonlar sonunda alınan 4D-CBCT görüntüleri kullanılarak araştırılmıştır.

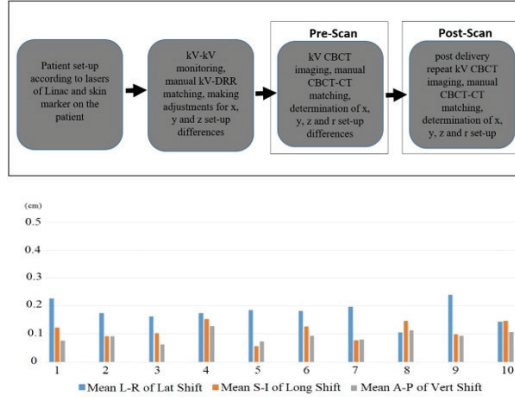
Yöntemler: Elekta Versa Linak 6 Mv ışın ile 4 yarım koplanar arklara sahip VMAT tekniğiyle 2 Gy günden 30 fraksiyonda 60 Gy doz şeması ile tedavi edilen 10 hasta çalışmaya dahil edildi. Tüm hastalara akciğer tedavi hazırlığı için vakumlu masa üzerinde 4D-CT ile simülasyon yapıldı. Hastalara özgü nefes hareketi döngüleriyle maksimum yoğunluklu projeksiyon (MIP) ve 10 fazlı görüntü yapılandırılmaları üstünde brüt veya klinik hedef hacimlerin tüm hareketi boyunca genişletilerek ITV oluşturuldu. PTV'yi oluşturmak için ITV'ye her yönden 5 mm'lik emniyet marjı eklendi. 10 hastanın 30 fraksiyonunda tedavi öncesi 4D-CBCT kullanılarak 6-DoF masa düzeltmesi içeren görüntüler ile tedavi sonrası alınan toplamda 600 görüntü çalışmada değerlendirildi. Tüm görüntülerde lateral, longitudinal and vertikal eksenleriyle birlikte masa rotasyon eksenleri olan pitch, roll and yaw için PTV geometrik farkları hesaplandı.

Bulgular: Lateral, longitudinal and vertical değerlerinin ortalaması sırasıyla 0.18cm, 0.11cm ve 0.09cm'dir. Ortalama ($\pm$ SD) interfraksiyon rotasyonları sırasıyla pitch = $0.50^\circ \pm 0.13^\circ$, roll = $0.48^\circ \pm 0.13^\circ$, and yaw = $-0.43^\circ \pm 0.17^\circ$ bulundu. Elde edilen görüntülerde otomatik ve manuel eşleştirme kullanılarak ortaya çıkan PTV geometrik hatası için gereken marjın, ITV'ye her yönden ortalama 2.8 mm olarak hesaplandı.



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



Sonuçlar: Akciğer radyoterapi tedavi fraksiyonu öncesinde, 4D-CBCT görüntüleri üstünde 6-DoF masa ile doğrulamanın PTV konumlandırma hatalarını azalttığı sonucuna varıldı. PTV oluşturmak için ITV'ye her yönden 5 mm marj eklenmesinin yeterli olduğu ve marjların azaltılabileceği gösterildi.

Anahtar Kelimeler: Akciğer radyoterapisi; Altı serbestlik dereceli masa düzeltmesi; Dört boyutlu CBCT; PTV marjı, VMAT.

Kaynaklar

1. Chavaudra J, Bridier A. [Definition of volumes in external radiotherapy: ICRU reports 50 and 62]. Cancer Radiother 2001; 5: 472-478.
2. Wolthaus JW, Sonke JJ, van Herk M et al. Comparison of different strategies to use four-dimensional computed tomography in treatment planning for lung cancer patients. Int J Radiat Oncol Biol Phys 2008; 70: 1229-1238.
3. Brandner ED, Chetty IJ, Giaddui TG et al. Motion management strategies and technical issues associated with stereotactic body radiotherapy of thoracic and upper abdominal tumors: A review from NRG oncology. Med Phys 2017; 44: 2595-2612.
4. Molitoris JK, Diwanji T, Snider III JW et al. Advances in the use of motion management and image guidance in radiation therapy treatment for lung cancer. Journal of Thoracic Disease 2018; S2437-S2450.
5. Yegya-Raman N, Reyhan M, Kim S et al. Association of Target Volume Margins With Locoregional Control and Acute Toxicities for Non-small cell lung cancer Treated With Concurrent Chemoradiation Therapy. Pract Radiat Oncol 2019; 9: e74-e82.
6. Li Y, Ma J-I, Chen X et al. 4DCT and CBCT based PTV margin in Stereotactic Body Radiotherapy(SBRT) of non-small cell lung tumor adhered to chest wall or diaphragm. Radiation Oncology 2016; 11: 152.
7. Liang Z, Yang J, Liu H et al. Real-time tumor motion monitoring and PTV margin determination in lung SBRT treatment. Acta Oncologica 2019; 58: 1786-1789.
8. Liang J, Li M, Zhang T et al. The effect of image-guided radiation therapy on the margin between the clinical target volume and planning target volume in lung cancer. J Med Radiat Sci 2014; 61: 30-37.
9. Fu C, Ma C, Shang D et al. Geometric accuracy evaluation of a six-degree-of-freedom (6-DoF) couch with cone beam computed tomography (CBCT) using a phantom and correlation study of the position errors in pelvic tumor radiotherapy. Translational Cancer Research 2020; 9: 6005-6012.
10. Wang L, Feigenberg S, Fan J et al. Target repositioning accuracy and PTV margin verification using three-dimensional cone-beam computed tomography (CBCT) in stereotactic body radiotherapy (SBRT) of lung cancers. J Appl Clin Med Phys 2012; 13: 3708.



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



OP.38 - Küçük Hücreli Akciğer Kanseri Hipokampüs-Korumalı Profilaktik Tüm Beyin Radyoterapisinin (HA-PWBRT) Volumetrik Ark Tedavisi ve Helikal Tomoterapinin Dozimetrik Karşılaştırması; Tedavi Planlarına Dayalı Çalışma

Özlem Yetmen Doğan, Nilsu Çini, Sevecen Seyhun Nasır Can

Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Kartal Dr. Lütfi Kırdar Şehir Hastanesi

Amaç: Küçük hücreli akciğer kanseri hastalarının tedavisinde hipokampüs koruması ile profilaktik-tüm beyin radyoterapisinin iki farklı ileri radyoterapi tekniği ile dozimetrik olarak değerlendirilmesi amaçlanmaktadır.

Yöntemler: Beyin metastazı olmayan küçük hücreli akciğer kanseri teşhisi konulan, 10 hastanın bilgisayarlı tomografi ile manyetik rezonans görüntüleri ile birleştirilerek hacimsel ark tedavisi (VMAT) ve helikal tomoterapi ile yeniden planlandı. Tüm beyin hacmine 10 fraksiyonda 25 Gy dozu reçete edildi. Hipokampüs koruması için RTOG 0933 kriterlerine göre planlama yapıldı ($D_{max} \leq 16\text{Gy}$, $D_{100\%} \leq 9\text{Gy}$). Planlanan hedef hacmi (PTV), homojenite indeksi (HI), uygunluk indeksi (CI), maksimum doz (D_{max}), minimum doz (D_{min}) ve risk altındaki organların (OAR) aldıkları dozlar karşılaştırıldı

Bulgular: PTV verilerinin analizinde, helikal tomoterapi ve VMAT arasında D95 değerleri için anlamlı bir fark bulunmadı ($p = 0,141$), VMAT kolunda PTV beyin dozlarının minimum, maksimum ve ortalama değerleri daha yüksekti ($p = 0,000$). PTV; HI ve CI değerleri karşılaştırıldığında, VMAT CI değerinde önemli ölçüde üstündü ($p = 0,033$), ancak HI değerlerinde önemli bir üstünlük yoktu ($p = 0,499$). İstatistiksel olarak karşılaştırıldığında, hipokampus minimum (Sağ:6,43Gy&8,94Gy; $p = 0,000$; Sol:6,10Gy&8,96Gy; $p = 0,000$), ortalama (Sağ:7,60Gy&11,40Gy; $p = 0,000$; Sol:7,56Gy&11,70Gy; $p = 0,000$) ve maksimum (Sağ:15,83Gy&20,8Gy; $p = 0,003$; Sol:15,99Gy&20,13Gy; $p = 0,009$) değerlerine bakıldığında helikal tomoterapi, VMAT'den önemli ölçüde daha iyi hipokampus koruması sağladığı görüldü. Lens dozları analiz edildiğinde, sağ ve sol lenslerin ortalama ve maksimum doz değerlerinin helikal tomoterapide çok daha düşük olduğu gözlemlendi (Ortalama Sağ: 4,52Gy&12,34Gy; $p=0,000$ ve Sol :4,66Gy &11,69Gy; $p=0,000$; Maksimum Sağ:3,41Gy&10,54Gy; $p=0,000$ ve Sol :3,53Gy&10,10Gy; $p=0,000$).

Sonuç: Her iki radyoterapi yönteminde de kabul edilebilir tedavi planları geliştirilmiştir. Hem hipokampus korunması hem de lens dozları helikal tomoterapide VMAT'den anlamlı olarak daha üstün olduğu görüldü.

Anahtar Kelimeler: Dozimetri, Hipokampus Koruması, VMAT, Helikal Tomoterapi



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



OP.39 - Radyoterapide Kullanılmak Üzere Tümöre Spesifik Nano-Boyutlu Lipozomal Radyoduyarlayıcı Geliştirilmesi

Mehmet Karabuğa

Hacettepe Üniversitesi Nanoteknoloji ve Nanotıp Anabilim Dalı, Ankara

Kanser tedavisinde genel yaklaşımlar; cerrahi, radyoterapi, kemoterapi, hormon terapi, immün terapi ve hedefe yönelik tedavidir. İyonlaştırıcı radyasyonun kanser hücrelerinde letal hasara sebep olarak yok edilmesini sağlayan radyoterapide, uygulanan radyasyon dozunu artırmadan biyolojik etkisini artırmak amacıyla çeşitli yaklaşımlar denmektedir. Radyoduyarlayıcılar, hücreleri radyasyona karşı olduğundan daha duyarlı hale getiren maddelerdir ve radyoterapiden önce, radyoterapi sırasında veya sonradan verilebilirler. Son yıllarda, metal nanoparçacıkları (Au, Ag), kuantum noktaları (KN), süper paramanyetik demir oksit ve metal olmayan nanoparçacıklar (silikon, fulleren) gibi nanoteknoloji temelli radyoduyarlayıcılar üzerinde çalışmalar yapılmaktadır. Bu yöntem “*Nanoparticle Enhanced X ray Therapy = NEXT*” olarak adlandırılmaktadır. Ayrıca, KN gibi sintilasyon ya da sürekli lüminesans yapan nanoparçacıkların fotoduyarlayıcılarla beraber radyoduyarlayıcı olarak kullanımı da üzerinde çalışma yapılan yeni bir alandır. Kanser tanısı, görüntülemesi ve tedavisi nanoteknolojinin geniş yer bulunduğu alanlar arasında yer almaktadır. Kanser tanısı, görüntülemesi ve tedavisinde nanoteknoloji kullanımının sağladığı avantajlar; kanserin erken teşhis ve tedavisi, cerrahide ulaşılamayan tümör hücrelerin ölümünün sağlanması, spesifik olarak kanser hücrelerine yönelik tedavi ile normal dokunun maksimum korunması, geciktirilmiş ya da kontrollü salım ile hedef bölgede ilaç konsantrasyonunun artırılması ve korunmasıdır. Bu amaçla ilaç taşıyıcı sistemler yaygın olarak kullanılmaktadır. Nanometreden mikrometreye ulaşan boyutlarıyla lipozomlar pek çok avantajları nedeniyle kanser başta olmak üzere çeşitli hastalıkların teşhis ve tedavisinde kullanılmak amacıyla üzerinde en çok çalışma yapılan ilaç taşıyıcı sistemlerden biri olmuştur. Bu çalışmada Kuantum nokta (KN) (CdSeZnS)- Klorin E-6 (Ce6) konjugatı içeren, PEG kaplı, nanoboyutlu, yüzeyi folik asitle modifiye edilmiş, lipozomal radyoduyarlayıcı geliştirilmeye çalışılmıştır. Bu sayede kanser tedavisinde daha az radyasyon dozunda daha fazla faydanın sağlanması ve klinikte kullanılan X ışını dozlarına nazaran daha düşük radyasyon dozu kullanılarak tümör hücrelerinin yok edilmesi amaçlanmıştır. Karakterizasyon çalışmaları lipozomların uygun enkapsülasyon verimi ve partikül büyüklüğüne sahip olduğunu göstermiştir. Lipozom formülasyonlarının 4T1 (fare meme kanseri) tümör hücreleri üzerindeki sitotoksik etkileri incelenmiş ve tek başına 5 Gy X ışını radyasyon dozunun hücre kültürü üzerinde yaptığı etki ile lipozom uygulandıktan sonra 5 Gy X-ışını uygulandıktan sonra hücre ölümü açısından $27,1 \pm 1,73$ 'lük artış sağlandığı görülmüştür. KN-Ce6 konjugatı içeren lipozomal radyoduyarlayıcının antitümör etkinliği *in vivo* tümör modeli oluşturulmuş farelerde incelenmiştir. Bu kapsamda, farelerdeki ağırlık değişimleri, tümör hacmindeki değişimler, sağ kalım süreleri izlenmiş ve tümör dokusu ve diğer organlar üzerinde histopatolojik değerlendirmeler yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar, DSPC_L-FA-K lipozom dispersiyonunun (KN-Ce6 konjugatı içeren DSPC:Chol:SA:PEG2000-DSPE:FA-PEG2000-DSPE lipit bileşimine sahip formülasyon), radyoterapide daha az radyasyon dozu uygulanarak tedavide aynı veya daha iyi etkinlik sağlanması için umut verici bir radyoduyarlayıcı ajan olabileceğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Radyoterapi; Nanotaşıyıcı; Lipozom; Kuantum Nokta; Fotoduyarlayıcı; Klorin e-6



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



OP.40 - Monte Carlo Yöntemiyle Oluşturulan Görüntüden MTF Hesaplanması

Aziz Rasim Yusuf, Özlem Birgül, Doğan Bor

Burhan Nalbantoğlu Devlet Hastanesi, Lefkoşa

Bu çalışmada tanısal radyolojide kullanılan digital dedektörlerin uzaysal ayırma gücünün saptanmasında kullanılan Modülasyon Transfer Fonksiyonu (MTF), benzeşim çalışmaları ile elde edilen görüntü üzerinden oluşturulmuştur. MTF değerleri, kenar görüntülerinin işlenmesine dayanan yöntem ile elde edilmiştir. Benzeşim çalışmasında IEC 62220-1:2003 geometrisi ve metodolojisi kullanılmış, kenar görüntüleri CsI kristali içeren dedektör ile elde edilmiştir.

Radyasyon taşınım kodu EGSnrc-v2021 kullanılarak ışınlama geometrisi oluşturuldu. Odak noktası uzaysal koordinat düzleminde orijin noktasına yerleştirildi. Odak noktası 1.2 mm uzunluğunda kare boyutta ve yüzey normali dedektör düzlemine dik olacak şekilde oluşturuldu. X-ışın tüpündeki etkileşimler takip edilmeyerek, spektrum programından elde edilen IEC:61267-RQA7 (HVL1: 9.2 mmAl) demet kalitesinde X-ışın kaynağı oluşturuldu. Sinilasyon dedektörü olarak NaI kristali kullanıldı. Görüntüleme dedektörü 0.2 mm kare boyuttaki 430x860 piksele bölündü. Kenar fantomu 1mm kalınlığında 70x90 mm boyutlarında tungsten olarak tasarlandı ve dedektör düzlemi üzerine 2° lik açı ile merkezi ışınlama eksenine yerleştirildi. Odak dedektör mesafesi 180cm seçilerek, tüm geometri vakum ortamına yerleştirildi. Elektron ve fotonların enerjileri sırasıyla 10 keV ve 1 keV değerine düşene kadar taşındı. Etkileşim tesir kesiti XCOM veri tabanından alındı. Görüntüde yeterli SNR değeri sağlanabilmesi için 1×10^{10} foton öyküsü için taşınım gerçekleştirildi. Görüntüyü oluşturan pikseller dedektör pikselleri içerisinde soğrulan enerjinin öykü sayısına bölümünü ifade etmektedir. Matlab tabanlı olarak geliştirilen NBEGKYv2 modüler bir yapıya sahip olarak genel amaçlı radyolojik görüntü kalitesi yazılımıdır. Frekans ortamında tanımlanan MTF hesaplama modülünde; kenar açısının bulunması, görüntüleme sistemi piksel boyutundan daha düşük sıklıkta ince örnekleme yapma, kenar dağılım fonksiyonu (ESF) oluşturma, çizgisel dağılım fonksiyonunun (LSF) bulunması adımlarından oluşur. Simülasyon yoluyla elde edilen kenar görüntüsünde 50x100 mm'lik ilgi alanı seçilerek en küçük kareler yöntemi ve Canny görüntü filtresi kullanılarak, 2.01° olarak algoritma tarafından otomatik olarak bulundu. İnce örnekleme ile elde edilen ESF'te 5. medyan filtreleme yapılarak yumuşatıldı. Türev operatörü ile elde edilen LSF'te ise herhangi bir filtreleme uygulanmadan Fourier dönüşümü alınarak MTF elde edildi. Elde edilen sonuçlar

NBEGKYv2 yazılımı 2015 yılı ilk çeyreğinde tamamlanan ve geliştirilme esnasındaki uluslararası standartları referans alınan bir yazılımdır. IEC, 62220-1 standardını 62220-1-1 olarak güncelleyerek MTF hesaplama yönteminde değişiklik yapmıştır. Çalışmanın devamında NBEGKYv2 yazılımında güncelleme yapılarak yeni standarda uygunluğu sağlanacak ve deneysel olarak desteklenecektir.

Anahtar Kelimeler: Kenar Yöntemi, MTF, Monte Carlo



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



Poster Bildiriler





18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



PP.1 - Erken Evre Meme Kanseri Hastalarda Hızlandırılmış Kısmi Meme Işınlamasında VMAT-Cyberknife Tedavi Planlarında Kalbin Dozimetrik İncelenmesi

Hidayet'ül Mediha Kılıç¹, Öznur Sarıbaş¹, Zeynep Kıraner¹

¹Bursa Uludağ Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Bursa

Giriş: Meme kanseri dünyada kadınlarda en sık izlenen kanserdir. Günümüzde farklı kanser türlerinin tedavisi için radyoterapi oldukça yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Erken evre meme kanseri teşhisi konulan kadınlar, meme koruyucu cerrahi ve bu işlemin ardından da tüm meme ışınlaması alırlar. Hızlandırılmış Kısmi Meme Işınlaması (APBI), geleneksel fraksiyonlamadan daha yüksek fraksiyon dozları kullanarak tedavi süresini azaltmayı amaçlayan bir tedavi yöntemi olarak geliştirilmiştir. Tüm meme ışınlamasının aksine, burada reçete edilen doz yalnızca rezeksiyon hacmine verilir.

Amaç: Erken evre meme kanserli 10 hastanın Hızlandırılmış Kısmi Meme Işınlaması uygulaması aracılığıyla iki farklı tedavi planlama tekniğinde sanal planlar hazırlanmıştır. Kalbin dozimetrik açıdan karşılaştırılması amaçlanmıştır.

Yöntem: Seçilen hasta grubu için lezyon çapı 3 cm ve 3cm'den küçük olan hastalar seçildi. Tüm hastalar için günlük fraksiyon dozu 6Gy ve toplam doz 30Gy olacak şekilde tedavi planları oluşturuldu. Tüm planlar için GTV'nin en az %98'inin, reçete edilen dozun en az %95'ini alması amaçlandı. Çalışmada 10 erken evre meme kanserli olgunun iki farklı planlama sisteminde yapılan sanal planları istatistiksel olarak karşılaştırılırken tüm analizlerde SPSS programı kullanıldı.

Bulgular: Sağ yerleşimli meme için kalbin D_{max} ve $V_{1.5}$ değerlerine CyberKnife tedavi tekniğinin VMAT tedavi tekniğine kıyasla üstün olduğu görüldü. Sol yerleşimli meme için kalbin D_{max} değerlerine bakıldığında iki tedavi tekniği açısından önemli fark olmadığı görülürken; $V_{1.5}$ değerlerine bakıldığında CyberKnife tedavi tekniği lehine bir sonuç elde edilmiştir.

Sonuç: Kalbin korunması açısından CyberKnife tekniğinin, VMAT tedavi tekniğine göre daha iyi dozimetrik sonuçlar verdiği anlaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: CyberKnife; erken evre meme kanseri; VMAT.



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



PP.2 - Brakiterapi Planlamasında Doz Optimisasyonların Karşılaştırılması

Berna Erdurmuş Tırpancı¹, Nalan Özkan², Ayşegül Ünal Karabey¹, Deniz Çelik¹, Özlem Ay¹, Gülşah Özkan¹, Aykut Oğuz Konuk¹, Binnaz Sarper¹

¹Department of Physics, University of Kocaeli, Kocaeli, 41380, Turkey

² Kocaeli University Medical Faculty Department of Radiation Oncology

Amaç: Brakiterapi uygulamalarında aplikatörü çevreleyen hacimde doz dağılımı keskin doz değişimi özelliği gösterir. Çok kısa mesafeler içinde radyasyon dozu çok keskin düşüş gösterir. Bu nedenle aplikatöre yakın yerleşimde olan hedef dokuya yüksek doz verilirken, sağlıklı dokuların ve organ fonksiyonlarını bozmayarak yüksek doza maruz kalmasını sağlamak brakiterapi planlamasının temel prensibidir. Bu çalışmanın amacı; brakiterapi planlamasında hedef hacim ve kritik organ dozları üzerinde volümetrik ve manuel optimizasyon yöntemlerini karşılaştırmaktır.

Metot: Brakiterapide planlama optimizasyonlarının karşılaştırılması amacı ile bu çalışmada, manuel ve volümetrik optimizasyon yöntemleriyle elde edilen doz hacim histogramı parametreleri karşılaştırılmıştır. Çalışmada, braki-terapi uygulanan 15 serviks ve 15 endometrium kanseri tanısı almış hastaların tedavi planları volümetrik ve manuel optimizasyon yöntemleriyle retrospektif olarak yapıldı. Elde edilen planlarda yüksek riskli hedef hacim (YR-CTV) ve mesane rektum kritik organ (OAR) dozları karşılaştırıldı.

Tandem ve ovoid çifti uygulamalarında, manuel ve volümetrik optimizasyon planları karşılaştırıldığında, yüksek risk klinik tümör volümü (YR CTV) % 90'nının aldığı en düşük doz değerlerinde anlamlı bir fark gözlenmemiştir ($p = 0,38838$). Rektum D2cc hacminin aldığı doz manuel ve volümetrik optimizasyon ile karşılaştırıldığında anlamlı fark gözlenmemiştir ($p = 0,36038$). Mesane D2cc değerleri ise her iki optimizasyon yöntemi karşılaştırıldığında anlamlı bir fark gözlenmemiştir ($p = 0,44545$). Silindir aplikatör uygulamalarında ise manuel ve volümetrik optimizasyon yöntemleriyle elde edilen tedavi planlarında, hedef hacimler ve kritik organlar için doz hacim histogramı (DHH) karşılaştırıldığında YR-CTV % 90'nının aldığı en düşük doz değerlerinde anlamlı fark gözlenmemiştir ($p=0,07534$). Rektum D2cc hacminin aldığı doz değerleri volümetrik ile manuel optimizasyon ile karşılaştırıldığında anlamlı fark gözlenmemiştir ($p = 0,30880$). Mesane D2cc değerleri ise her iki optimizasyon yöntemi karşılaştırıldığında anlamlı bir fark gözlenmemiştir ($p = 0,16190$).

Sonuç: Her iki yöntem ile yapılan planlarda hedef hacim ile kritik organ dozları açısından anlamlı fark gözlenmedi. Manuel optimizasyonla yapılan tedavi planının klinik yoğunluk göz önüne alındığında optimizasyon sonrası müdahale edilebilir olması sebebiyle zaman kazandırıcı bir yöntem olduğu düşünülmektedir.

PP.3 - Bilgisayarlı Tomografide Tüp Akımı Modülasyon Sisteminin Hasta Dozuna Etkisi

Salih Görür

S.B.Ü Samsun Eğitim ve Araştırma Hastanesi Radyasyon Onkolojisi, Samsun

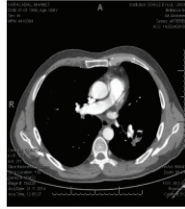
Giriş ve Amaç: Günümüz teknolojisindeki Bilgisayarlı Tomografi (BT) cihazları hastaların daha düşük radyasyon dozu almasını sağlayabilmektedir. BT cihazlarındaki “Tüp Akımı Modülasyon Sistemi” özelliği sayesinde hasta dozları azalabilmektedir. Tüp Akımı Modülasyon Sistemi özelliği bulunan BT cihazlarında yapılan çekimlerde görüntü kalitesi belli bir seviyede tutularak homojen görüntü kalitesi sağlamak için tüp hasta etrafında dönerken tüp akımında değişiklik yapılır. Görüntüdeki gürültüler çoğunlukla açılı projeksiyondaki atenuasyonlardan kaynaklanır. Bu sebepten oluşan gürültüyü azaltmak için açılı projeksiyonlarda tüp akımı artırılırken ön-arka projeksiyonlarda tüp akımı azaltılır. Bu yöntem ile gürültü miktarında ve hastanın aldığı radyasyon dozunda azalma sağlanır. Bu çalışmanın amacı “Tüp Akımı Modülasyon Sistemi” özelliği bulunan BT cihazlarında hasta dozunu azaltarak uzun vadede hastada kanser oluşumu riskini azaltmaktır.

Akım Modülasyon Sistemi

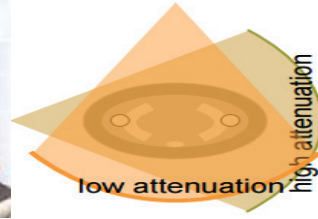


Arteriyel CTDIv= 8.57mGy

Sabit Akım



Arteriyel CTDIv= 13.54 mGy



Yöntem: Karadeniz bölgesindeki 3 farklı şehir, 8 farklı hastanedeki toplam 10 Bilgisayarlı Tomografi cihazından 2018 yılı içerisinde toraks, abdomen ve pelvis protokolleri doğrultusunda çekim yapılan hastaların (her protokol için 50 hasta) Dose Length Product (DLP) değerleri tespit edildi. Elde edilen DLP değerleri Avrupa standartları olan European Guidelines on Quality Criteria for Computed Tomography (EUR 16262 EN) ile karşılaştırıldı.

Bulgular:

	Ortalama DLP (mGy*cm) Değerleri		
	Toraks	Abdomen	Pelvis
Tüp Akımı Modülasyon Sistemi olan BT cihazları	361,15	445,35	403,28
Tüp Akımı Modülasyon Sistemi olmayan BT cihazları	656,63	806,83	668,75

Avrupa Standartları DLP (mGy*cm) Değerleri		
Toraks	Abdomen	Pelvis
650	780	570



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



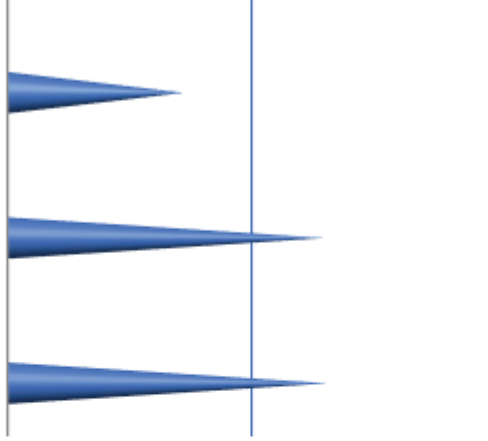
Tüp Akımı

**Modülasyon Sistemi
olan BT cihazları**

Avrupa standartları

Tüp Akımı

**Modülasyon Sistemi
olmayan BT cihazları**



Toraks protokolü
hasta dozları

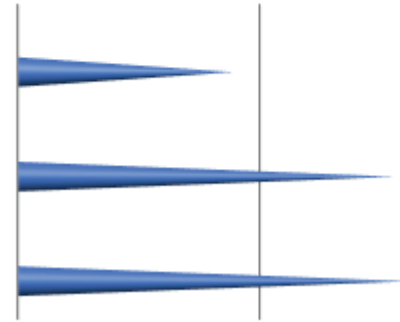
Tüp Akımı

**Modülasyon Sistemi
olan BT cihazları**

Avrupa standartları

Tüp Akımı

**Modülasyon Sistemi
olmayan BT
cihazları**

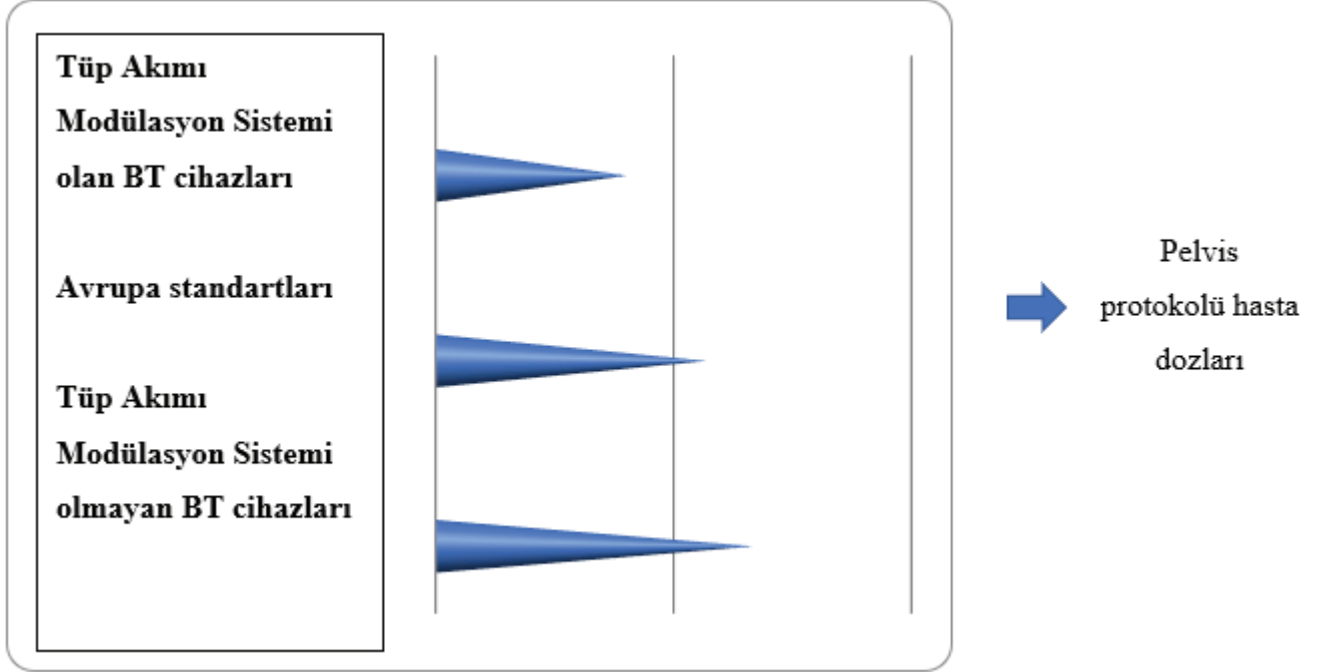


Abdomen protokolü
hasta dozları



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



Sonuç: Tüp akımı modülasyon sistemi olan cihazlardaki hasta dozları, tüp akımı modülasyon sistemi olmayan cihazlardakine göre daha düşük çıkmıştır. Ayrıca tüp akımı modülasyon sistemi olan cihazlardaki hasta dozları Avrupa standartlarından daha düşüktür. Tüp akımı modülasyon sistemi olmayan cihazlardaki hasta dozları Avrupa standartlarından daha yüksektir.

Anahtar Kelimeler: Bilgisayarlı Tomografi (BT), Tüp Akımı Modülasyon Sistemi, radyasyon dozu



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



PP.4 - Farklı Bilgisayarlı Tomografi Verilerinin Tedavi Planlama Sistemi Üzerindeki Etkilerinin Değerlendirilmesi

Melis Teke¹, Ersan Yılmaz¹, Ayşegül Ünal Karabey², Mehmet Sinan Karabey¹

¹ Kocaeli VM Medical Park Hastanesi, Radyasyon Onkolojisi Bölümü, Kocaeli, Türkiye

² Kocaeli Üniversitesi Araştırma ve Uygulama Hastanesi, Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı, Kocaeli, Türkiye

Amaç: İki farklı tomografi cihazı Hounsfield unit-elektron yoğunluğu değerlerinin tedavi planlama sistemine etkisinin incelenmesidir.

Materyal ve Metot: Kocaeli Üniversitesi Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı bünyesinde bulunan Siemens marka Somatom Definition AS model bilgisayarlı tomografi (BT1) ve Kocaeli VM Medical Park Hastanesi bünyesinde bulunan Siemens marka Somatom Definition model bilgisayarlı tomografi (BT2) verileri kullanılmıştır. 20 farklı prostat hastasının BT görüntüleri retrospektif olarak seçilmiştir. Elde edilen BT görüntüleri Raystation 8A planlama bilgisayarına yüklenerek her hasta için tedavi alanı ve kritik yapılar radyasyon onkoloğu tarafından konturlanmıştır. 2 farklı BT verileri kullanılarak 20 farklı hasta için 200 cGy/gün toplamda 39 fraksiyon tedavinin doz hesaplaması yapılmıştır. 6 MV enerji kullanarak 7 farklı (210°, 260°, 310°, 0°, 50°, 100°, 150°) ışın sahası ve her ışın için 10 segment kullanarak tedavi planları hazırlanmıştır. Hedef hacim ve riskli organ dozları incelenmiştir.

Bulgular: BT1 verileri kullanılarak yapılan doz hesaplamasında PTV'nin D_2 , D_{98} ve D_{50} ortalama dozları sırasıyla 79.76, 76.60 ve 78.74 Gy'dir. Kritik organ dozları, rektum için V_{40} , V_{50} , V_{60} , V_{65} , V_{70} ve V_{75} ortalama dozları sırasıyla 68.56, 49.98, 26.66, 19.58, 13.01 ve 7.10 Gy; mesane için D_{max} , V_{40} , V_{65} , V_{70} , V_{75} ve V_{80} ortalama dozları sırasıyla 79.10, 39.06, 16.92, 13.50, 9.14 ve 0.52 Gy'dir. BT2 cihazı için PTV, mesane ve rektum ortalama doz değerleri hesaplanmıştır. PTV için D_2 , D_{98} ve D_{50} ortalama dozları sırasıyla 79.80, 76.65 ve 78.72 Gy'dir. Kritik organ dozları, rektum için V_{40} , V_{50} , V_{60} , V_{65} , V_{70} ve V_{75} ortalama dozları sırasıyla 68.69, 48.22, 26.85, 20.04, 13.18 ve 7.26 Gy ; mesane için D_{max} , V_{40} , V_{65} , V_{70} , V_{75} ve V_{80} ortalama dozları sırasıyla 79.07, 39.19, 16.90, 13.47, 9.08 ve 0.44 Gy'dir. Farklı BT verileri ile elde edilen doz dağılımları karşılaştırıldığında bulunan fark istatistiksel olarak anlamlı değildi ($p>0,05$).

Sonuç: İki farklı BT verisi kullanılarak yapılan tedavi planlarının sayısal değerlerinin analizi sonucunda dozimetrik olarak anlamlı bir fark elde edilememiştir. Daha büyük örneklem sayısı ile yapılacak karşılaştırmalar yönlendirici olabilir.

Anahtar Kelimeler: Bilgisayarlı Tomografi; Raystation; Prostat; Hounsfield unit; Elektron yoğunluğu



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



PP.5 - Manyetik Rezonans Görüntüleme Ünitesinde Güvenlik Kültürü: Medikal Fizikçi Bakışı

İbrahim Ashyüce¹, Nina Tunçel²

¹Akdeniz Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı, Antalya, Türkiye

²Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı, Antalya, Türkiye

Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG) yöntemi, iyonlaştırıcı elektromanyetik radyasyon kullanılmayan bir görüntüleme yöntemi olarak bilinmektedir. Fakat MRG ünitesinde çalışan sağlık personelinde ve MRG cihazına yerleştirilen hastalarda ciddi yaralanma ve dikkat edilmediğinde ölümle sonuçlanabilecek diğer biyolojik etkileri ortaya çıkarmaktadır. Yaygın bir şekilde kullanılan MRG yöntemi, daha yüksek manyetik alan güçleri ve fonksiyonel görüntüleme teknikleri ile birlikte hem biyolojik etkileri hem de bu biyolojik etkilere maruz kalan sağlık çalışanları ve hasta sayısını artırmaktadır. Bu biyolojik etkilerden kaçınılamamasına rağmen, güvenli hasta erişimini sağlamak için etkin bir şekilde uygulanmaktadır. Böylece bu derlemede; MRG ünitesinde çalışan sağlık çalışanları ve hastalar için MRG güvenlik ilkeleri uluslararası standartlarda belirlenerek ekipman performansı özellikleri ve klinik kullanımı, kalite kontrol ve performans testleri, sistem yazılımı gibi MRG teknolojisinde Medikal Fizikçinin önemli rol oynadığı amaçlanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Güvenlik; kültür; manyetik rezonans



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



PP.6 - Bilateral Meme Işınlamalarında VMAT ve SW-IMRT Tekniklerinin Karşılaştırılması

Dursun Eşitmez¹, Ebru Şimşek¹, Gülfem Süsoy Doğan², Nezihe Seden Küçüçük¹, İsmail Faruk Durmuş^{1,3}

¹*Yeni Yüzyıl Üniversitesi Özel Gaziosmanpaşa Hastanesi Radyasyon Onkolojisi Ana Bilim Dalı, İstanbul*

²*İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Nükleer Fizik Anabilim Dalı, İstanbul*

³*Nişantaşı Üniversitesi Meslek Yüksek Okulu, İstanbul*

Bilateral meme planlamalarında VMAT ve SW-IMRT tekniklerinin dozimetrik karşılaştırılması yapılmıştır. Yedi bilateral meme hastasının VMAT ve SW-IMRT teknikleri ile planlar hazırlandı. Hedef volüm olarak PTVmeme, PTVboost, PTVsupra, PTVaksilla ve PTVmeme-boost volümlerinin dozları karşılaştırıldı. Kritik organ olarak bilateral akciğerler, kalp, RCA, LAD ve spinal kord dozları karşılaştırıldı. Hedef volümler için %95 dozları karşılaştırıldığında VMAT ile, PTVmeme, PTVboost, PTVaksilla, PTVsupra için sırasıyla; 4746 ± 90 , 5938 ± 52 , 4631 ± 85 , 4587 ± 21 (cGy) elde edildi. SW-IMRT tekniği ile ise, 4722 ± 77 , 5942 ± 33 , 4767 ± 136 , 4685 ± 147 (cGy) elde edildi. Bilateral akciğerler dozları karşılaştırıldığında V5 için VMAT tekniğinde %76.6 iken SW-IMRT’de %63.2, V10 için VMAT tekniğinde %39.6, iken SW-IMRT’de %35.2, V20 için VMAT tekniğinde %18.4 iken SW-IMRT’de %18.03 ve Dmean için VMAT tekniğinde 1228 cGy iken SW-IMRT’de 1177 cGy sonuçları elde edilmiştir. Kalbin aldığı dozlar karşılaştırıldığında V5 için VMAT tekniğinde %48.6 iken SW-IMRT’de %22.37, V10 için VMAT tekniğinde %11.71, SW-IMRT’de %5.53, Dmax dozlarında VMAT tekniğinde 2992 (cGy) iken SW-IMRT’de 3830 (cGy), Dmean dozlarında VMAT tekniğinde 633 (cGy) iken SW-IMRT’de 462 (cGy) bulundu. Homojenite için her iki teknik değerlendirildiğinde birbirine yakın sonuçlar elde edilmiştir. Hem hedef volümler hem de kritik organlar açısından her iki teknik ile de benzer sonuçlar elde edildi. Vücutun V5, V10 ve V20 karşılaştırıldığında her iki teknik içinde birbirine yakın değerler elde edildi. Tedavi zamanı olarak VMAT tekniği ile ortalama 484sn ve SW-IMRT tekniği ortalama 814sn bulundu. Her iki teknik ile de tedavi hedef volümleri için benzer sonuçlar elde edilirken, homojenite açısından SW-IMRT daha iyi sonuçlar elde edildi. Kritik organlar açısından değerlendirildiğinde iki teknik arasında büyük farklar olmamasına rağmen, SW-IMRT tekniği ile daha düşük sonuçlar elde edildi. Tedavi süresinin çok kritik olduğu solunum kontrollü tedavilerde VMAT tekniğinin kullanılması daha uygun olacaktır. Ayrıca tedavi süresi ne kadar artarsa hasta hareketinden kaynaklı belirsizlik o oranla artabilecektir.

Anahtar Kelimeler: Bilateral Meme; SW-IMRT; VMAT



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



PP.7 - Manyetik Rezonans Görüntülemeye Görüntü Oluşturma Teknikleri

İbrahim Aslıyüce¹, Nina Tunçel²

¹Akdeniz Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı, Antalya, Türkiye

²Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı, Antalya, Türkiye

Modern Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG) tarayıcıları, fonksiyonel görüntüleme, paralel görüntüleme gibi ileri görüntüleme yöntemlerinin yanı sıra değişik gibi yeni ortaya çıkan yaklaşımlara sahip olmaktadır. Artan karmaşıklık nedeni ile, bazı temel görüntü oluşturma teknikleri hakkında bilgi sahibi olmadan klinikte sağlam bir şekilde anlamak ve uygulamak mümkün olmamaktadır. Böylece bu derlemede, MRG yöntemini klinik odaklı veya geliştirmeye az ilgi duyan kişilerin bile temel görüntü oluşturma tekniklerini öğrenilmesi ve uygulanmasında faydalı olduğu amaçlanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Görüntü oluşturma; manyetik rezonans görüntüleme



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



PP.8 - 3 Farklı Tedavi Planlama Sistemi Algoritmaları ile Oluşturulan Hacim Farklılıklarının Karşılaştırılması

Ayşegül Ünal Karabey¹, Gülşah Özkan¹, Berna Tırpancı¹, Aykut Oğuz Konuk¹, Melis Teke², Ersan Yılmaz², İbrahim Halil Suyusal¹, Sinan Karabey², Görkem Aksu¹

¹Kocaeli Üniversitesi Araştırma ve Uygulama Hastanesi, Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı, Kocaeli, Türkiye

²VM Medical Park Kocaeli Hastanesi, Radyasyon Onkolojisi Bölümü, Kocaeli, Türkiye

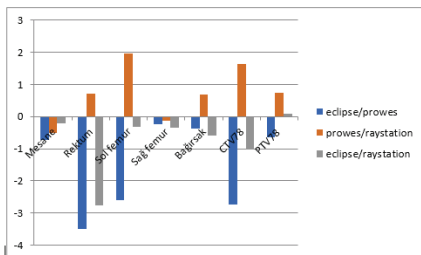
Amaç: Farklı tedavi planlama sistemi algoritmalarının hacim oluşturma farklılıklarını incelemektir.

Yöntem: Kocaeli Üniversitesi Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı bünyesinde bulunan Prowess Panter V5.2(Prowess Inc.,Concord, CA, USA), Eclipse V13.6(Varian Medical Systems, Palo Alto USA) ve VM Medical Park Kocaeli Hastanesi Radyasyon Onkolojisi Bölümü'nde Raystation V8A (Laboratories AB, Stockholm, Sweden) tedavi planlama istasyonları kullanıldı. 20 düşük evreli prostat kanseri tanımlı hasta görüntüleri retrospektif olarak belirlendi. Hedef hacim olarak Planlanan hedef hacim (PTV), klinik hedef hacim(CTV), kritik organ olarak rektum, mesane, femur başları hacimleri karşılaştırıldı. Prowess Panter V5.2 tedavi planlama sisteminde tek radyasyon onkoloğu tarafından oluşturulan konturlar aktararak Eclipse ve Raystation tps ile karşılaştırıldı. Üç sistemin hesapladığı hacimler yüzde olarak birbiriyle kıyaslandı (Tablo 1) ve tedavi planlama sistemlerine aktarılan hacimler arasındaki farklılıklar incelendi. İstatistiksel olarak anlamlılık student t-testiyle değerlendirildi.

	eclipse/prowes	prowes/raystation	eclipse/raystation
Mesane	-0,74	-0,50	-0,20
Rektum	-3,48	0,71	-2,75
Sol femur	-2,58	1,96	-0,31
Sağ femur	-0,22	-0,13	-0,34
Bağırsak	-0,37	0,67	-0,59
CTV78	-2,73	1,63	-1,02
PTV78	-0,64	0,73	0,09

Tablo 1: Eclipse, prowess ve raystation tedavi planlama sistemlerinin hesapladığı hacimlerin yüzdelik farkları

Bulgular ve Sonuç: Eclipse/Prowes, Prowes/Raystation ve Eclipse/Raystation TPS'lerinin hesapladığı hacimler birbiriyle sırasıyla kıyaslandığında; kritik organlarda rektumda en fazla fark **eclipse/prowes** arasında 3,48% olarak bulundu. Aynı kıyaslama hedef hacimler için yapıldığında da en fazla fark aynı şekilde **eclipse/prowes** arasında 2,73% olarak görüldü (Grafik 1). Elde edilen verilerle çizilen grafik incelendiğinde genel olarak eclipse / prowess tps lerinin hesapladığı küçük hacimler arasında farkların fazla olduğu görüldü. Tek tedavi planlama sisteminde oluşturulup diğer tedavi planlama sistemlerine aktarılan hedef ve normal hacimler arasında rakamsal farklılıklar olsa da istatistiksel açıdan tedavi sonucunu etkileyecek anlamlı sonuç bulunmadı(p>0,05). Çalışmanın sonucunda çizilen hacim küçüldükçe planlama sistemlerinin hesapladığı hacimler arasındaki farkın arttığı görüldü. Örneklem sayısı artırılarak ve dozimetrik sonuçlar incelenerek oluşan farklılıkların etkisi incelenebileceği kanısına varıldı.



Grafik1: Eclipse, prowess ve raystation tedavi planlama sistemlerinin hesapladığı hacimlerin yüzdelik farklar dağılımları

Anahtar Kelimeler : Raystation; Eclipse; Prowess Panter; Prostat; Hedef Hacim; Kritik Organ Hacimleri



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



PP.9 - Prostat Hacimsel Yoğunluk Ayarlı Ark Terapi (VMAT) Planlarının Portal Dozimetre Tekniğiyle Tedavi Öncesi Hasta Bazlı Kalite Güvenilirliklerinin İncelenmesi

Gülşah Özkan¹, Ayşegül Ünal Karabey¹, Berna Tırpancı¹, Aykut Oğuz Konuk¹, İbrahim Halil Suyusal¹, Gülfem Güneş¹, Nermin Mirzazade¹, Görkem Aksu¹

¹Kocaeli Üniversitesi Araştırma ve Uygulama Hastanesi, Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı, Kocaeli, Türkiye

Amaç: Prostat planları için gama geçiş oranı (%GP), maksimum gama (γ max), ortalama gama (γ ort) parametrelerinin değerlendirilmesidir.

Yöntem: Kocaeli Üniversitesi Araştırma ve Uygulama Hastanesi Radyasyon Onkolojisi AD'nda Eclipse V13.6 Tedavi Planlama Sisteminde Analitik Anisotropik Algoritma (AAA) kullanılarak VMAT plan yapılmış ve uygulanmış 20 hasta verisi retrospektif olarak seçildi. Varian marka Trilogy Model lineer hızlandırıcının Elektronik Portal Görüntüleme Cihazı (EPID) kullanılarak alınan kalite güvenilirlik planları tekrardan değerlendirildi. Ölçümlerin yeniden değerlendirilmesi için %3-3 mm, %3-2 mm ve %2-2 mm olmak üzere üç grup kriter belirlendi.

Bulgular-Sonuç: Ölçümler sonucunda EPID'de gama analizi yöntemiyle elde edilen ortalama %GP sonuçları %2-2mm, %3-2 mm ve %3-3 mm için sırasıyla %95,42±3,49, %97,45±2,74, %98,61±1,91 olarak hesaplandı. γ max değerler i%2-2mm, %3-2 mm ve %3-3 mm için sırasıyla ortalama 3,11±1,56, 2,28±0,59 ve 2,08±1,56 hesaplandı. γ ort değerleri ise 0,35±0,16, 0,28±0,05 ve 0,23±0,1 hesaplandı. Yapılan ölçümlerde %95 kabul sınırını en yüksek oranla geçen kriterin %3-3mm olduğu görüldü. %3-3mm kısıtıyla alınan ölçümlerin %90'ı kabul sınırını geçti. %3-3mm ile alınan ölçümlerin γ max($1,5 < \gamma$ max < 2) ve γ ort($< 0,6$) değerleri içinde kabul edilen sınırlar arasında kaldığı görüldü. Amerika Medikal Fizik Derneği (AAPM)'nin TG119 numaralı raporu %3-3mm için %GP'ni %90, Avrupa Radyoterapi ve Onkoloji Derneği (ESTRO) ise %4-3mm için %95 olarak önermektedir (1-2). Uluslararası Radyasyon Birimleri ve Ölçümleri Komitesi (ICRU) %5-5mm için daha toleransı yüksek bir gama değerlendirmesi önermektedir (3). Bu rapor ve öneriler deneysel olarak belirlenmiştir ve genel bir kabul şartı yoktur. Çalışmamızın bulguları doz hesabının kalitesini tahmin etmede gama analizi yönteminin önemini vurgulamaktadır. %3-3mm ile yapılan değerlendirmelerde 90%'ı 95% kabul sınırını geçtiği görülmüştür. Bu değer prostat hastalarında VMAT tekniğinin yeterli doğruluk seviyesini sağladığını göstermektedir. Çalışmanın gama kriterlerine yönelik kabul sınırları, AAPM TG 119 önerilerine yakın bulundu ve bu sayede kurumumuzdaki TPS'nin performansı doğrulanmış oldu.

Kaynaklar

1. Mijheer B, Georg D. Guidelines for the verification of IMRT. Brussels, Belgium: ESTRO; 2008.
2. Ezzell GA, Burmeister JW, Dogan N, et al. IMRT commissioning: multiple institution planning and dosimetry comparisons, a report from AAPM Task Group 119. MedPhys. 2009;36(11):5359-5373.
3. Grégoire V, Mackie TR. State of the art on dose prescription, reporting and recording in Intensity-Modulated Radiation Therapy (ICRU report No. 83). Cancer Radiother. 2011;15(6-7):555-559.



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



PP.10 - Medikal Lineer Hızlandırıcı Kafasında Yer Alan Düzleştirici Filtredeki Elementlerin Foto-Nötron Tesir Kesitinin İncelenmesi

Uğur Oflaz¹, İsmail Hakkı Sarpün², Hasan Özdoğan³

¹ *Fırat Üniversitesi, Tıp Fakültesi Radyasyon Onkolojisi A.D.*

² *Akdeniz Üniversitesi, Fen Fakültesi Fizik Bölümü Nükleer Fizik A.D.*

³ *Antalya Bilim Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu Tıbbi Görüntüleme Teknikleri*

Radyoterapide kullanılan $E > 8$ MeV enerjili foton demetlerinin medikal lineer hızlandırıcı (LİNAK) kafasında ışın demeti yolunda yer alan düzleştirici filtrelerin içerdiği materyallerin çekirdeği ile gerçekleşen foto-nötron reaksiyonları sonucunda nötronların oluşabileceği bilinmektedir. Planlanan radyasyon dozunun dışında foton demetine kontamine olan nötronlar radyasyondan korunma prensipleri kapsamında önem arz etmektedir. Bu nedenle bu çalışmada LİNAK kafasında yer alan düzleştirici filtredeki elementlerin foto-nötron reaksiyon tesir kesitlerinin farklı nükleer seviye yoğunluğu modelleri kullanılarak hesaplanması ve bu modellerin etkilerinin incelenmesi amaçlanmaktadır.

DeneySEL sonuçlarla uyumlu olarak ortaya konulan ve en çok geliştirilen fenomenolojik nükleer seviye yoğunluğu ifadesi Bethe tarafından ortaya koyulan Fermi Gaz Modeli'dir. Yaygın olarak kullanılan birçok seviye yoğunluğu modeli Fermi Gaz modelini temel alarak oluşturulmuştur. Bu model, çekirdeğin uyarılmış seviyelerinin eşit aralıklı olduğu ve kolektif seviyelerinin bulunmadığı tek parçacık durumu varsayımına dayanmaktadır.

LİNAK'larda bulunan düzleştirici filtreler genel olarak paslanmaz çelikten üretilmektedir. Bu çalışmada yer alan düzleştirici filtrede $BS_{970-304}S_{31}$ kodlu paslanmaz çelik kullanılmıştır. Düzleştirici filtrede yer alan Fe, Ni ve Mn elementlerinin foto-nötron reaksiyon tesir kesitleri TALYS 1.9 kodu ile fenomenolojik üç farklı nükleer seviye yoğunluğu modeli: Sabit Sıcaklık Fermi Gaz Modeli, Geri Kaydırmalı Fermi Gaz Modeli, Genelleştirilmiş Süperakışkan Modeli kullanılarak hesaplanmıştır.

Tesir kesiti hesaplamaları sonucunda her izotop için nükleer seviye yoğunluğu modellerinden en ideal olanlar, IAEA Experimental Nuclear Reaction Data kütüphanesinden alınan deneySEL veriler kullanılarak rölatif varyans analizi tekniği ile belirlenmiştir. Belirlenen modeller için tesir kesiti sonuçları deneySEL veriler ile grafiksel olarak karşılaştırılmıştır. Model sonuçlarının deneySEL veriler ile uyumlu olduğu sonucuna varılmıştır. Deney imkanlarının olmadığı durumlarda bu tarz çalışmalar araştırmacılara bir öngörü sağlaması açısından önemlidir.

Anahtar Kelimeler: Linak, foto-nötron, tesir kesit, seviye yoğunluğu modeli



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



PP.11 - Küçük Hücreli Dışı Akciğer Kanseri Radyoterapisinde Hibrit Teknik İle Elde Edilen Planlarda Doz Dağılımlarının Standart Tedavi Teknikleri İle Karşılaştırılması

Merve Fidan, Canan Köksal Akbaş, Şule Karaman, Hatice Bilge Becerir

İstanbul Üniversitesi Onkoloji Estitüsü, İstanbul, Türkiye

Küçük Hücreli Dışı Akciğer Kanseri (KHDAK) tedavisinde radyoterapi tedavi seçeneklerinden biridir. KHDAK radyoterapisinde üç boyutlu komformal radyoterapi (3CRT), yoğunluk ayarlı radyoterapi (IMRT), volümetrik ark tedavi (VMAT) gibi modern radyoterapi teknikleri kullanılmaktadır. Tekniklerin birbirlerine göre farklı güçlü ve zayıf tarafları vardır.

Bu çalışmada radyoterapi görmüş 17 KHDAK tanılı hastanın simülasyon amacıyla çekilen bilgisayarlı tomografi görüntüleri kullanılarak hazırlanan CONF, IMRT, VMAT tekniği ve bu tekniklerin birlikte kullanılmasıyla oluşturulan Hibrit tedavi planlarının karşılaştırılması amaçlanmıştır.

Hibrit planlar oluşturulurken VMAT+IMRT, VMAT+CONF için ağırlıklar eşit, VMAT+ÖN/ARKA planlarda ÖN/ARKA alan için ağırlık %30 olarak tasarlanmıştır. Radyoterapi planlarının karşılaştırılmasında Doz Volüm Histogramları (DVH) kullanılmıştır. Karşılaştırma parametreleri, Planlanan Hedef Hacim (PTV), Kritik Organ (OAR) dozları, Konformite İndeksi (CI), Homojenite İndeksi (HI), Monitor Unit (MU) değerleridir.

Çalışmanın sonuçları değerlendirildiğinde tedavi planının kalitesini gösteren CI değerleri IMRT, VMAT, VMAT+IMRT ile hazırlanmış hibrit planlarda benzerdir. 1'e en yakın olan, VMAT+IMRT ile hazırlanmış hibrit planıdır. HI değerleri IMRT ve VMAT+IMRT ile hazırlanmış hibrit planlarda benzerdir. 0'a en yakın olan IMRT planlarıdır. Plan kalitesinde önemli olan diğer bir kriter olan kritik organ dozları karşılaştırıldığında ise IMRT, VMAT+IMRT planları ön plana çıkmaktadır. VMAT+IMRT hibrit planlarda MU değerleri IMRT planlarına göre daha az MU değerine sahip olması bu tekniğin diğer bir avantajıdır.

Bu çalışmamızın sonucunda, akciğer tümörlerinin radyoterapisinde IMRT tekniği ve IMRT ile oluşturulan VMAT+IMRT şeklindeki hibrit tekniklerin kullanılmasının plan kalitesini arttırdığını ve kritik organ dozlarının azalttığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Akciğer kanseri; hibrit plan; KHDAK; plan değerlendirme



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



PP.12 - Akciğer Kanserinin Radyoterapisinde Akciğerin Aldığı Dozu Azaltmak İçin Yoğunluk Ayarlı Tedavi Tekniği İle Oluşturulan Hibrit Tekniğin Araştırılması

Merve Fidan, Canan Köksal Akbaş, Şule Karaman, Hatice Bilge Becerir

İstanbul Üniversitesi Onkoloji Enstitüsü, İstanbul, Türkiye

Küçük Hücreli Dışı Akciğer Kanseri (KHDAK) tedavisinde radyoterapi önemli bir seçenektir. KHDAK radyoterapisinde üç boyutlu komformal radyoterapi (3DCRT), yoğunluk ayarlı radyoterapi (IMRT), volümetrik ark tedavi (VMAT) gibi modern radyoterapi teknikleri kullanılmaktadır.

Bu çalışmada radyoterapi görmüş 17 KHDAK tanılı hastanın simülasyon amacıyla çekilen bilgisayarlı tomografi görüntüleri kullanılarak hazırlanan 3DCRT, IMRT tekniği IMRT+ÖN/ARKA tekniği ile oluşturulan Hibrit tedavi planlarının karşılaştırılması yapılarak akciğer dozunun düşürülmesi amaçlanmıştır. IMRT+ÖN/ARKA hibrit planları oluşturulurken spinal kordun tolerans dozunu geçmemesi için ÖN/ARKA alan için ağırlık %30 olarak tasarlanmıştır. Radyoterapi planlarının karşılaştırılmasında Doz Volüm Histogramları (DVH) kullanılmıştır. Karşılaştırma parametreleri, Planlanan Hedef Hacim (PTV), Kritik Organ (OAR) dozları, Konformite İndeksi (CI), Homojenite İndeksi (HI), Monitor Unit (MU) değerleridir.

Çalışmanın sonuçları değerlendirildiğinde tedavi planının kalitesini gösteren CI değerleri, 3DCRT, IMRT ve IMRT+ÖN/ARKA ile hazırlanmış hibrit planlarda sırasıyla $1,59 \pm 0,1427$, $1,174 \pm 0,0551$ ve $1,201 \pm 0,0566$ 'dır. HI değerleri sırasıyla $0,118 \pm 0,1674$, $0,0773 \pm 0,0166$ ve $0,099 \pm 0,1787$ 'dir. Akciğer-PTV(V20%) dozu IMRT ve IMRT+ÖN/ARKA ile hazırlanmış tekniklerde 3DCRT'ye göre daha düşüktür. Akciğer-PTV(V5%) dozu anlamlı olarak IMRT+ÖN/ARKA hibrit tekniğinde en düşüktür. MU değerleri 3DCRT, IMRT ve IMRT+ÖN/ARKA ile hazırlanmış hibrit planlarda sırasıyla $299,3 \pm 18,3$, $1108,2 \pm 229,15$ ve $840,5 \pm 221,4$ 'tür. IMRT+ÖN/ARKA tekniği ile oluşturulan hibrit planlarda MU değerlerinin IMRT ile yapılan planlardan çok daha düşük olması bu tekniğin bir diğer avantajıdır.

Bu çalışmamızın sonucunda, akciğer tümörlerinin radyoterapisinde IMRT tekniği ve IMRT ile oluşturulan IMRT+ÖN/ARKA kullanılması plan kalitesini arttırdığını ve kritik organ dozlarının azalttığı görülmüştür. IMRT+ÖN/ARKA hibrit planların kullanılması iyi bir seçenek olarak gözükmektedir.

Anahtar Kelimeler: Akciğer radyoterapisi; hibrit IMRT; IMRT; plan karşılaştırma; 3DCRT



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



PP.13 - Sağ Akciğer Kanseri Tedavisinde Raystation ve Monaco Tedavi Planlama Sistemlerinin Toplam Monitor Unit ve Optimizasyon Süresi Açısından Karşılaştırılması

Melis Teke¹, Ersan Yılmaz¹, Mert Cananoglu², Mecit Canbolat³, İlker Çatan³, Taylan Bükülmez², Mehmet Sinan Karabey¹

¹ Kocaeli VM Medical Park Hastanesi, Radyasyon Onkolojisi Bölümü, Kocaeli, Türkiye

² İstinye Üniversitesi, LİV Hastanesi, Radyasyon Onkolojisi Bölümü, İstanbul, Türkiye

³ Oncotech Medikal Sistemler, Ankara, Türkiye

Amaç: İki farklı tedavi planlama sistemi(TPS) kullanarak akciğer kanseri hastalarının tedavi planlarının total monitör unit ve optimizasyon sürelerinin karşılaştırılmasıdır.

Materyal ve Metot: Kocaeli VM Medical Park Hastanesi Radyasyon Onkolojisi bünyesinde bulunan Raystation v.8A (TPS1) ve İstinye Üniversitesi LİV Hastanesi bünyesinde bulunan Monaco v.5.51.02 (TPS2) verileri kullanılmıştır. VM Kocaeli Medical Park Hastanesi'nde tedavi görmüş 10 farklı akciğer hastasının bilgisayarlı tomografi (BT) görüntüleri retrospektif olarak seçilmiştir. Elde edilen BT görüntüleri Raystation v.8A ve Monaco v.5.51.02 planlama bilgisayarlarına yüklenerek her hasta için tedavi alanı ve kritik yapılar radyasyon onkologu tarafından konturlanmıştır. 2 farklı TPS verileri kullanılarak 10 farklı hasta için 200 cGy/gün toplamda 30 fraksiyon tedavinin doz hesaplaması yapılmıştır. 6 MV enerji kullanarak 5 farklı (190°,230°,270°,310°,350°) ışın sahası ve her ışın için 10 segment kullanarak yoğunluk ayarlı radyoterapi planları hazırlanmıştır. Hedef hacim ve kritik organlar açısından birbirine yakın planlar elde edilmiş ve planların toplam MU'su ve optimizasyon süreleri incelenmiştir.

Bulgular: Yapılan planların hepsinde hedef PTV hacminin %100'ü tanımlanan dozun %95'ini alacak şekilde uygulanarak tüm veriler değerlendirilmiştir. TPS1 verileri kullanılarak yapılan doz hesaplamasında PTV'nin D_2 , D_{98} ve D_{50} ortalama dozları sırasıyla 61,02, 57,99 ve 59,96 Gy'dir. Kritik organ dozlarından kalp için D_{mean} ortalama dozu 6,79 Gy; akciğer için V_{20} ve D_{mean} ortalama değerleri sırasıyla %23,89 ve 14,52 Gy; özefagus için D_{mean} ortalama dozu 21,55 Gy; spinal kanal için D_{max} ortalama dozu 37,86 Gy'dir. Elde edilen tedavi planlarının ortalama toplam MU'su 404,44 ve ortalama optimizasyon süresi 30,1 saniyedir. TPS2 için PTV, kalp, akciğer, özefagus ve spinal kanal için ortalama doz değerleri, ortalama toplam MU ve optimizasyon süresi hesaplanmıştır. PTV için D_2 , D_{98} ve D_{50} ortalama dozları sırasıyla 62,11, 59,37 ve 60,90 Gy'dir. Kritik organ dozları kalp için D_{mean} ortalama dozu 5,62 Gy; akciğer için V_{20} ve D_{mean} ortalama değerleri sırasıyla %25,16 ve 13,99 Gy; özefagus için D_{mean} ortalama dozu 21,54 Gy; spinal kanal için D_{max} ortalama dozu 40,18 Gy'dir. Tedavi planlarının ortalama toplam MU'su 561,8 ve ortalama optimizasyon süresi 382,6 saniyedir. Farklı TPS verileri ile elde edilen toplam MU değerleri karşılaştırıldığında bulunan sonuçlar istatistiksel olarak Raystation lehine anlamlı bulunmuştur ($p=0,03<0,05$). Elde edilen optimizasyon süreleri karşılaştırıldığında Raystation istatistiksel anlamda üstün bulunmuştur ($p=0,03<0,05$).

Sonuç: İki farklı TPS verisi kullanılarak birbirine benzer yapılan tedavi planlarının sayısal değerlerinin analizi sonucunda tedavi planlarının toplam MU değerleri ve optimizasyon sürelerine bakıldığında Raystation lehine istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler : Akciğer kanseri; monaco; monitor Unit; optimizasyon süresi; raystation



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



PP.14 - Prostat Kanseri Tedavisinde Raystation ve Monaco Tedavi Planlama Sistemlerinin Toplam Monitor Unit ve Optimizasyon Süresi Açısından Karşılaştırılması

Taylan Bükülmez¹, Mert Cananoglu¹, Melis Teke², Ersan Yılmaz², Mecit Canbolat³, İlker Çatan³, Mehmet Sinan Karabey²

¹İstinye Üniversitesi, LİV Hastanesi, Radyasyon Onkolojisi Bölümü, İstanbul, Türkiye

²Kocaeli VM Medical Park Hastanesi, Radyasyon Onkolojisi Bölümü, Kocaeli, Türkiye

³Oncotech Medikal Sistemler, Ankara, Türkiye

Amaç: İki farklı tedavi planlama sistemi(TPS) kullanarak prostat kanseri hastalarının tedavi planlarının total monitör unit ve optimizasyon sürelerinin karşılaştırılmasıdır.

Materyal ve Metot: Kocaeli VM Medical Park Hastanesi Radyasyon Onkolojisi bünyesinde bulunan Raystation v.8A (TPS1) ve İstinye Üniversitesi LİV Hastanesi bünyesinde bulunan Monaco v.5.51.02 (TPS2) verileri kullanılmıştır. VM Kocaeli Medical Park Hastanesi'nde tedavi görmüş 10 farklı prostat hastasının bilgisayarlı tomografi (BT) görüntüleri retrospektif olarak seçilmiştir. Elde edilen BT görüntüleri Raystation v.8A ve Monaco v.5.51.02 planlama bilgisayarlarına yüklenerek her hasta için tedavi alanı ve kritik yapılar radyasyon onkologu tarafından konturlanmıştır. 2 farklı TPS verileri kullanılarak 10 farklı hasta için 200 cGy/gün toplamda 39 fraksiyon tedavinin doz hesaplaması yapılmıştır. 6 MV enerji kullanarak 7 farklı (210°,260°,310°,0°,50°,100°,150°) ışın sahası ve her ışın için 10 segment kullanarak yoğunluk ayarlı radyoterapi planları hazırlanmıştır. Hedef hacim ve kritik organlar açısından birbirine yakın planlar elde edilmiş ve planların toplam MU'su ve optimizasyon süreleri incelenmiştir.

Bulgular: Yapılan planların hepsinde hedef PTV hacminin %100'ü tanımlanan dozun %95'ini alacak şekilde uygulanarak tüm veriler değerlendirilmiştir. TPS1 verileri kullanılarak yapılan doz hesaplamasında PTV'nin D_2 , D_{98} ve D_{50} ortalama dozları sırasıyla 79,31, 75,39 ve 77,80 Gy'dir. Kritik organ dozları, rektum için V_{40} , V_{50} , V_{60} , V_{65} , V_{70} ve V_{75} ortalama dozları sırasıyla 28,02, 21,31, 15,58, 12,65, 9,48 ve 5,60 Gy; mesane için D_{max} , V_{40} , V_{65} , V_{70} , V_{75} ve V_{80} ortalama dozları sırasıyla 78,26, 31,40, 15,25, 12,21, 7,93 ve 0,08 Gy'dir. Elde edilen tedavi planlarının ortalama toplam MU'su 650,69 ve ortalama optimizasyon süresi 42,02 saniyedir. TPS2 için PTV, mesane ve rektum ortalama doz değerleri, ortalama toplam MU ve optimizasyon süresi hesaplanmıştır. PTV için D_2 , D_{98} ve D_{50} ortalama dozları sırasıyla 80,69, 77,21 ve 79,10 Gy'dir. Kritik organ dozları, rektum için V_{40} , V_{50} , V_{60} , V_{65} , V_{70} ve V_{75} ortalama dozları sırasıyla, 31,31, 25,05, 19,39, 16,59, 13,52 ve 9,69 Gy ; mesane için D_{max} , V_{40} , V_{65} , V_{70} , V_{75} ve V_{80} ortalama dozları sırasıyla 79,83, 23,65, 12,76, 10,64, 8,05 ve 0,75 Gy'dir. Tedavi planlarının ortalama toplam MU'su 710,6 ve ortalama optimizasyon süresi 222,2 saniyedir. Farklı TPS verileri ile elde edilen toplam MU değerleri karşılaştırıldığında bulunan sonuçlar istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur ($p=0,18>0,05$). Fakat elde edilen optimizasyon süreleri karşılaştırıldığında Raystation istatistiksel anlamda üstün bulunmuştur ($p=0,02<0,05$).

Sonuç: İki farklı TPS verisi kullanılarak yapılan tedavi planlarının sayısal değerlerinin analizi sonucunda tedavi planlarının toplam MU değerleri arasında istatistiksel anlamda anlamlı bir fark bulunamazken optimizasyon sürelerine bakıldığında Raystation lehine istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Monaco; monitor unit; optimizasyon süresi; prostat kanseri; raystation



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



PP.15 - Farklı Tedavi Planlama Sistemi Algoritmalarında Tüm Vücut Işınlamasının Doz Karşılaştırılması

Gökçe Uçar Alveroğlu¹, Nazmiye Dönmez Keskin¹, Canan Köksal Akbaş¹, İnci Kınır Çeltik², Hatice Bilge Becerir¹

¹*İstanbul Üniversitesi Onkoloji Enstitüsü*

²*Manisa Celal Bayar Üniversitesi*

Amaç: Tüm vücut ışınlamalarında homojen olmayan vücut şekli ve doku yoğunluğu varyasyonları nedeniyle homojen doz dağılımı elde etmek kolay değildir. Radyoterapide temel amaç, planlanan hedef volümde (PTV) homojen doz dağılımı elde ederken kritik organlarda maksimum koruma sağlamaktır. Bu çalışmanın amacı tüm vücut ışınlamalarında (TVI), farklı tedavi planlama sistemi (TPS) algoritmalarını kullanarak PTV doz sarımını, kritik organ dozlarını ve doz homojenliğini Tomoterapi ve VMAT planlama teknikleri üzerinden değerlendirmektir.

Gereç ve Yöntemler: Bu çalışmada, tüm vücudu geometrik olarak simüle etmek amacıyla pirinç materyali ile kollar ve bacaklar eklenerek elde edilen erkek fantom kullanıldı. Randofantom vakum yatak aracılığıyla sabitlendi ve 3 mm BT görüntüleri alındı. Tüm vücut, akciğerler, lens ve böbrekler 3 mm marj ile konturlandı ve PTV oluşturuldu. TVI tedavilerinde 7-10 Gy akciğer ortalama dozu hedeflenir ve akciğerlerin orta noktası referans noktası olarak görülür. Tüm tedaviler için lens dozu 5 Gy'nin altında kabul edilebilir. Bu çalışmada TPS'de organlar için doz kısıtlamaları; PTV'nin % 90'ı 12 Gy, maksimum lens dozları 4 Gy, ortalama akciğer dozları 8 Gy, ortalama böbrek dozları 7 Gy olarak kabul edildi. PTVmax, lensmax, akciğer ortalama ve böbrek ortalama dozları VoLo v2.0.4, Eclipse v8.9 ve Eclipse v15.6 TPS algoritmaları kullanılarak karşılaştırıldı. Homojenite indeksi (HI) ICRU 83'e göre hesaplandı.

Bulgular: Bu çalışmanın sonucuna göre, ortalama akciğer dozları VoLo TPS için 7.60/7.71 Gy (sağ/sol), Eclipse v15.6 TPS için 9.07/9.23 Gy (sağ/sol), Eclipse v8.9 TPS için 9.36/9.48 Gy (sağ/sol) idi. Ortalama böbrek dozları VoLo TPS için 6.70/6.51 Gy (sağ/sol), Eclipse 15.6 TPS için 6.46/6.43 Gy (sağ/sol), Eclipse v8.9 TPS için 8.19/8.21 Gy (sağ/sol) idi. Maksimum lens dozları VoLo TPS için 2.94/3.18 Gy (sağ/sol), Eclipse v15.6 TPS için 2.24/2.49 Gy (sağ/sol), Eclipse v8.9 TPS için 4.86/5.46 Gy (sağ/sol) idi. HI değerleri VoLo v2.0.4 TPS için 0.16, Eclipse v15.6 TPS için 0.29 ve Eclipse v8.9 TPS için 0.24 olarak bulundu.

Sonuç: Çalışmanın sonucunda VoLo v2.0.4 ve Eclipse v15.6 algoritmaları ile elde edilen kritik organ dozları birbirine yakinken, Eclipse v8.9 algoritması ile daha yüksek organ dozları elde edildiği görüldü. Ayrıca Tomoterapi cihazına ait olan VoLo v2.0.4 algoritması ile hedef hacimde daha homojen bir doz dağılımı elde edilebilmektedir. Bununla birlikte çalışmamızda aynı algoritmanın daha güncel versiyonları ile plan kalitesinin de arttırılabildiği görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Tomoterapi, VMAT, TVI, algoritmalar



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



PP.16 - Glioblastoma Hastalarında Adaptif Radyoterapi: Hedef Hacim ve Risk Altındaki Organ Dozları Değişimi

Öznur Şenkesen¹, Evrim Tezcanlı¹, Ufuk Abacıoğlu¹, Zeynep Özen², Halil Küçükçuk², Evren Ozan Göksel¹, Alptekin Arifoğlu², Meriç Şengöz¹

¹Acıbadem Mehmet Ali Aydınlar Üniversitesi

²Acıbadem Altunizade Hastanesi

Amaç: Çalışmamızda, Glioblastoma (GBM) hastalarında radyoterapi (RT) devam ederken, tümör hacmi değişiminin ve adaptif boost planlama yaklaşımının tümörün yeterli dozu almasına ve normal dokunun korunmasına katkısının araştırılması amaçlanmıştır.

Gereç ve Yöntem: Retrospektif olarak yapılan çalışmaya Haziran 2018 ile Mayıs 2020 arasında RT uygulanan patolojik olarak doğrulanmış 24 GBM hastası dahil edilmiştir. RT tedavi planları RTOG önerisine göre iki faz olarak planlanmıştır. Tüm hastalara, T1 kontrastlı ve T2 ağırlıklı Manyetik Rezonans (MR) sekansları ve BT simülasyon, RT'den hemen önce (MR_başlangıç, CT_başlangıç) ve RT'nin 4. haftasında boost tedavisinden önce (MR_adapt, CT_adapt) yapılmıştır. RT'nin ilk aşaması için GTV₁, CTV₁ ve PTV₁ hacimlerini tanımlamak için hem kontrastlı T₁ hem de T₂ ağırlıklı MR_başlangıç görüntüleri kullanılmıştır. GTV₂ boost hacmini belirlemek için T₁ kontrastlı MR_başlangıç görüntüleri ve GTV₂_adapt hacmini tanımlamak için T₁ kontrastlı MR_adapt görüntüleri kullanılmıştır. Bu çalışma için PTV₂ boost hacmi, CT_başlangıç görüntüleri üzerinde oluşturulan ilk boost planı (Plan_başlangıç), optimizasyon ve normalizasyon değerleri korunarak PTV₂_adapt çizilmiş olan CT_adapt görüntüleri üzerinde hesaplatılmıştır. Ardından, PTV₂_adapt hacmi için CT_adapt görüntüleme kullanılarak Plan_adapt oluşturulmuştur. Hedef hacimler ve OAR'ler için DVH parametreleri, CT_adapt üzerinde oluşturulan bu iki boost planı kullanılarak karşılaştırılmıştır. Plan_başlangıç ve Plan_adapt boost planları, ilk faz planı ile toplanarak toplam doza etkisi araştırılmıştır. Hedef hacimlerdeki değişiklikler ve ortalama dozlar, PTV için V₉₅, D₉₅ ile beyin sapı, optik kiazma, sağ ve sol optik sinir, sağ ve sol göz için maksimum ve ortalama dozlar ve 10Gy (V10) alan sağlıklı beyin dokusu hacmi karşılaştırılmıştır.

Bulgular: Beş hastada (%21) hedef hacimde büyüme, 19 hastada (%79) küçülme görülmüştür. Başlangıç ve adaptif GTV, CTV ve PTV hacimleri için ortalama değişim farkları incelendiğinde *p* değerleri sırasıyla 0.003, 0.004, 0.001 ile istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Başlangıç ve adaptif CT'de Ortalama GTV, CTV, PTV boost hacimleri ve boost hacim değişimi farkları tablo 1'de sunulmuştur. PTV D_{mean} dozları (*p*=0.053) ve PTV D₉₅ dozları (*p*=0.056) için değişiklikler sınırda anlamlı, beyin sapı ve optik kiazma için maksimum doz değerlerinde farklılıklar anlamlı bulunmuştur (sırasıyla *p*=0.005, *p*=0.032). Sağlıklı beyin dokusu için V₁₀'un adaptif planlarda önemli ölçüde azaldığı (*p*=0.004), Plan_başlangıç ile karşılaştırıldığında Plan_adapt'ta ipsilateral optik sinir maksimum doz değerlerinin anlamlı olarak düştüğü bulunmuştur (*p*<0.001). Tablo 2'de OAR ve PTV D_{mean}, D_{median}, V₉₅, D₉₅ için boost plan maksimum ve mean doz farkları sunulmuştur. Plan_başlangıç ve Plan_adapt boost planları, ilk faz planı ile toplanarak toplam doza etkisine ait sonuçlar Tablo 3'te sunulmuştur.

Sonuç: Bu çalışmada GBM hastalarında RT sırasında hedef hacimde değişikliklerin olduğu görülmüştür. RT'nin boost fazı için yinelenen MR simülasyonu ile adaptif planlama yapılmasının, lezyon küçülmesi olan hastalarda daha iyi normal doku koruması sağlarken, hedef hacim büyümesi olduğunda tedavi hacimlerinin yetersiz kapsanmasını önleyebileceği görülmektedir. GBM hastalarında adaptif radyoterapi planlamasının kliniğe yansımaları gösterecek çalışmalara ihtiyaç vardır.

Tablo 1: Başlangıç ve adaptif CT 'de Ortalama GTV, CTV, PTV boost hacimleri ve boost hacim değişimi farkları



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



	Başlangıç Boost Hacimleri ort ± stan.sap. (min-max) (cc)	Adaptif Boost Hacimleri ort ± stan.sp. (min-max) (cc)	Boost Hacim Farkı Δ TV (cc) ort± stan.sap. (min-max)	Boost Hacim Farkı Δ TV(%) ort± stan.dev. (min-max)	<i>p</i> de- ğerleri
GTV	45.0 ± 27.5 (-4.2)- (-111.1)	38.2 ± 26.3 (-1.8)- (-111.5)	6.8± 9.6 (-0.68)- (-28.3)	18.3 ± 23 (-1.3) - (-60)	0.003
CTV	122.3± 59.5 (-36.3)- (-278.5)	107.29± 55.1 (-32.6)- (-287.4)	14.98 ±23.9 (-1.2)- (-78.1)	11.02 ± 20.1 (-0.75- (53.0)	0.004
PTV	153.1± 68.5 (-48)- (-327.5)	133.62± 64.32 (-43.4)- (-338.3)	19.4 ±25.6 (0.04)- (-84.9)	12.3 ± 16.6 (0 - (-35.9)	0.001

(-) adaptif CT de küçülen (+) büyüyen hedef hacimlerini göstermektedir. Δ TV ;Hesaplanan farklar $GTV_{adapt} - GTV_{başlangıç}$, $CTV_{adapt} - CTV_{başlangıç}$ and $PTV_{adapt} - PTV_{başlangıç}$

Tablo 2. OAR ve PTVD_{mean}, D_{median}, V₉₅, D₉₅ için Boost Plan maximum ve mean doz farkları;

	Adaptif Plan Yapılmadan Boost Plan		Adaptif Boost Plan		<i>p</i> değer- leri
Parametreler	mean±stan dev	median (min- max)	mean±stan dev	median (min-max)	
Beyinsapımax (cGy)	799.5± 453	722.2 (915.8- 1468.3)	704.7± 437.6	587.1 (107.1- 1466.1)	0.005
Beyinsapımean (cGy)	233.1± 135.9	211.2 (66.8- 588.4)	235.4± 134.5	215.8 (21.7- 463)	0.648
Kiazmamax (cGy)	598.5± 358.2	568.6 (149.4- 1360)	488.5± 262.6	485.6 (105.8- 973)	0.032
Kiaznamean (cGy)	320.2± 144.4	301.4 (104.3- 580)	305.2± 148.2	327.9 (74.2- 663.8)	0.407
Contralateralgözmax (cGy)	223.7±143.5	181.4 (67- 642.7)	218.4± 156.4	153.4 (58.5-737.4)	0.587
Contralateralgözmean (cGy)	136.5±78.9	120.2 (41.6- 386.2)	132.7± 96.9	114.8 (36-506.8)	0.361
Ipsilateralgözmax (cGy)	343.4± 239.5	328.2 (54.3- 1065)	376.3±277.2	328.9 (67.1-1097.9)	0.549
Ipsilateralgözmean (cGy)	162.1± 94.5	148.4 (25.3- 403.9)	182.3±113.6	169.8 (25.3-421.5)	0.284
ContralateralOpticNerve- max (cGy)	265.9± 174.1	219 (74.5- 799.8)	263± 179.1	222 (48.7-823.5)	0.668



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



Contralateral Optic Nerve-mean (cGy)	195.5± 141.2	152.9 (50.5-632.1)	193.6± 151.1	167.9 (41-694.2)	0.853
Ipsilateral Optic Nerve max (cGy)	193.7± 151.1	167.8 (41-694.2)	455.8± 338.9	373.3 (48.3-1134.8)	<0.001
Ipsilateral Optic Nerve mean	296.1±207.3	247.2 (56.1-814.7)	297.5±204.6	275 (25.7-777.1)	0.587
Sağlıklı Beyin Dokusu V10 (cc)	75.2± 30.5	74.8 (23.2-141.6)	55.3± 26.5	48.8 (16.8-112)	0.004
PTV D mean (cGy)	1402±30.8	1406.5 (1317-1437)	1416.1±20.6	1409 (1392-1476)	0.053
PTV D median (cGy)	1419± 16.3	1420.5 (1389-1452)	1423.3± 19.8	1417 (1395- 1475)	0.401
PTV V95 (cc)	176.9±252.8	132.2 (43-337)	129.6±63.6	133.8 (43-337)	0.365
PTV D95 (cGy)	1299.7±136.7	1334 (812-1417)	1353±31.7	1335 (1329-1445)	0.056

Table 3: OAR ve PTV D_{mean}, D_{median}, V₉₅, D₉₅ için Toplam Plan maximum ve mean doz farkları

Adaptif Plan Yapılmadan Toplam Plan			Adaptif Toplam Plan		p Value
Parametreler	mean±stand dev.	median (min-max)	mean±stand dev.	median (min-max)	
Beyinsapı max(cGy)	3921.5± 1790.9	4105.5 (855-6110)	3668.3± 1789.7	33910 (742-6086)	0.018
Beyinsapı mean(cGy)	1463.4± 676	1501 (330-2557)	1423.9± 698.4	1314 (289-2667)	0.966
Kiazma max(cGy)	3334.6± 1641	2945 (661-5772)	3230± 1581	2953 (595-5473)	0.019
Kiazma mean(cGy)	2266.3± 1174	2126 (528-5299)	2250± 1153.3	2244 (486-4909)	0.415
Contralateral göz max(cGy)	1032.9± 631.5	951 (327-3019)	1035.9± 651.4	937.5 (327-3158)	0.721
Contralateral göz mean(cGy)	626.9± 347.4	604 (202-1651)	594± 298.9	586 (202-1555)	0.366
Ipsilateral göz max(cGy)	1692.8± 1138.7	1373 (113.8-4526)	1763.7± 1129.4	1421 (431-4557)	0.140
Ipsilateral göz mean(cGy)	869.6 ± 439.2	856.5 (267-1904)	837.5± 383.8	838 (262-1724)	0.590
Contralateral Optic Nerve max(cGy)	1397.4± 898.1	1212 (290-4486)	1391± 908	1217 (274-4500)	0.594



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



Contralateral Optic Nerve-mean (cGy)	978.2±660.8	827.5 (257-3220)	976± 667.7	838 (248-3284)	0.867
Ipsilateral Optic Nerve max (cGy)	2596.2±1616.8	2180 (544-5691)	2547±1585.9	2091 (543-5458)	0.014
Ipsilateral Optic Nerve-mean (cGy)	1699± 1030.4	1477.5 (380-3817)	1679.5 ±1017	1478.5 (388-3757)	0.110
Sağlıklı Beyin Dokusu V10 (cc)	825.4±205	841.5 (339.9-1178)	820.7 ±206.7	839.5 (332-1171)	0.193
PTV D mean (cGy)	6041±78.3	6030 (5918-6213)	6049± 69.2	6041 (5952-6187)	0.429
PTV D median (cGy)	6075±76	6064 (5967-6228)	6075±68.8	6060 (5955-6193)	0.975
PTV V95 (cc)	129.3±61.5	133.5 (43.3-320)	130.9± 61.9	135.5 (43.3-323.2)	0.01
PTV D95 (cGy)	5786 ±220.4	5794 (5164-6095)	5836± 173.9	5866 (5375-6088)	0.081

Anahtar Kelimeler: Adaptif planlama, glioblastoma, high-grade glioma, image-guided, advanced imaging



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



PP.17 - Prostat Kanseri Yoğunluk Ayarlı Radyoterapi Tedavisinde Rektum Volümünün Akut Gastro İntestinal Toksisite Oluşumuna Etkisi

Gamze Boz, Duygu Gedik, Sevim Eryılmaz, Ayfer Ay Eren

Kartal Dr.Lütfü Kırdar Şehir Hastanesi

Amaç: Prostat kanserinde yüksek doz radyoterapi, yüksek lokal kontrol oranına sahiptir. Genellikle yüksek dozların normal doku toksisitesi göz ardı edilmektedir. Yoğunluk ayarlı radyoterapi (IMRT) ile tedavi ettiğimiz prostat kanserinde akut gastro intestinal (GİS) yan etki oluşumuna neden olabilecek rektal volüm –çap ve rektumla ilişkili dozimetrik değerlendirmeyi amaçladık.

Materyal –ve metot: Küratif veya post operatif IMRT ile tedavi ettiğimiz 79 hasta akut GİS toksisite açısından Radiation Therapy Oncology Group toxicity (RTOG) e göre değerlendirildi. Akut GİS yan etki varlığı ve gradı ile rektum volüm ve çapında içeren dozimetrik parametreler değerlendirildi.

Sonuç: IMRT ile tedavi edilen 79 hasta değerlendirildi. RT sonrası hastaların 21(%26,6)'inde akut GİS toksisite gözlenmiş olup, 7 sinde Grade2 (%8,8), 14 'ünde Grade1(%17,6) akut yan etki gözlenmiştir. Hiçbir olguda grade 3-4 toksisite gözlenmemiştir. Akut GİS yan etki -grade ile Doz volüm histogramlarındaki rektumun sırasıyla; V75 rektum %, V65 rektum %, V40 rektum %, V30 rektum %, Rektum volüm (cm³) ve en geniş çap (cm) ölçümleri arasında anlamlı ilişki bulunmamıştır (p>0,05). PTV küratif RT için Dmedian 78 Gy (72-84 Gy), post operatif RT de ise PTV Dmedian 66 Gy (63-72 Gy) dir. Küratif veya postoperatif radyoterapinin akut Gis yan etki oluşumu ve Grade'ı arası anlamlı ilişki bulunmamıştır (p değerleri sırası ile p=0,693, P=0,307). Planlamada en geniş rektum çapının 5 cm den az olması ile akut gis yan etki ve akut gis yan etki grade ı arası anlamlı ilişki bulunmamıştır (p=0,414, p=0,546). Her ne kadar yan etki varlığı rektum volüm ve en geniş çapından bağımsız olsa da yan etki görülmeyen hastaların rektum ön arka çapı ortalama 4,53cm (±0,79) di ve yan etki görülenlerden daha düşük değerdeydi. rektum ön arka çapı ile yan etki grade 'ı arasındaki ilişki anlamsız çıksada grade artıka sırasıyla rektum ön arka çapı artmaktaydı. Ortalama değerleri sırasıyla grade 0 ; 4,47cm, grade 1; 4,53 cm, grade 2; 4,70cm.

IMRT ile prostat kanseri tedavisi düşük akut gis toksiste oranlarına sahip olup, akut Gis yan etki oluşumu bizim çalışmamıza göre rektum volüm –çap ve rektumla ilgili dozimetrik parametrelerden bağımsızdı.

Anahtar Kelimeler: Prostat IMRT, rektal volüm, rektum ön arka çap, akut gis yan etki



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



PP.18 - Akciğer Kanseri Tedavisinde Yoğunluk Ayarlı Radyoterapi Tekniği Kullanılarak Tedavi Planlama Sistemlerinin Farklılıklarının İncelenmesi

Aykut Oğuz Konuk¹, Ayşegül Ünal Karabey¹, Gülşah Özkan¹, Berna Tırpancı¹, Ersan Yılmaz², Melis Teke², İbrahim Halil Suyusal¹, Mehmet Sinan Karabey², Maksut Görkem Aksu¹

¹Kocaeli Üniversitesi Araştırma ve Uygulama Hastanesi, Radyasyon Onkolojisi, Kocaeli

²VM Medical Park Kocaeli Hastanesi, Radyasyon Onkolojisi, Kocaeli

Amaç: Yoğunluk ayarlı radyoterapi (IMRT) tekniği ile iki farklı tedavi planlama sistemi kullanılarak kritik organları ve tedavi sürelerini karşılaştırmaktır.

Yöntem: Kocaeli Üniversitesi Araştırma ve Uygulama Hastanesi Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı'nda tedavi edilmiş 20 sol yerleşimli akciğer kanserli hasta retrospektif olarak belirlenmiştir. Bilgisayarlı tomografi (BT) görüntüleri üzerinden Eclipse V13.6 Tedavi Planlama Sistemi (TPS) ve Raystation V8A tedavi planlama sistemlerinde radyoterapi planları oluşturulmuştur. 7 alan (tedavi açıları 0, 40, 80, 120, 160, 200, 320 derece) IMRT tekniğiyle oluşturulmuş planlarda kritik organlar olarak total akciğer, sağ akciğer, spinal cord, kalp ve özefagus belirlenmiştir. Plan kabul kriteri hedef hacminin (PTV) %95'i tanımlanan dozun tamamını alacak şekilde kabul edilmiştir. Kritik organ dozları ve tedavi süreleri karşılaştırılmıştır.

Bulgular-Sonuç: Tablo 1'de kritik organların aldığı dozlar ve plan maksimum değerleri verilmiştir. Eclipse ve Raystation TPS de total akciğerin V_5 , V_{10} , V_{20} ve mean doz değerleri karşılaştırıldığında aralarındaki farklar sırasıyla %10.33, %5.52, %2.7 ve %6.9 elde edilmiştir (tablo2). Sağ akciğerin V_5 ve mean doz değerleri karşılaştırıldığında aradaki fark sırasıyla %10.2 ve %7.98 olarak elde edilmiştir.

Tedavi Planlama Sistemleri	Total Akciğer V5(%)	Total Akciğer V10(%)	Total Akciğer V20(%)	Total Akciğer Mean (cGy)	Karşı Akciğer V5(%)	Karşı Akciğer Mean(cGy)	Ms Max (cGy)	Heart Mean (cGy)	Heart V30 (%)	Özefagus Mean (cGy)	Özefagus V35(%)	Maksimum doz (cGy)
Eclipse	45.788	27.191	17.637	1051	41.701	570.92	3171.75	1233.01	12.731	1652.16	16.426	6588.74
Raystation	51.066	28.779	18.127	1128.9	46.427	620.4	3013.9	1339.6	13.728	1486.1	19.098	6352.9

Tablo 1: Eclipse ve Raystation kritik organ dozları

Arasındaki Farklar Değerlendirildiğinde;

Aralarındaki Farklılık	Total Akciğer V5	Total Akciğer V10	Total Akciğer V20	Total Akciğer Mean	Karşı Akciğer V5	Karşı Akciğer Mean	Ms Max	Heart Mean	Heart V30	Özefagus Mean	Özefagus V35	Maksimum doz
% olarak	10.33	5.52	2.7	6.9	10.2	7.98	5.23	7.96	7.26	11.17	14	3.71

Tablo 2: TPS ler arası kritik organ dozları karşılaştırması

Medulla spinalisin (ms) maksimum aldığı dozların karşılaştırıldığında aradaki fark %5.23 olarak bulunmuştur.

Kalp'de mean doz ve V_{30} değerleri karşılaştırıldığında fark %7.96 ve %7.26 çıkmıştır. Özefagus mean doz ve V_{35} değerleri karşılaştırıldığında fark %11,17 olarak hesaplanmıştır. Klinik olarak kabul gören planların maksimumları değerlendirildiğinde Raystation TPS ile elde edilen değerlerde istatistiksel olarak anlamlı fark elde edilmiştir ($p<0,05$). Kritik organ dozları NCCN verileri ile uyumlu olup her iki tedavi planlama sistemi de tedaviye uygun doz değeri sağlamıştır.

Anahtar Kelimeler: Prostat IMRT, rektal volüm, rektum ön arka çap, akut gis yan etki

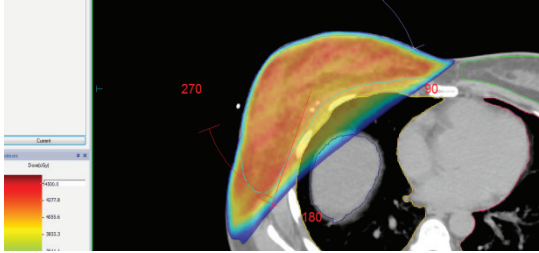
PP.19 - Sağ Meme Hastasında 3D-CRT, VMAT ve IMRT Tedavi Planlama Tekniklerinin Dozimetrik Karşılaştırılması

Kadir Taşpınar, Bahar Dirican, Murat Beyzadeoğlu

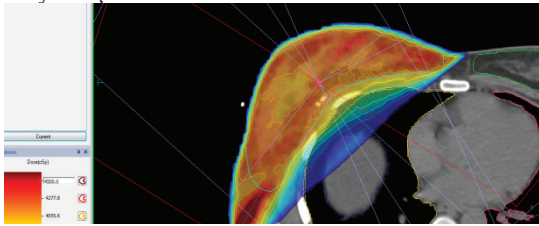
Sağlık Bilimleri Üniversitesi Gülhane Eğitim ve Araştırma Hastanesi Radyasyon Onkolojisi, Ankara, Türkiye

Giriş ve Amaç: Kadınlarda en çok görülen kanser türü olan meme kanseri, akciğer kanserinden sonra kadınlarda en sık ölüme neden olan kanser olarak karşımıza çıkmaktadır [1]. Mutlak nedeni tam olarak bilinmemekle birlikte; genetik, beslenme, doğum durumu, aile hikayesi gibi birçok faktör hastalığın gelişimine etki etmektedir [2]. Meme kanseri insidansı yaş ile paralel olarak artar ve bulunulan coğrafyaya bağlı olarak 75 yaşına kadar risk artışı devam edebilir [3, 4]. Bu çalışmanın amacı sağ meme radyoterapisinde; 3 boyutlu konformal radyoterapi (3D-CRT), yoğunluk ayarlı radyoterapi (IMRT) ve hacimsel ayarlı ark radyoterapisi (VMAT) tekniklerinin hedef hacim ve kritik organ dozları açısından değerlendirilmesidir.

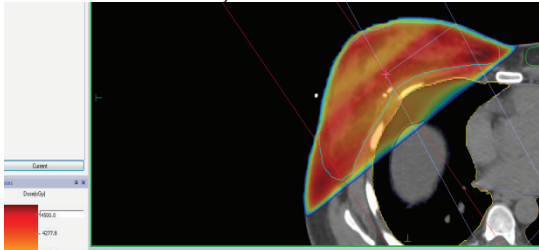
Olgu: 58 yaşındaki hasta patolojik olarak $T_2N_0M_0$ erken evre invaziv duktal meme karsinomu tanısı almış ve meme koruyucu cerrahi (MKC) operasyonu sonrası kliniğimize konsülte edilmiştir. Konsey kararı olarak 266 cGy x 15 fx akselere meme ışınlaması sonrası 200 cGy x 5 fx boost RT kararı alınan hastada, serbest solunum BT görüntüleri alındıktan sonra 3 ayrı teknikle planlamalar yapılmış ve hedef hacim ile kritik organ dozları karşılaştırılmıştır. Her 3 teknik ile yapılan planlara ait kesit görüntüleri ile plan detayları aşağıda verilmiştir.



Resim 1 VMAT tekniği: Karşılıklı 50'şer derecelik parsiyel arklar ile yapılan planda toplam 74 segment kullanılmış, 864 MU ile yaklaşık 2.3 dakikalık tedavi süresi elde edilmiştir.



Resim 2 IMRT tekniği: 4 alan ile yapılan bu planlamada toplam 58 segment kullanılmış, 880 MU ile yaklaşık 6 dakikalık tedavi süresi elde edilmiştir.

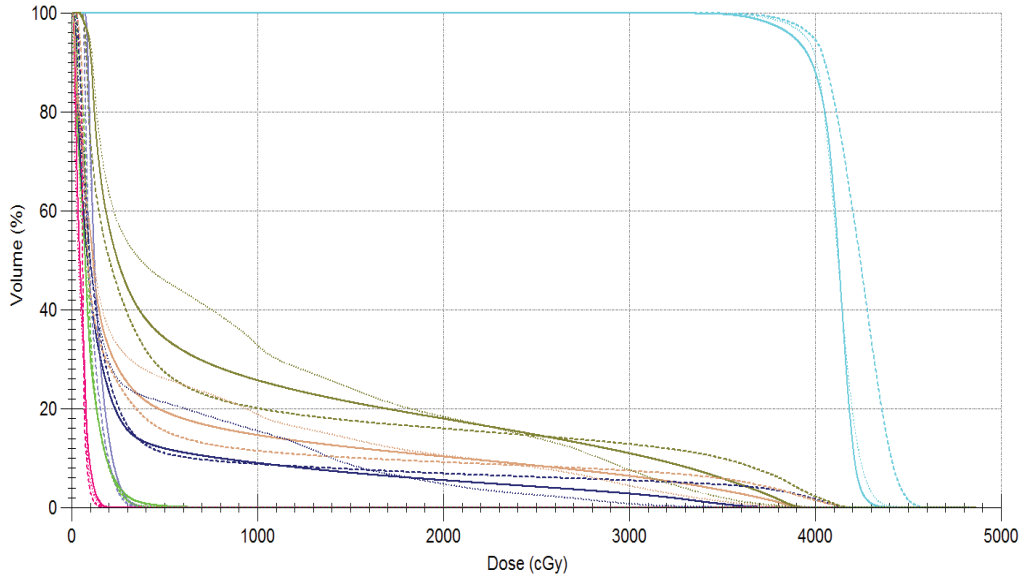


Resim 3 3D-CRT tekniği: Konvansiyonel tanjansiyel 2 alanla yapılan bu planda toplam 4 segment ve 366 MU kullanılmıştır. Her 3 tekniğin karşılaştırmalı toplam ve kritik organ Doz-Hacim Histogramları (DVH) aşağıda verilmiştir.



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



VMAT

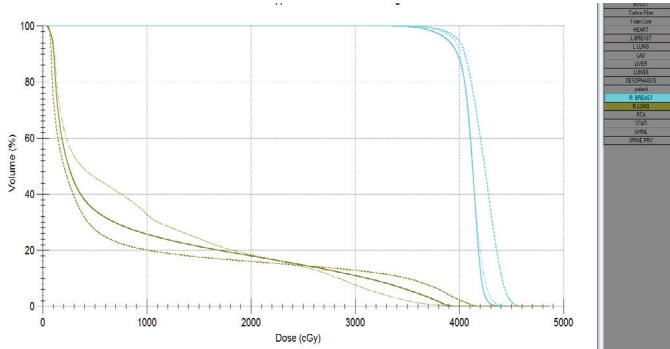
3D-CRT

IMRT

Grafik 1: 3 tekniğin karşılaştırmalı DVH grafiği

Sağ meme (PTV) dozları: 3D-CRT için V_{95} ile V_{107} sırasıyla %98.9 ve %29.91; IMRT için V_{95} ile V_{107} sırasıyla %98.46 ve %4.84, VMAT için V_{95} ile V_{107} sırasıyla %97.16 ve %15.21 olarak bulunmuştur.

Kontralateral meme dozları ise nokta doz (0.035 cc) olarak değerlendirilmiş ve 3D-CRT, IMRT ve VMAT için sırasıyla 5.32 Gy, 7.38 Gy ve 8.89 Gy olarak bulunmuştur.

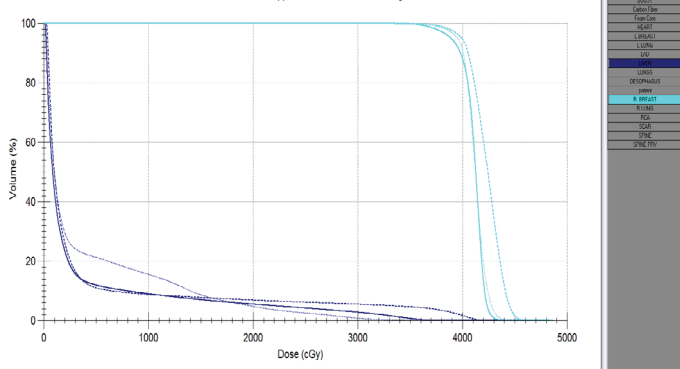


Grafik 2 ipsilateral akciğer dozları: 3D-CRT için V_5 , V_{10} , V_{20} ile mean doz sırasıyla %27.38, %20.04, %15.93 ve 7.92 Gy; IMRT için V_5 , V_{10} , V_{20} ile mean doz sırasıyla %45.92, %31.78, %18.39 ve 9.36 Gy; VMAT için V_5 , V_{10} , V_{20} ile mean doz sırasıyla %34.26, %25.70, %17.93 ve 8.58 Gy olarak bulunmuştur

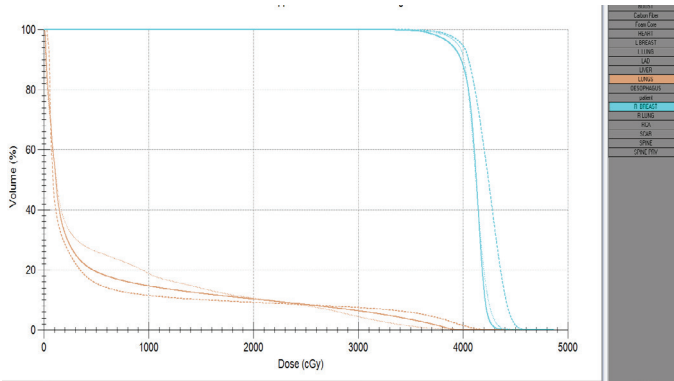


18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



Grafik 3: Karaciğer için mean dozlar 3D-CRT, IMRT ve VMAT için sırasıyla 3.95 Gy, 3.97 Gy ve 3.23 Gy olarak bulunmuştur. Dikkat çeken nokta 3D-CRT tekniği ile IMRT tekniğinin aynı mean doza sahip olmasına rağmen IMRT tekniğinin görece olarak düşük doz kabul edilebilecek 2 Gy - 16 Gy bölgesinde 3D-CRT tekniğine göre önemli ölçüde yüksek hacim ışınlaması, ancak 3D-CRT tekniğinin ise kabaca 7 Gy - 37 Gy arasında, grafikte herhangi bir kırılma olmaksızın ilgili karaciğer hacmini tamamen ışınladığıdır.



Grafik 4: İpsilateral akciğer dozları yukarıda detaylı incelendiğinden bilateral akciğer için sadece mean doz incelenmiştir ve 3D-CRT, IMRT ve VMAT için sırasıyla 4.80 Gy, 5.53 Gy ve 5.02 Gy olarak bulunmuştur.

Tartışma ve Sonuç: Yapılan bu çalışma 3 tedavi tekniğinin de PTV doz sarımında başarılı olduğu sonucunu ortaya koymuştur. 3D-CRT tekniğinde ise PTV içi sıcak bölgeler, elle yapılan segmentasyona rağmen, diğer planlama tekniklerine göre oldukça yüksek kalmaktadır. PTV doz sarımı ve alan içi sıcak hacim konusunda en ideal plan 4 alanlı IMRT tekniği olarak belirlenmiş ve VMAT tekniği ise 3D-CRT ile IMRT tekniklerinin ortasında yer almaktadır. Kritik organlar söz konusu olduğunda ise özellikle ipsilateral akciğer dozlarında, ABC gibi nefes hareketini kontrol altında tutan bir uygulama yapılmamasına rağmen, 3D-CRT tekniğinin V_5 ve V_{10} başta olmak üzere önemli bir üstünlüğü göze çarpmaktadır. Kontralateral meme dozlarında ise benzer şekilde en düşük doz 3D-CRT tekniği ile elde edilirken, sonrasında VMAT ve son olarak IMRT teknikleri gelmektedir. Karaciğer ve bilateral akciğer dozları açısından teknikler arasında önemli bir farklılık görülemez.

Sonuç olarak bu tekniklerin tümü meme tedavisinde güvenle kullanılabilir, hangi tekniğin kullanılacağını belirlemede fizikçinin tecrübesi kadar hasta anatomisi, klinik iş yükü ve tedaviden beklenen öncelikli hedefler belirleyici olacaktır.

Kaynaklar:

1. Jemal A., Thomas A., Murray T., Thun M., Cancer statistics, 2002, CA Cancer. J.Clin., 52: 23-47, 2002
2. Hulka B. S., Moorman P. G., Breast cancer: hormones and other risk factors, Maturitas, 38: 103-113, 2001
3. Bray F., Sankila R., Ferlay J., Parkin D. M., Estimates of cancer incidence and mortality in Europe in 1995, Eur.J. Cancer, 38: 99-166, 2002
4. Parkin D. M., Pisani P., Ferlay J., Global cancer statistics, CA Cancer J. Clin., 49: 33-64, 1999



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



PP.20 - Multiple Metastazlı Beyin Tümörlerinde SRS Tedavilerinin RTOG Protokollerine Göre İncelenmesi

Taha Erdoğan¹, Elif Şahin², Şule Öncül², Duriye Öztürk¹

¹ Afyonkarahisar Sağlık Bilimleri Üniversitesi

² İstanbul Medeniyet Üniversitesi

Çoklu beyin metaztaslarının tedavisinde, küçük alanlarda keskin doz düşüşü ve sağlıklı beyin dokusunun olabildiğince korunması nedeniyle stereotaktik radyocerrahi yöntemi tercih edilmiştir. Bu çalışmada retrospektif olarak rasgele seçilmiş 21 hastanın en az 2 ve en fazla 11 lezyonu bulunmaktadır. SRS uyumlu Linak cihazı ile yapılan planlarda 6MV veFFF enerjileri kullanılmıştır. Tüm lezyonların toplanıp tek merkezden ışınladığı (T-V-MAT) ve tüm lezyonların ayrı ayrı ışınlanıp plan Sum'da özetlendiği (Ç-VMAT) planları yapılmıştır. Ayrıca her bir tümör hacmine 0,1mm marj verilerek (Ç-VMAT +M) ve (Ç-VMAT +M) olmak üzere tekrar çalışılmıştır. Böylece her bir lezyon için toplam 8 farklı plan elde edilmiştir. Tüm planlarda hedef hacmin istenilen dozu alması sağlanmış kritik organların ise tolerans doz aralığında olmasına dikkat edilmiştir. Bu planların sonucuna göre konformalite indeks, homojenite indeks değerleri hesaplanmış ve istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığı incelenmiştir. Kritik organlar olarak optik sinirler, beyin sapı, kiazma, kohlealar ve lenslerin maksimum dozlarına bakılmıştır. Beyin dokusunun nekroz ihtimaline karşılık 12Gy ve 8 Gy alan sağlıklı beyin dokusu yüzde hacim oranlarında incelenmiştir. Ayrıca tedavi planlama sistemindeki tedavi süresine karşılık gelen Monitor Unit değerleri arasındaki farklarda istatistiksel olarak incelenmiştir. Karşılaştırmalar sonucunda çoklu beyin metastazına sahip olan hastalarda CI değerleri açısından her iki enerjide de çok izomerkezli Ç-VMAT planları öne çıkmaktadır. Kritik organlar açısından bakıldığında, lens dozları arasında anlamlı fark elde edilmiş olup kritik organ dozları arasından en iyi koruma yine Ç-VMAT planlarda elde edilmiştir. Monitor Unit değerleri incelediğimizde tek izomerkezli planların çok izomerkezli planlara göre 3 kat düşük olduğu gözlenmiştir. Bu ise tek izomerkezli planların tedavi sürelerinin çok izomerkezliye göre daha avantajlı olduğunu göstermektedir. Sağlıklı beyin dokusunun 12 Gy ve 8 Gy alan hacim yüzdesi karşılaştırılmış ve istatistikler arasında anlamlı fark bulunmuştur. Beyin-PTV 12Gy alan hacim yüzdesinin çok izomerkezli planlarda daha düşük olduğu bulunmuştur. Çalışma sonuçlarına göre farklı linac planları ile yapılan çok izomerkezli Ç-VMAT planlarda çalışılan hasta grubunda daha optimal sonuçlar gözlenmiştir. Ancak tümör lokalizasyonu, tümör hacimleri, kritik organlar göz önünde bulundurularak hangi yöntemin daha uygun olduğuna karar verilmelidir.

Anahtar Kelimeler: Çoklu beyin metastazları, srs, beyin tümörleri



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



PP.21 - Hastaya Özel 3 Boyutlu Modeller Kullanılarak Glioblastoma Radyoterapisinde YART ve VMAT Tekniklerinin Dozimetrik Karşılaştırılması

Meryem Cansu Şahin¹, Kaan Manisa²

¹Kütahya Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Uygulama ve Araştırma Merkezi, Kütahya, Türkiye

²Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, Nükleer Fizik ABD, Kütahya, Türkiye

Giriş ve Amaç: Glioblastoma (GBM), yetişkinlerde en sık görülen malign beyin tümörüdür. Standart tedavisi, güvenli maksimum cerrahi rezeksiyondan sonra eşzamanlı temozolomid kemoterapisi ile bölgesel radyoterapidir. Bu çalışmada, 3 boyutlu yazıcı ile üretilmiş hasta anatomisine özel kranium ve tümör modelleri kullanılarak hacimsel modülasyonlu ark tedavisi (VMAT) ve yoğunluk ayarlı radyoterapi (YART) tedavi planlarının karşılaştırılması amaçlandı.

Yöntem: Çalışmamıza Haziran 2018 ile Mart 2019 tarihleri arasında GBM tanısı konan 30 hasta dahil edildi. Beş alan sliding window YART ve iki yarım ark VMAT tedavi planı, 30 hastadan alınan kranium ve PTV hacimlerinden oluşturulan 3 boyutlu modeller kullanılarak hazırlandı (Grup 1). Hastaların rutin BT görüntüleri ile hazırlanan planlarda (Grup 2) ve 3 boyutlu modellerde hazırlanan planlarda (Grup 1) tümör ve kritik organ dozları karşılaştırıldı. Her grupta YART ve VMAT planları için Elektronik Portal Görüntüleme Cihazı (EPID) ile gama analizi yapıldı.

Bulgular: Bu tedavi planlarına göre kritik organlar tarafından alınan tümör hacimleri ve dozları karşılaştırıldı. Grup 1 için hazırlanan tedavi planlarından elde edilen doz değerleri istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermektedir ($p<0.05$). Grup 1 ve grup 2'deki tüm planlar için EPID kullanılarak yapılan kalite kontrol ışınlamaları, gama analizini %95'in üzerinde bir başarı oranıyla geçmiştir.

Sonuç: Bulgular, hastaya özel 3B modellerin geliştirilebileceğini ve YART ve VMAT tedavilerinde kalite kontrol ekipmanı olarak kullanılabileceğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Üç Boyutlu Baskı, Radyoterapi, VMAT, YART, Glioblastoma, Dozimetri.



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



PP.22 - Meme Radyoterapisinde Alan Dışı Tiroid ve Parotis Dozlarının Termolüminesans Dozimetreler ile Dozimetrik Olarak İncelenmesi

Osman Vefa Gül, Gökçen İnan

Selçuk Üniversitesi, Tıp Fakültesi Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı, Konya

Amaç: Çalışmamızda meme radyoterapisinde yaygın olarak kullanılan üç boyutlu konformal radyoterapi (3BKRT) ve yoğunluk ayarlı radyoterapi (YART) teknikleri ile ışınlamalarda alan dışında olan tiroid ve parotislerde absorbe edilen doz araştırıldı. Tiroid ve parotisler için tedavi planlama sistemi (TPS) tarafından hesaplanan alan dışı doz (peripheral doz) ve termolüminesans dozimetre (TLD) doz ölçümleri karşılaştırılmıştır.

Yöntem: Çalışmamızda Alderson marka kadın rando fantomda sol meme hedef hacim olarak seçildi. Rando fantomun doku yoğunluğu 0,975 gr/cm³ ve akciğerlerin yoğunluğu 0,25-0,3 gr/cm³ dür. Rando fantomun bilgisayarlı tomografi (BT) görüntüleri 2,5 mm kesit kalınlığı ile elde edilmiştir. ^{Radyasyon Terapisi} ^{Onkoloji Grubu} (RTOG) konturlama atlasına göre planlanan tümör volüm (PTV) ve kritik organlar konturlanmıştır. Eclipse V.15.1 TPS üzerinden 3BKRT ve YART planları oluşturulmuştur. 3BKRT için karşılıklı iki tanjansiyel alan tekniği 305° ve 132° gantri açıları, YART için 315°, 350°, 25°, 60°, 115° gantri açıları kullanıldı. Meme koruyucu cerrahi geçirdiği varsayılan PTV 6 MV ile 50 Gy (2 Gy x 25 fr) olacak şekilde planlanmıştır. Fantomda belirlenen hacim içindeki ve dışındaki rotlara TLD-100 dozimetreleri yerleştirildikten sonra ışınıldı. Daha sonra iki teknik için elde edilen doz ölçümleri TPS dozları ile karşılaştırıldı.

Bulgular: 3BKRT ve YART tekniklerinde ortalama PTV dozları sırasıyla 5060 cGy ve 5095 cGy olarak bulunmuştur. TLD ölçümlerinde ortalama PTV dozları 3BKRT ve YART teknikleri için sırasıyla 5099 cGy ve 5160 cGy olarak ölçülmüştür. TPS' de 3BKRT ve YART teknikleri için tiroid dozları sırasıyla 22,50 cGy ve 42,50 cGy olarak hesaplanmıştır, ancak TLD ölçümlerinde sırasıyla 32,65 cGy ve 89,58 cGy olarak ölçülmüştür. Her iki parotis dozları için 3BKRT ve YART tekniklerinde TPS dozları 0 cGy iken TLD doz ölçümleri sol parotis için sırasıyla 14,38 cGy ve 44,15 cGy olarak ölçülmüştür. Sağ parotis için sırasıyla 8,25 cGy ve 33,19 cGy olarak ölçülmüştür.

Sonuç: Meme radyoterapisinde alan dışı dozlar göz önünde bulundurularak 3DCRT tedavi tekniği tercih edilebilir. Ayrıca TPS'in hedef hacimden uzaklaştıkça doz tahmininde başarısız olduğu söylenebilir.

Anahtar Kelimeler: Meme radyoterapisi, Alan dışı doz, Termolüminesans dozimetre



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



PP.23 - Farklı Silindir Tipi İyon Odalarının Enerji ve Alan Boyutu Performanslarının GEANT4 Simülasyonu ile Karşılaştırılmalı Değerlendirilmesi

Oğuzhan Ayrancıoğlu^{1,2}, Recep Kandemir^{2,3}, Gizem Şişman^{2,3}, Kadir Akgüngör⁴

¹ İzmir Tınaztepe Galen Hastanesi, Radyasyon Onkolojisi, İzmir, Türkiye

² Dokuz Eylül Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Medikal Fizik ABD, İzmir, Türkiye

³ Ege Özel Onkoloji Merkezi, İzmir, Türkiye

⁴ Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Fakültesi, Fizik Bölümü, İzmir, Türkiye

Giriş ve Amaç: Output Faktörü (OF), medikal doğrusal hızlandırıcıların (Linak) ışın karakteristiğinin, Tedavi Planlama Sistemlerine (TPS) tanımlanmasında önemli bir rol oynamaktadır. Bu parametrenin doğruluğu, TPS algoritmalarının Monitör Unit (MU) hesaplamalarına doğrudan etki etmektedir. Özellikle küçülen alan boyutlarında, detektör seçimine bağlı artan dozimetrik belirsizlikler, Yoğunluk Ayarlı Radyoterapi (IMRT) veya Volümetrik Ayarlı Ark Terapi (VMAT) planlama tekniklerinde hesaplama hatalarına sebep olmaktadır. Bu çalışmanın amacı, klinik uygulamalarda sıklıkla kullanılan farklı tip silindirik iyon odalarının, Varian TrueBeam STx cihazının sahip olduğu bütün foton enerjilerinde, değişen alan boyutlarındaki performanslarını, GEANT4 simülasyonu ile karşılaştırmalı olarak analiz etmek; elde edilen analiz sonuçlarına göre alan boyutlarına bağlı uygun silindir tipi iyon odalarının belirlenmesini sağlamaktır.

Yöntem: MC tabanlı “Geometry and Tracking (GEANT4)” bilgisayarlı simülasyon yazılımı kullanılarak, Varian TrueBeam STx cihazının sırasıyla $Y_1 - Y_2$ ve $X_1 - X_2$ Jawları, Baseplate gibi bileşenleri geometrik olarak modellenmiştir. Modelde radyasyon kaynağı olarak, mevcut cihaz için oluşturulmuş ve içerisinde parçacık tipi, sayısı, konumu, enerjisi ve momentumu parametrelerinin bulunduğu faz uzayları kullanıldı. Simülasyonda kullanılan detektör, boyutları ve sayıları değiştirilebilen; radyasyon akısı ve dozu hesaplarını bağımsız olarak kaydedebilen, hacimsel (Su Fantomu) ve materyali su olan bir geometri olarak modellendi. Mevcut simülasyon modeli, “C++”, “QT”, “Python” ve “Bash” programlama dilleri kullanılarak geliştirilmekte olan Kalite Kontrol (QA) yazılımı ile birlikte kullanıldı. Monte Carlo (MC) simülasyonunda 6MV, 6MV-FFF, 10MV, 10MV-FFF ve 15MV foton enerjileri ve farklı alan boyutları için hesaplatılan OF’ler; aynı koşullarda, üç farklı tip silindirik iyon odası (PTW Farmer (0.6cm³), PTW Semiflex (0.125cm³), PTW Pinpoint (0.015cm³)) kullanılarak PTW su fantomunda ölçülen OF’ler ile karşılaştırmalı olarak analiz edildi. MC simülasyonu hesapları ile gerçek zamanlı ölçümlerin karşılaştırmasında “Matlab” programı kullanıldı.

Bulgular: Varian TrueBeam STx cihazının MC simülasyonları ve gerçek zamanlı su fantomu ölçümlerinin analizi sonucunda, farklı tip silindirik iyon odalarının tüm enerjilerde ve 4x4cm² – 30x30cm² aralığındaki alan boyutlarında, %3’ün altında bir doğruluk gösterdiği görüldü. Bunun yanı sıra PTW Farmer tipi silindirik iyon odasının OF hesap ve ölçümlerinde, tüm enerjiler için 4x4cm² altında kalan alan boyutlarında, okuma oranlarının %20’ye kadar düştüğü görüldü. Diğer silindir tipi iyon odaları ise, OF parametrelerinde, tüm enerjiler için, 3x3cm² ve 2x2cm² alan boyutlarında, sırasıyla %3 ve %4’ün altında bir doğruluk göstermektedir.

Sonuç: Klinik rutinde sıklıkla kullanılan silindir tipi iyon odalarının, efektif hacimlerine bağlı alan boyutu bağımlılıkları yapılan çalışma ile ortaya konmuştur. Alan boyutunun küçülmesine bağlı kullanılacak olan görece büyük hacimli bir silindir tipi iyon odasının, OF parametresinde oluşturacağı %20’lik bir farkın, özellikle IMRT, VMAT, vb. gibi radyoterapi tekniklerinde doz hesaplama hatalarına yol açacağına dikkat edilmelidir.

Anahtar Kelimeler: Radyoterapi; monte carlo; geant4; output faktör



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



PP.24 - Vajinal Kubbe Işınlaması Planlama Tomografisi Görüntülerinde Metal Artefakt Azaltma Algoritmasının Dozimetrik Değerlendirilmesi

Sefika Arzu Ergen, Songül Karaçam, Sevdâ Kanat, Ceren Cicibıyık, İsmet Şahinler

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Radyasyon Onkolojisi AD.

Giriş ve Amaç: Planlama amacıyla çekilen bilgisayarlı tomografi (BT) görüntülerinde protez, takma diş gibi içinde metal aksam bulunan yüksek atomik numaralı nesneler kesitlerde istenmeyen görüntü bozukluklarına (artefakt) yol açmaktadır. Bunu önlemek için son yıllarda BT simülatörlerde artefakt azaltıcı yazılımlar kullanılmaktadır.

Çalışmamızda yüksek doz hızlı brakiterapi ile vajinal kubbe ışınlaması yapılan hastalarda, planlama tomografisi çekimleri sırasında kullanılan metal artefakt azaltma algoritması (MAAA)'nın konturlama ve dozimetri üzerine etkisi araştırılmıştır.

Yöntem: Kliniğimizde 2020 yılında erken evre endometrium kanseri tanısı ile adjuvan vajinal kubbe ışınlaması yapılmış 12 hasta çalışmaya dahil edilmiştir. Hastalara çift ovoid aplikatörü ile 3 fraksiyonda toplam 21 Gy intrakaviter brakiterapi uygulanmıştır. Planlama için her fraksiyon öncesi rektum boş, mesane sonda takılıp 120 cc doldurularak General Electric Discovery RT model BT* cihazında görüntüleme yapılmıştır. Kullanılan aplikatör her ne kadar BT uyumlu olsa da çift ovoid içindeki metal aksamdan dolayı oluşan minimal artefaktlar, BT yazılımında bulunan MAAA ile rekonstrükte edilerek artefaktsız görüntüler elde edilmiştir. Oniki hastanın toplam 72 adet MAAA kullanılarak ve kullanılmayarak çekilmiş görüntü setleri Eclipse tedavi planlama sistemine (V16.0) aktarılmıştır. Her iki görüntü setinde rektum, mesane ve sigmoid risk altındaki organlar olarak aynı radyasyon onkoloğu tarafından farklı zamanlarda (en az bir ay ara ile) konturlanmıştır. Tedavi planlaması MAAA ile düzeltilmiş görüntüler üzerinden yapılmıştır. Kıyaslama yapabilmek için tedavi planları kopyalanıp MAAA ile düzeltilmemiş görüntü setleri üzerine aktarılmış ve çalışma için yeniden hesaplanmıştır. Riskli organlarda kontur farklılıklarını belirlemek için X-Y-Z eksenindeki kaymalar ve Dice kesişim katsayısı kullanılmıştır. Dozimetrik değerlendirme için rektum, sigmoid ve mesanenin 2cc'sinin aldığı toplam dozlar Wilcoxon testi ile karşılaştırılmıştır.

Bulgular: Riskli organların konturlamasında volüm değişikliği en fazla mesane ve rektum için birinci fraksiyonda, sigmoid için üçüncü fraksiyonda gözlenmiştir. MAAA düzeltmesi yapılmış kesitlerde mesane ortalama 3.9 cm³ küçük, rektum ortalama 2.7 cm³, sigmoid ortalama 1.2 cm³ büyük çizilmiştir. Ancak ortalama Dice katsayısı sırası ile mesane için 0.931, sigmoid için 0.847, rektum için 0.841 olarak bulunmuş ve her iki görüntü seti arasında konturlama açısından anlamlı fark tespit edilmemiştir. X-Y-Z eksenlerindeki kaymalara bakıldığında zaman en fazla değişiklik mesane için Y ekseninde (-0.03 cm), rektum ve sigmoid için Z ekseninde sırası ile (-0.62 cm) ve (0.42 cm) olarak bulunmuştur. Risk altındaki organların D2cc dozları MAAA düzeltmesi yapılmayan görüntülerde mesane için %0.5, sigmoid için %7.86 daha düşük, rektum için %5.8 daha yüksek bulunmuş ama istatistiksel anlamlı fark saptanmamıştır.

Sonuç: Çift ovoid aplikatörü ile vajinal kubbe ışınlaması yapılan hastalarda BT görüntülerinde MAAA ile düzeltme yapılmasının riskli organ dozları ve konturlama üzerine anlamlı etkisi bulunmamıştır.

Anahtar Kelimeler: Çift ovoid; Vajinal kubbe ışınlaması; Metal artefakt azaltma algoritması

*Bu çalışma İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir. (Proje no:TSG-2019-33453).

Kaynaklar

1. Guilfoile C, Rampant P, House M. The impact of smart metal artefact reduction algorithm for use in radiotherapy treatment planning. Australas Phys Eng Sci Med. 2017 Jun;40(2):385-394.
2. Rao YJ, Zoberi JE, Kadbi M, Grigsby PW, Cammin J, Mackey SL, et.al. Metal artifact reduction in MRI-based cervical cancer intracavitary brachytherapy. Phys Med Biol. 2017 Apr 21;62(8):3011-3024.
3. Giantsoudi D, De Man B, Verburg J, Trofimov A, Jin Y, Wang G, et al. Metal artifacts in computed tomography for radiation therapy planning: dosimetric effects and impact of metal artifact reduction. Phys Med Biol. 2017 Apr 21;62(8):R



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



PP.25 - F-18 FDG PET/BT Onkolojik Görüntülemelerde Bir Yalancı Pozitiflik Nedeni: Frontal Bölgede Travmaya Bağlı F-18 FDG Tutulumu ve Anamnezin Önemi

Serdar Sedat Işık^{1,2}

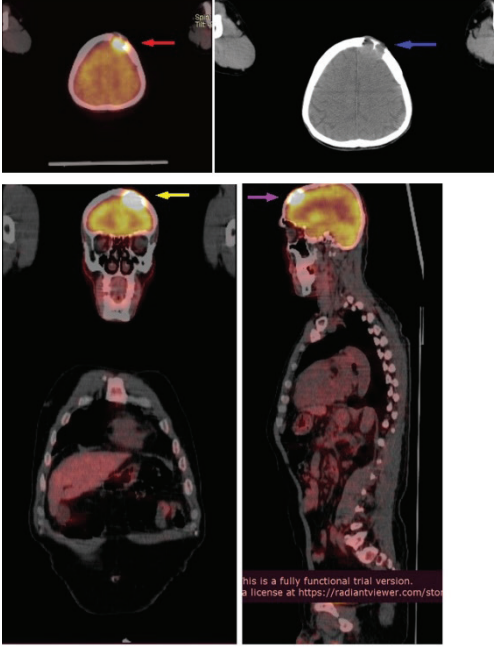
¹ T.C. Demiroğlu Bilim Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksek Okulu Tıbbi Hizmetler ve Teknikler Bölümü Nükleer Tıp Teknikleri Önlisans Programı, 34394, Şişli/İstanbul

² İstanbul Florence Nightingale Hastanesi Nükleer Tıp Bölümü, 34387, Şişli/İstanbul

Giriş ve Amaç: PET görüntüleme onkolojik, kardiyolojik, nörolojik uygulamalar ile nedeni bilinmeyen ateşte ve enfeksiyon odağının araştırılması gibi bazı gerekçelerle yaygın olarak kullanılmaktadır. PET/BT uygulamaların büyük bir kısmını onkolojik uygulamalar (%75-80) oluşturmakla birlikte, F-18 FDG PET/BT yüksek doğruluğu nedeniyle birçok malignite için primer lezyonun ayırıcı tanısında, hastalığın evrelemesinde, tedavi planlamasında ve tedaviye cevabın değerlendirilmesinde sıklıkla kullanılmaktadır. PET/BT görüntülemelerde hastaya teşhis koymak ya da mevcut hastalığın durumunu doğru belirlemek amacıyla hasta anamnezi oldukça önemlidir. PET/BT görüntülemelerde bazı durumlar yalancı pozitif veya yalancı negatif sonuçlara neden olabilmektedir. Hastanın almış olduğu kemoterapi, radyoterapi gibi tedavi bilgileri ile kullanılan ilaçlar göz önünde bulundurulmalıdır. Tümörün metabolizmasının düşüklüğü ve detekte edilemeyen küçük lezyonların varlığı yalancı negatif nedenler iken; geçirilmiş travma, enfeksiyon, operasyon, benign lezyonlar yalancı pozitif nedenlerin başındadır. İyi bir anamnez tanıda fiziki muayeneden daha fazla ipucu verir, hasta ile sağlık personeli arasında güvenin temelini atar. Anamnez, fiziki muayene ve laboratuvar (kan, görüntüleme) üçlüsü ile teşhis için gerekli bilgiler elde edilir.

Olgu Sunumu: Karın ağrısı, halsizlik şikâyeti ile bir sağlık kuruluşuna başvuran 51 yaşındaki erkek hastanın yapılan radyolojik görüntülemelerinde karaciğerde yaygın lezyonlar tespit edilmiş ve hepatosellüler karsinoma (HCC) olabileceği düşünülmüş. HCC şüphesi olan hastadan tanı/evreleme amacıyla F-18 FDG PET/BT tetkiki istenmiş ve bölümümüze yönlendirilmiştir. Hastanın anamnezi alınmış ve sonrasında 14 saat açlığa takiben kan glukoz düzeyi 118 mg/dL iken 6,2 mCi F-18 FDG intravenöz olarak verilmiştir. 60 dakika bekleme süresi sonrasında tüm beyin de görüntü alanına girecek şekilde uyluk orta kısmına kadar 3D modunda elde edilen görüntüler düşük doz nondiagnostik BT ile atenüasyon düzeltilmesi yapıldıktan sonra değerlendirilmiştir. Hasta bölümden gönderilmeden önce elde edilen PET/BT görüntüleri kontrol edilmiştir. Yapılan incelemede, daha önce radyolojik görüntülemelerde karaciğerde tariflenen lezyonlar PET/BT’de yoğun artmış FDG tutulumu şeklinde görülmüştü. Bunun yanında PET/BT’de baş/boyun bölgesine giren kesitlerde dikkat çeken sol frontal bölgede kemik defekti ve bu alanda yumuşak doku dansitesinde nodüler lezyon olup yoğun olarak F-18 FDG tutulumunun mevcut olduğuydu. Sol frontal bölge fiziki kontrol sırasında palpe edildi. Bu bölgede cilt altında ele gelen büyük bir ödem mevcuttu. Hastaya özellikle baş bölgesine alınan travma öyküsü tekrarlanarak soruldu. Hastadan edinilen bilgiye göre yaklaşık 2 ay önce kafasına (sol frontal bölgeye) sivri ve sert bir cismin çarptığı öğrenildi.

Sonuç: Olgumuzda sol frontalde görülen lezyonun, görüntüleme öncesinde ve sonrasında alınan bilgilerle travmaya bağlı bir durum olduğu düşünülmüştür. Hastadan tekrarlanarak alınan bilgiler ve fiziki kontroller hastaya doğru teşhisi koymada ve tedaviye yön vermede önemli bir durumdur. PET/BT görüntülemelerde hasta anamnezi, yalancı pozitif lezyonları ayırd edebilme açısından önemlidir. Bu vakada da görüldüğü gibi baş bölgesindeki lezyonların benign/malign ayrımını yapmada fiziki muayene, anamnez ve travma öyküsünün sorgulanması görüntülerin doğru yorumlanmasında önemli olabilir.



Şekil 1: Frontal bölgeye travması olan hastanın PET/BT füzyon aksial (kırmızı ok), BT aksiyal (mavi ok), PET/BT füzyon koronal (sarı ok) ve PET/BT füzyon sagittal (mor ok) düzlemde görüntüleri.

Anahtar Kelimeler: Flor-18 FDG; PET/BT görüntüleme; travma; yanlış pozitiflik.



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



PP.26 - Derin Nefes Tutma Tekniği ile Sol Meme Radyoterapisi Uygulanan Meme Kanserli Hastalarda Doz Hacim ve Doz Kütle Histogramlarının Akciğer ve Kalp Açısından Karşılaştırılması

Dilara Karakuş¹, İsmail Özsoykal¹, Doğukan Akçay², Volkan Semiz², Barbaros Aydın², Kadir Akgüngör³, Zümre Arıcan Alıcık².

¹ Medikal Fizik Anabilim Dalı, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Dokuz Eylül Üniversitesi Türkiye

² Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı, Tıp Fakültesi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Türkiye

³ Fizik Bölümü, Fen Fakültesi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Türkiye

Giriş ve Amaç: Erken evre meme kanseri nedeniyle meme koruyucu cerrahi sonrası sol meme radyoterapisi uygulanan hastalarda serbest solunum (Free Breathing-FB) ve derin nefes tutma (Deep Inspiration Breath Hold-DIBH) ile radyoterapi planlarında akciğer ve kalp açısından doz hacim (DVH) ve doz kütle histogramlarının (DMH) karşılaştırılmasıdır.

Yöntem: Deneyisel bu çalışmada sol meme kanserli 35 hastanın FB ve DIBH’da alınan bilgisayarlı tomografi (BT) verileri kullanılarak hedef ve normal doku hacimleri konturlanmıştır. Her hasta için her iki solunum fazında PTV (planlanan hedef hacim)için toplam doz 50 Gy / 25 fx olacak şekilde YART yeniden planlanmıştır. Toplam 70 plana ait DVH ile Matlab’da DVH ve elektron yoğunluğuna dayalı DMH oluşturulmuştur. İpsilateral akciğer, kalp için DVH ve DMH karşılaştırılmıştır. İstatistiksel olarak T-test/Wilcoxon test, Spearman korelasyon ve SPSS-23.0 kullanılarak değerlendirilmiştir.

Bulgular: FB’de kalp $D_{ortalama}$ (cGy); DVH’de $365,98 \pm 211,88$ iken DMH’de $352,81 \pm 203,05$ ($p=0,791$); DIBH’de DVH’de $125,46 \pm 39,36$ iken DMH’de $121,61 \pm 47,78$ idi ($p = 0,991$). İpsilateral akciğer ortalama hacmi(cc) FB’de $1114,25 \pm 286,92$ iken DIBH’de $2115,48 \pm 380,56$ ’dir. İpsilateral akciğer ortalama total kütlesi(g) FB’de $307,96 \pm 44,64$ iken DIBH’de $335,44 \pm 65,02$ ’dir. FB’de ipsilateral akciğer $D_{ortalama}$ (cGy) değeri DVH’de $791,43 \pm 463,50$ iken DMH’de $550,5 \pm 164,19$ ($p<0,005$); DIBH’de DVH’de $689,31 \pm 208,35$ iken DMH’de $505,35 \pm 198,84$ idi ($p<0,005$). FB’de ipsilateral akciğer $V_{20} - M_{20}$ (%) değerleri, DVH’de $13,35 \pm 5,65$ iken DMH’de $9,85 \pm 4,87$ ($p<0,005$); DIBH’de ise DVH’de $11,80 \pm 4,72$ iken DMH’de $8,81 \pm 4,28$ idi ($p<0,005$). İpsilateral akciğer $D_{ortalama}$ ve V_{20} (%) değerleri sırasıyla DVH’de -12,9 ve -11,58; DMH’de ise -8,2 ve -10,56 azalmıştır. DVH–DMH arasında akciğer $V_{20} - M_{20}$ ($R^2 = 0,7864$); kalp $V_{20} - M_{20}$ ($R^2 = 0,9982$) ve kalp $D_{ortalama}$ ($R^2=0,9577$) arasında güçlü, akciğer $D_{ortalama}$ ($R^2=0,5316$)’de düşük korelasyon saptanmıştır.

Sonuç: Her iki solunum tekniğinde PTV reçete edilen dozu alırken solunum tekniğine bağlı olarak kalp için değişim gözlenmekte olup FB ve DIBH’da DVH ve DMH benzerdir. Ancak DIBH ile ipsilateral akciğer total kütle değişiminde belirgin fark olmaksızın “%” olarak DMH’de DVH’e göre ortalama doz azalmaktadır. Bu nedenle, farklı elektron yoğunluğuna sahip akciğer dokusu için dozimetrik değerlendirmede DMH daha hassas ve DVH’e göre daha anlamlı olabilir. DMH’in avantaj ve dezavantajlarının değerlendirilebilmesi için ileri çalışmalar gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Serbest Solunum, Derin Nefes Tutma, Doz Hacim Histogramı, Doz Kütle Histogramı, Matlab



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



PP.27 - Raystation Planlama Sistemi ile Stereotaktik Akciğer Radyoterapisinde FFF ve FF Enerjilerinin Plan Kalitesine Etkisi

Melisa Akmanlar¹, Mecit Canbolat², İlker Çatan², Çağrı Yazgan²

¹ VM Medical Park Mersin Hastanesi, Radyasyon Onkolojisi Bölümü, Mersin, Türkiye

² OncotechMedikal Sistemler, Ankara, Türkiye

Amaç: Stereotaktik akciğer radyoterapisinde volümetrik arc tedavisi (VMAT) tekniğinde düzleştirici filtre (FF) ve düzleştirici filtresiz (FFF) ışın kullanılıp, tedavi planlarının optimizasyonunun süresi, MU sayısındaki değişim, total tedavi süresinin ve akciğer SBRT protokolüne göre Raystation planlama sisteminde değerlendirilmesi amaçlanmaktadır.

Gereç ve Yöntem: Raystation 9A (version 9.0) planlama sistemine tanımlanan Agility kolimatör sistemi olan Elekta VersaHD cihazı ile 10 adet akciğer SBRT planı 6FF ve 6FFF enerjileri Collapsed Cone (CCA) algoritması kullanılarak yapılmıştır. Çalışmanın başında optimizasyonda kullanılacak değerler ve plan değerlendirmesinde bakılacak olan kriterler şablon (template) haline getirilip sisteme kaydedilmiş ve her planda hazırlanan şablonlar kullanılmıştır. Her planda 3 demet (beam) kullanılmış ve 1 demette kolimatör açısı olarak 110 derece tanımlanmıştır. Doz şeması her hasta için 50 Gy / 5 fx olacak şekildedir. Yapılan planlar RTOG 0813 protokolüne göre değerlendirilmiştir. Kullanılan PTV hacimleri 2.9 cc ile 45.32 cc arasındadır.

Bulgular: Tüm planlarda kullanılan şablonlar aynı olup optimizasyonun başlatılıp final dozunu verme süresi her planda yaklaşık 1 dakikanın altında olup, sadece 1 planda 2 dakikada sonuç alınmıştır. 7 plan tek bir optimizasyon ile istenilen kriterleri sağlarken, 2 plan 2 optimizasyon ve 1 plan da 3 optimizasyon ile sonuca ulaşmıştır. 6FF enerjisi kullanılan planlarda ortalama 1890 MU iken; 6FFF enerjisi ile yapılan planlarda ortalama 1780 MU bulunmuştur. 6FFF enerjisi kullanılarak yapılan planlarda ışınlama süresi (beam delivery time) ortalama 90.5 s iken; 6FF enerjisi ile yapılan planların ortalama süresi 185 s olarak kaydedilmiştir. RTOG 0813 protokolüne göre; tanımlanan dozun %50 sini alan hacmin PTV hacmine oranı (R50) tüm planlarda sağlanmaktadır. 6FF ve 6FFF planları arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır. Aynı şekilde PTV nin her yöndeki 2 cm uzağındaki yüzde maksimum doz (D2cm) değeri de tüm planlarda protokol ile uyumaktadır. Sadece 1 planda tümör yerleşimi nedeniyle spinal cord için V13.5Gy < 0.5 cc kriterini sağlayamamıştır. Diğer tüm planlar tüm kriterlere uymakla kalmayıp istenen değerlerin oldukça altındadır.

Sonuç: Raystation version 9 ile yapılan akciğer SBRT çalışması enerjiden bağımsız olarak oldukça hızlı optimizasyon sonucu ve şablon oluşturabilme özelliği ile minimum zaman ile maksimum çözüm olanağı sunmaktadır. RTOG 0813 protokolüne göre değerlendirildiği zaman iki enerji arasında anlamlı bir fark bulunmaksızın istenen kriterler sağlanmaktadır.



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



PP.28 - Tüm Beyin Radyoterapisinde Işınlama Süresini Kısaltmak ve Hipokampus ve Lensi Korumak İçin Tomoterapi Radyoterapi Planlaması

Cağla Cetinkaya, Gül Kanyılmaz

Necmettin Erbakan Üniversitesi Meram Tıp Fakültesi Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı Konya

Giriş ve Amaç: Bu çalışmanın amacı, metastatik Tüm beyin radyoterapi ışınlamalarında hipokampus ve lens gibi risk altındaki organlara maruz kalma dozunun azaltılması ve planlanan hedef hacmin doz dağılımının en iyi şekilde verilmesi hedeflenmektedir. Bunun için farklı modülatör faktörler kullanılarak hasta doz maksimum, lens maksimum, hippocampus Dmin ve irradiation time değerleri karşılaştırılmıştır.

Yöntemler: Radyoterapi metastatik palyatif tüm beyin ışınlamasında Hipokampus ve planlama hedef hacmi, RTOG 0933 şekillendirme atlası protokolüne göre şekillendirildi. Kaçınılması gereken hipokampal bölge 5 mm'lik bir marj kullanılarak çizildi. Öngörülen radyasyon dozu 10 fraksiyonda 30 Gy idi. Planlanan hedef hacim dozuna kadar soğurulan doz, risk altındaki organa soğurulan doz ve ışınlama süresi değerlendirildi. modülasyon faktörü (Modulation factor-MF) 1.8,2.5 ve 3.0 değerleri kullanılarak Sağ lens maksimum, sol lens maksimum, CI,HI,D95 ,irradiation time ve Hippocampal sparing (HS-WBRT) doz maksimum ve minimum değerlendirilmesi yapıldı.

Bulgular: Tomoterapi (Accuray, Inc.), yoğunluk ayarlı radyoterapi (IMRT) yapabilen bir makine türüdür. Tomoterapide doz uygulaması, sürekli gantri rotasyonları ile olur. Ek olarak, yoğunluk modülasyonu için yüksek basınçlı gazla çalışan ikili çok yapraklı kolimatörler kullanılır. Tomoterapide doz uygulaması benzersiz bir metodolojiyi takip eder ve tedavi planlaması belirli parametreleri içerir: alan genişliği (FW), adım ve modülasyon faktörü (MF). Tomoterapi tedavi planlamasında doz optimizasyonu hesaplamasını gerçekleştirmeden önce her kritik organın belli değer aralığı içinde olması gerekir. Parametreler doz dağılımını ve plan kalitesini etkiler. Bu nedenle, birçok çalışma, doz dağılımında ve her bir parametrenin değerine bağlı olarak belli kriterler belirlenmiştir

Bu çalışmada, manyetik rezonans görüntüleme (MRI) sonrasında. T2 ağırlıklı ve gadolinyum kontrastlı T1 ağırlıklı dizi çekimleri ile beyin 1 mm kesit kalınlığı ve 1 mm eksenel MRI taramalarının BT görüntülerini elde ettik. Bu MRI görüntüleri 2 mm BT görüntüleri ile füzyon yapılarak hipokampus, optik sinir, optik kiazma, göz ve lens dahil olmak üzere OAR'ler deneyimli bir radyasyon onkoloğu tarafından çizildi. Kaçınılması gereken hipokampal bölge 5 mm'lik bir sınır ile çizildi. Varian Eclips yazılımı kullanılarak BT taramaları hasta planlamaya hazır hale getirildi. Tomoterapi Planlama İstasyonu ile optimizasyon aşağıda belirtildiği gibi yapılmıştır. Modülasyon faktörü = 3,0, 2,5, 1,8 üç ayrı veri kullanılmıştır ve hatve = 0.200 cm ile Jaw boyutu 1 cm olarak hesaplandı.

Tablo 1.

Optimizasyon Kısıtlamaları.

	Blok türü	Maksimum doz	DVH hacmi/dozu	Önem
hipokampus	engellenmemiş	15Gy	D _{%50} = 8,0 Gy	200
Lensler	engellenmemiş	2.5Gy	D _{%70} = 1.5 Gy	100
Gözler	engellenmemiş	3.0Gy	D _{%50} = 2.0 Gy	40
Optik kiazma	engellenmemiş	30Gy	D _{%50} = 30 Gy	40
optik sinirler	engellenmemiş	30Gy	D _{%50} = 25 Gy	40

DVH, doz-hacim histogramı; Öngörülen radyasyon dozu 10 fraksiyonda 30 Gy idi ve PTV'nin %95'ini kapsayacak şekilde plan yapıldı. Doz kısıtlamalarının (Tablo2 RTOG0933'te sunulan) takip edildi ve buna göre PTV'ye soğurulan doz, OAR'ye soğurulan doz ve ışınlama süresi değerlendirildi.



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



Tablo 2. Doz Kısıtlaması

RTOG0933 protokolü	
Hedef hacmi planlama	$D_{\%98} \geq 25 \text{ Gy}$ $D_{\%2} \leq 37.5 \text{ Gy}$
Hippocampal sparing (HS-WBRT)	$D_{\min} \leq 9 \text{ Gy}$ $D_{\max} \leq 16 \text{ Gy}$
Optik sinirler ve kiazma	$D_{\max} \leq 37.5 \text{ Gy}$

Sonuç: Helikal tomoterapi (HT), 6 MV foton enerjisinin kullanıldığı özel bir yoğunluk ayarlı ışın tedavisi (IMRT) tekniğidir. Hippocampal sparing (HS-WBRT) için, TomoTherapy HDA cihazı IMRT tekniği ile RTOG0933 protokolünü izledik veya sarmal tomoterapi gerçekleştirdik. HT planlaması, aynı alan genişliği (Field width -FW) ve aynı pitch faktörü (PF) kullanılarak, üç farklı modülasyon faktörü (Modulation factor-MF) değerlerinde karşılaştırma yapılmıştır.

Planlarda aynı optimizasyon parametrelerine bağlı kalmıştır. Üç farklı MF değerinde aynı zamanda doz dağılımına önem verilmiştir. PTV'nin değerlendirilmesi sırasında, D98% ve HI'da anlamlı bir fark yoktu. CI değerinde ise fark görüldü. Çünkü MF değeri arttıkça daha iyi bir doz dağılımı sağladı.

Bu üç farklı MF değerinde HS-WBRT için maksimum ve minimum değerlerde fark görülmedi, sağ ve sol lens dozlarında fark görülmedi. Beam on time sürelerinde fark görülmüş MF değeri arttıkça CI değeri 1'e yaklaşırken tedavi süresi uzamıştır.

MF değeri arttıkça palyatif doz verilen HS-WBRT korumalı hastalarda doz sarışının daha iyi D₉₅, CI değerlerinin ideal olduğu gözlenmiştir.

MF 1,8	Maksimum doz	MF 2,5	Maksimum doz	MF 3	Maksimum doz
hipokampus	13,6Gy	hipokampus	12,5Gy	hipokampus	13Gy
Lensler	4,3Gy	Lensler	4,6Gy	Lensler	4,3Gy
Gözler	1,5Gy	Gözler	1,9Gy	Gözler	1,7Gy
Optik kiazma	2,5Gy	Optik kiazma	2,3Gy	Optik kiazma	2,8Gy
optik sinirler	2,3Gy	optik sinirler	2,1Gy	optik sinirler	2,6Gy
Beam on time	250 sn	Beam on time	353 sn	Beam on time	557 sn

Anahtar Kelimeler: Tomoterapi; hipokampal koruma; tüm beyin radyoterapisi; beyin metastazları

Kaynaklar:

1. Miura, K., Kurosaki, H., Utsumi, N., & Sakurai, H. (2021). Use of a Head-Tilting Baseplate During Tomotherapy to Shorten the Irradiation Time and Protect the Hippocampus and Lens in Hippocampal Sparing-Whole Brain Radiotherapy. *Technology in Cancer Research & Treatment*, 20, 1533033820986824.
2. Prokic, V., Wiedenmann, N., Fels, F., Schmucker, M., Nieder, C., & Grosu, A. L. (2013). Whole brain irradiation with hippocampal sparing and dose escalation on multiple brain metastases: a planning study on treatment concepts. *International Journal of Radiation Oncology* Biology* Physics*, 85(1), 264-270.



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



PP.29 - Monitor Değerlerinin Prognostik Enflamatuvar Biyobelirteçlerdeki Değişimi Etkiliyor Mu?

Özcan Özden¹, Senem Koç², Fuzuli Tuğrul¹

¹Eskişehir Şehir Hastanesi Radyasyon Onkoloji Kliniği, Eskişehir, Türkiye

²Nişantaşı Üniversitesi Tıbbi İstatistik Bölümü, İstanbul, Türkiye

Amaç: Primer tümörü kontrol altına alınmış fakat akciğerinde tek yada daha fazla metastazı olan hastalara uygulanan yüksek monitör değerli (MU) stereotaktik vücut radyoterapisi (SBRT) 'nin enflamatuvar biyobelirteçler üzerinde yaptığı değişimleri analiz etmek.

Yöntem: Çalışmada Eskişehir Şehir Hastanesi Radyasyon Onkoloji kliniğine başvuran primer tümörü kontrol altına alınmış, akciğerinden üç ve daha fazla metastazı olan hastalar (1.grup) ve tek metastazı olan hastalar (2.grup) değerlendirilmiştir. Tedavi planları Monaco tedavi planlama sisteminde (TPS) 6 MV filtresiz ışın ile (FFF) oluşturulmuştur. kV görüntüleme sistemi XVI ile tomografisi (CBCT) çekildikten sonra 6 boyutlu Hexapod masa ile otomatik düzeltme yapılarak görüntü eşliğinde radyoterapi (IGRT) ile tedaviye alınmıştır. Tüm bu süreçlerde aktif nefes tutma sistemi kullanılmıştır. Hastaların radyoterapi tedavisinden 1 ay öncesi ve 1 ay sonrası kan değerlerine bakılmıştır. Veriler SPSS 24 programı yardımıyla değerlendirilmiştir.

Bulgular: Çalışmaya 12 hasta katılmış olup Tablo 3'de demografik özellikleri verilmiştir

İlk hasta grubu için tedaviden önce ve sonra nötrofil değerleri karşılaştırıldığında ortalama nötrofil değerinin (5,83-4,40) düştüğü görülmüştür ancak bu düşüşün istatistiksel olarak anlamlı olmadığı elde edilmiştir ($p=0,181$). Ortalama Lenfosit değerlerinin tedaviden sonra (0,91-1,14) artış gösterdiği elde edilmiştir ancak bu artış istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p=0,411$). Ortalama trombosit değerleri de tedaviden sonra (300-248) düşmüştür ancak bu düşüş de istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p=0,246$).

İkinci hasta grubu için tedaviden önce ve sonra nötrofil değerleri karşılaştırıldığında ortalama nötrofil değerinin (5,92-5,56) düştüğü görülmüştür ancak bu düşüşün istatistiksel olarak anlamlı olmadığı elde edilmiştir ($p=0,684$). Ortalama Lenfosit değerlerinin tedaviden sonra (1,99-1,62) düştüğü elde edilmiştir ancak bu artış istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p=0,437$). Ortalama trombosit değerleri de tedaviden sonra (323-228) düşmüştür ancak bu düşüş de istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p=0,068$).

Tablo 1'de görüldüğü gibi lenfosit değerleri için iki grup arasında anlamlı bir farklılık belirlenmiştir ($p=0,022$; $p<0,05$). Ancak nötrofil ve trombosit değerleri arasında iki grup için istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık belirlenmemiştir ($p=0,955$; $p=0,704$ yani $p>0,05$). İki grup için Nötrofil/Lenfosit oranlaması arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık belirlenmemiştir ($p=0,125$; $p>0,05$). Ancak Trombosit/Lenfosit oranlaması arasında anlamlı bir farklılık belirlenmiştir ($p=0,003$; $p<0,05$).

Tablo 2'de görüldüğü gibi nötrofil, lenfosit ve trombosit değerleri arasında iki grup için istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık belirlenmemiştir ($p=0,362$; $p=0,137$ yani $p=0,523$ yani $p>0,05$). İki grup için Nötrofil/Lenfosit ve Trombosit/Lenfosit oranlaması arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık belirlenmemiştir ($p=0,642$; $p=0,125$ yani $p>0,05$).

Sonuç: Akciğerinde birden fazla metastaz bulunan, birden fazla izomerkez ile planı hazırlanan ve bu yüzden yüksek MU'ye sahip hastalarla akciğerinde tek metastaz olup göreceli düşük MU'ye sahip hastalardaki prognostik enflamatuvar biyobelirteçlerindeki değişimler arasında fark bulunamamıştır.

Anahtar Kelimeler: enflamatuvar biyobelirteçler, yüksek doz radyasyon, SBRT



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



Tablo 1. Tedaviden önce iki grup arasındaki farklılıkların ilişkisi

Değişkenler		Levene Testi		<i>t</i>	<i>p</i>
		<i>F</i>	<i>p</i>		
Nötrofil	1. grup	0,239	0,636	-0,057	0,955
	2. grup				
Lenfosit	1. grup	1,791	0,210	-2,698	0,022*
	2. grup				
Trombosit	1. grup	0,048	0,831	-0,391	0,704
	2. grup				
Nötrofil/Lenfosit	1. grup	26,382	0,000	1,672	0,125
	2. grup				
Trombosit/Lenfosit	1. grup	0,021	0,886	3,826	0,003*
	2. grup				

Tablo 2. Tedaviden sonra iki grup arasındaki farkların ilişkisi

Değişkenler		Levene Testi		<i>t</i>	<i>p</i>
		<i>F</i>	<i>p</i>		
Nötrofil	1. grup	8,065	0,018	-0,955	0,362
	2. grup				
Lenfosit	1. grup	0,011	0,918	-1,619	0,137
	2. grup				
Trombosit	1. grup	0,360	0,562	-0,663	0,523
	2. grup				
Nötrofil/Lenfosit	1. grup	1,200	0,299	0,479	0,642
	2. grup				
Trombosit/Lenfosit	1. grup	3,309	0,099	1,676	0,125
	2. grup				

Tablo 3. Çalışmaya katılan hastaların demografik özellikleri

İlk hasta grubu	Primer Tümör	Metastaz Sayısı	Yaş	Cinsiyet
1	Akciğer	3	83	Kadın
2	Akciğer	3	75	Erkek
3	Akciğer	4	68	Erkek
4	Rektum	4	61	Erkek
5	Kolon	3	49	Kadın
6	Kolon	6	45	Kadın
İkinci hasta grubu	Primer Tümör	Metastaz Sayısı	Yaş	Cinsiyet
7	Akciğer	1	60	Erkek
8	Akciğer	1	68	Erkek
9	Akciğer	1	69	Erkek
10	Rektum	1	68	Erkek
11	Prostat	1	85	Erkek
12	Kolon	1	75	Erkek



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



PP.30 - Akciğer Kanseri İçin Eşzamanlı Entegre Boost ve Yoğunluk Ayarlı Radyoterapi Planlarının Değerlendirilmesi

Çağla Çetinkaya

Necmettin Erbakan Üniversitesi Meram Tıp Fakültesi Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı Konya

Giriş ve Amaç: Çalışmanın amacı, eş zamanlı ek doz (simultaneous integrated boost, SIB) fraksiyon şeması ile yoğunluk ayarlı radyoterapi (intensity-modulated radiotherapy, IMRT)) teknikleri kullanılarak radyoterapi (RT) alan akciğer kanseri tanılı hastalarda, kritik organ dozlarını karşılaştırmaktır.

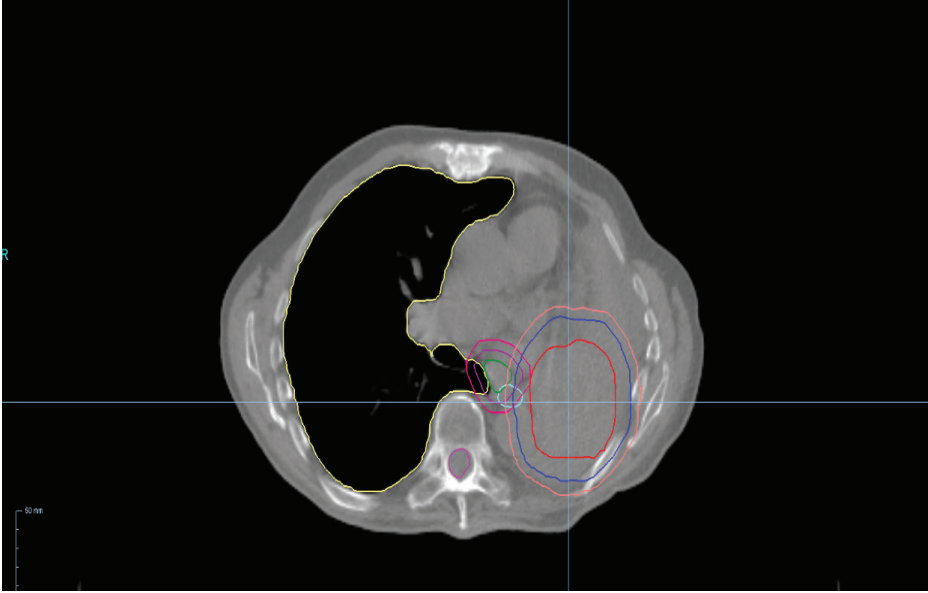
Yöntem: Akciğer kanseri tanılı 5 hastaya ait bilgisayarlı tomografi verileri kullanılarak, Tomotherapy HDA IM-RT-SIB ve Tomotherapy HDA IMRT tedavi planları oluşturulmuştur. Her bir hasta için iki ayrı PTV (planning target volume, PTV) tanımlanmış; PTV LN ve PTV TM. PTV'lere SIB planda sırasıyla 45 Gray (Gy) ve 63 Gy tedavi dozu 35 fraksiyonda verilmiştir. IMRT-SIB(45 Gy+18Gy) ve IMRT (63 Gy) planları oluşturulurken, PTV'ler ve risk altındaki organlar (organs at risk, OARs) için aynı doz hedefleri kullanılmıştır. Planlara ait diferansiyel doz-volüm histogram (dose-volume histogram, DVH) ları SIB planlarda Plan Sum yapılarak kritik organ dozlarında MS maksimum, kalp min, total Akciğer -PTV_{LN+TM} V20, Özefagus mean dozlarına bakılmıştır.

Bulgular: Tomotherapy IMRT-SIB ve Tomotherapy tedavi plan teknikleri kullanılarak oluşturulan tedavi planlarının tümünde PTV'ler ve OAR'ler bakımından klinik olarak kabul edilebilir planlar elde edilmiştir. MS maksimum, kalp mean,özefagus mean ve maksimum, total akciğer -ptv V20 değerleri incelendiğinde PTV+LN 64Gy verdiğimiz hasta grubunda özefagus yerleşimine göre özefagus ptv dışında olan hasta planlarında SIB(45Gy+18Gy) ve IMRT(-64Gy) arasında fark olmadığı eğer özefagus PTV içinde ise SIB planların özefagus mean ve maksimum değerlerinde fark görülmüştür.Optimizasyon değerlerinde düzenleme yapılarak MS maksimum iki plan türünde aynı çıkmıştır. Akciğer -PTV_{LN+TM} V20 değeri iki plan türünde de sağlanmıştır. CI ve HI değerlerinde fark görülmemiştir.

Tablo 1:Doz kısıtlamaları ve yüzdelik fark

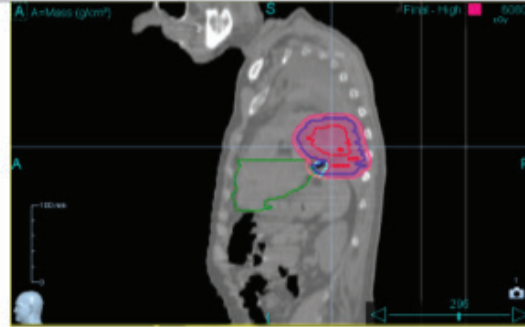
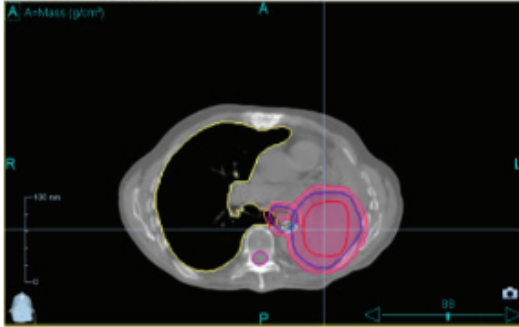
	Doz Kısıtlaması	Tomotherapy HDA IMRT-SIB	Tomotherapy HDA IMRT
Cord	Max = 45Gy	25Gy	26Gy
Özefagus	Mean = 26 Gy	24Gy	35Gy
Total Akciğer - PTV _{LN+TM} V20	V ₂₀ = 35Gy Mean=20 Gy	28-32Gy	32-40Gy
CI	1	1,2	1,2
HI	1	1,1	1,3

Tablo 1. Plan yapılırken Riskli organ doz sınırlamaları gösterilmiştir.Akciğer kanseri tanılı küratif 5 hastanın SIB(45Gy+18Gy) ve PTV LN+TM total 64Gy verilmek üzere Tomotherapy HDA cihazında IMRT planları yapılarak doz ortalamaları alınmıştır.



Chapter 6: Images

Report Snapshots



Sonuç: Tomotherapy IMRT-SIB ve Tomotherapy tedavi plan teknikleri kullanılarak RT Akciger kanseri tanılı hastalar kritik organ dozu olarak değerlendirildiğinde Özefagus yerleşimi ve PTV TM+LN büyüklüğüne göre total Akciger –PTV_{LN+TM} V20 değerinin değişebileceği gözlenmiştir.

Kaynaklar:

1. Ji, K., Zhao, L. J., Liu, W. S., Liu, Z. Y., Yuan, Z. Y., Pang, Q. S., ... & Wang, P. (2014). Simultaneous integrated boost intensity-modulated radiotherapy for treatment of locally advanced non-small-cell lung cancer: a retrospective clinical study. *The British journal of radiology*, 87(1035), 20130562.
2. Rengan R, Chetty IJ, Decker R, Langer CJ, O'Meara WP, Movsas B (eds). Lung Cancer. In: Halperin EC, Wazer DE, Perez CA, Brady LW, eds. Principles and Practice of Radiation Oncology, 6th ed. Philadelphia, LWW, 2013; 938-973.



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



PP.31 - Türkiye'de Medikal Fizik Açısından Covid-19 Pandemisi Sürecinin Değerlendirilmesi

Vildan Alpan¹, Salih Gürdalı², Öznur Şenkesen³, Yücel Sağlam¹, Yasemin Bölükbaşı¹, Uğur Selek¹

¹ VKV Amerikan Hastanesi

² MNT Sağlık Hizmetleri

³ Acıbadem Mehmet Ali Aydınlar Üniversitesi

Amaç: Covid 19 (SARS COV2) virüsü Çin'in Wuhan bölgesinden yayılarak tüm dünyayı etkisi altına almış ve DSÖ (Dünya Sağlık Örgütü) tarafından 11 Mart 2020 tarihinde pandemi ilan edilmiştir. Ülkemizde de ilk vakanın görüldüğü 11 Mart 2020 tarihinden bu güne kadar 6 milyondan fazla kişi koronaya yakalanmış ve yaklaşık 60.000 kişi korona nedeni ile hayatını kaybetmiştir. Covid 19 pandemisi sırasında tüm dünyada olduğu gibi Ülkemizde de korona dışı acil olmayan hastalar ertelenmiş fakat radyoterapi tedavisi süreklilik gerektirdiğinden pandemi sürecinde de hasta alınmaya devam etmiştir.

Çalışmamızın amacı; Türkiye'nin farklı bölgelerinde çalışan Medikal Fizik Uzmanları'nın Covid 19 pandemi sürecinden nasıl etkilendiklerini ve günlük rutin çalışmalarında nasıl düzenlemelere gidildiğini araştırarak, gelecekte olası bir pandemi sırasında neler yapılacağını belirlemektir.

Gereç ve Yöntem: Çalışmamızda çevrimiçi anket düzeneği kullanılarak 42 soru hazırlanmıştır. Anket soruları farklı merkezlerde görev yapan Medikal Fizikçilerin Covid 19 pandemisi sırasında çalışma koşullarını, tedavi planlama ve kalite kontrol süreçlerindeki değişiklikleri ve pandemi ile ilgili olarak alınan önlemleri belirlemeye yönelik olarak hazırlanmıştır. Radyoterapi merkezlerine gönderilmeden önce anket soruları ve katılımcılar için hazırlanan onam yazısı için Koç Üniversitesi Etik Kurulu'ndan onay alınmıştır.

Anket soruları Türkiye'nin çeşitli yerlerindeki 103 radyoterapi merkezine e-posta ile gönderilmiş ve soruları her merkezden bir Medikal Fizik Uzmanı'nın cevaplama istenmiştir.

Bulgular: 103 radyoterapi merkezine gönderilen ankete 64 radyoterapi merkezi geri dönüş bildirmiştir. Ankete katılan Medikal Fizik Uzmanları'nın anketi cevaplama süresi ortalama 10 dakikadır. Ankete katılan merkezlerden %23'ü (15) Devlet Üniversite Hastanesi, %9'u (6) Özel Üniversite Hastanesi, %27'si (17) Devlet Hastanesi, %38'i (24) Özel Hastane ve %3'ü (2) Özel Radyoterapi Merkezi statüsündedir. Ankete geri dönüş bildiren radyoterapi merkezlerinden %74'ü (47) bulundukları bölgede pandemi hastanesi ilan edilmiştir. Merkezlerin %36'sında (23) muhtemel bir pandemi durumu için hazırlanmış talimatlar varken merkezlerin %48'inde (31) salgın başladıktan sonra gerekli talimatlar hazırlanmıştır. Merkezlerin %73'ünde (47) Medikal Fizik Uzmanları'nın çalışma saatleri pandemi koşullarına göre düzenlenmiştir. Bu dönemde hiç bir Medikal Fizik Uzmanı evden çalışmamıştır.

Sonuç: Anket sonuçları incelendiğinde; ankete katılan merkezlerin ortalama %70'inde pandemi sürecinde çalışanları ve Medikal Fizik Uzmanlarını kapsayacak şekilde gerekli önlemlerin alındığı, çalışma koşullarının pandemi kurallarına göre düzenlendiği belirlenmiştir. Anket sonuçlarına göre her merkezin kendi prosedürlerini hazırladığı görülmektedir, ileride olası bir pandemi vb beklenmedik durumlar için yapılacakları tanımlamak için, ilgili meslek örgütleri, meslek odaları ve hastaneler tarafından ortak ve kapsamlı bir prosedür hazırlanmasının tüm radyoterapi merkezlerinin beklenmedik durumlarda aynı kuralları uygulaması açısından önemli olduğu düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Covid19; medikal fizik; pandemi



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



PP.32 - Elektron Tedavilerinde Grid Size Değişiminin Yüzey Dozu İle Doz Hesaplarına Etkisi

Özgür Boran

*Radyasyon Onkolojisi, Bağıcılar Eğitim ve Araştırma Hastanesi, İstanbul\Türkiye
Medideal Medikal Projeler ve Çözümler San. ve Tic. A. Ş.*

Giriş ve Amaç: Tedavi planlama sistemlerinde (TPS) doz hesaplarının doğruluğu birçok parametreye bağlıdır. Algoritma seçimi bu doğrultuda en etkili unsurken, hesaplama alan boyutunun seçimi de tedavide önemli bir yer arz etmektedir. TPS’ de genel olarak 2.5 mm grid size seçimi tercih edilmektedir. Fakat küçük alan dozimetrisinde bu durum özellikle elektron tedavilerinde lateral saçılmadan kaynaklı hatalara sebep olmaktadır. Çalışmadaki amaç; elektron tedavilerinde en önemli faktör olan yüzey dozunun hesaplama boyutu ile TPS’ de değişiminin araştırılmasıdır.

Yöntem: Çalışmamızda daha önce tedavisi tamamlanmış, ortalama tedavi hacimleri 9 ile 30 cm³ arasında olan 7 elektron hastasının tedavi planları Eclipse 13.7 versiyonunda 9 MeV enerji ve elektron Monte Carlo (eMC) doz hesaplama algoritması ile 20 Gy doz verilerek 1.5 mm ve 2.5 mm grid size ile yeniden oluşturularak, yüzey dozları hedef hacim üzerinden değerlendirilip, kritik organlar dozları, hesaplama süresi, Monitor Unit (MU) ve Conformity Index (CI) açısından karşılaştırma yapılmıştır.

Bulgular: Hedef hacim maksimum dozlarına bakıldığında; 2.5 mm ile hesaplatılan planlarda, 1.5 mm ye göre ortalama %2 ile %14 arasında artışlar görülmüştür. Hedef hacim ortalama doz değerlerinde ise 2.5 mm de %2 ye varan düşüşler mevcuttur. 1.5 mm grid size ile hesaplatılan planların ortalama verileri değerlendirildiğinde, daha iyi hedef hacim sarımı ile birlikte sağlıklı organ dozlarında çok düşük artışlar görülmüştür. İki grid size arasındaki fark tanımlanan dozun kapsama alanında %5’ lere varan değişimlere sebep olmaktadır. 1.5 mm de hesaplatılan planların doz dağılımları, 2.5 mm ile hesaplatılana göre çok daha iyi kapsama alanına sahiptir. Doz sarımındaki bu değişim cilt dozunun da daha fazla doyuma ulaşmasını sağlamıştır. 2.5 mm ile hesaplatılan planların yüzey dozunda, body’ den %100’ lük doz hacminin kapsama alanına kadar ki bölgede 2 mm kayıplar oluşturmaktadır. Planların CI değerleri; 1.5 mm hesaplarında ortalama olarak 1.11, 2.5 mm hesaplarında ise 1.20 değerleri bulunmuştur. 1.5 mm grid size kullanılarak yapılan doz hesaplama süreleri ortalama 2.5 dakika sürerken, 2.5 mm hesaplarında bu değer 50 saniye civarlarındadır.

Sonuç: Büyük grid size değerlerinin seçimi hedef organ doz sarımında daha düşük değerlere sebep olmakta ve doz sarımını iyileştirmek adına yapılan normalizasyonlarda hastaya gereksiz yüksek doz değerlerinin verilmesine yol açmaktadır. Ayrıca bu nedenden dolayı 2.5 mm hesaplarındaki planlar, yüksek MU değerlerine sebep olup, hastanın tedavi süresini uzatmaktadır. 1.5 mm ile hesaplatılan planların tek dezavantajı hesaplama süresinin uzunluğudur. Yaklaşık 2 katı daha fazla hesaplama süresi bulunmaktadır. Bu durum bilgisayar donanımına ve TPS versiyonuna göre değişebilmektedir. Cilt ışınlamalarında mutlak suretle düşük değerli grid size seçimi tedavinin etkinliği açısından daha faydalı olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Covid19; medikal fizik; pandemi



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



PP.33 - Akciğer Kanseri Radyoterapisinde Düzleştirici Filtreli ve Filtresiz Tedavi Planlarının Karşılaştırılması

Tuğçe Kavalcı¹, Mert Cananoglu², Taylan Bükülmez², Çağrı Yazgan¹, Mecit Canbolat¹, İlker Çatan¹, Yiğit Çeçen¹, Özgür Kara³

¹ Oncotech Medikal Sistemler, Ankara, Türkiye

² İstinye Üniversitesi, LİV Hastanesi Bahçeşehir, Radyasyon Onkolojisi Bölümü, İstanbul, Türkiye

³ Oncohealth Medikal Sistemler, Ankara, Türkiye

Amaç: Akciğer kanseri hastaları ışınlanmasında düzleştirici filtreli ve filtersiz tedavi planlarının monitör ünit ve kritik organ doz karşılaştırılmasıdır.

Materyal ve Metot: Düzleştirici filtre kullanılmayan (FFF) tedavilerin, filtreli tedavilere (FF) kıyasla yüksek monitör ünitleri ile, organ hareketi yönetimi gibi klinik faydaları bilinmektedir. Bu çalışma, İstinye Üniversitesi Liv Bahçeşehir Hastanesi Radyasyon Onkolojisi bölümünde bulunan Monaco verileri kullanılmıştır. Bu retrospektif çalışmada, tomografisi çekilmiş 10 akciğer hastası için 6 MV foton enerjisinin farklı iki modu olan; FF ve FFF olarak iki farklı şekilde, toplamda 20 plan yapılmıştır. Oluşturulan FF ve FFF planlarda PTV D₉₅ dozu 6000 cGy olacak şekilde normalize edilmiştir. Oluşturulan planların kritik organ dozları, MU ve PTV D₂ incelenmiştir.

Bulgular: İstinye Üniversitesi Liv Bahçeşehir Hastanesinde bulunan Monaco tedavi planlama sistemi kullanılarak elde edilen veriler incelendiğinde D₂ verilerinin ortalaması 6 MV FF ve 6 MV FFF ışın demetleri için sırasıyla 6204 cGy ve 6205 cGy olduğu görülmüştür. Akciğer V₂₀ ve V₅ değerleri incelendiğinde ise 6 MV için sırasıyla %24.91 ve %53.65; 6 MV FFF ışın demetleri kullanıldığında ise sırasıyla %24.33 ve %52.96 olarak bulunmuştur. PTV D₂ ve akciğer dozları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur (p>0.05). Ortalama kalp dozları ise 6 MV FF ve 6 MV FFF ışın demetleri için sırasıyla 920 cGy ve 868 cGy olarak bulunmuştur (p<0.05). Elde edilen tedavi planlarının MU'ları incelendiğinde 6 MV ve 6 MV FFF ışın demetleri için sırasıyla 585 ve 694 olarak bulunmuştur. Aradaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır (p<0.05).

Sonuç: FF ve FFF planlarının kritik organ dozları ve değerleri incelendiğinde FFF ışın demetlerinde ortalama kalp dozunda anlamlı bir düşüş gözlemlenmekle birlikte MU'da da anlamlı bir artış olmuştur.

Anahtar Kelimeler: Akciğer kanseri. FF, FFF, Monaco



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



PP.34 - İyonize Radyasyona Bağlı Testis Hasarında Küçük GTPaz Rac1'in Rolü

Yasar Aysun Manisalıgil^{1,2}, Mukaddes Gümüştekin³, Serap Cilaker Mıcılı⁴, Cemre Ural⁵, Zahide Çavdar⁵, Gizem Şişman², Ayşegül Yurt^{1,2}

¹Dokuz Eylül Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Tıbbi Görüntüleme Teknikleri Programı, İzmir, Türkiye

²Dokuz Eylül Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Medikal Fizik Ana Bilim Dalı, İzmir, Türkiye

³Dokuz Eylül Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Farmakoloji Ana Bilim Dalı, İzmir, Türkiye

⁴Dokuz Eylül Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Histoloji ve Embriyoloji Ana Bilim Dalı, İzmir, Türkiye

⁵Dokuz Eylül Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Moleküler Tıp Ana Bilim Dalı, İzmir, Türkiye

Giriş ve Amaç: İyonize radyasyonun canlılar üzerindeki erken ve geç dönemdeki etkilerinin başında reaktif oksijen türlerinin oluşumu, apoptozis ve DNA hasarı gelmektedir. Rac1 molekülünün NADPH oksidaz enziminin bir alt birimi olarak reaktif oksijen türleri (ROS) oluşumuna katılması nedeni ile radyasyona bağlı ROS oluşumunda ve doku hasarında Rac1'in rolü olabileceğini düşünmekteyiz.

Yöntem: Bu çalışmada sıçanlara, 3 farklı dozda (0,02 Gy; 0,1 Gy; 5 Gy) tüm vücut ışınlaması yapılmıştır. Işınlanmadan 2 ve 24 saat ile 7 gün sonra testis dokusu çıkartılmıştır. Testis doku hasarı, histolojik yöntemler ile Rac1 ekspresyonu immünohistokimyasal boyama ile analiz edilmiştir. Testis dokusunda Rac1 aktivasyonu, G-LISA yöntemi yapılmıştır. ROS oluşumunu değerlendirmek için testis dokusunda; hücre içi ROS, Süperoksit dismutaz (SOD) ve malondialdehit (MDA) analizleri yapılmıştır.

Bulgular: Radyasyon uygulanan tüm gruplarda, zamana ve doza bağlı testis dokusunda hasar artışı gözlemlendi. Radyasyon gruplarındaki Rac1 ekspresyonlarının, kontrole göre doza ve zamana bağlı olarak azalırken, Rac1 aktivasyonların ise arttığı gözlemlendi. Ayrıca, radyasyon gruplarında, kontrol grubuna göre hücre içi ROS ve MDA düzeylerinin arttığı, SOD düzeylerinin ise azaldığı saptandı.

Sonuç: Bulgularımız; radyasyona bağlı testis hasarında Rac1'in rolü olabileceğini ve Rac1'in testis hasarını artırıcı etkisinin en azından bir kısmını hücre içi ROS oluşumu ve lipid peroksidasyonunu artırarak gerçekleştirebileceğini düşündürmektedir.

Anahtar Kelimeler: İyonlaştırıcı radyasyon, Rac1, Radyasyon hasarı, Reaktif oksijen türleri (ROS), Testis, Sıçan

PP.35 - VERT: Sanal Gerçeklik Radyoterapi Simülatörünün Klinik Faydalarının İncelenmesi

Simge Erçetin, Çağrı Yazgan, Yiğit Çeçen, Mecit Canbolat, İlker Çatan

Oncotech Medikal Sistemler, Ankara, Türkiye

Giriş ve Amaç: Radyoterapi eğitimi teorik ve pratik yönleriyle çok yönlü bir eğitim sürecidir. Radyoterapi personelinin cihaz ve hasta ile etkileşim halinde eğitimini pratiğe dökme şansı ise eğitim kurumunda cihaz bulunmaması ya da hasta yoğunluğu sebebiyle her zaman mümkün olmamaktadır. VERT sanal gerçeklik radyoterapi simülatörü, öğrencilerin klinik olarak iş akışına müdahale etmeden, hata yapma riskini en aza indirerek, klinik tüm durumları stimule edebilmesine olanak sağlamaktadır. Bu öğrenme modülü ile güvenli fiziksel bir akademik ortam oluşmasını sağlayarak öğrencilerin, tekniklerin ve fizikçilerin klinik ortama en iyi şekilde hazırlanmalarını sağlar. Buna ek olarak sistem kullanılarak tedavi öncesinde hastaya radyoterapi sürecinin gösterilmesi sağlanabilmektedir. Böylece hastanın süreç ile ilgili kaygılarının azaltabilmek mümkündür. VERT 3D simülasyonu ile cerrahi, pediatri, paratıp, fizyoterapi ve daha birçok profesyonel disiplinlere klinik beceri gelişim katkısı sağlanmaktadır.

VERT sistemi ile, eğitim ortamında cihaz olmaksızın anlaşılması kolay olmayan radyoterapi kavramlarının (izomerkez, IMRT, IGRT, VMAT, CT, CBCT, DVH vb.) görselleştirilmesi sağlanmaktadır. Bunun yanında piyasada bulunan marka ve cihaz seçenekleri, kolimasyon, SSD, ışık alanı kullanımı gibi cihaz bileşenleri sanal ortamda pratiğe dökülmektedir.

VERT sisteminde farklı tedavi bölgeleri ve modaliteleri için örnek hastalar, fizik, kalite kontrol (QA) ve dozimetri gibi birçok modül bulunmaktadır. Bu modüller sayesinde gerçek bir lineer hızlandırıcı cihazında gerçekleştirilebilecek tüm uygulamalar ve fiziksel olarak incelenmesi mümkün olmayan uygulamaların sanal gerçeklik ortamında 3 boyutlu şekilde incelenmesi sağlanmaktadır. (1) (2).

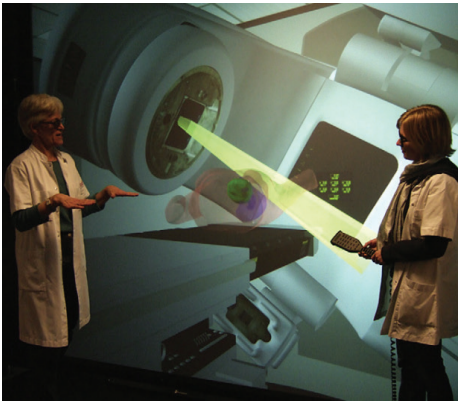


Figure 1: Linear Hızlandırıcı 3D VR modeli

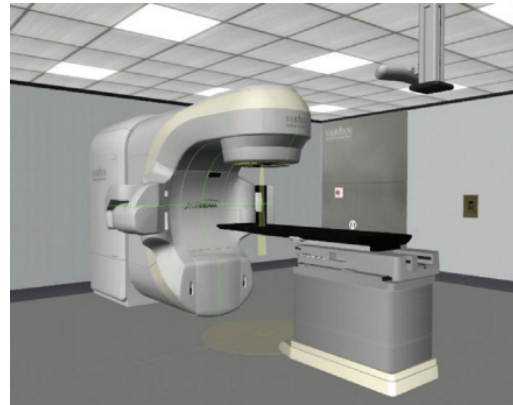


Figure 2: VERT'ten Sanal Lineer Hızlandırıcı

Yöntem: VERT teknolojisi, yapay bir ortam sağlayarak hastaların ve sağlık profesyonellerinin ortamla bire bir, aktif bir şekilde etkileşimini sağlamaktadır. VERT sistemi 3D projektör, 3D görüntüleme için ekran ve kapsamlı yazılım ile donatılmıştır. VERT tedavi hedefi belirlemede, hasta pozisyonlamada ve bu hataların düzeltilmesinde, pozisyonlamaya ve tedaviye bağlı doz hatalarının incelenmesinde, doz dağılımı ve DVH analizlerinin yapılmasında, hasta görüntülemeye (PET, CT, MR gibi) çeşitli modüllerin kullanımında, kalite kontrol ölçümlerinin sanal olarak gerçekleştirilmesinde, tedavi üzerindeki etkilerinin incelenmesinde, DICOM tabanlı görüntülerin ve tedavi planlarının incelenmesinde kullanılmaktadır. (3)

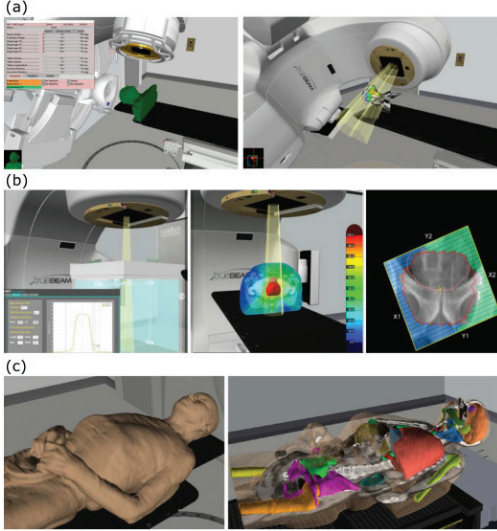


Figure 3: VERT sisteminin olası örnek uygulamaları:

- (a) hasta konumlandırma ve radyoterapi simülasyonu, (b) ışın radyasyon dağılımının analizi, (c) insan anatomisi çalışması

Sonuç: VERT sistemi, geleneksel yöntemlerin aksine teknolojiyle radyasyon onkolojisinde yeni bir yaklaşım olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu 3D sanal gerçeklik teknolojisi ile; hastaların, öğrencilerin, teknikerlerin tedavinin her aşaması ve cihaz hakkında detaylı bir donanım kazanmaları sağlanmaktadır. Pratik eğitim imkanlarının artırılması sayesinde radyoterapi öğrencilerinin ve personelinin gerçekleştirilen tedaviye ilişkin daha detaylı bilgi sahibi olması sağlanmaktadır. (4) (5).

Anahtar Kelimeler: Eğitim; radyoterapi; sanal gerçeklik;

Kaynaklar

1. Boejen A, Grau C. Virtual reality in radiation therapy training. Surgical oncology. 01 Eylül 2011;20:185-8.
2. VERT, a virtual clinical environment, enhances understanding of radiation therapy planning concepts - Leong - 2018 - Journal of Medical Radiation Sciences - Wiley Online Library [İnternet]. [a.yer 15 Eylül 2021]. Erişim adresi: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jmrs.272>
3. Home [İnternet]. Virtual. [a.yer 15 Eylül 2021]. Erişim adresi: <https://www.virtual.co.uk/>
4. Williams CL, Kovtun KA. The Future of Virtual Reality in Radiation Oncology. Int J Radiat Oncol Biol Phys. 15 Kasım 2018;102(4):1162-4.
5. Kuszewski T, Braziewicz J, Wysocka-Kunisz M, Kubala-Kukuś A. Application of Virtual Environment for Radiotherapy Training System for Educational Purposes at Institute of Physics of Jan Kochanowski University in Kielce. Acta Phys Pol A. Mart 2021;139(3):277-9.



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



PP.36 - Çerçevesiz Stereotaktik Beyin Radyocerrahisi Uygulamasına Özgü Geliştirilen Termoplastik SRS Maske Sisteminin Kullanım Etkinliğinin İncelenmesi

Uğur Akbayırlı, Seçkin Gündüz

¹Medko Oncology, İstanbul, Türkiye

²Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Biyomedikal Mühendisliği Doktora Programı, Sakarya, Türkiye

Giriş ve Amaç: Beyin kanserlerinde, stereotaktik radyocerrahi (SRS) yöntemi son yıllarda sıklıkla uygulanmaktadır. Doğrusal hızlandırıcı tabanlı ve çerçevesiz SRS uygulama oranlarındaki artışla birlikte, görüntü kılavuzluğunun doğru kullanımının yanı sıra uygun immobilizasyonun belirlenmesi de önem arz etmektedir. Bu çalışmada Radon Medikal Ekipmanlar (Radon) tarafından üretilmiş termoplastik SRS maskesi ve karbon fiber SRS base plate sisteminin (SRS M-B) dozimetrik ve klinik uygunluğunun belirlenmesi amaçlanmaktadır.

Yöntem: Çalışmamızda öncelikle SRS M-B sisteminin dozimetrik uygunluğunun belirlenmesi için PTW marka farmer tip (0,6 cc) iyon odası build-up cap ile birlikte kullanılarak doz ölçümü alınmıştır. Ölçüm 5 farklı volümetrik ark tabanlı (VMAT) SRS planının izomerkezinde havada ve SRS M-B eklenildiği durumlarda gerçekleştirilmiştir. Ayrıca izomerkezde havada ve SRS M-B varlığında, 6FFF enerjisinde, statik 10x10 cm² alanda 4 farklı gantri açısında (0°-90°-180°-270°) da 200 MU ile yapılan ışınlamada iyon odası okuma değerleri alınmıştır. Sonrasında, Agility kolimatör sistemine sahip Elekta VersaHD cihazında Hexapod 6 boyutlu masa sistemi ile sırasıyla Radon IMRT baş maskesi ve SRS M-B immobilizasyonları kullanılarak SRS tedavisi uygulanmış 5'er hasta incelenmiştir. Çoklu eş düzlemsel demetler kullanılarak yapılmış tedavi planlarının uygulanmasında, Elekta XVI sisteminde tedavi öncesi alınan cone-beam bilgisayarlı tomografi (CBCT) ve demetlerin uygulaması sırasında alınan fraksiyon içi CBCT görüntülerinin hizalama değerleri değerlendirilmiştir.

Bulgular: Dozimetrik değerlendirme sonucunda VMAT SRS planlarına ait izomerkez dozu okumasında SRS M-B varlığında, olmadığı duruma göre ortalama % 0,56 fark bulunmuştur. Statik alanlarda ise en yüksek fark gantri 180° iken gözlemlenmiştir (% 1,27). Diğer açılardaki fark %1'den azdır. Hasta verileri incelendiğinde, tedavi öncesi CBCT'ler açısından 2 farklı gereç arasında anlamlı bir fark gözlemlenmemiştir. Fraksiyon içi değerlendirmede doğrusal düzlemlerde anlamlı bir fark gözlemlenmemektedir. Ancak rotasyonel düzlemlerde IMRT maskesi için 1 hasta hariç kalan 4 hastada ortalama 0,8° fark gözlemlenmekte iken SRS M-B kullanılan hastalarda ortalama fark 0,1°'dir. IMRT maskeli 1 hastada ise fraksiyon sırasında gerçekleşen çene hareketi sonrasında pitch düzleminde 1,7° fark oluşmuştur.

Sonuç: Beyin SRS uygulamalarında fraksiyon içi hareketliliği etkin şekilde kısıtlayarak daha doğru ve hassas tedavinin kısa sürede uygulanmasına katkı sağlaması istenilen SRS M-B sisteminin klinik kullanıma uygunluğu görülmektedir. İlgili maske ve base plate sisteminin yerli üretim olması nedeniyle klinik temelli geri dönüşlerde tasarım gelişimi imkanı olması ve maliyet avantajı, kolay erişim ve kullanım imkanı sağlamaktadır. Radon SRS M-B sisteminin, doğrusal hızlandırıcı tabanlı çerçevesiz beyin SRS uygulamalarında kullanıma uygun bir immobilizasyon çözümü olduğu söylenebilir.

Anahtar Kelimeler: Beyin, immobilizasyon, stereotaktik radyocerrahi, termoplastik maske



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



PP.37 - Raystation Tedavi Planlama Sisteminde Deformable Image Registration Özelliği ile Bir Prostat Tedavisinde Retrospektif Olarak CBCT Görüntüleri Kullanılarak Doz Takibinin Yapılması

Ali Hıdır Yeşil¹, Taylan Bükülmez², Çağrı Yazgan¹, Mert Cananoğlu², İlker Çatan¹, Mecit Canbolat¹, Gökberk Ünal¹

¹Oncotech Medikal Sistemler, Ankara, Türkiye

²İstinye Üniversitesi, LİV Hastanesi Bahçeşehir, Radyasyon Onkolojisi Bölümü, İstanbul, Türkiye

Amaç ve Giriş: Bu çalışmanın amacı, RayStation Tedavi Planlama Sistemi'nde (TPS) bulunan Dose Tracking (Doz Takibi) özelliği ile 39 fraksiyonluk bir prostat tedavisinde, planlanan ve hastaya verilen doz dağılımlarının günlük CBCT görüntüleri kullanılarak karşılaştırılmasıdır.

Adaptif Radyoterapi (ART), tedavi sürecinde hasta anatomisindeki değişimler sebebiyle tedavi planının güncellenmesidir. Bu teknik yaygın olarak, kilo kaybı gibi hastada tespit edilen değişikliklerde yeniden görüntüleme ve planlama aşamalarının manuel olarak yapılması şeklinde uygulanmaktadır.

Deformable Image Registration (DIR), hastaya ait farklı görüntü setleri arasında kontur ve doz deformasyonu yapılmasını sağlamaktadır. Hastaya ait farklı görüntü setlerinin karşılaştırılmasında kullanılan Rigid Image Registration'dan (RIR) farklı olarak DIR, görüntüyü deforme ederek, görüntü setleri arasındaki kilo değişimi, organ hareketleri gibi farkların meydana getirdiği değişimleri hesaba katmaktadır. Böylece değişen anatomiye bağlı olarak farklı görüntü setlerine transfer edilen konturlarda ve buna bağlı olarak doz dağılımlarında gerçekleşen değişiklikler izlenebilmektedir. Bu işlem görüntünün voksellere bölünmesi ve benzer voksellerin üst üste karşılaştırılması şeklinde gerçekleştirilir. RIR tekniğinde görüntü setleri olduğu gibi karşılaştırılırken, DIR tekniğinde görüntü setlerinde biri diğerine benzeyecek şekilde deforme edilir.

ART uygulamalarında süreci kompleks hale getiren sebeplerinden biri, konturların yeniden manuel olarak çizilmesi, yeniden tedavi planı hazırlanması ve hesaplanan doz dağılımlarının kritik ve hedef organlar açısından değerlendirilmesidir. Bu süreçte ortaya çıkan belirsizlikler ve değerlendirmenin her bir fraksiyonda yapılmasının güçlüğü, ART için plan güncellemesinin hangi aşamada yapılması konusunda karar vermeyi zorlaştırmaktadır. DIR ve CT/CBCT kontur/doz deformasyonu, hastaya verilen dozu takip edebilme imkanı sağlamaktadır.

Materyal Metot: İstinye Üniversitesi Liv Hastanesi Radyasyon Onkolojisi kliniğinde Elekta VersaHD cihazı ile tedavi görmüş prostat kanserli bir hastanın tedavisi anonimize edilerek retrospektif olarak incelendi. 78 Gy tedavi dozu uygulanmış hastanın 39 günlük tedavisi boyunca her fraksiyonda kV-CBCT görüntüsü alındı. Planlama CT'si üzerine çizilen konturlar ve hesaplanan doz dağılımı, DIR tekniği kullanılarak CBCT görüntü setlerine deforme edildi. Her bir fraksiyon için alınan CBCT görüntü setine deforme edilen konturların doğruluğu doktor tarafından onaylandı. Günlük CBCT görüntülerine deforme edilen doz dağılımları kullanılarak tedavi doz takibi gerçekleştirildi.

Sonuçlar: Çalışma sonucunda RayStation TPS'te bulunan DIR ve Dose Tracking özellikleri kullanılarak 39 fraksiyonluk prostat tedavisi takip edilmiştir. Planlanan doz dağılımı ile hastaya verilen doz dağılımının benzer olduğu DVH analizi ile tespit edilmiştir. Prostat radyoterapisini etkileyen en önemli faktörlerden biri olan mesane hacmi incelenmiş, fraksiyonlar arasında anlamlı bir değişiklik tespit edilmemiştir. Ayrıca CBCT görüntüleri kullanılarak, tedavi sürecinde hastada anlamlı bir kilo kaybı olmadığı anlaşılmıştır. Çalışmada kullanılan iş akışı, klinisyenlere her bir fraksiyonda hastaya verilen doz dağılımının incelenebilmesi ve tedavinin hangi aşamasında ART planının yapılması gerektiği konusunda veri sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Adaptif, Deformable, RayStation



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



PP.38 - Baş Boyun Kanserli Hastaların Yoğunluk Ayarlı Radyoterapi Planlamasında İki Farklı Doz Algoritmasının Dozimetrik Karşılaştırılması

Fadime Alkaya¹, Gökem Çevikbaş², Z. Füsün Tokatlı³, Özgür O. Şeşeoğulları¹, Evrim Metcalfe¹

¹ *Medicana International istanbul Hastanesi radyasyon Onkolojisi*

² *Memorial Şişli hastanesi Radyasyon Onkolojisi*

³ *İstanbul Aydın Üniversitesi VM Medical Park Florya Hastanesi radyasyon Onkolojisi*

Baş-boyun bölgesi kritik organ ve dokuların en fazla olduğu bölgelerdendir. Bu nedenle reçete edilen dozun planlanması ve hesaplanması önemlidir. Bu çalışmada seçilen 10 küratif baş-boyun hastasının retrospektif olarak değerlendirilmesi yapılmıştır. Daha önceden Pencil Beam Convolution (PBC) algoritma ile hesaplanan hasta planlamaları Anizotropik Analitik Algorithm (AAA) ile yeniden dozları hesaplanarak planlanmıştır.

Seçilen 10 hasta için hedef hacmin ve normal dokuların aldıkları dozların karşılaştırılmaları yapılmıştır. Doz Hacim Histogramları (DVH) değerlendirildiğinde hedef hacim (PTV) açısından AAA ve PBC arasında belirgin fark görülmemiştir. Buna karşın monitor unit (MU) ve kritik organlar açısından farklılıklar görülmektedir. Çalışmada ayrıca Conformity Index (CI) değerleri de değerlendirilmiştir. Homojen olmayan dokuların ve hava boşluklarının olduğu tedavi bölgelerinde AAA ve PBC algoritmaları arasında farklılıklar görülmüştür.



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



PP.39 - Meme Kanseri Radyoterapisinde Dual ARC ve Çoklu Alan IMRT Tekniklerinin Karşılaştırılması

Sanaz Hendi, Ayfer Haydaroglu, Serdar Sanduvaç, Aşkın Aydemir

Onkomer Özel Onkoloji Tıp Merkezi (İzmir/Türkiye)

Giriş ve amaç: Meme kanseri tedavisinde en etkili yöntemlerin başında Radyoterapi gelmektedir. Sol meme yerleşimli tümörlerde yüksek dozlarla çıkıldığı zaman kalp ve LAD (Left anterior descending) dozları hastanın sağlıklı bir yaşam sürdürmesi açısından önem taşımaktadır. RTOG, DEGRO ve QUANTEC'in önerdiği doz sınırlamalarına göre LAD dozları $D_{max} \leq 30$ Gy, $V_{30} < \%2$, $V_{40} < \%1$, $D_{mean} \leq 5$ Gy ve kalp dozları $V_5 < \%50$, $V_{15} < \%30$, $V_{25} < \%5$, $D_{mean} \leq 5$ Gy olmalıdır.

Materyal ve Metot: Bu çalışmada 6 hasta örnek olarak seçilmiştir. Her hasta için CT simülöründe normal solunum ve solunum kontrollü iki CT çekilmiştir. Bu hastalarda memenin tamamına 50Gy ve tümör yatağı odaklı 10Gy ek tedavi uygulanmıştır. Planlama için "Dual Arc" ve "Çoklu Alan" IMRT teknikleri, Normal Solunum Solunum Kontrollü görüntüler üzerinde uygulanmıştır. "Dual arc" yönteminde ışın sahası kalp ve LAD'yi görmeyecek şekilde ayarlanmıştır.

Bulgular: Örnek CT'ler üzerinde 2 ayrı teknikle hesaplama yapıp 50 ve 60 Gy lerde kritik organ dozları karşılaştırılmıştır. Ark ve IMRT tekniklerinde elde edilen sonuçlar Tablo1 ve Tablo2'de görülmektedir.

Tablo 1. Solunum kontrollü görüntüler üzerinde yapılan planlardan elde edilen Kalp ve LAD dozları, homojenite ve konformite indeksleri

SOLUNUM KONTROLLÜ ORTALAMA DEĞERLER									
KRİTİK DEĞERLER		TEKNİK 1: DUAL ARC				TEKNİK 2: IMRT			
		50	50-60	HI	CI	50	50-60	HI	CI
KALP	V5 (%)	6.47	8.26	1.07	0.87	6.47	15.25	1.05	0.87
	V15 (%)	2.70	2.72			2.70	2.97		
	V25 (%)	1.71	1.77			1.71	1.88		
	Dmean (Gy)	2.50	2.46			2.50	3.66		
LAD	Dmax (Gy)	23.09	23.50	1.07	0.87	23.09	25.08	1.05	0.87
	Dmean (Gy)	5.14	6.72			5.14	9.03		
	V30 (%)	0.04	0.09			0.04	2.29		
	V40 (%)	0	0.00			0	0.81		

Tablo 2. Normal solunum görüntüler üzerinde yapılan planlardan elde edilen Kalp ve LAD dozları, homojenite ve konformite indeksleri

NORMAL SOLUNUM ORTALAMA DEĞERLER									
KRİTİK DEĞERLER		TEKNİK 1: DUAL ARC				TEKNİK 2: IMRT			
		50	50-60	HI	CI	50	50-60	HI	CI
KALP	V5 (%)	14.28	16.07	1.06	0.89	14.28	22.31	1.06	0.87
	V15 (%)	9.45	9.66			9.45	9.93		
	V25 (%)	8.26	8.38			8.26	8.00		
	Dmean (Gy)	5.38	5.77			5.38	46.21		
LAD	Dmax (Gy)	44.56	50.12	1.06	0.89	44.56	52.84	1.06	0.87
	Dmean (Gy)	22.99	23.66			22.99	24.25		
	V30 (%)	41.061667	41.06			41.061667	41.88		
	V40 (%)	38.35667	38.15			38.35667	37.54		

Tartışma ve Sonuç: Sol meme radyoterapisinde kalp ve LAD seviyesine yakın yerleşimli tümörler için uygulanan ek tedavi, solunum kontrollü CT üzerine planlandığında kalp ve LAD dozlarının normal solunuma göre önemli derecede düşük çıktığı gözlemlenmektedir. Kullanılan iki planlama tekniği karşılaştırıldığında dual arc tekniğinde kalp ve LAD dozları IMRT tekniğine göre daha düşük daha avantajlı olduğunu gözlemlemekteyiz.

Anahtar Kelimeler: Meme Kanseri, Radyoterapi, Dual Arc Tekniği, Çoklu Alan Tekniği



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



Tam Metin Bildiriler





18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



TM.1 - Hi Art Tomotherapy Planlama Sisteminde Bulunan Parametrelerin Prostat Kanseri Tedavi Planlamalarına Etkilerinin İncelenmesi

Ahmet Fatih Yürekli¹, Mete Yeğiner², Eda Küçüktülü³, Gökhan Özyiğit², H. Fadıl Akyol²

¹ SBÜ Gülhane Eğitim ve Araştırma Hastanesi Radyasyon Onkolojisi Kliniği

² Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı

³ Kanuni Eğitim ve Araştırma Hastanesi Numune Kampüsü Radyasyon Onkolojisi Kliniği

Tomoterapi cihazının tedavi planlaması sistemi (TPS) alan genişliği (FW), pitch (P) ve modülasyon faktörü (MF) gibi cihaz içi parametrelerine bağlıdır. Bu parametrelerin farklı kombinasyonları ile çeşitli tedavi planlamaları oluşturulabilir. Çalışmamızda bu parametrelerin doz dağılımına ve tedavi süresine etkisi analiz edilerek prostat kanseri tedavi planlamaları için optimum parametre seti saptanılmaya çalışılmıştır. Çalışmaya tedavi görmüş yüksek riskli 10 adet prostat hastası (CTV=prostat bezi+seminel vezikül) eklenmiştir. CTV'ye posteriordan 4 mm diğer her yönden 7 mm marjin verilerek PTV oluşturulmuştur. Her hasta için parametrelerin kombinasyonları kullanılarak 48 adet farklı planlama oluşturulmuştur (FW= 1.05, 2.5, 5.0 cm; P= 0.172, 0.215, 0.287, 0.430; MF= 1.8, 2.0, 2.2, 2.4). Her hasta planı, kendi içinde sabit sınırlamalar kullanılarak 1000 iterasyon sonunda oluşturulmuştur. Sınırlamalar, ≤ 81.3 Gy ve ≥ 76 Gy koşullarını bozmayacak şekilde belirlenmiştir. Toplamda 480 adet planlama oluşturulmuştur. Bu planlamaların her birinin doz volüm histogramı (DVH) analizleri yapılarak uyumluluk katsayısı (CN), homojenite indeksi (HI) ve tedavi süresi (t) tabanlı karşılaştırmalar yapılmıştır. FW=5.0 cm iken en kısa tedavi süresi elde edilmiştir. Bununla birlikte doz düşüşü keskin değildir ve kritik organ (OAR) değerleri de yüksek çıkmıştır. Buna karşın FW=1.05 cm iken en iyi CN, HI ve OAR değerleri elde edilmesine rağmen tedavi süresi FW=5.0 cm'e **göre yaklaşık 3 katıdır**. **P değişiminin OAR** üzerinde maksimum-minimum değerler ortalaması farkına 0.1-0.9 cc arasında etki ettiği gözlenirken, MF değişiminin ise 0.7-3.6 cc arasında etki ettiği gözlenmiştir. Bu çalışmamızda tedavi süresi (t), OAR değerleri ve CN ile HI arasında optimum değeri sağlayan parametre seti FW=2.5cm, MF=2.4 ve P=0.215 olarak önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Homojenlik indeksi, prostat kanseri, tedavi süresi, tomoterapi cihaz içi parametreleri, uyumluluk sayısı.

Giriş ve Amaç: Prostat kanseri, dünya genelinde erkeklerde en sık görülen ikinci kanser türüken gelişmiş ülkelerde ilk sıradadır(1). Amerika Birleşik Devletleri'nde 2021 yılı verilerine göre prostat kanseri erkeklerde görülme sıklığı açısından ilk sırada yer almaktadır(2).

Prostat kanseri tedavisinde seçenekler mevcuttur. Bu seçenekler cerrahi, eksternal radyoterapi, brakiterapi, hormonal tedavi ve kemoterapidir. Bu tedavi seçeneklerinin klinik sonuçları birbirine yakın olmakla birlikte yan etkileri farklılık gösterebilmektedir(3-6).

Eksternal radyoterapinin amacı, radyasyona bağlı tedavi toksisitesinden kaçınırken mükemmel lokal kontrol oranları elde etmektir.

Helikal Tomoterapi, son zamanlarda birçok merkezde yaygın olarak uygulanan Yoğunluk Ayarlı Radyasyon Tedavisini (YART) görüntü rehberliğinde yapabilen bir tür lineer hızlandırıcıdır(7, 8). Ana fikir, lineer hızlandırıcıyı BT simülasyon cihazı benzeri bir gantriye monte ederek tedavi masası boylamsal (*longitudinal*) yönde gantriden içeri doğru ilerlerken rotasyon fan ışını kullanarak terapötik radyasyon vermektir. Farklı firmaların lineer hızlandırıcıları sabit gantri açısında, hareket eden çok yağraklı kolimatörlerle (ÇYK) ışının yoğunluk ayarını değiştirirler. Helikal Tomoterapi'deyse ikili (*binary*) hareket eden kolimatörler sayesinde, gantri hasta etrafında dönerken ÇYK'lerin sürekli olarak hareketleriyle ışının yoğunluk ayarı değiştirilir. ÇYK'ler basınçlı (*pnömatik*) sistemle 20 ms süre içerisinde açılıp, yaklaşık 20 ms sürede kapanabilen 1-0 mantığıyla çalışan kolimatör sistemidir(9).



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



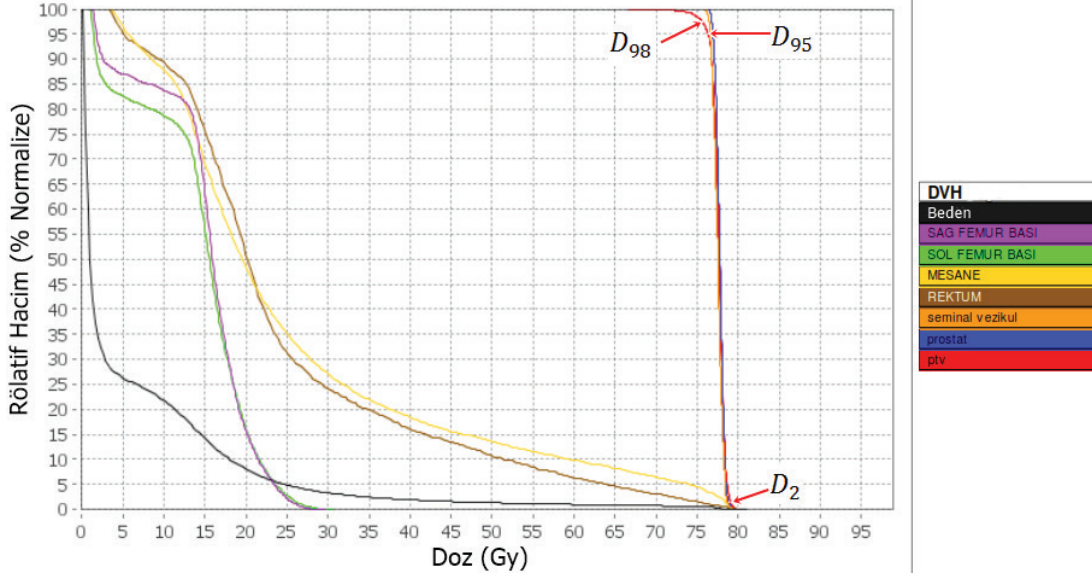
Helikal Tomoterapi’de tedavi planlamaları, cihazın kendisine has olan FW, P, MF parametrelerine bağlıdır. Küçük FW ve P değerleri ile büyük MF değerleri ile yüksek konformiteye sahip planlamalar yapılabilir fakat tedavi zamanı çok uzamaktadır. Bu nedenle parametrelerin optimal değerlerde seçilmesi gerekir(10). Literatürde, prostat kanseri tedavisi için çeşitli parametre setleri önerilmiştir fakat bu parametre setlerinin birbirleriyle ilgileri belirtilmemiştir. Grigorov ve ark.(11) FW=1cm kullanırlarken, Langen ve ark.(12) ve Fiorino ve ark.(13) FW=2.5 cm kullanmışlardır. P içinse, 0.1-0.5 aralığı birçok çalışma için önerilmişken(11), prostat tedavisi için 0.287(12, 13) ya da 0.500 (11) tavsiye edilmiş. Merkezi yerleşimli simetrik hedef hacimleri için düşük MF değerleri önerilmiştir(14). Langen ve ark.(12) ile Grigorov ve ark.(11) MF değerini 2.5 olarak önerirlerken, Yuen ve ark.(15) 3 olarak önermişlerdir. Fiorino ve ark.(13) günlük tek doz düzeyi planlamalarda 2-2.5 önerirken, kompleks Eş Zamanlı Ek Doz (SIB) ise 3-3.5 bant aralığını önermektedir.

Bu çalışmamızdaki amaç Helikal Tomoterapi Hi-Art tedavi planlamasında kullanılan FW, MF ve P parametrelerinin doz dağılımına ve tedavi süresine etkisini analiz ederek prostat kanseri tedavi planlamaları için optimum parametre setini saptamaktır. Bunun için üç değişkenli parametre uzayından seçilen farklı parametre setleriyle oluşturulan planlamaların, doz dağılımları analiz edilmiştir. Bu planlamaların DVH analizleri yapılarak CN(16, 17), HI(18) ve t tabanlı karşılaştırmalar gerçekleştirilmiştir.

Yöntem ve Bulgular: Hasta Hazırlığı: Önceden tedavi edilmiş 10 adet prostat hastasının BT görüntüleri kullanılmıştır. BT simülasyonundan 30 dakika önce hastaların mesaneleri boşalttırılmıştır ve radyoterapi fraksiyonları boyunca tekrarlanabilir hacimde mesane elde etmek için hastalara 500 cc su içirilmiştir. Simülatörde hastanın immobilizasyonu sağlandıktan sonra prostat ve seminal vezikülü içerecek şekilde 2.5 mm kalınlığında pelvis BT kesitleri alınmıştır.

Konturlama ve Hasta YART Planlamalarının Oluşturulması: Deneyimli radyasyon onkologları tarafından prostat bezi ve seminal vezikülü içeren CTV çizilmiştir. CTV’ye posteriordan 4 mm diğer yönlerden 7 mm marjın verilerek PTV oluşturulmuştur. Her hasta planı için reçete edilen doz, **günlük 2 Gy** dozdan 38 fraksiyonda 76 Gy’dır. Cihaz içi **parametre kombinasyonlarıyla** tek bir hasta için 48 farklı plan oluşturulmuştur (FW=1.05, 2.50, 5.02cm ; P=0.430, 0.287, 0.215, 0.172; MF=2.4, 2.2, 2.0, 1.8). Kissick ve ark.(19) vida etkisinden kurtulmak için, n bir tam sayı olmak koşuluyla $0,860/n$ formülünden P değerleri oluşturmuşlardır. Bu çalışmada, bu formül kullanılarak 4 adet P değeri elde edilmiştir.

Her tedavi planlaması için 1000 iterasyon sonunda, kritik organları mümkün olduğunca korurken, hedef hacimdeki doz, ICRU 50 ve 62 raporlarına göre öngörülen dozun %95 ile %107’si arasında tutulmuştur.



Şekil 1: Tomoterapi cihazında planlanan hastaların DVH'lerine bir örnek

Hasta YART Planlamalarının Değerlendirilmesi

Yapılan bu çalışmada kritik organ doz sınırlamalarında, Zelefsky ve ark.(20) çalışması ile RTOG 0126 raporunda(21) kullanılan değerler referans olarak alınmıştır (Tablo 1).

Tablo 1: Referans çalışmalara göre kritik organ dozu kısıtlamaları

Zelefsky ve ark.		RTOG 0216	
rektum	<%40-50	rektum	<%25
rektum	<%60-65	rektum	<%35
mesane	<%2.9	mesane	<%35
mesane	<%40	Femur başı	<%5
Femur başı	<%10		

Her plan, DVH'deki ve tedavi planlama raporundaki verilere göre analiz edilmiştir. Bir referans planın DVH'si Şekil 1'de gösterilmektedir. Bu analizler CN, HI, kritik organların aldıkları doz ve tedavi süreleri üzerinden yapılmıştır. Kritik organların aldıkları dozlar analiz edilirken rektumda, ve ve mesanede ise, değerleri dikkate alınmıştır. Femur başları, hiç bir planlamada 30 Gy doz üzerinde bir hacimle karşılaşmadığından analizlere eklenmemiştir.

Literatürde çok sayıda HI tanımı bulunmaktadır(18). Çeşitli kuruluşlar ve yazarlar tarafından farklı tanımlamalar ve formüller üretilmesine rağmen hiçbirinde HI hesaplamaları ideal veya ideale en yakındır şeklinde bir açıklama yoktur(18). Kataria ve ark.(18) ise formülün, Wu ve arkadaşlarının tanımladıkları formülü(22) modifiye ederek kullanılmaktadır. yerine kullanmalarının sebebini ise HI değerini daha duyarlı yaptığını söyleyerek açıklamaktadırlar.

Bu çalışmada ise doz PTV hacminin %95'ine reçete edildiğinden Wu ve arkadaşlarının(22) tanımladıkları formülde yerine olarak modifiye edilip HI hesabı şu şekilde yapılmıştır;

$$HI = \frac{D_2 - D_{95}}{D_p} \times 100$$



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



burada, hedefin hacminin %2'sinin aldığı doz, hedef hacminin %95'inin aldığı doz, ise reçete edilen dozdur. HI değerinin ideal durumunun sıfır olmasıdır.

Uyumluluk Sayısı (CN) ise şu şekilde hesaplanmıştır;

$$CN = \frac{TV_{RI}}{TV} \times \frac{TV_{RI}}{V_{RI}}$$

burada ise uyumluluk sayısı, referans izodoz tarafından kapsayan hedef hacim, hedef hacim, referans izodozun hacmidir. Bu indeks van't Riet ve ark.(17) geliştirmiş oldukları bir indekstir ve önceki kullanılan uyumluluk indekslerine göre farkı hedef hacmin ışınlanan hacmi ile sağlıklı dokunun ışınlanmış hacmini hesaba katar. CN değerinin aralığı 0 ve 1 arasındır, ideali 1 olmasıdır.

Bu çalışmada oluşturulan gruptaki denek sayısı 30'dan azdır. Veriler normal dağılımda olmasına rağmen denek sayısı az olduğundan veri analizinde parametrik olmayan Friedman testleri kullanılmıştır. F testiyle karşılaştırıldığında bu testin diğer parametrik olmayan testlerden daha güçlü olduğu düşünülmektedir. Friedman testinin hipotezi reddedildiğinde ikili karşılaştırmalar için Wilcoxon testi uygulanmıştır(23-25).

Tartışma: CN'ye P'nin etkisi incelendiğinde, FW=5.0 cm için en yüksek CN, P=0.172 iken bulunmuştur. Seçilen MF değerlerinde herhangi bir P değişikliğinin CN üzerinde anlamlı bir fark oluşturmadığı gözlemlenmiştir. FW=2,5 cm için küçük P değerleri (0,215-0,172), yüksek P değerlerinden daha yüksek CN değerleri verir. **İstatistiksel olarak, seçilen her bir MF değeri için P=0.215 ve 0.172 arasında fark yoktur.** FW=1.0 cm olduğunda kategorize edilemeyen değerlerle karşılaşılmıştır. **En yüksek CN değerleri MF=1.8 için P=0.172 ve MF=2.2 için P=0.215 ile elde edilirken MF=2.0 ve 2.4 için sadece P=0.430 ile elde edilir.**

CN'ye MF'nin etkisi incelendiğinde, FW=5.0 cm iken P=0.172 değeri hariç diğer P değerlerinde MF değişimi yapmak, CN değeri üzerinde istatistiksel anlamda bir farklılık oluşturmamaktadır. Tüm seçili P değerlerinde en yüksek CN değeri MF=2.2 ve 2.4 iken elde edilmiştir. FW=2.5 cm iken seçili tüm P değerlerinde en yüksek CN değeri MF=2.4 iken elde edilmiştir. FW=1.0 cm iken P=0.430 değeri hariç, diğer seçili P değerlerinde en yüksek CN değeri MF=2.2 iken elde edilmiştir. MF değeri artarken CN değeri de artmaktadır ve analizlerden elde edilen sonuçlara göre MF=2.2 veya 2.4 değerleri seçilebilir. Bununla birlikte MF değerinin artması PTV üzerinde daha çok doz hakimiyeti sağlamakla birlikte, kritik organlara da dikkat edilmelidir. Bu hakimiyetin neticesinde kritik organlarda sıcak nokta veya doz bölgeleri oluşabilir. Bu sebepten ötürü PTV ile vücut arasına bir veya bir kaç yapı çizilerek kritik organlar üzerinde istenmeyen sıcak nokta veya doz bölgelerinin de kontrolü sağlanmış olunur(26).

Analizden FW değeri, CN değeri üzerinde en büyük etkiye sahip olan parametre olarak gözlenmiştir. En yüksek CN değeri FW=1.0 cm ile gözlenirken FW=5.0 cm ve FW=2.5 cm ile elde edilen tüm CN değerlerinin ortalaması **için sırasıyla % 9 ve % 4 daha yüksek değerler hesaplanmıştır.** FW değeri azaldıkça CN değeri artar(27-29). Prokic ve ark.(30) yaptıkları çalışmada FW=1.0 cm seçildiğinde intrafraksiyon prostat hareketinden dolayı PTV'de **sıcak veya soğuk noktaların oluşabileceğini açıklamışlardır.**

HI üzerinde P'nin etkisi analiz edilmiştir. FW=5.0 cm iken seçili her MF değerinde en iyi HI değeri P=0.172 ile elde edilmiştir. FW=2.5 cm için MF=2.4 değeri hariç seçili tüm MF değerlerinde en iyi HI değeri P=0.215 iken elde edilmiştir. FW=5.0 cm ve FW=2.5 cm için **düşük MF değerlerinde (1.8-2.0) P=0.215 seçimi istatistiksel olarak diğer P seçimlerine göre anlamlı farklılık oluştururken, yüksek MF değerlerinde (2.2-2.4) herhangi bir P seçildiğinde istatistiksel olarak bir farklılık olmamaktadır.** FW=1.0 cm için seçili her MF değeri için en iyi HI değeri P=0.430 ile elde edilmiştir.

HI üzerindeki MF etkisi incelendiğinde, FW=5.0 cm ve 2.5 cm için seçilen her bir P değerinde en iyi HI değeri MF=2.4 ile elde edilmiştir. FW=1.0 cm olduğunda, seçilen P=0.430 değerinde MF=2.4 ile en iyi HI elde edilirken, diğer P değerlerinde MF=2.2 veya 2.4 seçilmesi istatistiksel olarak bir farklılık oluşturmamaktadır.



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



HI değerini etkileyen bir diğer parametre de FW değerleridir. FW değeri azaldıkça HI değeri, istenilen durum olan 0 rakamına daha da yaklaşmaktadır(29, 31).

De Kerf ve ark.(32) yaptıkları yayında HI, P değerinin düşmesi ve MF değerinin artmasıyla daha iyi sonuçlara erişildiğini bildirmişlerdir. Bu çalışmada da yayını destekler nitelikte FW=5.0 cm için düşük P ve yüksek MF değerleri setleri ile en iyi HI değerleri elde edilmiştir. Ayrıca FW=2.5cm iken P=0.215 değerinde, FW=1.0cm ikense P=0.430 değerinde en iyi HI değerleri hesaplanmıştır. Bu sonuçlardan HI için, FW değeri ile P değerinin ters orantılı oldukları söylenebilir.

MF'nin kritik organların değerlerine etkisi incelenmiştir. Yapılan analizler sonucunda yüksek doz alan hacim değerlerinin seçili P değerlerin farklarının ortalamaları 0.7-3.6 cc arasında değiştiği hesaplanmıştır. Skorska ve ark.(26) MF değerinin artmasıyla enine düzlemde, düşük ve orta doz bölgelerini şekillendirmede daha etkin olduğunu söylemişlerdir. Yapılan çalışmada da bu durumu destekler sonuçlar elde edilmiştir. Ayrıca MF değişimi yüksek doz bölgesi için etkin bir değişiklik oluşturmadığı gözlenmiştir. Bunun nedeni ise kırık oranlarla hedef hacmin kesiştiği bölgelere denk gelmesinden kaynaklanmaktadır.

FW değerinin etkisi, kritik organların hacim olarak yüzde kaçının belirlenen dozları aldığına katkısı en büyüktür. Skorska ve ark.(26) ile Cao ve ark.(33) yapmış oldukları çalışmalarda gibi, en düşük hacim değerleri FW=1.0 cm ile elde edilmiştir.

Skorska ve ark.(26) yaptıkları yayında P değerinin 0.430'dan 0.107'ye değişiminde diğer parametrelere göre değerinde en düşük farkı (mesane için %2.67 rektum için %2.77) elde etmişler. Yapılan bu çalışmada da P'nin kritik organların yüksek doz alan hacimlerine üzerindeki etkisi en fazla 0.6 cc'lik bir fark oluşturduğu gözlenmemekle birlikte genel olarak en fazla 0.9 cc'lik bir fark oluşturduğu gözlenmiştir. Bu çıkarımlardan P değerinin değişimi kritik organlar üzerinde etkisinin diğer parametre setlerine göre çok düşük olduğu söylenebilir.

Yapılan bu çalışmada en kısa t FW=5.0 cm'de; en uzun t de FW=1.0 cm'de iken elde edilmiştir. Aynı parametre setlerinde ile arasında 1-1.5 dakika fark varken, Cao ve ark.(33) ile Skorska ve ark.(26) yaptıkları yayınlarında da belirttikleri gibi, yapılan bu çalışmada da , 'in yaklaşık 3 katına denk gelmektedir.

Tedavi süresine P'nin etkisi incelendiğinde ise, Cao ve ark.(33) yaptıkları yayında P değişiminin (0.172'den 0.430'a kadar) t üzerinde önemli bir düşüş sağlamadığını fakat PTV indekslerinden ödün verildiğini açıklamışlardır. Bu çalışmada ise yapılan analizler sonucu P=0.172'den 0.215'e geçişinin t üzerinde anlamlı farklılıklar gözlenirken (FW=1.05, MF=2.2-2.4 hariç), 0.287'den 0.430'a geçişinde ise anlamlı farklılık gözlenmemiştir. Bu nedenle P değerinin düşük olduğu durumlarda t üzerinde etkisi vardır sonucu çıkarılabilir. Skorska ve ark.(26) yaptıkları yayında da benzer bir durum olan P=0.107 değerinin t 'yi artırdığını açıklamışlardır.

MF'nin t 'ye etkisi incelendiğinde ise FW=5.0 cm ve 2.5 cm için yüksek P değerlerinde (0.430 - 0.287) her MF değişimi anlamlı bir farklılık oluşturmaktadır. P=0.172 iken hiç bir MF değişimi t 'nin değişimine bir etki göstermemektedir. P=0.215 iken MF=1.8 ve 2.0 iken en düşük değerler elde edilmiş olup birbirlerinin yerine alternatif olarak kullanılabilirler. FW=1.0 cm içinse P=0.172 değeri hariç seçili tüm P değerlerinde MF değişimi istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermektedir ve en düşük t MF=1.8 ile elde edilmiştir. P=0.172 değerinde ise MF=1.8, 2.0, 2.2 seçimlerinde en düşük t 'ler elde edilmiştir ve istatistiksel olarak bir farklılık bulunmadığı gibi değerler birbirleriyle neredeyse aynıdır.

De Kerf ve ark.(32) yapmış oldukları yayında dinamik çene (jaw) kullandıkları FW=5.0 cm için $P < 0.2$ iken tedavi süresinin MF seçiminden bağımsız olarak, sabit olduğunu bildirmişlerdir. Bu çalışmada ise statik çene kullanılan üç alan genişliğinde de (FW=1.0cm MF=2.4 seti hariç) P=0.172 iken tedavi süresi yine MF değişiminden bağımsız olduğu bulunmuştur. Bu küçük P değerinde değişen MF değerlerinden bağımsız olarak tedavi süresinin sabit olduğu gözlenmiştir. Bu durum gantri periyodu ile açıklanabilir. Gantri periyot zamanı, 4.x versiyonlarda minimal değeri 12 saniyedir. Gantri periyot zamanı bu değere ulaştığında MF değerinin düşmesi ile gantri hızı daha fazla artmayaacağından, rotasyon sayısındaki artışı dengeleyemeyecek böylece tedavi süresi değişmeyecek sadece doz dağılımı



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



etkilenecektir ve kritik organlarda daha fazla doz birikecektir. Bu durum optimizasyon olasılıklarının aşılması olarak açıklanabilir(29, 32, 34, 35).

Sonuçlar: Yapılan bu prostat tedavisi planlaması için optimal cihaz içi parametre belirlemesi çalışmasından elde edilen veriler ışığında FW parametresi tüm karşılaştırma ve analizlerde en etkin parametre olarak gözlenmektedir. Veri ve analizler göz önüne alındığında FW=2.5 cm optimal değer olarak öne çıkmaktadır. Klinik rutinleri ile hastanın fiziksel ve ruhsal durumları da göz önüne alındığında FW=5.0 cm değeri de değerlendirilebilir.

MF parametresi ise P parametresine göre daha etkin bir parametre olup, doz şekillendirmede çok daha iyi olduğu gözlenmektedir. Tüm analizlerde optimal sonuç MF=2.4 ile elde edilmiştir. Tedavi süresi ise bu olumlu değerlere zıt olarak artmıştır. MF=2.4 değeri ile prostat bezi tedavisi için yeterli bir değer olduğu gözlenmekle birlikte daha kompleks durumlarda MF değerinin artırılması da literatürde gözlenmiştir(13, 26).

CN, HI ve kritik organların hacim değerleri için en iyi P değeri ise 0.172 ile elde edilirken, tedavi süresi de en uzun yine bu değerle elde edilmiştir. Literatürde bulunan(29, 32, 34, 35) çalışmaları da göz önünde bulundurularak P=0.215 değeri her durum için optimum değer olarak önerilebilir.

Kaynaklar

1. Torre LA, Bray F, Siegel RL, Ferlay J, Lortet-Tieulent J, Jemal A. Global cancer statistics, 2012. CA: a cancer journal for clinicians. 2015;65(2):87-108.
2. Siegel RL, Miller KD. Cancer Statistics, 2021. 2021;71(1):7-33.
3. Konaka H, Egawa S, Saito S, Yorozu A, Takahashi H, Miyakoda K, et al. Tri-Modality therapy with I-125 brachytherapy, external beam radiation therapy, and short- or long-term hormone therapy for high-risk localized prostate cancer (TRIP): study protocol for a phase III, multicenter, randomized, controlled trial. BMC cancer. 2012;12:110.
4. Wallen EM. Treatment for localized prostate cancer: surgical approaches. North Carolina medical journal. 2006;67(2):146-8.
5. Sailer SL. Radiation therapy for prostate cancer: external beam, brachytherapy, and salvage. North Carolina medical journal. 2006;67(2):149-53.
6. Berry WR. Systemic therapy for prostate cancer. North Carolina medical journal. 2006;67(2):154-7.
7. Ezzell GA, Galvin JM, Low D, Palta JR, Rosen I, Sharpe MB, et al. Guidance document on delivery, treatment planning, and clinical implementation of IMRT: report of the IMRT Subcommittee of the AAPM Radiation Therapy Committee. Medical physics. 2003;30(8):2089-115.
8. Galvin JM, Ezzell G, Eisbrauch A, Yu C, Butler B, Xiao Y, et al. Implementing IMRT in clinical practice: a joint document of the American Society for Therapeutic Radiology and Oncology and the American Association of Physicists in Medicine. International journal of radiation oncology, biology, physics. 2004;58(5):1616-34.
9. Mackie TR, Holmes T, Swerdloff S, Reckwerdt P, Deasy JO, Yang J, et al. Tomotherapy: a new concept for the delivery of dynamic conformal radiotherapy. Medical Physics. 1993;20(6):1709-19.
10. Bijdekerke P, Verellen D, Tournel K, Vinh-Hung V, Somers F, Bieseman P, et al. TomoTherapy: Implications on daily workload and scheduling patients. Radiotherapy and Oncology. 2008;86(2):224-30.
11. Grigorov G, Kron T, Wong E, Chen J, Sollazzo J, Rodrigues G. Optimization of helical tomotherapy treatment plans for prostate cancer. Phys Med Biol. 2003;48(13):1933-43.
12. Langen KM, Lu W, Ngwa W, Willoughby TR, Chauhan B, Meeks SL, et al. Correlation between dosimetric effect and intrafraction motion during prostate treatments delivered with helical tomotherapy. Phys Med Biol. 2008;53(24):7073-86.
13. Fiorino C, Alongi F, Broggi S, Cattaneo GM, Cozzarini C, Di Muzio N, et al. Physics aspects of prostate tomotherapy: planning optimization and image-guidance issues. Acta oncologica (Stockholm, Sweden). 2008;47(7):1309-16.
14. Yartsev S, Kron T, Van Dyk J. Tomotherapy as a tool in image-guided radiation therapy (IGRT): theoretical and technological aspects. Biomedical imaging and intervention journal. 2007;3(1):e16.
15. Yuen J, Rodrigues G, Trenka K, Coad T, Yartsev S, D'Souza D, et al. Comparing two strategies of dynamic intensity modulated radiation therapy (dIMRT) with 3-dimensional conformal radiation therapy (3DCRT) in the hypofractionated treatment of high-risk prostate cancer. Radiation oncology (London, England). 2008;3:1.



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



16. Feuvret L, Noel G, Mazon JJ, Bey P. Conformity index: a review. *International journal of radiation oncology, biology, physics*. 2006;64(2):333-42.
17. Riet Avt, Mak ACA, Moerland MA, Elders LH, van der Zee W. A conformation number to quantify the degree of conformality in brachytherapy and external beam irradiation: Application to the prostate. *International Journal of Radiation Oncology*Biophysics*. 1997;37(3):731-6.
18. Kataria T, Sharma K, Subramani V, Karrthick KP, Bisht SS. Homogeneity Index: An objective tool for assessment of conformal radiation treatments. *Journal of medical physics*. 2012;37(4):207-13.
19. Kissick MW, Fenwick J, James JA, Jeraj R, Kapatoes JM, Keller H, et al. The helical tomotherapy thread effect. *Medical physics*. 2005;32(5):1414-23.
20. Halperin EC, Brady LW, Wazer DE, Perez CA. *Perez & Brady's Principles and Practice of Radiation Oncology*. Zelefsky MJ, Megan ED, Valicenti RK, editors: Lippincott Williams & Wilkins; 2013.
21. Michalski J, Purdy J, Bruner D, Amin M. A phase III randomized study of high dose 3D-CRT/IMRT versus standard dose 3D-CRT/IMRT in patients treated for localized prostate cancer. *RTOG protocol*. 2004;126.
22. Wu Q, Mohan R, Morris M, Lauve A, Schmidt-Ullrich R. Simultaneous integrated boost intensity-modulated radiotherapy for locally advanced head-and-neck squamous cell carcinomas. I: dosimetric results. *International Journal of Radiation Oncology*Biophysics*. 2003;56(2):573-85.
23. Zimmerman DW, Zumbo BD. Relative Power of the Wilcoxon Test, the Friedman Test, and Repeated-Measures ANOVA on Ranks. *The Journal of Experimental Education*. 1993;62(1):75-86.
24. McCrum-Gardner E. Which is the correct statistical test to use? *The British journal of oral & maxillofacial surgery*. 2008;46(1):38-41.
25. Conover WJ, Iman RL. Rank Transformations as a Bridge between Parametric and Nonparametric Statistics. *The American Statistician*. 1981;35(3):124-9.
26. Skórska M, Piotrowski T. Optimization of treatment planning parameters used in tomotherapy for prostate cancer patients. *Physica medica : PM : an international journal devoted to the applications of physics to medicine and biology : official journal of the Italian Association of Biomedical Physics (AIFB)*. 2013;29(3):273-85.
27. Krause S, Beck S, Schubert K, Lissner S, Hui S, Herfarth K, et al. Accelerated large volume irradiation with dynamic Jaw/Dynamic Couch Helical Tomotherapy. *Radiation oncology (London, England)*. 2012;7:191.
28. Deveau MA, Bowen SR, Westerly DC, Jeraj R. Feasibility and sensitivity study of helical tomotherapy for dose painting plans. *Acta oncologica (Stockholm, Sweden)*. 2010;49(7):991-6.
29. Meyer P, Bouhours H, Dehaynin N, Jarnet D, Gantier M, Karamanoukian D, et al. The optimal tomotherapy treatment planning parameters for extremity soft tissue sarcomas. *Physica medica : PM : an international journal devoted to the applications of physics to medicine and biology : official journal of the Italian Association of Biomedical Physics*. 2015;31(5):542-52.
30. Prokic V, Geinitz H, Kneschaurek P. Reduction of dosimetric impact of intrafractional prostate motion during helical tomotherapy. *Strahlentherapie und Onkologie : Organ der Deutschen Röntgengesellschaft [et al]*. 2012;188(5):404-9.
31. Zhang X, Penagaricano J, Han EY, Morrill S, Hardee M, Liang X, et al. Dosimetric Comparison of Craniospinal Irradiation Using Different Tomotherapy Techniques. *Technology in cancer research & treatment*. 2015;14(4):440-6.
32. De Kerf G, Van Gestel D, Mommaerts L, Van den Weyngaert D, Verellen D. Evaluation of the optimal combinations of modulation factor and pitch for Helical Tomotherapy plans made with TomoEdge using Pareto optimal fronts. *Radiation oncology (London, England)*. 2015;10:191.
33. Cao YJ, Lee S, Chang KH, Shim JB, Kim KH, Park YJ, et al. Patient performance-based plan parameter optimization for prostate cancer in tomotherapy. *Medical Dosimetry*. (0).
34. Ryczkowski A, Piotrowski T. Influence of the modulation factor on the treatment plan quality and execution time in Tomotherapy in head and neck cancer: In-phantom study. *Journal of cancer research and therapeutics*. 2013;9(4):618-23.
35. Westerly DC, Soisson E, Chen Q, Woch K, Schubert L, Olivera G, et al. Treatment planning to improve delivery accuracy and patient throughput in helical tomotherapy. *International journal of radiation oncology, biology, physics*. 2009;74(4):1290-7.



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



TM.2 - Meme Koruyucu Cerrahi Sonrası Radyoterapide Farklı Tedavi Tekniklerinin Dozimetrik Karşılaştırılması

İrem Kaptan, Bahar Dirican

Gülhane Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı

Amaç: Erken evre meme kanserinde meme koruyucu cerrahi (MKC) sonrası uygulanan radyoterapi tedavisi lokal kontrolü ve sağkalımı artırması nedeniyle standart yaklaşım olarak kabul edilmektedir ve mastektomi ile aynı sonuçları vermektedir. Çalışmamızda MKC geçirmiş 50 Gy + 10 Gy ek boost dozu almasına karar verilmiş 10 sol meme kanserli kadın hastanın üç boyutlu konformal radyoterapi (3D-CRT) ve alan içinde alan yoğunluk ayarlı radyoterapi (FiF IMRT) ile oluşturulan tedavi planlarının homojenite indeksi, hedef hacmin (PTV) ve riskli organların aldıkları dozlar, cilt yüzeyi ve cildin 0,5 cm altında aldıkları dozlar bakımından karşılaştırılması amaçlanmaktadır.

Gereç ve Yöntem: Çalışma retrospektif olarak taranan ve daha önce kliniğimizde tedavi gören MKC sonrası radyoterapi uygulanmış 10 sol meme kanserli kadın hastanın tedavi planları yeniden planlanarak tamamlanmıştır. Hastaların meme büyüklükleri ve yaşları göz ardı edilmiştir. Precise tedavi planlama sistemi ile üç boyutlu konformal radyoterapi (3D-CRT) ve alan içinde alan yoğunluk ayarlı radyoterapi (FiF IMRT) teknikleri ile oluşturulan planlarda PTV'nin merkezi eş merkez olarak seçildi ve 6 MV X ışınları ile tanjansiyel alanlardan 25 fraksiyonda 50 Gy (en az %95 en fazla %107) ve foton ile ek doz PTV boost hacmine 5 fraksiyonda 10 Gy (en az %95 en fazla %107) tedavi dozu girilerek hasta planları oluşturuldu. Gantri açıları her hastanın planı için özel olarak ayarlandı. Karşılaştırmanın kolaylığı açısından ek boost dozları fotonlar ile verildi. Hastaların tedavisinde Elekta Synergy lineer hızlandırıcı kullanıldı. RTOG ve QUANTEC doz sınırlama protokollerine göre kritik organların alabilecekleri dozlar sınırlandırıldı. Planların doz hacim histogramlarından PTV'nin almış olduğu $D_{\%2}$, $D_{\%98}$, $D_{\%50}$ dozları, sol akciğer için V_5 ve V_{20} , kalp için V_{25} ve karşı meme için V_1 ve $V_{2,5}$ hacimleri saptandı, "student-t test" ile karşılaştırıldı. Homojenite indekslerin değeri hesaplanırken ICRU 83 nolu raporda belirtilen $HI = [(D_{\%2} - D_{\%98}) / D_{\%50}]$ formülü kullanıldı. Her iki teknik için homojenite indekslerin sonuçları da "student-t test" ile karşılaştırıldı. Cilt yüzeyinde ve cilt altı dokuda alınan dozlar Precise TPS'in ilgili kısmından alındı ve her iki teknik için karşılaştırıldı.

Bulgular: Her iki teknik karşılaştırıldığında kalbin 25 Gy hacimleri ($p = 0,6519$), sol akciğerin 5 Gy ($p = 0,9135$), 20 Gy ($p = 0,1313$) alan hacimleri ve karşı memenin 1 Gy ($p = 0,1821$) ve 2,5 Gy ($p = 0,5634$) alan hacimleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadı. PTV'nin almış olduğu $D_{\%2}$ ($p = 0,03$) ve $D_{\%98}$ ($p = 0,26$) dozlarında ise istatistiksel olarak anlamlı doz düşüşü bulundu. Hastaların cilt yüzeyinde almış oldukları dozlar ($p = 0,8305$) ve cildin 0,5 cm altında ($p = 0,04242$) aldıkları dozlar arasında da istatistiksel olarak anlamlı farka rastlanmasa da klinik anlamda FiF IMRT tekniğinin riskli organ dozları ve cilt dozlarında; alınan dozları düşürdüğü bulundu. Çalışmamızda homojenite indeksler 50 Gy standart doz tedavi planı sonrasında ($p = 0,6084$) ve 50 Gy + 10 Gy ek boost dozu tedavileri sonrasında ($p = 0,001$) iki kez hesaplandı.

Tablo1 1: Her iki teknik ile hedef hacim ve kritik organlarda alınan dozlar

	ORTALAMA		STD SAPMA		p	
	3D CRT	FiF IMRT	3D CRT	FiF IMRT	3D CRT	FiF IMRT
PTV						
$D_{\%2}$ (cGy)	6443	6352	6443±78,6	6352±93,5		0,03
$D_{\%98}$ (cGy)	4917	4813	4917±170	4813±157		0,26
KALP						
$V_{25\text{ Gy}}$ (%)	5,34	4,34	5,34±5,6	4,34±3,9		0,6519
SOL AKCİĞER						
$V_5\text{ Gy}$ (%)	19,74	19,78	19,74±7	19,78±4,5		0,9135
$V_{20\text{ Gy}}$ (%)	16,01	13,16	16,01±4,5	13,16±3,5		0,1313
KARŞI MEME						
$V_1\text{ Gy}$ (%)	0,109	0,063	0,109±0,083	0,063±0,006		0,1821
$V_{2,5\text{ Gy}}$ (%)	3,93	3,285	3,93±2,91	3,285±1,88		0,5634
CİLT						
Yüzeyinde	4975	4870	4975±1159	4870±993		0,8305
0,5 cm altında	5869	5719	5869±385	5719±436		0,4242



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



Tablo 2: 50 Gy tedavi dozu ve 50 Gy + 10 Gy ek boost dozu ile tamamlanan planlardan elde edilen verilerle hesaplanan homojenite indeks değerleri

	ORTALAMA		STD SAPMA		p	
	3D CRT	FiF IMRT	3D CRT	FiF IMRT	3D CRT	FiF IMRT
50 Gy standart tedavi dozu	0,14	0,134	0,14±0,029	0,134±0,022	0,6084	
50 Gy+ 10 Gy ek boost tedavi dozu	0,265	0,273	0,265±0,02	0,273±0,03	0,001	

Tartışma: Çalışma sonunda; boost hacmi planlanmaksızın, 50 Gy tedavi dozu uygulanarak oluşturulan planlarda, homojenite indeksin ortalama değerleri 3D-CRT ve FiF IMRT teknikleri için sırasıyla $0,14 \pm 0,029$ ve $0,134 \pm 0,022$ olarak bulunmuştur. p değeri istatistiksel olarak anlamlı bir fark belirtmemesine rağmen homojenite indeksin ideal değeri göz önüne alındığında FiF IMRT tekniğinin dozun hedef hacme homojen bir şekilde dağılması açısından daha başarılı sonuçlar verdiği sonucuna ulaşılmaktadır. 50 Gy+10 Gy ek boost dozu uygulandıktan sonra elde edilen verilerle ulaşılan homojenite indeks değerlerinde ise 3D-CRT tekniğinin daha uygun sonuçlar verdiği görülmektedir. Tedavi dozu değişimi sonucu oluşan bu farklılığın sebebinin; boost hacimlerinin boyut farklılığı ve meme doku içerisindeki yerleşimlerinin birbirinden farklı olması olduğu düşünülmektedir. Çalışmada; çevre dokuların aldıkları dozlar karşılaştırıldığında, FiF IMRT tekniği ile daha az doz ile tedavi uygulanabilmektedir. Akciğerlerin, karşı memenin ve kalbin aldığı dozlar göz önünde bulundurulduğunda çalışmada önerilen teknik FiF IMRT tekniğidir.

Sonuçlar: FiF IMRT tekniği meme radyoterapisinde 3D-CRT tekniğine göre kritik organlarda alınan dozları azaltması açısından daha avantajlıdır. Ancak en doğru tedavi tekniğine; hastanın yaşı, tümör yerleşimi ve meme büyüklüğü gibi etkenler göz önüne alınarak hasta bazında karar verilmelidir.

Anahtar Kelimeler: Meme Kanseri, Meme Radyoterapisi, 3D-CRT, FiF IMRT

Kaynaklar

1. Sasaoka M., Futami T., “Dosimetric evaluation of whole breast radiotherapy using field-in-field technique in early-stage breast cancer” Int J Clin Oncol (2011) 16:250–256.
2. D’Almeida M., Nagesh J., et al.” Dosimetric Comparison between Two Different Intensity Modulated Radiation Therapy and 3D-Conformal Radiation Therapy Planning Techniques for Carcinoma of Breast Following Conservative Surgery” Journal of Clinical and Diagnostic Research, 2018, Oct, Vol-12(10): XC01-XC04.
3. Karacetin D., Baycan D., et al. “Dosimetric Comparison of Dynamic IMRT, Field-in-Field IMRT and 3D-CRT in Left-Sided Breast Cancer after Breast-Conserving Surgery” Breast-Conserving Surgery”. Acta Scientific Cancer Biology 2.5 (2018): 06-10.
4. Schubert L K., Gondi V., et al. “Dosimetric comparison of left-sided whole breast irradiation with 3DCRT, forward-planned IMRT, inverse-planned IMRT, helical tomotherapy, and topotherapy” Radiotherapy and Oncology 100 (2011) 241-246.
5. Al-Rahbi Z.S., Mandhari,Z.A.,et al.” Dosimetric comparison of intensity modulated radiotherapy isocentric field plans and field in field (FIF) forward plans in the treatment of breast cancer” Journal of Medical Physics, Vol. 38, No. 1, 22-9, 2013.
6. Yavas G., Yavas C., Acar H., “Dosimetric comparison of whole breast radiotherapy using field in field and conformal radiotherapy techniques in early stage breast cancer” Iran. J. Radiat. Res., 2012; 10(3-4): 131-138.

TM.3 - Sağ Meme Hastasında 3D-CRT, VMAT ve IMRT Tedavi Planlama Tekniklerinin Dozimetrik Karşılaştırılması

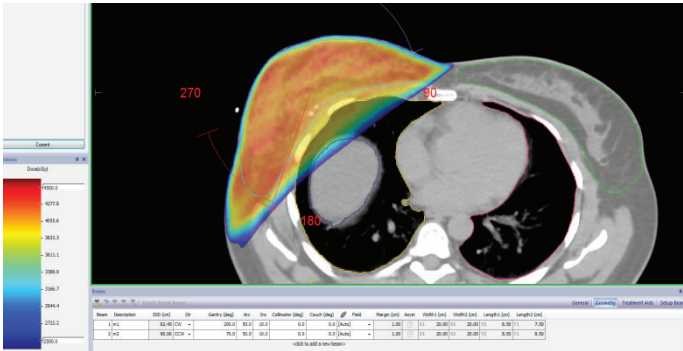
Kadir Taşpınar, Bahar Dirican, Murat Beyzadeoğlu

Sağlık Bilimleri Üniversitesi Gülhane Eğitim ve Araştırma Hastanesi Radyasyon Onkolojisi, Ankara, Türkiye

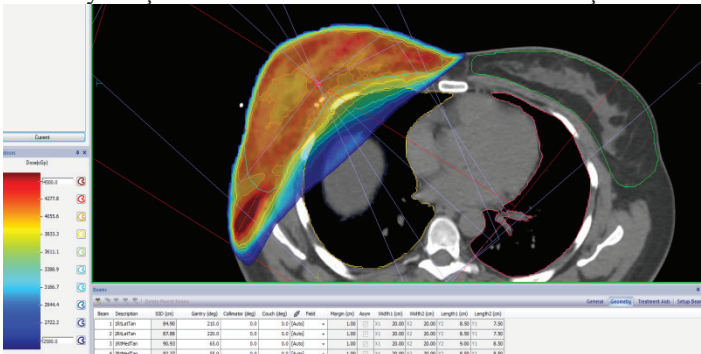
58 yaşındaki erken evre MKC'li sağ meme hastasına 3D-CRT, IMRT ve VMAT tedavi planlama teknikleri ile 3 farklı plan yapılmış, sonrasında ipsilateral ve ilateral akciğer dozları, kontralateral meme dozu, karaciğer dozu ve PTV dozları incelenerek planlama teknikleri karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak PTV doz sarımında her 3 tekniğin de başarılı olduğu, kritik organ dozlarında 3D-CRT'nin diğer tekniklerden daha iyi sonuçlar verdiği ancak PTV içi sıcak hacminde oldukça yüksek kaldığı gözlenmiştir.

Giriş ve Amaç: Kadınlarda en çok görülen kanser türü olan meme kanseri, akciğer kanserinden sonra en sık ölüme neden olan kanser olarak karşımıza çıkmaktadır (1). Mutlak nedeni tam olarak bilinmemekle birlikte; genetik, beslenme, doğum durumu, aile hikayesi gibi birçok faktör hastalığın gelişimine etki etmektedir (2). Meme kanseri insidansı yaş ile paralel olarak artar ve bulunulan coğrafyaya bağlı olarak 75 yaşına kadar risk artışı devam edebilir (3, 4). Bu çalışmanın amacı sağ meme radyoterapisinde; 3 boyutlu konformal radyoterapi (3D-CRT), yoğunluk ayarlı radyoterapi (IMRT) ve hacimsel ayarlı ark radyoterapisini (VMAT) tekniklerinin hedef hacim ve kritik organ dozları açısından değerlendirilmesidir.

Olgu: 58 yaşındaki hasta patolojik olarak $T_2N_0M_0$ erken evre invaziv duktal meme karsinomu tanısı almış ve meme koruyucu cerrahi (MKC) operasyonu sonrası kliniğimize konsülte edilmiştir. Konsey kararı olarak 266 cGy x 15 fx akselere meme ışınlanması sonrası 200 cGy x 5 fx boost RT kararı alınan hastada, serbest solunum BT görüntüleri alındıktan sonra 3 ayrı teknikle planlamalar yapılmış ve hedef hacim ile kritik organ dozları karşılaştırılmıştır. Her 3 teknik ile yapılan planlara ait kesit görüntüleri ile plan detayları aşağıda verilmiştir.

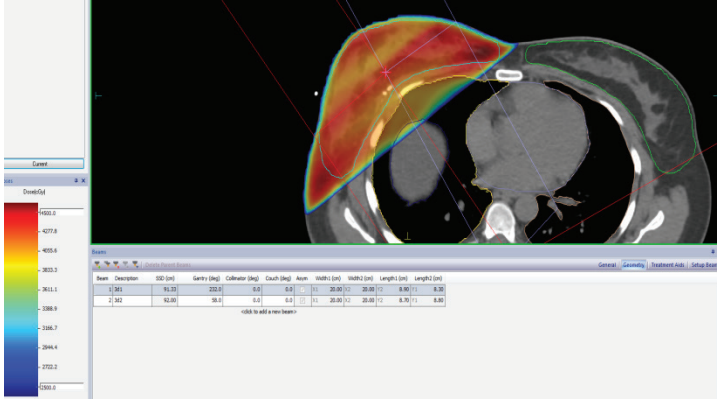


Resim 1. VMAT tekniği: Karşılıklı 50'er derecelik parsiyel arklar ile yapılan planda toplam 74 segment kullanılmış, 864 MU ile yaklaşık 2.3 dakikalık tedavi süresi elde edilmiştir.



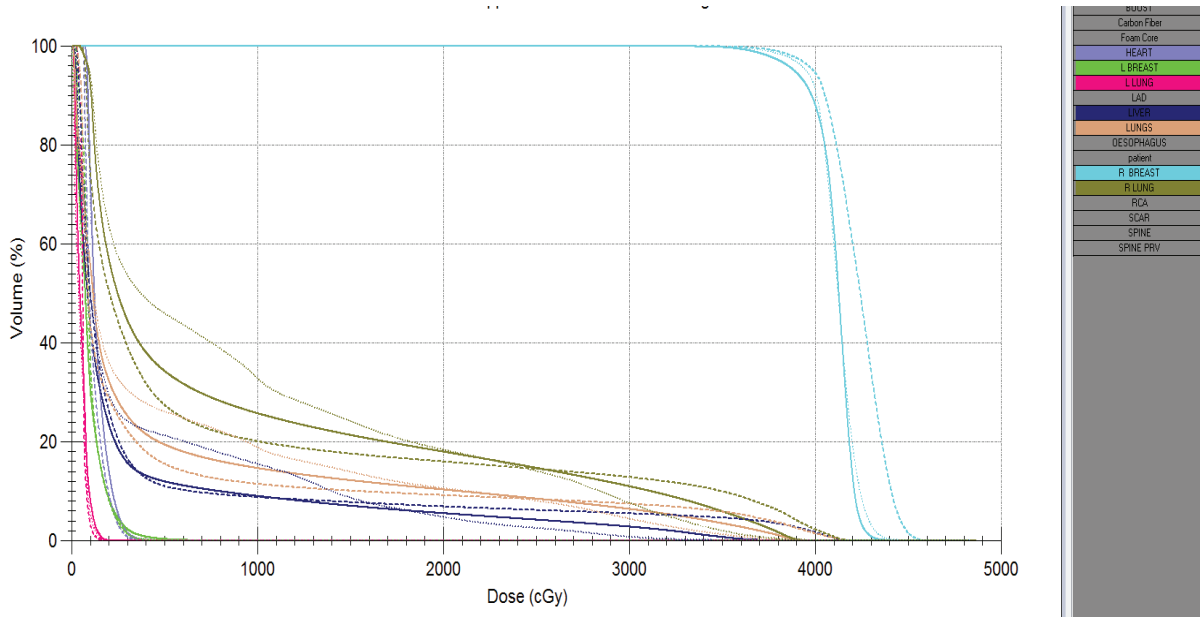
Resim 2. IMRT tekniği: 4 alan ile yapılan bu planlamada toplam 58 segment kullanılmış, 880 MU ile yaklaşık 6 dakikalık

tedavi süresi elde edilmiştir.



Resim 3. 3D-CRT tekniği: Konvansiyonel tanjansiyel 2 alanla yapılan bu planda toplam 4 segment ve 366 MU kullanılmıştır.

Her 3 tekniğin karşılaştırmalı toplam ve kritik organ Doz-Hacim Histogramları (DVH) aşağıda verilmiştir.



VMAT

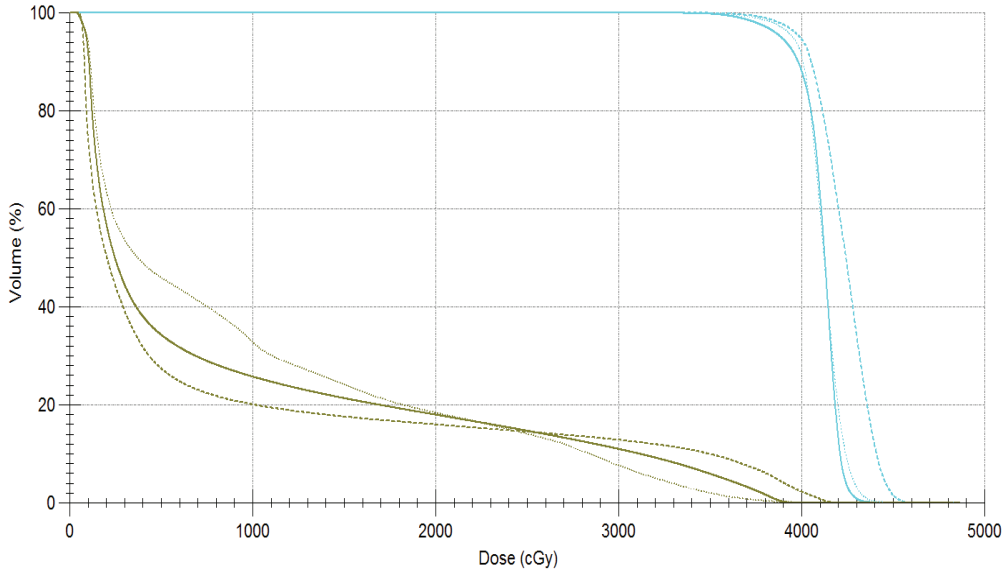
3D-CRT

IMRT

Grafik 1: 3 tekniğin karşılaştırmalı DVH grafiği

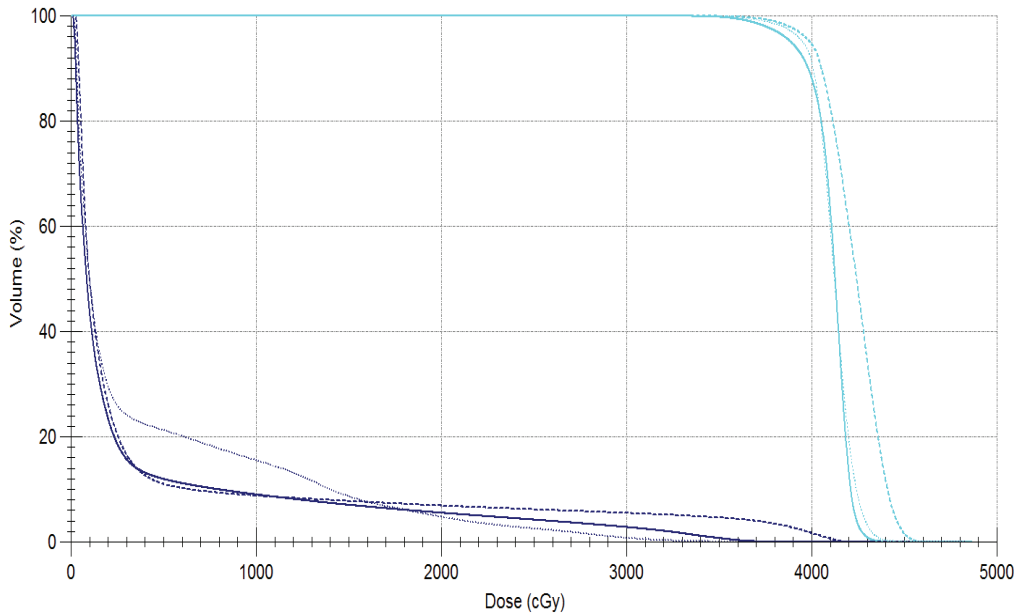
Sağ meme (PTV) dozları: 3D-CRT için $V_{95\%}$ ile $V_{107\%}$ sırasıyla %98.9 ve %29.91; IMRT için $V_{95\%}$ ile $V_{107\%}$ sırasıyla %98.46 ve %4.84, VMAT için $V_{95\%}$ ile $V_{107\%}$ sırasıyla %97.16 ve %15.21 olarak bulunmuştur.

Kontralateral meme dozları ise nokta doz (0.035 cc) olarak değerlendirilmiş ve 3D-CRT, IMRT ve VMAT için sırasıyla 5.32 Gy, 7.38 Gy ve 8.89 Gy olarak bulunmuştur.



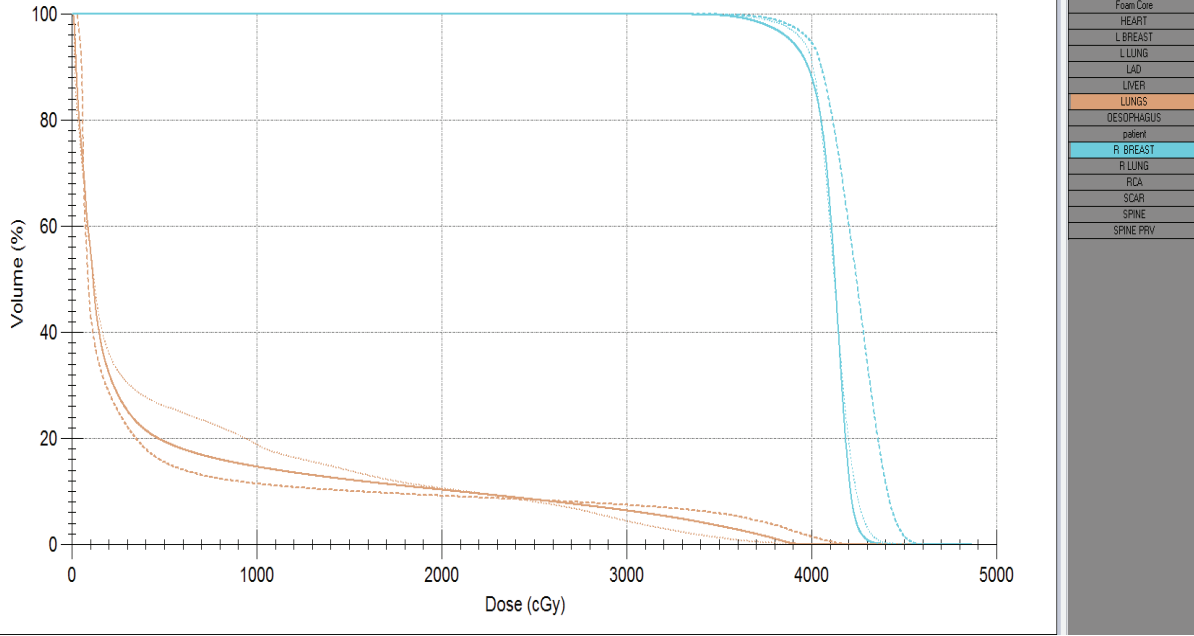
Breast
Carbon Fiber
Foam Core
HEART
L BREAST
L LUNG
LAD
LIVER
LUNGS
oesophagus
patient
R BREAST
R LUNG
RCA
SCAR
SPINE
SPINE PRV

Grafik 2: İpsilateral akciğer dozları: 3D-CRT için V_5 , V_{10} , V_{20} ile mean doz sırasıyla %27.38, %20.04, %15.93 ve 7.92 Gy; IMRT için V_5 , V_{10} , V_{20} ile mean doz sırasıyla %45.92, %31.78, %18.39 ve 9.36 Gy; VMAT için V_5 , V_{10} , V_{20} ile mean doz sırasıyla %34.26, %25.70, %17.93 ve 8.58 Gy olarak bulunmuştur.



Breast
Carbon Fiber
Foam Core
HEART
L BREAST
L LUNG
LAD
LIVER
LUNGS
oesophagus
patient
R BREAST
R LUNG
RCA
SCAR
SPINE
SPINE PRV

Grafik 3: Karaciğer için mean dozlar 3D-CRT, IMRT ve VMAT için sırasıyla 3.95 Gy, 3.97 Gy ve 3.23 Gy olarak bulunmuştur. Dikkat çeken nokta 3D-CRT tekniği ile IMRT tekniğinin aynı mean doza sahip olmasına rağmen IMRT tekniğinin görece olarak düşük doz kabul edilebilecek 2 Gy - 16 Gy bölgesinde 3D-CRT tekniğine göre önemli ölçüde yüksek hacim ışınlaması, ancak 3D-CRT tekniğinin ise kabaca 7 Gy - 37 Gy arasında, grafikte herhangi bir kırılma olmaksızın ilgili karaciğer hacmini tamamen ışınladığıdır.



Grafik 4: İpsilateral akciğer dozları yukarıda detaylı incelendiğinden bilateral akciğer için sadece mean doz incelenmiştir ve 3D-CRT, IMRT ve VMAT için sırasıyla 4.80 Gy, 5.53 Gy ve 5.02 Gy olarak bulunmuştur.

Tartışma ve Sonuç: Yapılan bu çalışma 3 tedavi tekniğinin de PTV doz sarımında başarılı olduğu sonucunu ortaya koymuştur. 3D-CRT tekniğinde ise PTV içi sıcak bölgeler, elle yapılan segmentasyona rağmen, diğer planlama tekniklerine göre oldukça yüksek kalmaktadır. PTV doz sarımı ve alan içi sıcak hacim konusunda en ideal plan 4 alanlı IMRT tekniği olarak belirlenmiş ve VMAT tekniği ise 3D-CRT ile IMRT tekniklerinin arasında yer almaktadır. Kritik organlar söz konusu olduğunda ise özellikle ipsilateral akciğer dozlarında, ABC gibi nefes hareketini kontrol altında tutan bir uygulama yapılmamasına rağmen, 3D-CRT tekniğinin V_5 ve V_{10} başta olmak üzere önemli bir üstünlüğü göze çarpmaktadır. Kontralateral meme dozlarında ise benzer şekilde en düşük doz 3D-CRT tekniği ile elde edilirken, sonrasında VMAT ve son olarak IMRT teknikleri gelmektedir. Karaciğer ve bilateral akciğer dozları açısından teknikler arasında önemli bir farklılık görülmemiştir.

Sonuç olarak bu tekniklerin tümü meme tedavisinde güvenle kullanılabilir, hangi tekniğin kullanılacağına belirlenmesinde fizikçinin tecrübesi kadar hasta anatomisi, klinik iş yükü ve tedaviden beklenen öncelikli hedefler belirleyici olacaktır.

Kaynaklar

1. Jemal A., Thomas A., Murray T., Thun M., Cancer statistics, 2002, CA Cancer. J.Clin., 52: 23-47, 2002.
2. Hulka B. S., Moorman P. G., Breast cancer: hormones and other risk factors, Maturitas, 38: 103-113, 2001.
3. Bray F., Sankila R., Ferlay J., Parkin D. M., Estimates of cancer incidence and mortality in Europe in 1995, Eur.J. Cancer, 38: 99-166, 2002.
4. Parkin D. M., Pisani P., Ferlay J., Global cancer statistics, CA Cancer J. Clin., 49: 33-64, 1999.



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



TM.4 - Multiple Metastazlı Beyin Tümörlerinde SRS Tedavilerinin Rtg Protokollerine Göre İncelenmesi

Taha Erdoğan¹, Elif Şahin², Şule Öncül², Diriye Öztürk¹,

¹Afyonkarahisar Sağlık Bilimleri Üniversitesi Radyasyon Onkolojisi A.D., Merkez, Afyonkarahisar

²İstanbul Medeniyet Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Kadıköy, İstanbul

Giriş: Radyoterapi’de temel amaç tümöre istenilen dozu verirken normal dokuları olabildiğince korumaktır. Stereotaktik radyo cerrahi (SRS) çok sayıda dar, inceltilmiş ışın demetleri kullanılarak çevre dokuları çok daha iyi korumak böylece tek seferde veya daha düşük fraksiyon sayılarında yüksek dozlara çıkılmasına olanak sağlamaktadır. Konvansiyonel tedavi şemalarının aksine, hedef hacime 1-5 fraksiyonda yüksek radyasyon dozu verilebilmektedir. Fakat yüksek radyasyon dozunun tolere edilebilmesi ışınlanan normal dokunun hacminin limitler dahilinde olması gerekmektedir. Radyobiyojik ve radyofiziksel çalışmalar lezyon büyüklüğü maksimum 4 cm olduğunda bu koşulun sağlanabileceğini göstermiştir (1). Çoklu beyin metastazlarının tedavisinde, küçük alanlarda keskin doz düşüşü ve sağlıklı beyin dokusunun olabildiğince korunması nedeniyle stereotaktik radyocerrahi tercih edilen bir tedavi yöntemidir. Bu çalışmada, çoklu beyin metastazına sahip (min. 2- maks. 11 lezyon) rasgele seçilmiş retrospektif 21 hastanın SRS tedavi yöntemi kullanılarak tedavi planları tekrar yapılmıştır. Çalışmanın ilk kısmında tüm lezyonların tek merkezden eş düzlemlerle alanlar ile optimizasyonu yapılarak reçete dozu olarak alması sağlanmıştır (T-VMAT). İkinci kısmında ise tüm lezyonlar ayrı ayrı ışınlanacak şekilde çoklu merkezler kullanılarak optimizasyonu yapılmıştır (Ç-VMAT). Elde edilen veriler doğrultusunda PCI, HI kritik organların aldığı dozlar istatistiksel açıdan incelenmiş ve tümör sarımını en uygun şekilde sağlayan planlar belirlenmiştir.

Yöntem: Bu çalışmada kullanılan tedavi yöntemleri, Afyon Sağlık Bilimleri Üniversitesi Hastanesi Radyasyon Onkolojisi Bölümünde gerçekleştirilmiştir. Retrospektif olarak incelenen hastaların seçiminde öncesinde tüm beyin radyoterapisi almış çoklu beyin metastazına sahip hastalar tedaviye dâhil edilmiştir. Çalışmada kullanılan hasta sayısı 21’dir. Hasta seçimi beyindeki lezyon sayılarına göre belirlenmiş olup en az 2 en fazla 11 lezyona sahip hastalar çalışmada yer almıştır. Çapı 40 mm den büyük lezyonların SRS ile tedavi doz limitleri belirlenmediği için hasta seçiminde lezyon çapı 40 mm den büyük olmamasına dikkat edilmiştir. Hasta seçimi lezyon sayısına göre belirlenmiştir. Tablo 1. de ise bu hastalar sırasıyla numaralandırılmış ve bunlara ait cinsiyet, yaş, tümör sayısı ve toplam tümör hacmi gibi bilgilere yer verilmiştir.

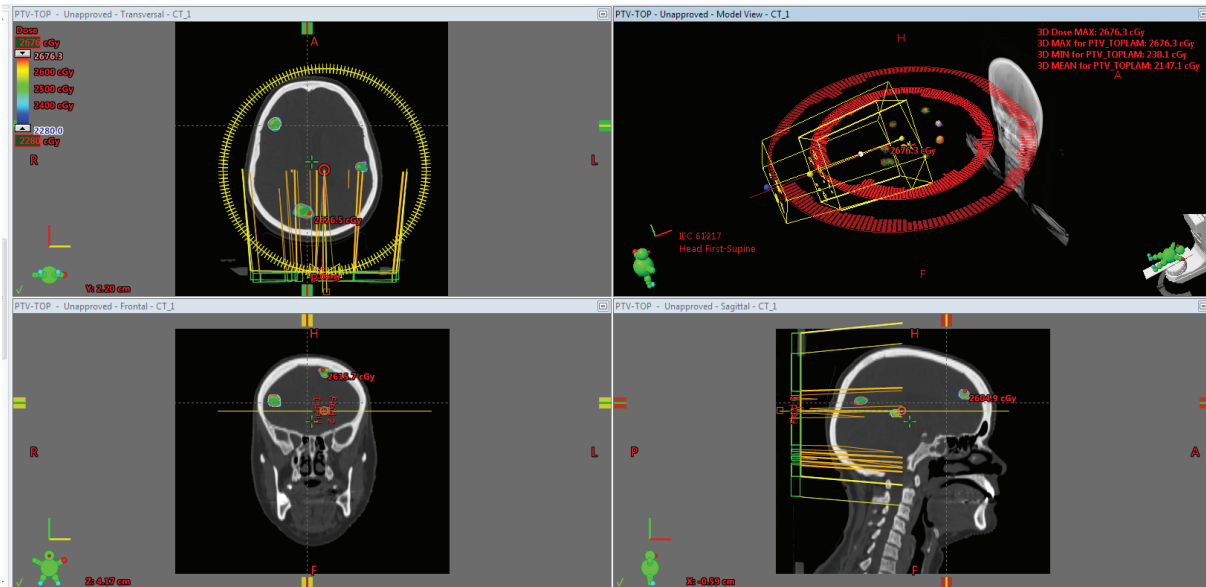
Tablo 1. Çoklu beyin metastazi hastalarının özellikleri

Hasta No	Cinsiyet	Yaş	Tümör Sayısı	Toplam Tümör Hacmi (cc)
Hasta 1	Erkek	56	2	8,5
Hasta 2	Erkek	57	2	5,1
Hasta 3	Erkek	66	2	26,5
Hasta 4	Kadın	49	2	8,1
Hasta 5	Erkek	71	2	3,4
Hasta 6	Erkek	67	3	27,2
Hasta 7	Erkek	70	3	7,4
Hasta 8	Kadın	51	3	28,5
Hasta 9	Erkek	55	4	37,7
Hasta 10	Erkek	63	4	13,5
Hasta 11	Erkek	62	4	17,6
Hasta 12	Erkek	58	4	14,3
Hasta 13	Erkek	58	4	23,7
Hasta 14	Erkek	64	4	27,1

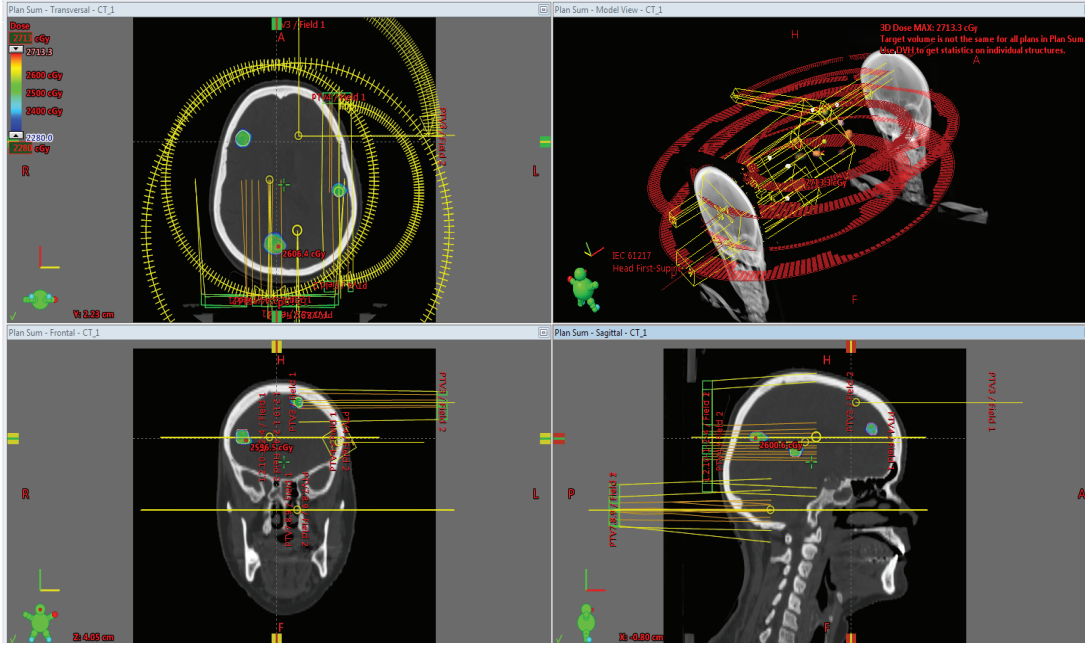
Hasta 15	Erkek	65	5	10,6
Hasta 16	Erkek	74	5	7,4
Hasta 17	Erkek	66	6	84,7
Hasta 18	Erkek	70	7	20,7
Hasta 19	Erkek	58	8	40,1
Hasta 20	Erkek	53	11	35,3
Hasta 21	Erkek	50	11	18,8

Randomize olarak seçilen 21 çoklu beyin metastazlarına sahip hastaların sırt üstü pozisyonda ön ve arka kranial destek sağlayan termoplastik maske kullanılarak immobilizasyonu sağlanmış olup 1mm kesit kalınlığında kontrast madde içermeyen bir BT taraması yapılmıştır. BT görüntüleri 1,5 mm aralıklı T1 kontrastlı MR görüntüleri ile tedavi planlama bilgisayarında füzyon edilmiştir. MR görüntüleri üzerinden gross tümör hacmi (GTV) ve risk altındaki organlar (OAR) radyasyon onkolojisi uzmanı tarafından çizilmiştir. GTV'den 2 mm izotropik marj verilerek hedef hacim (PTV) oluşturulmuştur. RTOG 90-05 protokolüne göre belirlenen SRS dozları dikkate alınarak tümör çapı 0-20 mm 24 Gy, 20-30 mm arası 18Gy, 30-40 mm arası 15 Gy olmak üzere farklı doz seviyeleri kullanılmıştır. Kritik organlar QUANTEC (Quantitative Analyses of Normal Tissue Effects in the Clinic) değerlerine göre sınırlandırılmıştır. Hedef volümlerin kritik organ yakınlığına göre izin verilen doz toleransını aştığı durumlarda ise fraksiyone tedaviler uygulanmıştır. Planlamada her bir tümörün çevre dokuları göz önüne alınarak sağlıklı doku ve kritik organların en az ışınlanacağı tümör hacminin ise maksimum dozu alacak şekilde gantry rotasyonu, masa açısı ve kolimatör açısı verilerek her bir lezyona özgü planlamalar yapılmıştır.

Her hastanın planları VMAT tekniği kullanılarak yapılmıştır (Şekil 1. ve Şekil 2.). Optimizasyonda 6 MV (FF ve FFF) foton enerjisi ve AAA algoritması kullanılmıştır. Planlama esnasında oluşan doz çakışmalarını engellemek için özel yapılar oluşturup optimizasyona geri dönülerek sağlıklı dokuda istenmeyen doz çakışmalarının önüne geçilmiştir. Hedef hacmin %95 reçetelenen dozun %100'ünü alacak şekilde normalize edilmiştir. Çok merkezli planlarda, birbirine çok yakın olan tümörler ortak merkez alınıp dozu RTOG protokollerine uygun olacak şekilde belirlenmiştir.



Şekil 1. Tek izomerkezli planlamanın örnek görüntüsü.



Şekil 2. Çok izomerkezli planların örnek görüntüsü.

Planların karşılaştırılması için Paddick Konformalite İndeksi (PCI) ve Homojenite İndeksi (HI), formülleri ile hesaplanmış ve kritik organların aldığı doz değerleri DVH'den okunarak değerlendirilmiştir.

$$\text{PaddiBT konformite indeksi} = \frac{(\text{reçete dozunun içinde kalan hedef hacim})^2}{\text{hedef hacim} \times \text{reçete izodozu}}$$

$$\text{Homojenite indeks } i = \frac{\text{Maksimum nokta dozu}}{\text{Tedavi dozu}} \quad (2)$$

RTOG kriterlerine göre PCI değeri 1'e eşit olduğu durumda ideal bir plan olduğunu söylemek mümkündür. PCI 1'den büyük olduğu durumda hedef hacmin istenilen dozu yeterince almadığını göstermektedir. PCI 1'den küçük olduğu durumda ise hedef hacmin sağlıklı dokuyu da kapsayacak şekilde ışımlandığını göstermektedir (Ruggieri, 2018).

Homojenite indeks (HI) hedef hacim içerisindeki dozun ne kadar homojen olduğunu gösteren bir değerdir. Farklı planların doz homojenitesini karşılaştırmak için kullanılır. Klasik konformal radyoterapide hedef hacimde dozun homojen olması beklenirken radyorerrahide ise sıcak dozların hedef hacim içerisinde olacak şekilde homojen olmayan doz dağılımları kabul edilebilir (Chin ve Regine, 2010).

Çalışmada IBM SPSS İstatistik Version 22 Programı kullanılmıştır. Tedavi planlamaları yapılmış hasta verilerinde öncelikle normallik analizi incelenmiştir. Normal dağılım gösteren veriler arasında parametrik bir test olan ANNOVA testi, normal dağılım göstermeyen veriler arasında ise parametrik olmayan FRIEDMAN ANNOVA testi uygulanmıştır. Normal dağılıma sahip olmayan verilerin karşılaştırılmasında ise Kruskal-Wallis H testi ile incelenmiştir.

Bulgular: Hastalar lezyon sayılarına göre Küçük, Orta ve büyük olarak kendi içinde alt gruplara ayrılmıştır. Küçük grup; Lezyon sayısı 4'ten az olan, Orta grup; Lezyon sayısı 4-6 olan ve Büyük grup; Lezyon sayısı 6'dan fazla olan hastalara ait bulgular olmak üzere her biri ayrı ayrı incelenmiştir.

Çoklu Beyin Metastazlı Hastaların Tedavi Yöntemlerine Ait Bulgular



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



Çalışmanın bu kısmında tüm hasta grupları incelenmiş olup PCI, HI ve kritik organların aldıkları ortalama doz değerlerine ait bulgular sırasıyla tablolar halinde verilmiştir.

Tablo 2. Tüm hastalar için PCI değerleri

TÜM LEZYONLAR	T-VMAT	Ç-VMAT	FFF-T-VMAT	FFF-Ç-VMAT
PCI1	0,836	0,896	0,868	0,902
PCI2	0,881	0,868	0,901	0,865
PCI3	0,835	0,943	0,833	0,916
PCI4	0,826	0,863	0,81	0,871
PCI5	0,759	0,903	0,841	0,906
PCI6	0,772	0,916	0,898	0,94
PCI7	0,723	0,953	0,793	0,923
PCI8	0,657	0,943	0,887	0,97
PCI9	0,875	0,97	0,95	0,99
PCI10	0,66	1,035	0,835	0,935
PCI11	0,775	0,935	0,905	0,86
Ortalama	0,782	0,920	0,865	0,916
Ortanca	0,775	0,935	0,868	0,916
Standart sapma	0,074	0,045	0,043	0,040
En büyük	0,881	1,035	0,950	0,990
En küçük	0,657	0,863	0,793	0,860

Tablo 3. Tüm hastalar için HI değerleri

TÜM LEZYONLAR	T-VMAT	Ç-VMAT	FFF-T-VMAT	FFF-Ç-VMAT
HI1	1,13	1,13	1,12	1,14
HI2	1,13	1,16	1,11	1,15
HI3	1,14	1,11	1,11	1,13
HI4	1,14	1,13	1,11	1,12
HI5	1,13	1,13	1,10	1,14
HI6	1,17	1,15	1,13	1,18
HI7	1,16	1,17	1,12	1,15
HI8	1,19	1,07	1,13	1,07
HI9	1,16	1,07	1,17	1,09
HI10	1,15	1,09	1,07	1,10
HI11	1,26	1,16	1,20	1,20
Ortalama	1,16	1,12	1,12	1,13
Ortanca	1,15	1,13	1,12	1,14
Standart Sapma	0,04	0,03	0,03	0,04
En büyük	1,26	1,17	1,20	1,20
En küçük	1,13	1,07	1,07	1,07

Lezyon sayısı 4'ten Az Olan Hasta Grubuna Ait Bulgular



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



Tablo 4. Lezyon sayısı 4'ten az hasta grubu için PCI değerleri

LEZYON<4	T-VMAT	Ç-VMAT	FFF-T-VMAT	FFF-Ç-VMAT
PCI1	0,885	0,938	0,889	0,934
PCI2	1,018	0,865	0,969	0,894
PCI3	1,01	0,967	0,947	0,863
Ortalama	0,971	0,923	0,935	0,897
Ortanca	1,01	0,938	0,947	0,894
Standart sapma	0,074	0,052	0,041	0,035
En büyük	1,018	0,967	0,969	0,934
En küçük	0,885	0,865	0,889	0,863

Tablo 5. Lezyon sayısı 4'ten az olan hasta grubunun HI değerleri

LEZYON<4	T-VMAT	Ç-VMAT	FFF-T-VMAT	FFF-Ç-VMAT
HI1	1,13	1,1	1,11	1,11
HI2	1,11	1,12	1,1	1,12
HI3	1,1	1,1	1,1	1,12
Ortalama	1,113	1,106	1,103	1,116
Ortanca	1,106	1,104	1,1	1,116
Standart sapma	0,012	0,006	0,007	0,003
En büyük	1,13	1,115	1,114	1,12
En küçük	1,103	1,1	1,097	1,113

Lezyon Sayısı 4-6 Olan Hasta Grubuna Ait Bulgular

Tablo 6. Lezyon sayısı 4-6 olan hasta grubu için PCI değerleri

4-6 lezyonlar	T-VMAT	Ç-VMAT	FFF-T-VMAT	FFF-Ç-VMAT
PCI1	0,788	0,859	0,813	0,872
PCI2	0,806	0,861	0,804	0,851
PCI3	0,831	0,95	0,837	0,958
PCI4	0,833	0,862	0,839	0,824
PCI5	0,817	0,897	0,767	0,833
PCI6	0,8	0,72	0,87	0,93
Ortalama	0,812	0,858	0,822	0,878
Ortanca	0,811	0,862	0,825	0,862
Standart sapma	0,018	0,076	0,035	0,054
En büyük	0,833	0,95	0,87	0,958
En küçük	0,788	0,72	0,767	0,824

Tablo 7. Lezyon sayısı 4-6 olan hasta grubu için HI değerleri

4-6 lezyonlar	T-VMAT	Ç-VMAT	FFF-T-VMAT	FFF-Ç-VMAT
---------------	--------	--------	------------	------------



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



HI1	1,12	1,14	1,12	1,15
HI2	1,14	1,19	1,13	1,17
HI3	1,14	1,11	1,11	1,1
HI4	1,12	1,13	1,1	1,12
HI5	1,09	1,15	1,08	1,2
HI6	1,15	1,17	1,16	1,16
Ortalama	1,127	1,149	1,115	1,15
Ortanca	1,131	1,147	1,113	1,154
Standart sapma	0,02	0,024	0,025	0,03
En büyük	1,15	1,187	1,16	1,197
En küçük	1,09	1,112	1,077	1,104

Lezyon Sayısı 6'dan Fazla Olan Hasta Grubuna Ait Bulgular

Tablo 8. Lezyon sayısı 6'dan fazla hasta grubuna ait PCI değerleri

6<LEZYON	T-VMAT	Ç-VMAT	FFF- T-VMAT	FFF- Ç- VMAT
PCI1	0,848	0,895	0,948	0,905
PCI2	0,778	0,888	0,983	0,84
PCI3	0,713	0,91	0,738	0,863
PCI4	0,81	0,865	0,745	0,975
PCI5	0,715	0,908	0,898	0,96
PCI6	0,765	0,965	0,905	0,943
PCI7	0,723	0,953	0,793	0,923
PCI8	0,657	0,943	0,887	0,97
PCI9	0,875	0,97	0,95	0,99
PCI10	0,66	1,035	0,835	0,935
PCI11	0,775	0,935	0,905	0,86
Ortalama	0,756	0,933	0,871	0,924
Ortanca	0,765	0,935	0,898	0,935
Standart sapma	0,068	0,045	0,079	0,049
En büyük	0,875	1,035	0,983	0,99
En küçük	0,657	0,865	0,738	0,84

Tablo 9. Lezyon sayısı 6'dan fazla hasta grubuna ait HI değerleri

6<LEZYON	T-VMAT	Ç-VMAT	FFF- T-VMAT	FFF-Ç-VMAT
HI1	1,15	1,13	1,11	1,15
HI2	1,16	1,17	1,11	1,17
HI3	1,19	1,11	1,14	1,18
HI4	1,16	1,13	1,13	1,1
HI5	1,16	1,12	1,13	1,1
HI6	1,18	1,15	1,13	1,19



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



HI7	1,16	1,17	1,12	1,15
HI8	1,19	1,07	1,13	1,07
HI9	1,16	1,07	1,17	1,09
HI10	1,15	1,09	1,07	1,1
HI11	1,26	1,16	1,2	1,2
Ortalama	1,173	1,123	1,129	1,134
Ortanca	1,16	1,133	1,127	1,145
Standart sapma	0,029	0,034	0,031	0,043
En büyük	1,255	1,168	1,2	1,195
En küçük	1,15	1,065	1,07	1,067

Sonuç: Bu çalışmada çoklu beyin metastazlı hastalara ait lezyonlara, tek merkez ve çok merkez tedavi planlamaları yapılmıştır. Bu tedavilere ait bulgular istatistiksel açıdan incelenmiştir. İstatistikler sonucunda, 6 MV (FF) ve 6 MV (FFF) enerjisinin de iyi olduğu durumlar mevcuttur. Kullanılan her iki enerji modalitesi için de Ç-VMAT planlarında, ortalaması en yüksek PCI değerine ulaşılmıştır. Tüm hedeflerin ayrı ayrı ışınlanması sonucunda, tümör kontrolü açısından daha iyi sonuçlar elde edildiğini göstermektedir. Homojenite indeks değerleri, tüm lezyonlar için planlanan tedavilerde iki enerji için de uygun değerler aralığındadır. Hemen hemen tüm planlarda da homojen doz dağılımları elde edilmiştir.

Tüm planların PCI karşılaştırmaları sonucunda, çok merkezli planlarda ortalaması en yüksek 6 MV (FF) enerjisi için Ç-VMAT PCI=0.92±0.04, 6 MV (FFF) enerjisi ise PCI=0.916±0.04 bulunmuştur. Tek merkezli planlardaki çalışmalarda ise ortalaması en yüksek 6 MV (FF) enerjisi için T-VMAT PCI=0.78±0.205, 6 MV (FFF) enerjisi ise FFF-T-VMAT PCI=0.86±0.127 bulunmuştur. Bu değerlere göre iki farklı enerji içinde ortalaması en yüksek Ç-VMAT planlarında elde edilmiştir. Enerji türüne göre değerlendirdiğimizde çok merkezli planlarda değerler birbirine yakın bulunmuştur.

Metastaz sayısı 4'ten az olan gruplar incelendiğinde tümör hacmini kapsayan doz oranının her iki tedavi yönteminde de benzer sonuçlar oluşturduğunu PCI değerlerinden görülmektedir. Fakat metastaz sayısı arttıkça tek merkezli çalışmalarda PCI değerlerinin düştüğü görülmektedir. Sebebi ise kullanılan ark sayısının hedef dozu tümöre iletmede yetersiz kalmasıdır.

Benzer çalışmaları incelediğimizde Ohira ve arkadaşları 1-4 metastazlı olan 23 hastanın tedavisini linac cihazında çok izomerkezli planlarda 360 derece gantry rotasyonuna sahip eş düzlemsel alanlar kullanılarak planlar yapılmış çok merkezli ark tedavileri yapmışlardır. Söz konusu çalışma ile PCI=0.90 ± 0.05, HI=1.24 ± 0.07 sonuçlarına ulaşmışlardır. Ohira ve arkadaşlarının yapmış oldukları çalışmadan elde edilen bulgular bu çalışmadaki sonuçlar ile örtüştüğü görülmektedir (Ohira ve diğerleri, 2018).

Ruggeri ve diğerleri (2018)'in çalışması incelendiğinde ise 20 hastada VMAT planını tek merkezden eş düzlemsel olmayan 180 derece gantry rotasyonuna sahip 5 ark olarak uygulanan tedavide PCI 0,96±0.02 olarak bulunmuştur. Yapılmış olan çalışmadaki PCI değeri bu çalışmaya göre yüksek bulunmuştur (FFF-T-VMAT PCI=0.86±0.127). Sebebi ise bu çalışmada eş düzlemlili 360 derece gantry rotasyonunun tüm lezyonlara dozu hapsederken daha fazla doza ihtiyaç duymasıdır. Bu durum ise dozun lezyona daha kolay ulaştığı lezyonlarda hedeflenen hacimden daha fazla hacmin doz almasına dolayısıyla PCI değerinin düşmesine neden olmaktadır (Ruggeri ve diğerleri, 2018).

Tüm planların HI karşılaştırmaları sonucunda, çok merkezli planlarda 6 MV (FF) enerjisi için ortalaması Ç-V-MAT HI=1.12±0.02 ve 6 MV (FFF) enerjisi ise FFF-Ç-VMAT HI=1.13±0.04 bulunmuştur. Tek merkezli planlardaki çalışmalarda ise 6 MV (FF) enerjisi için ortalaması T-VMAT HI=1.16±0.04 ve 6 MV (FFF) enerjisi ise FFF-T-VMAT



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



HI=1.12±0.03 bulunmuştur. Bu değerlere göre 6 MV (FF) enerjisinde T-VMAT planı daha heterojendir. Çok merkezli planlarda daha homojen dozlar elde edilmiştir.

Uygulanan tedavinin kalitesi karşılaştırmak için kullanılan bir diğer parametre ise Homojenite indeksi değeridir. Stereotaktik radyocerrahi için dozun homojen veya heterojen olması konusu tartışma konusudur. Önemli faktör sıcak dozun hedef lezyon içinde olmasıdır. Farklı VMAT planları içerisindeki HI değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır. Lau ve arkadaşlarının çalışmasında çoklu beyin metastazlarında tek izomerkezli farmless planlar ve eş düzlemsel alanlar kullanarak dozimetrik olarak incelemiş. Bakılan değerlerde Paddick CI medyan RTOG protokollerine göre uygun değerler aralığında olup medyan PCI değeri 0,77, HI(med)=1.12 olarak bulunmuştur. Yapılan çalışmada ortalama PCI=0,77 ve HI=1.15 bulunmuştur. Lau ve arkadaşlarının yapmış oldukları çalışmaya göre benzer sonuçlar bulunmuştur (Lau ve diğerleri, 2015).

Kaynaklar

1. Chin, L. S. ve Regine, W. F. (2010). *Principles and Practice of Stereotactic Radiosurgery*. Springer Science & Business Media.
2. G Prentou, E Koutsouveli, E Pantelis, P Papagiannis, E Georgiou and P Karaiskos. Influence of multiple brain metastases' size and number on the quality of SRS – VMAT dose delivery. Medical Physics Laboratory, Medical School, National and Kapodistrian University of Athens, Mikras Asias 75, Goudi, 11527, Athens, Greece, Medical Physics Department, Hygeia Hospital, Erythrou Stavrou Str. & Kifisias Av., Marousi, 15123, Athens, Greece.
3. Ruggieri, R., Naccarato, S., Mazzola, R., Ricchetti, F., Corradini, S. and Alongi, F. (2018). Linac-Based VMAT Radiosurgery for Multiple Brain Lesions: Comparison Between A Conventional Multi-İsocenter Approach and a New Dedicated Mono-İsocenter Technique. *Radiation Oncology*, 13(1), 38.
4. Ohira, S., Ueda, Y., Akino, Y., Hashimoto, M., Masaoka, A., and Teshima, T. (2018). Hyperarc VMAT Planning for Single and Multiple Brain Metastases Stereotactic Radiosurgery: A New Treatment Planning Approach. *Radiation Oncology*, 13(1), 13.



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



TM.5 - Sağlıkta Kalite Standartları (SKS) Kapsamında Radyasyon Güvenliği

Yelda Elçim

Sağlık Bilimleri Üniversitesi Gülhane Eğitim ve Araştırma Hastanesi Radyasyon Onkolojisi, Ankara/Türkiye

Ülkemizde faaliyet gösteren kamu, üniversite ve özel hastanelerin çoğunda Radyoloji, Nükleer Tıp ve Radyasyon Onkolojisi bölümleri mevcuttur. Bu bölümlerde radyasyon kaynağı ya da radyasyon üreten cihazlar kullanılarak çeşitli tanı ve tedaviler yapılmaktadır. Bu uygulamaların yapıldığı hastalar ve bu alanlarda çalışan personel doğrudan ya da dolaylı olarak radyasyondan etkilenmektedir. Hastaların ve bu alanda çalışan personelin radyasyondan korunması amacıyla uluslararası çeşitli protokoller hazırlanmıştır. Radyoloji, Nükleer Tıp ve Radyasyon Onkolojisi bölümleri de her bir uygulama sırasında bu protokolleri takip ederek radyasyon güvenliğini sağlamakla yükümlüdür. Bu kapsamda radyasyon içeren teşhis ve tedavi hizmetlerinde hastanelerde sağlıkta kalite değerlendirme çalışmaları yapılmaktadır ve Kalite Yönetimi Biriminin değerlendirme çalışmaları arasında radyasyon güvenliği önemli bir yere sahiptir. Kalite yönetimi birimi çalışmalarının belirli standartlarda yönetilmesini sağlamak amacıyla; Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü Sağlıkta Kalite, Akreditasyon ve Çalışan Hakları Dairesi Başkanlığı tarafından yürütülen SKS-Hastane (Sürüm 6.1) seti 14.03.2020 tarih ve 64047795-041.02-E.474 sayıyla yayınlanarak, ülkemizde sağlık hizmeti sunan tüm kamu, üniversite ve özel hastanelerinde bu set doğrultusunda uygulama yapılması gerekmekte ve Ekim 2020 tarihi itibarıyla bu set esas alınarak sağlıkta kalite değerlendirmeleri yapılmaktadır. Bu doğrultuda, yukarıda belirtilen kurumlarda, ilgili çalışanlar ile beraber, medikal fizikçilerin SKS-Hastane (Sürüm 6.1) setinde belirlenen standart maddeleri iyi analiz ederek; hastane yönetimi, Radyasyon Güvenliği Komitesi ve Kalite Yönetim Birimi ile işbirliği içerisinde bahsi geçen standartları yerine getirmek amacıyla ihtiyaç duyulan öneri, değişiklik ve uygulamaları yapmaları gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Kalite standartları; radyasyondan korunma; radyasyon güvenliği.

Ülkemizde faaliyet gösteren tüm kamu, üniversite ve özel hastanelerin çoğunda Radyoloji, Nükleer Tıp ve Radyasyon Onkolojisi bölümleri mevcuttur. Bu bölümlerde radyasyon kaynağı ya da radyasyon üreten cihazlar kullanılarak çeşitli tanı ve tedaviler yapılmaktadır. Bu uygulamaların yapıldığı hastalar ve bu alanlarda çalışan personel doğrudan ya da dolaylı olarak radyasyondan etkilenmektedir. Hastaların ya da bu alanda çalışan personelin radyasyondan korunması amacıyla uluslararası çeşitli protokoller hazırlanmıştır. Radyoloji, Nükleer Tıp ve Radyasyon Onkolojisi bölümleri de her bir uygulama sırasında bu protokolleri takip etmekle yükümlüdür. Radyasyonla çalışan cihazların lisanslama işlemleri bu cihazların bulunduğu bölümlerde eğitim seviyesi uygun kişilerin 'Radyasyondan Korunma Sorumlusu' olarak seçilerek, cihazlar bu kişilerin adına lisanslanmaktadır. Ülkemizde cihaz lisansları Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK) yeni adıyla Nükleer Düzenleme Kurumu (NDK) tarafından verilmektedir.

Hastanelerimizde Nükleer Düzenleme Kurumu ve Sağlık Bakanlığı gibi ilgili kuruluşların yayınlamış oldukları radyasyondan korunma ve radyasyon güvenliği mevzuatlarını inceleyip yerine getirmekle yükümlü olarak ve tüm hususları yürürlüğe koymak üzere ayrıntısıyla planlayıp uygulanmasını sağlamak amacıyla Radyasyon Güvenliği Komitesi kurulmalı ve bu komitenin sorumlulukları tanımlanmalıdır. Radyasyon Güvenliği Komiteleri genel olarak; Hastane Başhekimisi (yardımcısı ya da vekili), Radyoloji, Nükleer Tıp ve Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı Başkanları ve Radyasyon Güvenliği Uzmanları ile oluşturulmaktadır. Radyasyon güvenliği kapsamında Nükleer Tıp, Radyasyon Onkolojisi ve Radyoloji gibi temel bölümlerle birlikte, uygulamada radyasyon kullanılan anjiyografi üniteleri, skopi yapılan ameliyathaneler, dış röntgen üniteleri ve taş kırma ünitelerini de içermektedir. Ayrıca hastanelerin tümünde standart hizmet kalitesine ulaşmak için 'Kalite Yönetimi Birimi' kurularak sağlıkta kalite değerlendirme çalışmaları da yapılmaktadır. Kalite yönetimi biriminin değerlendirme çalışmaları arasında radyasyon güvenliği önemli bir yere sahiptir. Bu çalışmaların belirli standartlarda yönetilmesini sağlamak amacıyla; Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü Sağlıkta Kalite, Akreditasyon ve Çalışan Hakları Dairesi Başkanlığı tarafından yürütülen SKS-Hastane (Sürüm 6.1) seti hazırlanmıştır. Ülkemizde sağlık hizmeti sunan tüm kamu, üniversite ve özel hastanelerde 14.03.2020 tarih ve 64047795-041.02-E.474 sayılı yayınlanan SKS-Hastane (Sürüm 6.1) seti kapsamında uygulama yapılması gerekmektedir. Ekim 2020 tarihi itibarıyla gerçekleştirilen sağlıkta kalite değerlendirmelerinde, SKS-Hastane (Sü-



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



rüm 6.1) seti esas alınmaktadır. Setin kitap formatı internet ortamında (pdf) tam erişime açık olarak <https://shgmkalitedb.saglik.gov.tr/Eklenti/41258/0/skshastane-seti-s-61--09082021pdf.pdf> adresinden ulaşılabilmektedir.

SKS-Hastane (Sürüm 6.1) seti içerisinde; Sağlık Hizmetleri ana başlık altında (sayfa no:157) Radyasyon Güvenliği (sayfa no:227) alt başlığı ile verilmektedir. Radyasyon Güvenliği kapsamında Kod SRG01 - SRG018 arasında 18 ana madde olmak üzere toplam standart sayısı 18 ve toplam değerlendirme ölçütü sayısı 49'dur. Kod SRG03, SRG07, SRG09, SRG10, SRG11, SRG12, SRG16, SRG17 ve SRG18 maddeleri (Ç) olarak belirtilmiş maddelerdir. Bu maddeler mutlaka sağlanması gereken 'ÇEKİRDEK' standartlar olarak ifade edilmiştir. Bu 'ÇEKİRDEK' standartlar, sağlık hizmet sunum süreçleri ile hasta ve çalışan güvenliği açısından kritik öneme sahip ve öncelikli maddelerdir. Bu standartların karşılanmaması durumunda Hastane Kalite Puanı doğrudan etkilenmektedir. Hastanelerin Kalite Yönetim Birimi; verimliliklerini değerlendirmek, iyileştirme süreçlerini planlamak ve hastane yapısına yönelik toplam kalite çalışmalarını yürütmek amacıyla SKS çerçevesinde dokümanların yönetimini ve SKS çerçevesinde yürütülen çalışmaların koordinasyonunu sağlamakla görevlidir.

SKS-Hastane (Sürüm 6.1) seti Radyasyon Güvenliği ile ilgili standart ana maddeler aşağıdaki şekilde verilmektedir:

SRG01 Radyasyon güvenliği komitesi kurulmalı ve sorumlulukları tanımlanmalıdır.

SRG02 Radyasyon güvenliği kapsamında ele alınması gereken alanlar belirlenmelidir.

(Ç) SRG03 Radyasyon yayan cihazların bulunduğu alanlara yönelik düzenleme yapılmalıdır.

SRG04 Girişimsel veya kontrast madde kullanılarak yapılan görüntüleme işlemlerinin, yapıldığı alanlara yönelik düzenleme bulunmalıdır.

SRG05 Yüksek manyetik alanlara yönelik düzenleme bulunmalıdır.

SRG06 Görüntüleme işlemleri sırasında hastaların konfor ve mahremiyetinin sağlanmasına yönelik düzenlemeler yapılmalıdır.

(Ç) SRG07 Radyolojik işlemlere ait çekim protokolleri hazırlanmalıdır.

SRG08 Hasta ve hasta yakınının, özellikli radyolojik tetkik ve girişimler ile ilgili bilgilendirilmesine yönelik kurallar tanımlanmalıdır.

(Ç) SRG09 Hasta ve yakınlarının radyasyondan korunmasına yönelik tedbirler alınmalıdır.

(Ç) SRG10 Radyasyon yayan cihazlar ile yapılan girişimsel işlemlerde hastanın aktif olarak radyasyon aldığı süre izlenmelidir.

(Ç) SRG11 Çalışanların radyasyondan korunmasına yönelik tedbirler alınmalıdır.

(Ç) SRG12 Denetimli alanlar dışında yapılan çekimlerde hasta, hasta yakını ve çalışanların radyasyondan korunmasına yönelik tedbirler alınmalıdır.

SRG13 Radyasyon güvenliğini tehlikeye atacak olası kaza durumlarına yönelik müdahale yöntemleri belirlenmelidir.

SRG14 Radyasyon alanlarında çalışan personele, radyasyon güvenliğinin sağlanmasına yönelik yılda en az bir kez eğitim verilmelidir.

SRG15 Radyoaktif kaynakların bulunduğu alanlarda (brakiterapi, kan ışınlama, nükleer tıp gibi) kaynağın güvenliğini sağlamaya ve güvenli kullanımına yönelik gerekli tedbirler alınmalıdır.

(Ç) SRG16 Nükleer tıp uygulamalarına özgü uygun fiziki koşullar sağlanmalıdır.

(Ç) SRG17 Nükleer tıp kliniklerinde kullanılan radyoaktif maddelerin ve oluşan atıkların kontrolü sağlanmalıdır.

(Ç) SRG18 Radyoaktif madde alan hastaların ve yakınlarının korunmasına yönelik düzenleme yapılmalıdır.

Referanslar

1. T.C. Sağlık Bakanlığı Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü Sağlıkta Kalite, Akreditasyon ve Çalışan Hakları Dairesi Başkanlığı <https://shgmkalitedb.saglik.gov.tr>

2. Sağlıkta Kalite Standartları SKS-Hastane (Sürüm 6.1) <https://shgmkalitedb.saglik.gov.tr/Eklenti/41258/0/skshastane-seti-s-61--09082021pdf.pdf>



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



TM.6 - İki Farklı Solunum Takip Sisteminin (Real-Time Position Management ve Deviceless 4 Dimension) Ev Yapımı Hareketli Fantomla Değerlendirilmesi

Songül Cavidar Karaçam^{1,2}, Duygu Tunçman¹, Elif Kayhan², Ceren Cicibıyık Barlas², Didem Çolpan Öksüz², H. Fazilet Öner Dinçbaş²

¹*İstanbul Üniversitesi- Cerrahpaşa, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Radyoterapi Programı, İstanbul*

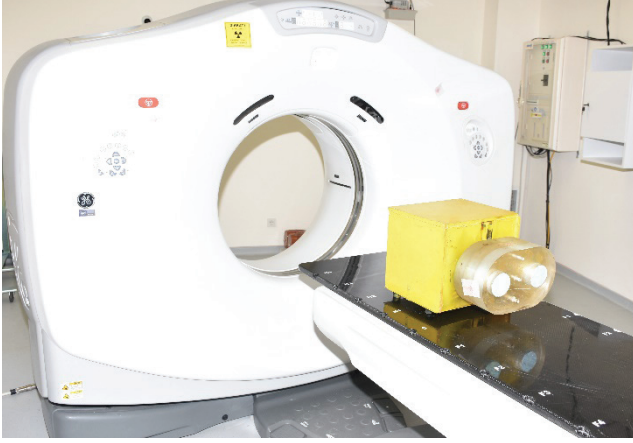
²*İstanbul Üniversitesi- Cerrahpaşa, Cerrahpaşa Tıp Fakültesi, Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı, İstanbul.*

Solunum sinyalinin elde edilmesinde kullanılan solunum takip sistemleri genellikle eksternal donanımlıdır. Genellikle bu tarz sistemler kamera, kemer, sisteme bağlı ek bilgisayar donanımları ve yazılımlar gibi ek donanımlar kullanılarak tasarlanmıştır. Ancak son yıllarda herhangi bir ekstra donanıma ihtiyaç olmadan hasta solunum fazlarını elde edebilen ve bu sayede 4 boyutlu(4D) görüntüler oluşturabilen Deviceless BT cihazları bu konudaki son gelişmelerden biridir. Bu çalışmada BT cihazından ek donanım kullanılarak (RPM sistemi, Real-Time Positioning Management System) elde edilen 4 boyutlu görüntüler ile ek donanım ihtiyacı olmadan elde edilen 4D görüntülerdeki (Deviceless sistemi) hedef volüm, kritik yapılarda oluşabilecek değişimin saptanması ve klinik kullanıma katkısı araştırıldı. Bu amaçla doku ve hava eşdeğeri malzeme içeren ev yapımı hareketli fantom tasarlandı. Fantomda iki sistem kullanılarak aynı set-up koşullarında görüntüleme yapıldı. Alınan görüntüler tedavi planlama sistemine(TPS) aktarıldı. Kritik yapılar ve tümör volümü belirlendi. Her iki çekim protokolü kullanılarak Dice benzerlik sabiti (Dice Similarity Coefficient-DSC) üzerinden değerlendirme yapıldı. Sağ akciğer (391.4 cc) için DSC sabiti 0.98; sol akciğer (397.8 cc) için 0.99, tümör volümü için 0.92 olarak bulundu. Her iki sistem üzerinden elde edilen görüntüler üzerinden yapılan konturlamalar değerlendirildiğinde uzamsal örtüşmelerin benzer olduğu görüldü.

Giriş ve Amaç: Solunum hareketinin yönetimi torasik ve abdominal radyoterapi iş akışında oldukça önemli bir bileşendir. Bu amaçla en önemli gelişmelerden biri dört boyutlu (4D) Bilgisayarlı Tomografi (BT) simülasyon cihazlarının kullanımıdır. BT simülasyon cihazı volümetrik görüntü verilerini etmek için, solunum döngüsü fazlarını içeren yeterli miktarda görüntüyü solunum hareketinin grafiksel kaydıyla eş zamanlı olarak alır. Daha sonra görüntülerle solunum döngüsü grafiğini farklı fazlar için eşleştirir. Görüntüler tümör/normal organ hareketini belirlemek için kullanılır. BT simülasyon cihazında solunum sinyalinin elde edilmesinde kullanılan solunum takip sistemleri genellikle eksternal donanımlıdır (1,2). Bu sistemler solunum hareketini karın veya göğüs duvarındaki yüzey hareketini (örneğin, RPM) veya abdomeni saran kemerde basınç değişikliği(örn: Anzai) gibi eksternal donanımlarla izler(3).

RPM sistemi, BT simülasyon cihazıyla senkronize olarak çalışan eksternal donanımlı bir sistemdir. Sistem; RPM kamera, 6 noktalı marker blok, optik izleme yazılımı, ek bilgisayar donanımı gibi farklı bileşenlerden oluşur. Deviceless 4D BT cihazları, RPM kamera gibi herhangi bir ekstra donanıma ihtiyaç olmadan hasta solunum fazlarını elde edebilen ve bu sayede 4D görüntüler oluşturabilen bu konudaki son gelişmelerden biridir. Bu çalışmada BT cihazından ek donanım ile (RPM sistemi) elde edilen 4 boyutlu görüntüler ile ek donanım olmadan elde edilen 4D görüntülerdeki (Deviceless sistemi) hedef volüm, kritik yapıların değişiminin saptanması ve klinik kullanıma katkısının araştırılması hedeflenmektedir. Bu amaçla ev yapımı fantom kullanılarak klinik rutinde bulunan iki sistem Dice benzerlik sabiti kullanılarak değerlendirilmiştir.

Yöntem: RPM ve Deviceless teknikleri ile aktarılan görüntüyü ve kontur değişikliği olup olmadığını değerlendirmek için ev yapımı hareketli fantom dizaynı geliştirildi. Fantomda ana malzeme olarak Polimetil metakrilat (PMMA) kullanıldı. Fantom içerisine akciğeri taklit etmek amacıyla iki adet silindirik şekilli delik delinerek hava yoğunluğuna eşdeğer malzeme yerleştirildi (Resim 1). PMMA Fantoma motor sabitlenerek hareketli hale getirildi. Kullanılan malzeme yoğunluklarının doku ve hava eşdeğerliği bilgisayarlı tomografi taramasında Hounsfield Unit değeri üzerinden kontrol edildi. Ayrıca dozimetrik ölçümlerde kullanımı sağlayabilmek için fantom merkezine iyon odası ile ölçüm yapabilecek şekilde boşluk oluşturuldu.



Resim 1. 4D BT cihazı ve ev yapımı fantom

Fantom üzerinde sağ akciğerde 5.1 cc'lik tümör yapısı oyun hamuruyla oluşturuldu ve akciğer dizaynı içerisine yerleştirildi. Fantom lazerler aynı ekseninde konumlandırılarak hem RPM Varian hem de Deviceless General Electric (GE) yazılımına ait çekim protokolleri ile görüntülendi. RPM uygulaması için kamera kalibrasyon prosedürü uygulandıktan sonra fantom üzerine 6 noktalı marker blok yerleştirildi ve RPM kamera ile yeri belirlendi. Fantom hareketliken görüntüleme alındı. Deviceless uygulaması için marker blok kaldırılarak aynı yere kurşun tel (yaklaşık 5 cm uzunluğunda) yerleştirildi ve herhangi bir harici kamera kullanılmadan GE Discovery RT marka BT cihazı ile görüntüleme yapıldı. 10 faz üzerinden elde edilen görüntüler, Maximum Intensity Projection(MIP) ve Average Intensity Projection(AIP) görüntüler Varian Eclipse TPS sistemine aktarıldı. Alınan aksiyel kesitlerin birleştirilip reformat yapılarak, yüksek dansiteli oluşumların ön plana çıkarıldığı MIP görüntüleri üzerinde tümör volümü; ortalama atenuasyon verisini kullanan AIP'de ise akciğer yapıları her iki sisteme ait görüntüler üzerinden aynı radyasyon onkoloğu tarafından konturlandı. Bu çalışmada, her iki akciğer için segmentasyon performansını değerlendirmek için Dice benzerlik sabiti ve x-y-z eksenlerindeki kaymalar hesaplandı. Dice benzerlik sabiti, üst üste gelen hacimlerin kesişimi üzerinden hem manuel segmentasyonların tekrarlanabilirliğini hem de BT görüntülerinin uzamsal örtüşme doğruluğunun performansını değerlendirmek için kullanılan istatistiksel bir doğrulama metriğidir(4,5).

Bulgular: Dice benzerlik sabiti değeri aşağıda verilen formülden yararlanılarak bulundu(4).

$$DSC = \frac{n(A \cap B)}{1/2[n(A) + n(B)]} \quad \text{Formül 1}$$

Formülde 1'de pay A ve B yapılarının kesişimindeki vokseller sayısını temsil ederken; payda ise A ve B yapılarındaki ortalama vokseller sayısını temsil etmektedir. Dice benzerlik sabiti değeri 0 ile 1 arasında değişir. Dice benzerlik sabiti değerinin 0'a doğru gitmesi konturlanan yapıların üst üste gelmemesi ve uyuşmazlığı, uzamsal örtüşme olmadığını gösterirken; 1 olması konturlanan iki yapıda tam örtüşme olduğunu gösterir. Sağ akciğer (391.4 cc) için Dice benzerlik sabiti 0.98; sol akciğer (397.8 cc) için 0.99, tümör volümü için 0.92 olarak bulundu. Ayrıca X-Y-Z eksenlerindeki kaymalar sağ akciğer için sırasıyla -0.01 cm, -0.03 cm, 0 cm iken; sol akciğer için kayma miktarları 0, 0.01 ve 0.02 cm, tümör volümü için 0.0, -0.02, 0.03 olarak bulundu.

Tartışma ve Sonuç: AAPM (American Association of Physicists in Medicine) TG -76 nolu raporunda; herhangi bir yönde > 5 mm tümör hareketi varlığında ya da solunuma bağlı hareketin yönetiminde kullanılan tekniklerle anlamlı oranda normal doku korunması sağlanıyorsa solunuma bağlı hareketin yönetimi için bir teknik kullanılması önerilmiştir (5). Serbest solunumda eksternal donanım kullanımındaki hareket ile iç organ hareketi korelasyon uyumunun iyi olduğu gösterilmiştir (6-10). Dolayısıyla kullanılan teknikler klinik cihaz parkına ya da klinik tercihe göre değişiklik gösterebilir. Ancak ileri teknolojilerin kullanılarak faydalanan tüm bu donanımlar hasta tedavi planı ya-



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



pılmasında, yapılan planın hastaya uygulanabilmesinde ve tedavilerin değerlendirilmesinde önemli bir yere sahiptir. Bu sebeple klinikte güvenle kullanım için uygulamalarda gerekli kontrollerin yapılma ihtiyacını da beraberinde getirmektedir(6,7). Kalite güvencesi programları içerisinde fiziksel fantomlar kullanılarak tüm bu teknolojinin hastada kullanım öncesi değerlendirilmesi tavsiye edilmektedir. Çalışmamızda iki farklı çekim protokolü aynı koşullarda hareketli fantomda görüntüleme yapılarak değerlendirilmiş, görüntüler aynı yöntemle tedavi planlama sistemine aktarılmıştır. Görüntü değerlendirilmesinde çok sayıda metrik sistem kullanılabilir ve her birinin kendi içerisinde avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Bu çalışmada konturların çıkışıp çıkışmadığını belirlemek amacıyla DSC metrik yöntemi seçildi. Elde edilen sonuçlar DSC ile değerlendirildiğinde uzamsal örtüşmelerin iki yöntemde de benzer olduğu ve Internal hedef volüm (ITV) belirleme amaçlı kullanımda her iki yöntemde kullanılabilir olduğu görüldü.

“Bu çalışma İstanbul Üniversitesi- Cerrahpaşa Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir. Proje numarası: TSG-2019-33453

Anahtar Kelimeler: RPM; Deviceless; 4 Boyut.

Kaynaklar:

1. Bissonnette JP, Balter PA, Dong L, et al. Quality assurance for image guided radiation therapy utilizing CT-based technologies: a report of the AAPM TG-179. Med Phys. 2012;39:1946–1963.
2. Brocka K. K., Mutic S., McNutt T. R., Li H., Kessler M. L. Use of image registration and fusion algorithms and techniques in radiotherapy: Report of the AAPM Radiation Therapy Committee Task Group No. 132 Med. Phys. 2017; 44 (7): 43-76.
3. Heinz C, Reiner M, Belka C, Walter F, Söhn M. Technical evaluation of different respiratory monitoring systems used for 4D CT acquisition under free breathing. J Appl Clin Med Phys. 2015;16:4917.
4. Underberg RWM, Lagerwaard FJ, Slotman BJ, Cuijpers JP, Senan S. Use of maximum intensity projections (MIP) for target volume generation in 4DCT scans for lung cancer. Int J Radiat Oncol Biol Phys. 2005;63:253–260.
5. Dice LR. Measures of the amount of ecologic association between species. Ecology 1945;26:297–302
6. Keall PJ, Mageras GS, Balter JM, et al. The management of respiratory motion in radiation oncology report of AAPM Task Group 76. Med Phys. 2006;33:3874–3900.
7. Glide-Hurst CK, Schwenker Smith M, Ajlouni M, Chetty IJ. Evaluation of two synchronized external surrogates for 4D CT sorting. J Appl Clin Med Phys. 2013;14:4301.
8. Li XA, Stepaniak C, Gore E. Technical and dosimetric aspects of respiratory gating using a pressure-sensor motion monitoring system. Med Phys 2006;33:145-54.
9. Stine SK. Motion in radiotherapy: photon therapy. Phys Med Biol. 2012;57:R161
10. Moorrees J, Bezak E. Four dimensional CT imaging: a review of current technologies and modalities. Australas Phys Eng Sci Med. 2012;35:9–23.



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



TM.7 - Tüm Beyin Radyoterapisinde Işınlama Süresini Kısaltmak ve Hipokampüs Korumaksı Yapılarak Tomoterapi Radyoterapi Planlaması

Çağla Cetinkaya, Gül Kanyılmaz

Necmettin Erbakan Üniversitesi Meram Tıp Fakültesi Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı Konya

Giriş ve Amaç: Bu çalışmanın amacı, metastatik Tüm beyin radyoterapi ışınlamalarında hipokampus ve lens gibi risk altındaki organlara maruz kalma dozunun azaltılması, planlanan hedef hacmin doz dağılımının en iyi şekilde verilmesi hedeflenmektedir. Bunun için farklı modülatör faktörler kullanılarak hasta doz maksimum, lens maksimum, hippocampus Dmin ve irradiation time değerleri karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Tomoterapi; hipokampal koruma; tüm beyin radyoterapi; beyin metastazları

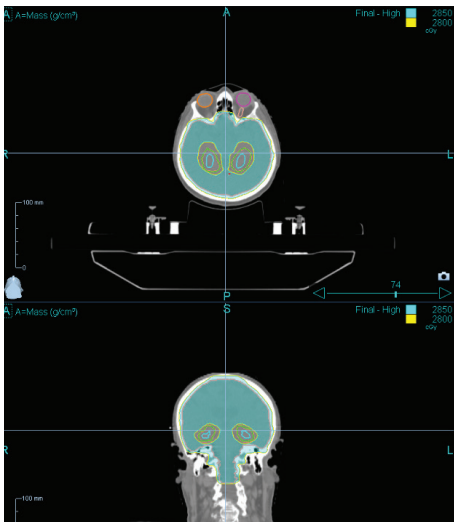
Yöntemler: Radyoterapi metastatik palyatif tüm beyin ışınlamasında Hipokampus ve planlama hedef hacmi, RTOG 0933 şekillendirme atlası protokolüne göre şekillendirildi. Kaçınılması gereken hipokampal bölge 5 mm'lik bir marj kullanılarak çizildi. Öngörülen radyasyon dozu 10 fraksiyonda 30 Gy idi. Planlanan hedef hacim dozuna kadar soğurulan doz, risk altındaki organa soğurulan doz ve ışınlama süresi değerlendirildi. modülasyon faktörü (Modulation factor-MF) 1.8, 2.5 ve 3.0 değerleri kullanılarak Sağ lens maksimum, sol lens maksimum, CI, HI, D₉₅, irradiation time ve Hippocampal sparing (HS-WBRT) doz maksimum ve minimum değerlendirilmesi yapıldı.

Bulgular: Tomoterapi (Accuray, Inc.), yoğunluk ayarlı radyoterapi (IMRT) yapabilen bir makine türüdür. Tomoterapide doz uygulaması, sürekli gantri rotasyonları ile olur. Ek olarak, yoğunluk modülasyonu için yüksek basınçlı gazla çalışan ikili çok yapraklı kolimatörler kullanılır. Tomoterapide doz uygulaması benzersiz bir metodolojiyi takip eder ve tedavi planlaması belirli parametreleri içerir: alan genişliği (FW), adım ve modülasyon faktörü (MF). Tomoterapi tedavi planlamasında doz optimizasyonu hesaplamasını gerçekleştirmeden önce her kritik organın belli değer aralığı içinde olması gerekir. Parametreler doz dağılımını ve plan kalitesini etkiler. Bu nedenle, birçok çalışma, doz dağılımında ve her bir parametrenin değerine bağlı olarak belli kriterler belirlenmiştir

Bu çalışmada, manyetik rezonans görüntüleme (MRI) sonrasında. T2 ağırlıklı ve gadolinyum kontrastlı T1 ağırlıklı dizi çekimleri ile beyin 1 mm kesit kalınlığı ve 1 mm eksenel MRI taramalarının BT görüntülerini elde ettik. Bu MRI görüntüleri 2 mm BT görüntüleri ile füzyon yapılarak hipokampüs, optik sinir, optik kiazma, göz ve lens dahil olmak üzere OAR'ler deneyimli bir radyasyon onkoloğu tarafından çizildi. Kaçınılması gereken hipokampal bölge 5 mm'lik bir sınır ile çizildi. Varian Eclipse yazılımı kullanılarak BT taramaları hasta planlamaya hazır hale getirildi.

TomoTerapi Planlama İstasyonu ile optimizasyon aşağıda belirtildiği gibi yapılmıştır. Modülasyon faktörü = 1.8, 2.5, 3.0 üç ayrı veri kullanılmıştır ile Jaw boyutu 1 cm olarak hesaplandı.

Şekil 1. Tomoterapi HDA hipokampus korumalı palyatif tüm beyin radyoterapi planı





18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



Tablo 1.Optimizasyon Kısıtlamaları.

	Blok türü	Maksimum doz	DVH hacmi/dozu	Önem
hipokampus	engellenmemiş	15Gy	$D_{\%50} = 8,0 \text{ Gy}$	200
Lensler	engellenmemiş	2.5Gy	$D_{\%70} = 1.5 \text{ Gy}$	100
Gözler	engellenmemiş	3.0Gy	$D_{\%50} = 2.0 \text{ Gy}$	40
Optik kiazma	engellenmemiş	30Gy	$D_{\%50} = 30 \text{ Gy}$	40
optik sinirler	engellenmemiş	30Gy	$D_{\%50} = 25 \text{ Gy}$	40

DVH, doz-hacim histogramı; Öngörülen radyasyon dozu 10 fraksiyonda 30 Gy idi ve PTV'nin %95'ini kapsayacak şekilde plan yapıldı. Doz kısıtlamalarının (Tablo2 RTOG0933'te sunulan) takip edildi ve buna göre PTV'ye soğurulan doz, OAR'ye soğurulan doz ve ışınlama süresi değerlendirildi.

Tablo 2.Doz Kısıtlaması

RTOG0933 protokolü	
Hedef hacmi planlama	$D_{\%98} \geq 25 \text{ Gy}$ $D_{\%2} \leq 37.5 \text{ Gy}$
Hippocampal sparing (HS-WBRT)	$D_{\min} \leq 9 \text{ Gy}$ $D_{\max} \leq 16 \text{ Gy}$
Optik sinirler ve kiazma	$D_{\max} \leq 37,5 \text{ Gy}$

Sonuç: Helikal tomoterapi (HT),6 MV foton enerjisinin kullanıldığı özel bir yoğunluk ayarlı ışın tedavisi (IMRT) tekniğidir. Hippocampal sparing (HS-WBRT) için, TomoTherapy HDA cihazı IMRT tekniği ile RTOG0933 protokolünü izledik veya sarmal tomoterapi gerçekleştirdik. HT planlaması, aynı alan genişliği (Field width -FW) ve aynı pitch faktörü (PF) kullanılarak, üç farklı modülasyon faktörü (Modulation factor-MF)değerlerinde karşılaştırma yapılmıştır.

Planlarda aynı optimizasyon parametrelerine bağlı kalınmıştır. Üç farklı MF değerinde aynı zamanda doz dağılımına önem verilmiştir. PTV'nin değerlendirilmesi sırasında, D98% ve HI'da anlamlı bir fark yoktu. CI değerinde ise fark görüldü. Çünkü MF değeri arttıkça daha iyi bir doz dağılımı sağladı.

Bu üç farklı MF değerinde. HS-WBRT İçin maksimum ve minimum değerlerde fark görülmedi, sağ ve sol lens dozlarında fark görülmedi. Beam on time sürelerinde fark görülmüş MF değeri arttıkça CI değeri 1 e yaklaşırken tedavi süresi uzamıştır.

MF değeri arttıkça palyatif doz verilen HS-WBRT korumalı hastalarda doz sarışımının daha iyi D95, CI değerlerinin ideal olduğu gözlenmiştir.



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



Tablo 3.MF değerine göre doz değerlendirme

MF 1,8	Maksimum doz	MF 2,5	Maksimum doz	MF 3	Maksimum doz
hipokampus	13,6Gy	hipokampus	12,5Gy	hipokampus	13Gy
Lensler	4,3Gy	Lensler	4,6Gy	Lensler	4,3Gy
Gözler	1,5Gy	Gözler	1,9Gy	Gözler	1,7Gy
Optik kiazma	2,5Gy	Optik kiazma	2,3Gy	Optik kiazma	2,8Gy
optik sinirler	2,3Gy	optik sinirler	2,1Gy	optik sinirler	2,6Gy
Beam on time	250 sn	Beam on time	353 sn	Beam on time	557 sn

Kaynaklar:

1. Miura, K., Kurosaki, H., Utsumi, N., & Sakurai, H. (2021). Use of a Head-Tilting Baseplate During Tomotherapy to Shorten the Irradiation Time and Protect the Hippocampus and Lens in Hippocampal Sparing-Whole Brain Radiotherapy. *Technology in Cancer Research & Treatment*, 20, 1533033820986824.
2. Prokic, V., Wiedenmann, N., Fels, F., Schmucker, M., Nieder, C., & Grosu, A. L. (2013). Whole brain irradiation with hippocampal sparing and dose escalation on multiple brain metastases: a planning study on treatment concepts. *International Journal of Radiation Oncology* Biology* Physics*, 85(1), 264-270.



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



TM.8 - Akciğer Yart Planının EGSnrc/BEAMnrc/DOSXYZnrc Simülasyonuna İstatistiksel Belirsizliğin Etkisinin Belirlenmesi

Esin Gündem, Bahar Dirican

Gülhane Eğitim Araştırma Hastanesi Radyasyon Onkolojisi AD. ANKARA

Amaç: EGSnrc/BEAMnrc/DOSXYZnrc ile akciğer YART tedavi planına ait modelin oluşturulmasında kabul edilebilir istatistiksel belirsizlik düzeyinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Method: Çalışmamızda Monaco Tedavi Planlama Sistemi (TPS) ile Elekta Synergy Lineer Hızlandırıcı cihazı için yapılan Akciğer YART planı EGSnrc/BEAMnrc/DOSXYZnrc MC kodu ile % 0,4, % 0,2 ve % 0,1 istatistiksel belirsizlikle modellenmiştir. MATLAB2019a ve CERRmaster yazılımları kullanılarak, TPS ve EGSnrc/BEAMnrc/DOSXYZnrc modellerinden elde edilen dozimetrik parametreler karşılaştırılmıştır.

Bulgular: İstatistiksel belirsizliğin modellemeye etkisi, EGSnrc /BEAMnrc/DOSXYZnrc modeli ve TPS DVH eğrilerinden elde ettiğimiz dozimetrik parametreler; maksimum, minimum, ortalama nokta dozlar, hacmin yüzde 98'nin aldığı doz (D98), hacmin yüzde 95'nin aldığı doz (D95), hacmin yüzde 50'sinin aldığı doz (D50) ve hacmin yüzde 2'sinin aldığı doz (D2) "Rölatif Doz Farkı (RDF)" hesaplanarak değerlendirilmiştir. Sonuçlar hedef hacim ve toplam akciğer için değerlendirilmiş ve belirlenen istatistiksel belirsizlik değeri EGSnrc /BEAMnrc/DOSXYZnrc ile yapılacak tedavi planlarının modelleri için kullanılmıştır.

Sonuç: İstatistiksel belirsizliğin en fazla hedef hacimde maksimum nokta dozunu etkilediği bulunmuştur. EGSnrc/BEAMnrc/DOSXYZnrc modelinde toplam akciğerin istatistiksel belirsizliğe hedef hacme göre daha az duyarlı olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak istatistiksel belirsizlik azaldıkça RDF'nin azaldığı tespit edilmiştir. Çalışmamızda literatürle uyumlu sonuçlar elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: EGSnrc/BEAMnrc/DOSXYZnrc; istatistiksel belirsizlik, MC simülasyonu; YART.

Giriş: Son yıllarda Radyoterapi (RT)'de Yoğunluk Ayarlı Radyoterapi (YART) gibi kompleks tedavilerin sağlıklı dokuları koruduğu ve daha iyi tedavi sonuçları sağladığı için kullanımı artmış bununla birlikte karmaşıklığı artan tedavilerin dozimetrik olarak doğrulanması önemli hale gelmiştir. Günümüzde Tedavi Planlama Sistemlerinde (TPS) kullanılmakta olan doz hesaplama algoritmaları, ölçülen doz dağılımlarını kullanarak doku heterojenitesi, mesafe değişimleri ve yüzey düzensizlikleri üzerine çeşitli düzeltmelere ve radyasyon taşınımının (transportunun) analitik modellemesine dayanır. Soğrulan doz, Monte Carlo (MC) yöntemiyle yaklaşımlara ve varsayımlara gerek kalmadan, yüksek doğrulukla hesaplanabilir. MC yöntemi, Radyoterapide dozu hesaplamak için en doğru yöntem olarak kabul edilmektedir ve karmaşık tedaviler için doğru bir hesaplama aracı olarak yaygın olarak kullanılmaktadır (Rogers, D.W.O. ve ark. 1990, Mackie T.R. 1990, Ma C.M. ve ark.,1999, Rogers, D.W.O.,2006, Chetty ve ark., 2007; Eeden, 2014; Subhalaxmi ve ark., 2018; Tuğrul ve Eroğlu, 2019)

MC yöntemi ile RT'de doz hesaplaması yapılması fikrinin ortaya çıkmasıyla birlikte, bazı zorlukların değerlendirilmesi gerekmiştir. Bu zorluklardan bir tanesi, MC hesaplamalarının sonlu sayıda simüle edilmiş parçacık sayısı ile yapılması nedeniyle ortaya çıkan istatistiksel doğasında bulunan "İstatistiksel Belirsizliğin" belirlenmesidir. Bu nedenle çalışmamızda EGSnrc/BEAMnrc/DOSXYZnrc ile akciğer YART tedavi planına ait modelin oluşturulmasında kabul edilebilir istatistiksel belirsizlik düzeyinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Metot: Çalışmamızda hasta planının modellenmesinde EGSnrc / BEAMnrc / DOSXYZnrc (Kawrakow ve ark., 2006) MC kod sistemi ile modellenen ve doğrulanması yapılan 6 MV Elekta Synergy lineer hızlandırıcı modeli kullanılarak tedavi planının simülasyonları yapılmıştır (Gündem ve Dirican 2021). Tedavi planlaması için hastaların Toshiba marka Aquilion LB model Bilgisayarlı Tomografi Cihazı kullanılarak BT çekimleri yapılmış, tedavi hacimleri ve kritik yapılar The International Commission on Radiation Units and Measurements (ICRU) Report 50(ICRU-50 1993) ICRU Report 62 (1999) ve ICRU Report 83 (2010) raporları ile tanımlanmıştır. Akciğer YART tedavi planı, "Step and Shoot YART" tekniği ile Elekta Synergy Lineer Hızlandırıcı cihazı için Monaco® HD sürüm



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

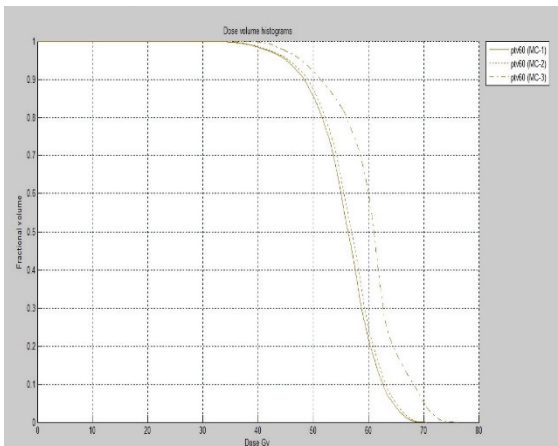
4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



5.10.04 TPS (Impac Medical System Inc.) kullanılarak yapılmıştır. Hesaplama voksel boyutu için tarama kalınlığı seçilmiş ve plan başına maksimum segment sayısı 250, minimum segment alanı 2 cm^2 ve segment başına minimum 4 MU yapılmıştır. Tedavi planı EGSnrc/BEAMnrc kodu ile % 0,4, % 0,2 ve % 0,1 istatistiksel belirsizlikle modellenmiştir. Tedavi planının EGSnrc/DOSXYZnrc ile doz okuması yapılabilmesi için hastanın Bilgisayarlı Tomografi (BT) görüntülerini kullanarak EGSnrc/DOSXYZnrc kodunun DICOM formatındaki 3 Boyutlu (3B) BT görüntü setini DOSXYZnrc fantomuна dönüştüren “CTCREATE” ile hastanın fantomu oluşturulmuştur (Mayles, P. ve ark.). Fantomu oluşturmak için BT numaralarından yoğunluk ve dokudaki farklı yapılar (akciğer, kemik, hava, vb.) için TPS’de kullanılan BT’den ED’ye dönüşüm tablosunu temsil eden sekiz farklı materyalin fiziksel yoğunluğu kullanılmıştır. YART planına ait TPS’den elde edilen açılı bilgilerin DOZXYZnrc koordinat sistemindeki değerleri hesaplanarak EGSnrc/DOSXYZnrc ile hastanın fantomunda doz okuması yapılmıştır. MC simülasyonundan elde edilen doz ile TPS dozu arasında karşılaştırma yapabilmek için MC simülasyonundan elde edilen doz Gy/MU’ya çevrilmiştir. Çalışmamızda MATLAB2019a ve CERRmaster yazılımları kullanılarak tedavi planının MC modellerinden ve TPS elde edilen dozimetrik parametreler karşılaştırılmıştır. EGSnrc/BEAMnrc/DOSXYZnrc Akciğer YART planına ait modeli ve TPS’nin doz dağılımlarını karşılaştırmak için, DVH eğrilerinden elde ettiğimiz dozimetrik parametreler maksimum, minimum, ortalama nokta dozlar, hacmin yüzde 98’nin aldığı doz (D_{98}), hacmin yüzde 95’nin aldığı doz (D_{95}), hacmin yüzde 50’sinin aldığı doz (D_{50}) ve hacmin yüzde 2’sinin aldığı doz (D_2) değerlendirilmiştir. EGSnrc/BEAMnrc/DOSXYZnrc modeli ve TPS dozimetrik parametreleri arasındaki farkın sonuçları “Rölatif Doz Farkı (RDF)” hesaplanarak ifade edilmiştir.

Bulgular ve Sonuç: Çalışmamızda Akciğer YART planına hem EGSnrc/BEAMnrc ile faz-uzaylarının oluşturulmasında hem de EGSnrc/DOSXYZnrc ile doz okumalarında parçacık sayısına bağlı olarak istatistiksel belirsizliğin modellemeye etkisi değerlendirilmiştir. % 0,4, % 0,2 ve % 0,1 istatistiksel belirsizlikle simülasyonu yapılan EGSnrc/BEAMnrc/DOSXYZnrc modellerin PTV ve Toplam akciğer için Doz Hacim Eğrileri Şekil.1, Şekil.2 ve RDF değerleri Tablo.1 ile verilmiştir. İstatistiksel belirsizliğin etkisinin RDF değerlerinin verildiği Tablo 1.’i incelediğimizde PTV’nin maksimum nokta dozunun en fazla etkilendiği görülmüştür. Hacmin %98’nin aldığı dozun RDF değeri istatistiksel belirsizlik % 0,4, % 0,2 ve % 0,1 için sırasıyla %31,216, %30,627 ve % -8,073 olarak bulunmuştur (Tablo.1). Diğer yandan parçacık sayısı dolayısıyla istatistiksel belirsizliğin EGSnrc modelinde kritik yapıları hedeften daha az etkilediği belirlenmiştir.

Sonuçlarımıza göre EGSnrc/BEAMnrc ile faz uzayı oluşturulurken parçacık sayısının 1×10^8 ve daha büyük seçilmesi, özellikle 3 cm^2 ’den küçük segment alanı boyutunda parçacık sayısının 1×10^7 ’den küçük olmamasına dikkat edilmesi gerektiği bulunmuştur. Sonuç olarak parçacık sayısı arttıkça istatistiksel belirsizlik ve % RDF’nın azaldığı tespit edilmiştir. Bu sonuç literatürde istatistiksel belirsizlik için yapılan çalışmalar ile benzer olarak bulunmuştur (Keall ve ark.). MC doz hesaplaması için kullanılırken, sonlu sayıda simüle edilmiş parçacık sayısı nedeniyle ortaya çıkan istatistiksel belirsizlik her zaman göz önünde bulundurulmalıdır.

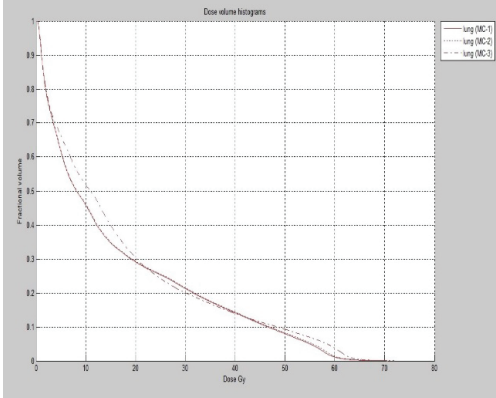


Şekil. 1 Akciğer hastasının tedavi planının MC simülasyonu ile elde edilen PTV’e ait DVH grafiğinin istatistiksel belirsizliği bağlı değişimi



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



Şekil. 2 Akciğer hastasının tedavi planının MC simülasyonu ile elde edilen Toplam Akciğer'e ait DVH grafiğinin istatistiksel belirsizliğe bağlı değişimi

Tablo.1 İstatistiksel belirsizliğe bağlı dozimetrik parametreler

Anatomik Yapılar	Dozimetrik parametreler	MC-1 RDF (%)	MC-2 RDF (%)	MC-3 RDF (%)
PTV	Mean Dose	8,361	7,421	6,232
	Max Dose	13,263	6,972	-1,807
	Min Dose	41,360	40,402	-20,082
	D98	31,216	30,627	-8,073
	D95	28,675	23,843	-5,961
	D50	7,474	4,517	-2,313
	D2	-5,744	-6,542	-8,299
Toplam Akciğer	Mean Dose	9,003	8,099	-6,486
	D20	8,532	7,809	6,743
	D35	10,558	9,653	-8,803
	D45	13,779	12,109	-10,162
	D50	18,858	17,866	-15,665

Kaynaklar

1. Chetty IJ, Curran B, Cygler JE, DeMarco JJ, Ezzell G, Faddegon BA. et al., Report of the AAPM Task Group No. 105: Issues Associated Bibliography with Clinical Implementation of Monte-Carlo-Based Photon and Electron External Beam Treatment Planning. Med. Phys. 2007;34:4818-4853.
2. Eeden DV., Development of a Particle Source Model for A Synergy Linear Accelerator to Be Used in Monte Carlo Radiation Dose Calculations for Cancer Therapy. The Thesis of University of the Free State. 2014.
3. Gündem E., Dirican B. Analysis of characteristics and validation of 6 MV photon beam produced by Elekta Synergy linear accelerator using EGSnc Monte Carlo code. Radiation Physics and Chemistry 2021;184,109491.
4. Keall, P. J., Siebers, J. V., Jeraj, R. and Mohan, R. The effect of dose calculation uncertainty on the evaluation of radiotherapy plans. Medical Physics 2000, 27, 478.
5. Mackie T.R., "Applications of the Monte Carlo method in Radiotherapy" The Dosimetry of Ionizing Radiation, 1990, vol III New York: Academic pp 541-620.
6. Mayles, P., Nahumi A. and rosenwald, J.C. Handbook of Radiotherapy Physics Theory and Practice. Taylor & francis Group, LLC. 2007.
7. Rogers, D.W.O.,and Bielajew,A.F." Monte Carlo Techniques of Electron and Photon Transport for Radiation Dosimetry". Academic Press. 1990.
8. Subhalaxmi M. Dixit P.K. Selvam P.T. Yavalkar S.S. Deshpande D.D. Monte Carlo Investigation of Photon Beam Characteristics and its Variation with Incident Electron Beam Parameters for Indigenous Medical Linear Accelerator. J Med Phys, Jan-Mar 2018; 43(1);1-8.
9. Tuğrul T. Eroğul O. Determination of Initial Electron Parameters by Means of Monte Carlo Simulations for the Siemens Artiste Linac 6 MV Photon Beam. Reports of Practical Oncology and Radiotherapy, 2019, 24; 331-337.



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



TM.9 - Akciğer Kanserinin Hacimsel Modülasyonlu Ark Tedavisinde 4 Boyutlu Konik Işın Bilgisayarlı Tomografi ile Altı Serbestlik Dereceli Masa Kullanılarak Planlama Hedef Hacim Marjının Fraksiyonlar Arası Geometrik Yeterliliğinin Değerlendirilmesi

Yücel Sağlam

Koç Üniversitesi Hastanesi Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

Giriş ve Amaç: Akciğer radyoterapisinde nefes hareketinden kaynaklı hedef hacmin geometrik doğruluğunun yönetilmesi için farklı yöntemler olmasına rağmen simülasyon aşamasında, dört boyutlu bilgisayarlı tomografi (4D-CT) görüntüleri üzerinde tüm hareket aralığını içerecek şekilde brüt veya klinik hedef hacmin genişletilmesi temeline dayanan internal hedef hacim (ITV) tanımlaması geleneksel yaklaşım olarak çeşitli kliniklerde kullanılmaktadır [1-3]. Fraksiyonlar arası yer değiştirmenin önlenmesi için gelişmiş görüntü kılavuzluğunda radyoterapi (IGRT) yöntemleriyle altı serbestlik derecesi (6-DoF) masa düzeltilmesi kullanılsa bile, hedef doğruluğu belirsizliklerini hesaba katmak için ITV'ye belirli bir marj eklenerek planlama hedef hacmin (PTV) oluşturulması gerektiği çeşitli çalışmalarda vurgulanmıştır [3]. Radyasyon Tedavisi Onkoloji Grubu Protokolü 0617'de PTV marjı, 4D-CT simülasyon, günlük IGRT gibi hareket yönetimi teknikleri kullanılsa bile ITV'nin tüm yönlerden çevresine en az 5 mm marj eklenerek PTV oluşturulması önerilmiştir [4-9]. Ancak tedavi uygulanmadan önce gelişmiş IGRT yöntemleriyle 6-DoF masa düzeltilmesinin kullanılması, tümör hedeflemesinin geometrik doğruluğunun artırılabilirliği literatürde çeşitli çalışmalarda gösterilmiştir [8-10]. Çalışmada akciğer radyoterapisinde, gelişmiş IGRT yöntemi olan tedavi öncesi dört boyutlu konik ışın bilgisayarlı tomografi 4D-CBCT görüntüleri üzerinde 6-DoF masa düzeltilmesinin, ITV'ye her yönden 5 mm marj verilerek oluşturulan PTV marjının geometrik doğruluğunun yeterliliği tüm fraksiyonlar sonunda alınan 4D-CBCT görüntüleri kullanılarak araştırılmıştır.

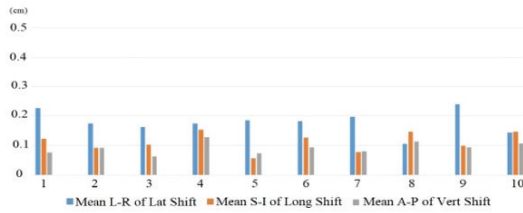
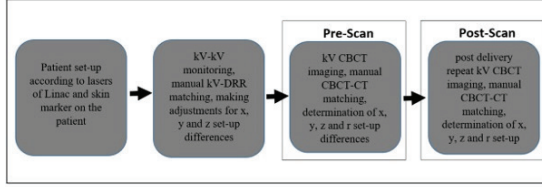
Yöntemler: Elekta Versa Linak 6 Mv ışın ile 4 yarım koplanar arklara sahip VMAT tekniğiyle 2 Gy günden 30 fraksiyonda 60 Gy doz şeması ile tedavi edilen 10 hasta çalışmaya dahil edildi. Tüm hastalara akciğer tedavi hazırlığı için vakumlu masa üzerinde 4D-CT ile simülasyon yapıldı. Hastalara özgü nefes hareketi döngüleriyle maksimum yoğunluklu projeksiyon (MIP) ve 10 fazlı görüntü yapılandırılmaları üstünde brüt veya klinik hedef hacimlerin tüm hareketi boyunca genişletilerek ITV oluşturuldu. PTV'yi oluşturmak için ITV'ye her yönden 5 mm'lik emniyet marjı eklendi. 10 hastanın 30 fraksiyonunda tedavi öncesi 4D-CBCT kullanılarak 6-DoF masa düzeltilmesi içeren görüntüler ile tedavi sonrası alınan toplamda 600 görüntü çalışmada değerlendirildi. Tüm görüntülerde lateral, longitudinal and vertikal eksenleriyle birlikte masa rotasyon eksenleri olan pitch, roll and yaw için PTV geometrik farkları hesaplandı.

Bulgular: Lateral, longitudinal and vertical değerlerinin ortalaması sırasıyla 0.18cm, 0.11cm ve 0.09cm'dir. Ortalama ($\pm$ SD) interfraksiyon rotasyonları sırasıyla pitch = $0.50^\circ \pm 0.13^\circ$, roll = $0.48^\circ \pm 0.13^\circ$, and yaw = $-0.43^\circ \pm 0.17^\circ$ bulundu. Elde edilen görüntülerde otomatik ve manuel eşleştirme kullanılarak ortaya çıkan PTV geometrik hatası için gereken marjın, ITV'ye her yönden ortalama 2.8 mm olarak hesaplandı.



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



Sonuçlar: Akciğer radyoterapi tedavi fraksiyonu öncesinde, 4D-CBCT görüntüleri üstünde 6-DoF masa ile doğrulamanın PTV konumlandırma hatalarını azalttığı sonucuna varıldı. PTV oluşturmak için ITV'ye her yönden 5 mm marj eklenmesinin yeterli olduğu ve marjların azaltılabileceği gösterildi.

Anahtar Kelimeler: Akciğer radyoterapisi; Altı serbestlik dereceli masa düzeltmesi; Dört boyutlu CBCT; PTV marjı, VMAT.

Kaynaklar

1. Chavaudra J, Bridier A. [Definition of volumes in external radiotherapy: ICRU reports 50 and 62]. Cancer Radiother 2001; 5: 472-478.
2. Wolthaus JW, Sonke JJ, van Herk M et al. Comparison of different strategies to use four-dimensional computed tomography in treatment planning for lung cancer patients. Int J Radiat Oncol Biol Phys 2008; 70: 1229-1238.
3. Brandner ED, Chetty IJ, Giaddui TG et al. Motion management strategies and technical issues associated with stereotactic body radiotherapy of thoracic and upper abdominal tumors: A review from NRG oncology. Med Phys 2017; 44: 2595-2612.
4. Molitoris JK, Diwanji T, Snider III JW et al. Advances in the use of motion management and image guidance in radiation therapy treatment for lung cancer. Journal of Thoracic Disease 2018; S2437-S2450.
5. Yegya-Raman N, Reyhan M, Kim S et al. Association of Target Volume Margins With Locoregional Control and Acute Toxicities for Non-small cell lung cancer Treated With Concurrent Chemoradiation Therapy. Pract Radiat Oncol 2019; 9: e74-e82.
6. Li Y, Ma J-I, Chen X et al. 4DCT and CBCT based PTV margin in Stereotactic Body Radiotherapy(SBRT) of non-small cell lung tumor adhered to chest wall or diaphragm. Radiation Oncology 2016; 11: 152.
7. Liang Z, Yang J, Liu H et al. Real-time tumor motion monitoring and PTV margin determination in lung SBRT treatment. Acta Oncologica 2019; 58: 1786-1789.
8. Liang J, Li M, Zhang T et al. The effect of image-guided radiation therapy on the margin between the clinical target volume and planning target volume in lung cancer. J Med Radiat Sci 2014; 61: 30-37.
9. Fu C, Ma C, Shang D et al. Geometric accuracy evaluation of a six-degree-of-freedom (6-DoF) couch with cone beam computed tomography (CBCT) using a phantom and correlation study of the position errors in pelvic tumor radiotherapy. Translational Cancer Research 2020; 9: 6005-6012.
10. Wang L, Feigenberg S, Fan J et al. Target repositioning accuracy and PTV margin verification using three-dimensional cone-beam computed tomography (CBCT) in stereotactic body radiotherapy (SBRT) of lung cancers. J Appl Clin Med Phys 2012; 13: 3708.

TM.10 - Meme Kanseri Radyoterapisinde “Dual Arc” ve “Çoklu Alan” IMRT Tekniklerinin Karşılaştırılması

Sanaz Hendi, Ayfer Haydaroglu, Aşkın Aydemir, Serdar Sanduvaç

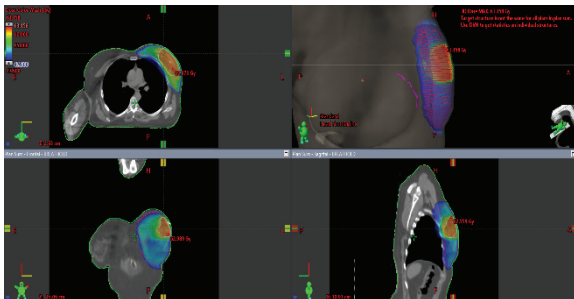
Onkomer Özel Onkoloji Tıp Merkezi, İzmir

Günümüzün en yaygın hastalıklarından birisi olan kanser, etkisi gittikçe artan ve toplum sağlığını ciddi anlamda etkileyen en önemli sağlık sorunlarından biridir. Son yıllarda, kansere karşı etkili olabilecek tedavi yöntemlerinin geliştirilmesi alanında önemli çalışmalar yapılmış; mevcut tedavi yöntemlerinde ise oldukça ilerlemeler yakalanmış ve başarılı sonuçlar elde edilmeye başlanmıştır. Mevcut klinik yaklaşımda belirli kanser türlerinde tedavi edici etkinliği yüksek yöntemlerin başında ise Işın Tedavisi (Radyoterapi) gelmektedir. Özellikle meme kanseri tedavisinde en etkili ve en çok tercih edilen yöntemdir.

Anahtar Kelimeler: Meme Kanseri, Radyoterapi, Dual Arc Tekniği, Çoklu Alan Tekniği

Giriş: Meme kanseri tedavisinde en etkili yöntemlerin başında Radyoterapi gelmektedir. Tüm meme ışınlamasının ardından genellikle Boost olarak bilinen tümör yatağı odaklı ek tedavi uygulanır. Boost ışınlamaları için çeşitli planlama yöntemleri kullanılır. Sol meme yerleşimli tümörlerde yüksek dozlara çıkıldığı zaman kalp ve LAD (Left anterior descending) dozları hastanın sağlıklı bir yaşam sürdürmesi açısından önem taşımaktadır. LAD dozları belirlenen sınırların üzerine çıktığında miyokard enfarktüs riskini arttırmaktadır. RTOG, DEGRO ve QUANTEC’in önerdiği doz sınırlamalarına göre LAD dozları $D_{max} \leq 30 \text{ Gy}$, $V_{30} < \%2$, $V_{40} < \%1$, $D_{mean} \leq 5 \text{ Gy}$ ve kalp dozları $V_5 < \%50$, $V_{15} < \%30$, $V_{25} < \%5$, $D_{mean} \leq 5 \text{ Gy}$ olmalıdır [1].

Materyal ve Metot: Bu çalışmada 6 hasta örnek olarak seçilmiştir. Her hasta için CT simülöründe normal solunum ve solunum kontrollü iki CT çekilmiştir. Bu hastalarda memenin tamamına 50Gy tedavi uygulandıktan sonra tümör yatağı odaklı 10Gy ek tedavi uygulanmıştır (Şekil 1.a). Planlama için “Dual Arc” ve “Çoklu Alan” IMRT teknikleri, hem Normal Solunum hem de Solunum Kontrollü (Breathhold) görüntüler üzerinde uygulanmıştır [2,3]. “Dual arc” (kelebek) yönteminde ışın sahası kalp ve LAD’yi görmeyecek şekilde ayarlanmıştır (Şekil 1.b). Çoklu alan IMRT yönteminde boost planlamalarında kullanılan klasik IMRT açılarında “step and shoot” yöntemi kullanılmıştır. Planlamalar için AAA algoritma tabanlı Eclipse 16.0 versiyon planlama sistemi ve Tedavi cihazı olarak TrueBeam STX cihazı kullanılmıştır. Örnek hastalarda elde edilen sonuçlara göre kalp ve LAD dozları, homojenite indeks (HI) ve konformite indeksleri (CI) her hasta için ayrı ayrı hesaplanmış, ortalama değerleri alınmıştır [4]. Elde edilen sonuçlar Tablo 1 ve Tablo 2’de verilmiştir.



(a)



(b)

Şekil 1. (a) tüm memeye 50 Gy radyasyon verildikten sonra üzerine 10 Gy ek tedavi uygulandığını gösteren tedavi planlama görüntüsü; (b) LAD ve kalbi görmeyecek şekilde ayarlanan ışın sahaları

Bulgular: Sol meme hastası Altı olguya tüm meme tedavileri solunum kontrollü ve normal solunum 50 Gy doz



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



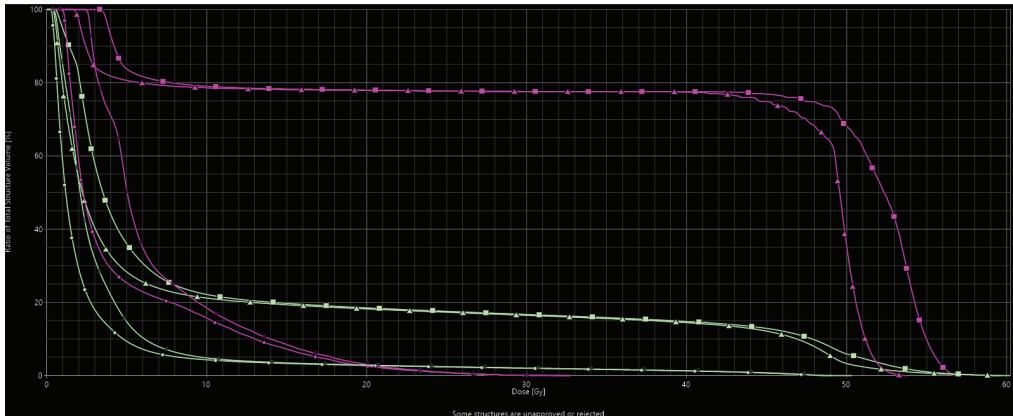
alacak şekilde tedavi planlanmıştır. İlave doz olarak 10 Gy doz 2 ayrı teknikle hesaplama yapıp 50 ve 60 Gy lerde kritik organ dozları karşılaştırılmıştır. Ark ve IMRT ilave doz tekniklerinde homojenite indeks, konformite indeks, kalbin V_5 , V_{15} , V_{25} , D ortalama dozları ve LAD'nin D maksimum, D ortalama V_{30} ve V_{40} dozları solunum kontrollü yöntem için Tablo1'de, normal solunum için Tablo2'de görülmektedir. Kalp ve LAD'lerin DVH' leri, 2 farklı teknik ve iki farklı CT çekimi için ek dozların doz dağılımlarının karşılaştırması ise Şekil 2'de görülmektedir.

Tablo 1. Solunum kontrollü görüntüler üzerinde yapılan planlardan elde edilen Kalp ve LAD dozları, homojenite ve konformite indeksleri

SOLUNUM KONTROLLÜ ORTALAMA DEĞERLER									
KRİTİK DEĞERLER		TEKNİK 1: DUAL ARC				TEKNİK 2: IMRT			
		50	50-60	HI	CI	50	50-60	HI	CI
KALP	V5 (%)	6.47	8.26	1.07	0.87	6.47	15.25	1.05	0.87
	V15 (%)	2.70	2.72			2.70	2.97		
	V25 (%)	1.71	1.77			1.71	1.88		
	Dmean (Gy)	2.50	2.46			2.50	3.66		
LAD	Dmax (Gy)	23.09	23.50			23.09	25.08		
	Dmean (Gy)	5.14	6.72			5.14	9.03		
	V30 (%)	0.04	0.09			0.04	2.29		
	V40 (%)	0	0.00			0	0.81		

Tablo 2. Normal solunum görüntüler üzerinde yapılan planlardan elde edilen Kalp ve LAD dozları, homojenite ve konformite indeksleri

NORMAL SOLUNUM ORTALAMA DEĞERLER									
KRİTİK DEĞERLER		TEKNİK 1: DUAL ARC				TEKNİK 2: IMRT			
		50	50-60	HI	CI	50	50-60	HI	CI
KALP	V5 (%)	14.28	16.07	1.06	0.89	14.28	22.31	1.06	0.87
	V15 (%)	9.45	9.66			9.45	9.93		
	V25 (%)	8.26	8.38			8.26	8.00		
	Dmean (Gy)	5.38	5.77			5.38	46.21		
LAD	Dmax (Gy)	44.56	50.12			44.56	52.84		
	Dmean (Gy)	22.99	23.66			22.99	24.25		
	V30 (%)	41.061667	41.06			41.061667	41.88		
	V40 (%)	38.35667	38.15			38.35667	37.54		





18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



Şekil 2. Normal solunum ve solunum kontrollü CT'ler Üzerine Dual arc ve IMRT yöntemleri kullanılarak yapılan ek doz planlamalarının kalp ve LAD DVH karşılaştırması

Tartışma ve Sonuç: Sol meme radyoterapisinde kalp ve LAD seviyesine yakın yerleşimli tümörler için uygulanan ek tedavi, solunum kontrollü CT üzerine planlandığında kalp ve LAD dozlarının normal solunuma göre önemli derecede düşük çıktığı gözlemlenmektedir. Kullanılan iki planlama tekniği karşılaştırıldığında dual arc tekniğinde kalp ve LAD dozları IMRT tekniğine göre daha düşük ve homojenite ve konformite indeksleri birbirine çok yakındır. Bu nedenle iki teknik arasında dual arc tekniğinin daha avantajlı olduğunu gözlemlemekteyiz.

Referanslar

1. Marc D Piroth et al: Strahlenther Onkol. 2019 Jan;195(1):1-12. doi: 10.1007/s00066-018-1378-z.
2. Allen AM. et al: Radiat Oncol. 2020 Mar 6;15(1):59. doi: 10.1186/s13014-020-01505-7.
3. Schönecker S. et al: Strahlenther Onkol. 2016 Nov;192(11):750-758. doi: 10.1007/s00066-016-1039-z. Epub 2016 Sep 8.
4. Liu ZM et al: Asian Pac J Cancer Prev. 2015;16(8):3257-65. doi: 10.7314/apjcp.2015.16.8.3257.

TM.11 - MLC Liflerinin Fiziksel Buhar Biriktirme Yöntemiyle Kaplanması

Yeliz Yalcın¹, R. Seda Tıgılı Aydın^{1,2}

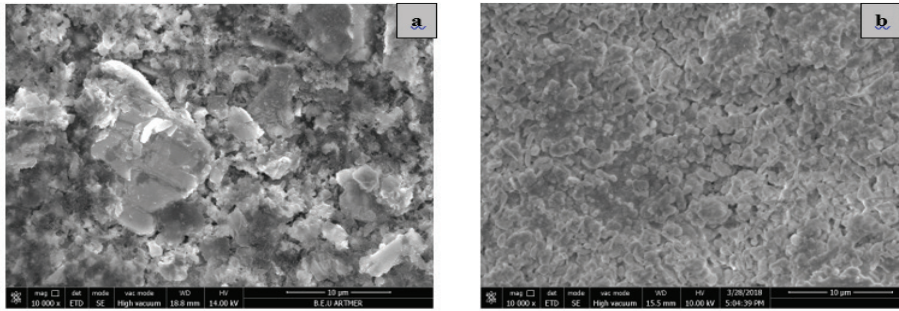
¹ Bülent Ecevit Üniversitesi, Nanoteknoloji Mühendisliği, Zonguldak, Türkiye.

² Bülent Ecevit Üniversitesi, Biyomedikal Mühendisliği, Zonguldak, Türkiye.

Amaç: Çalışmamızda, MLC'lerin fiziksel buhar biriktirme (PVD) metotlarından direnç ile buharlaştırma yöntemi kullanılarak kurşun ile nanoboyutta kaplanması ile radyasyon geçirgenliği ve kalınlığının azaltılması amaçlanmıştır.

Yöntem: 0.5 cm kalınlıkta Varian Marka Lineer Hızlandırıcı cihazına ait MLC lifleri su jeti vasıtası ile 2cmx2cm boyutlarında kesilmiştir. MLC'ler çalışmada kullanılmadan önce ultrasonik banyo ile sterilize edilmiştir. Sonrasında Polaron marka E6300 Vacuum Evaporator cihazı kullanılarak PVD yöntemlerinden direnç ile buharlaştırarak MLC'ler saf kurşun ile kaplanmıştır. Kaplama işlemi farklı süre, kaplama malzemesi ağırlığı ve akım değerleri kullanılarak en uygun kaplama değerleri saptanmaya çalışılmıştır (Mattox, 2010). Kaplama işlemi tamamlanan MLC liflerinin yüzey özelliklerinin tayini için SEM analizleri ve radyasyon geçirgenlik testleri uygulanmıştır.

Bulgular: Kaplamanın kalitesinin kullanılan akım ve uygulanan süre ile değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Akım arttıkça kaplamanın parlaklığında ve homojenliğinde bozulmalar meydana gelmiştir. MLC liflerinin kaplama boyutları karşılaştırıldığında ortalama olarak 300-400 nm seviyelerinde çıkmıştır. Bu nanometre boyutları bize kaplamanın oldukça iyi ve homojen olduğunu göstermektedir (Glasbrenner & Gröschel, 2006) (Şekil 1). Kaplamasız MLC ile kaplanan MLC'ler karşılaştırıldığında radyasyon geçirgenliğinde azalma meydana geldiği gözlemlenmiştir. Seçilen numunelerden, düşük akımda 45 saniyede kaplanan MLC liflerinin radyasyon geçirgenliğini daha fazla azalttığı tespit edilmiştir (Ahmed et al., 2021).



Şekil 1: Düşük akımda kaplama öncesi ve 25 sn kaplama sonrası SEM görüntüsü

Sonuç: PVD yöntemi ile MLC lifleri nanoboyutta homojen olarak başarılı şekilde kaplanarak yüzey özellikleri artırılmış olup, radyasyon geçirgenliği azaltılmıştır.

Anahtar Kelimeler: MLC; Nano kaplama; PVD.

Referanslar

1. Ahmed, S. M., Mohammed, R. Y., Abdulrahman, A. F., Ahmed, F. K., & Hamad, S. M. (2021). Synthesis and characterization of lead oxide nanostructures for radiation attenuation application. *Materials Science in Semiconductor Processing*. 130: 105830.
2. Glasbrenner, H., Gröschel, F. (2006). Exposure of pre-stressed T91 coated with TiN, CrN and DLC to Pb-55.5 Bi. *Journal of nuclear materials*, 356(1-3): 213-221.
3. Mattox, D. M. (2010). *Handbook of physical vapor deposition (PVD) processing*: William Andrew.



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



TM.12 - Görüntü Rehberliğinde Radyoterapi Sistemlerinin Görüntüleme Bileşenlerinin Kalite Temini

Esin Gündem

Gülhane Eğitim Araştırma Hastanesi Radyasyon Onkolojisi AD. ANKARA

Giriş: Tedavi sırasında hasta anatomisinde ve pozisyonunda kesin olmayan bilgi, Radyoterapi (RT)’deki belirsizliğin temel kaynağıdır. Bu belirsizlikler “sistemik hata” ve “random hata” olarak kabul edilir. “Sistemik Hata”, tedavi planlamasının daha önceden alınmış bir görüntüdeki hedef ve kritik organların pozisyonuna göre yapılmasından ve bu pozisyonun tedavi sırasında değişmesinden kaynaklanır. “Random Hata” ise iç organ hareketlerinden dolayı hedef pozisyonundan günden güne sapmalar ve fraksiyone tedavilerde tekrarlanan set-up hatalarından kaynaklanır. Görüntü Rehberliğinde Radyoterapi (Image Guided Tadiotherapy- IGRT) sistemlerinin klinik kullanımı ile sistemik hatalar minimuma indirilerek random hata da azaltılmıştır. X-ışınının RT’de kullanılmaya başladığı ilk günden beri kullanılan Görüntü Rehberliği, tümör ve normal dokunun “gerçek zamanlı” veya “gerçek zamana yakın” görüntülenmesi olarak tanımlanmış, fonksiyonel ve biyolojik görüntüleme ile hedef hacmin ve alt hacimlerin lokalizasyonunun kesin olarak belirlenmesine olan ihtiyaç için ortaya çıkmıştır. IGRT Sistemleri, hasta set-up’ında görüntülemenin kullanıldığı eski tekniklerden farklı olarak, set-up’daki sapmaları doğru şekilde hesaplamak ve düzeltmek için planlamadan gelen referans görüntüler ile tedavi sırasında veya hemen öncesinde görüntüleme sistemi ile elde edilmiş verilerin doğru olarak eşleştirmesini yapabilen özel bilgisayar donanımlarını kullanırlar (Verellen 2007, ACR Guideline 2009). Genel olarak IGRT, farklı sistemlerin kompleks ilişkilerini kapsayan tümleşik bir sistemdir (Verellen 2008, ACR Guideline 2019, Khan F.M. 2010).

Gelişmiş görüntüleme yöntemleri ile tümör hacmi fonksiyonel ve biyolojik tanımlanırken, Yoğunluk Ayarlı Radyoterapi-YART (Intensity Modulated Radiotherapy-IMRT), Stereotaktik Radyocerrahi (SRS) ve Stereotaktik Body Radyoterapi (SBRT) gibi tedavi tekniklerinin gelişmesiyle de homojen doz dağılımları elde etmek mümkün olmuştur. Bununla birlikte tümör hacmine çok iyi uyum sağlayan doz dağılımına sahip YART, SRS ve SBRT gibi tedavi modaliteleri görüntü rehberliğinde yapılmazsa kullanışsızdırlar (Verellen 2007). IGRT sistemleri, yeni tedavi tekniklerinin olası klinik faydalarını kullanabilmek için gereklidir. Görüntü Rehberliğinde Radyoterapi hedef tümörü daha iyi tanımlamak için gelişmiş görüntüleme teknolojilerini tedavi set-up’ında ve tedavi boyunca hedef hacmin doğru lokalizasyonu için kullanır ve belirsizlikleri azaltmak, sonuç olarak tamamen ihmal etmek için anahtar görevi görür (Xing vd.2006). Tedavi hedefi ve bu hedefi çevreleyen normal dokunun, şeklinde, hacminde, pozisyonundaki değişiklikler, solunum sırasındaki organ hareketi, kilo kaybı sonucunda immobilizasyon sistemlerinin yeteneklerini kaybetmeleri ve RT’ye bağlı tümörde küçülme gibi nedenlerden dolayı IGRT Sistemlerinin kullanımı önemli olmuştur (Gündem, E. 2011)

Görüntü Rehberliği Teknolojisi

Görüntü Rehberliğindeki Radyoterapi Sistemleri, görüntüleme teknolojileri ve RT sistemlerine entegrasyonuna göre çeşitli tasarımlarda üretilmişlerdir. Gantriye monte sistemlerden Lineer Hızlandırıcı Gantrisine monte görüntüleme bileşenleri en yaygın IGRT sistemleridir (Elekta Synergy, Versa HD; Varian TrueBeam). Bu sistemlerde, mevcut Lineer Hızlandırıcıların gantrisine monte edilmiş;

- (a) Elektronik Portal Görüntüleme Cihazı (EPID)-
(Gantri ve karşısına yerleştirilmiş Flat –Panel Dedektör)

- (b) Cone-Beam Computed Tomography (CBCT)
(Konvansiyonel X-ışını tüpü ve karşısına yerleştirilmiş Flat –Panel Dedektör)

olmak üzere iki tür görüntüleme sistemi ile donatılmıştır (Khan 2010).

Spiral (Helikal) Tomoterapi cihazı, Lineer Hızlandırıcı ve Spiral BT tarayıcının özelliklerini birleştiren YART



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



tedavisi uygulanabilen Gantriye Monte IGRT sistemidir. Helikal Tomoterapi aynı tedavi geometrisinde hem YART hem de IGRT yapabilen bir cihazdır ve tedavide kullanılan megavoltaj X-ışını ile elde edilen görüntülerin yeniden yapılandırılmasıyla hacimsel görüntüleme yapabildiği için MV-CBCT olarak isimlendirilir.

Gantriye Monte Sistemlere alternatif olarak geliştirilmiş Odaya Monte Görüntüleme Sistemlerinde, en az iki X-ışını tüpü ve görüntüleme detektöründen oluşan görüntüleme bileşeni tavana veya yere monte edilir. Sabit kV X-ışını Tüp Detektörüne sahip BrainLAB Novalis IGRT sistemi Streotaktik Radyocerrahi ya da Streotaktik RT yapabilen sistemlerdir. Bu sistem yere yerleştirilmiş iki X-ışını tüpü ve bunların tam karşısına tavana monte edilmiş a-Si detektörlerden oluşmaktadır. Sistem X-ışını tüpünün ve Lineer Hızlandırıcının eşmerkezi çakışık olacak şekilde yerleştirilmiştir.

Odaya monte IGRT sistemi olan CyberKnife kranial ve ekstrakranial lezyonların tedavisi için görüntü rehberliğinde çerçevesiz stereotaktik radyocerrahi sistemidir. Cyberknife'in görüntüleme sistemi, tavana ortogonal monte edilmiş (90° ofset) iki diagnostik X-ışını tüpü ve tüplerin tam karşısına yerleştirilmiş iki a-Si flat panel detektörden meydana gelmiştir. Sistem tedavi boyunca hedefi takip ederek hasta set-up'ında çoklu görüntüleri toplayabilme ve işleme yeteneğine sahiptir.

Odaya monte diğer bir IGRT sistemi In-room Bilgisayarlı Tomografi Tarayıcısıdır ve lineer hızlandırıcının tedavi masasını ortak kullanan bir konvansiyonel BT tarayıcısıdır. Inroom BT tarayıcının avantajı, tedavi koordinatlarında hasta anatomisinin yüksek çözünürlüklü 3-B hacimsel bilgilerin elde edilmesidir (Khan 2010).

Odaya monte en yeni IGRT sistemi Manyetik Rezonans Görüntü Rehberliğinde Radyoterapi yapabilen bir sistemdir (Elekta Unity). Tedaviyi veren sistemle gerçek zamanlı takip yapabilen Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRI) sistemini entegrasyonu ile özel olarak IMRT için tasarlanmıştır. Sistem özellikle MRG rehberliğinde gerçek zamanlı görüntüleme yapmak için tasarlanmıştır. MRI üstün yumuşak doku kontrastı sağladığı ve görüntüleme için iyonlaştırıcı radyasyon içermediğinden dolayı, bu teknoloji ideal yumuşak doku hedeflerinin gerçek zamanlı hacimsel takip için uygundur.

IGRT Sistemlerinde Görüntüleme Bileşenlerinin Kalite Temini

Günümüzde hastanın anatomisinin ve pozisyonunun doğrulanması RT'nin vazgeçilmez bir parçasıdır. Görüntüleme Bileşenlerinin Kalite Temininin (KT) değerlendirilmesi, IGRT sistemleri için rutin kalite kontrol protokollerinin önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Genel olarak KT prosedürleri, cihazın ve görüntüleme sistemlerinin yazılım ve donanım olarak fonksiyonelliğinin güvenilirliğini ve tekrarlanabilirliği sağlayacak şekilde düzenlenmelidir. KT prosedürleri, belirli kabul edilebilirlik kriterleri ve tolerans düzeyleri ile doğrulanmalı, özel araçlar ve fantomlar kullanarak belirtilen parametrelerin periyodik ölçümlerini içermelidir. Her klinik, kullandığı cihazlarını iyi tanımalı, cihazın kullanım özelliklerine ve protokollere göre günlük, aylık ve yıllık görüntüleme Bileşenleri için KT prosedürleri tanımlayıp periyodik uygulamalıdır.

Görüntüleme sistemleri, modern radyasyon tedavisi tekniklerinde 3 boyutlu hasta anatomisini ve hassas hedef lokalizasyonunu belirlemek için kullanılmaktadır. Bu sistemler hastanın güvenliğinin yüksek olması ve tedavinin doğruluğu açısından büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle görüntüleme sisteminin kalitesi düzenli ve rutin olarak kontrol edilmeli ve kliniklerde kapsamlı kalite protokolleri uygulanmalıdır (Gündem, E. 2011; Gündem ve ark. 2016).

Sıklığı	KT Testleri
Günlük	Görüntüleme ve Tedavi Eşmerkezinin Çakışıklığının Doğrulanması
	Güvenlik Kontrolleri
	Dozimetrik Kontrolleri
	Konumlandırma ve Konumlandırma Hassasiyeti Testleri



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



Aylık	Günlük Testler
	Görüntü Kalite Faktörlerinin Testleri (Gürültü, Çözünürlük ve Kontrast gibi)
	Tutarlılık
	Ölçekleme
Yıllık	Mekanik Testler
	Dozimetrik Doğruluk
	Görüntüleme Dozu
	kV Işın Enerjilerinin Ölçülmesi
	Tüp Akımının Ölçülmesi

Görüntüleme sisteminin görüntü kalitesi, demet enerjisi, doz hızı ve görüntü kalibrasyon faktörleri gibi birçok faktöre bağlıdır. Bu nedenle bu parametrelerin her biri için kontrol edilmelidir. Diğer önemli bir parametre de görüntüleme dozudur. İyonlaştırıcı radyasyonun tüm tıbbi kullanımlarında olduğu gibi, IGRT sistemleri için de maruziyet dozunun dikkatle yönetilmesi gerekir. Görüntü rehberliğinde RT ve Radyocerrahi de görüntüleme dozu seviyesi kontrol altında tutulmalıdır.

Kaynaklar

1. American Association of Physicists in Medicine Report No. 24. Radiotherapy Portal Imaging Quality. 1987.
2. American Association of Physicists in Medicine Task Group 58. Clinical use of electronic portal imaging. Medical Physics. 2001;28(5); 712-734.
3. American Association of Physicists in Medicine Task Group 135. Quality Assurance for Robotic Radiosurgery. Medical Physics, 2011, Vol. 38, No. 6.
4. American Association of Physicists in Medicine Task Group 66. Quality assurance for computed-tomography simulators and the computedtomography-simulation process. Med. Phys. 2003, 30 (10).
5. American Association of Physicists in Medicine Task Group 142. Quality assurance of medical accelerators. Medical Physics. 2009,36(9); 4197-4212.
6. American Association of Physicists in Medicine Task Group 148. QA for helical tomotherapy. Med. Phys. 2010, 37 (9).
7. American Association of Physicists in Medicine Task Group 179. Quality assurance for image-guided radiation therapy utilizing CT-based Technologies. Med. Phys. 2012, 39 (4). American Association of Physicists in Medicine Task Group 75. The Management of Imaging Dose During Image-Guided Radiotherapy. Med. Phys. 2007, 34 (10).
8. Gündem, E., "Utilization Of Image Guided Radiation Therapy (IGRT) Systems In Patient Treatment And Quality Assurance" Master Thesis Ankara University Graduate Sch. of Nuclear Sci. Dept. of Med. Phys. 2011.
9. Gündem, E., Dirican, B., "Determination Of Quality Control Parameters for Electronic Portal Imaging Device with EPID QC Phantom". BPL, 2016, 24, 241008, pp. 69 – 77,
10. Khan, F.M. The Physics of Radiation Therapy, Fourth Edition 2010.
11. Kim et al. Clinical commissioning and use of the Novalis Tx linear accelerator for SRS and SBRT. Journal of Applied Clinical Medical Physics, 2012, volume 13, number 3.
12. Swiss Society of Radiobiology and Medical Physics Member of EFOMP and IOMPSBN. Quality control of medical electron accelerators. Recommendations No. 11. 2003.
13. Swiss Society of Radiobiology and Medical Physics Member of EFOMP and OMPSBN. Quality assurance of gantri-mounted image guided radiotherapy systems. Recommendations No. 16. 2010.
14. The American College of Radiology Guideline. Practice Guideline for Image Guided Radiotherapy (IGRT). 2019.
15. Xing, L., Thorndyke, B., Schreibmann, E., Yang, Y., Li, T., Kim, G., LUXTON, G., and Koong, A. Overview of Image-Guided Radiation Therapy. Med. Dosi. 2006, 31(2), 91-112.
16. Verellen, D.. Radiotherapy & Imaging. European Oncological Disease. 2007.



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



TM.13 - Doz Hesaplamalarında Yapay Sinir Ağlarının Kullanımı

Yağız Yedekçi

Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı Ankara/Türkiye

Radyoterapide hastaya verilecek radyasyon dozunun doğru ve hızlı hesaplanması en temel konulardan biridir. Gelişen bilgisayar teknolojisi ile birlikte farklı yapıda birçok algoritma yüksek doğrulukta ve hızlı doz hesaplanması için tasarlanmıştır. Son yıllarda birçok alanda hayatımıza giren yapay zekâ uygulamaları, mevcut algoritmalara alternatif olarak dozun hızlı ve doğru bir şekilde hesaplanmasına yönelik araştırmalar ile radyoterapi alanında da yer almaktadır. Bu çalışma radyoterapide doz hesaplamalarında yapay sinir ağlarının kullanımına yönelik yapılan çalışmaları inceleyen ve güncel durumunu anlatan bir çalışmadır.

Giriş ve Amaç: Yapay sinir ağları biyolojik sinir sisteminin matematiksel olarak modellenmesidir(1). Bu sayede bilgisayarlara insan beyninin bir özelliği olan bilgi öğrenme, bilgiyi depolama ve genelleme yapma özelliği kazandırılmaktadır. Son yıllarda oldukça hızlı bir gelişme gösteren yapay zeka çalışmaları radyoterapi alanında da önemli gelişmeler katetmiştir. En önemli uygulama alanlarından birisi doz hesaplama sistemlerinde yapay sinir ağlarının kullanımınıdır. Radyasyon dozunun doğru ve hızlı hesaplanması bilgisayarlı hesaplama yöntemlerinin en temel ve birbirleriyle bağlantılı iki konusudur. Genellikle doz hesaplama algoritmalarının hızı arttıkça, doğrulukları azalmaktadır (2). Radyoterapide doz hesaplama konusunda altın standart olarak kabul edilen Monte Carlo metodunun klinik kullanımda henüz yaygınlaşamamasının en önemli nedeni sağladığı yüksek doğruluğun beraberinde gelen yavaşlıktır. Yapay sinir ağlarının doz hesaplamasında kullanımına yönelik ilk çalışma Xingen Wu ve ark.(3) tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu sinir ağı geri yayılım öğrenme algoritması ile oluşturulmuştur. Çalışmalarında 9 farklı alan boyutuna ait 16 farklı derinliğin doz değeri ile tasarladıkları sinir ağı eğitilmiştir. Eğitilen sinir ağı çıktı olarak yüzde derin doz ve TAR(*Tissue-Air-Ratio*) değerlerini verebilmektedir. Ölçülen doz değeri ile sinir ağının oluşturduğu doz değerleri karşılaştırıldığında hatanın %0.5'in altında olduğu gözlenmiştir. 2005 yılında Mathieu ve ark.(4) yaptığı çalışmada gradyan geri yayılım metodu ile oluşturdukları sinir ağına NeuRad ismini vermiştir. NeuRad Monte Carlo verileri ile eğitildikten sonra homojen bir su ortamında 10 cm x 10 cm bir alan için 3 boyutlu doz dağılımını 12261 farklı noktayı birleştirerek 23 saniye gibi kısa bir süre yüksek doğruluk ile oluşturabilmiştir. Aynı grup bir sonraki çalışmasında su dışındaki homojen bir ortamda ve su ile titanyumdan oluşan heterojen bir ortamda doz hesabına yönelik araştırma yapmıştır(5). Bu çalışmada NeuRad beş farklı ortamdaki(polietilen, su, polistiren, naylon ve PMMA) doz dağılımları ile eğitilmiştir. Eğitim girdileri kartezyen koordinat sisteminde voksel pozisyonları ve yoğunluk bilgileri idi. Daha sonra yukarıda bahsedilen iki farklı ortam için doz dağılımı NeuRad tarafından oluşturulmuştur. Araştırmacılar NeuRad'ın heterojen ortamlar için Monte Carlo ile uyumlu sonuçlar ürettiğini göstermiştir. Aynı grup daha sonra alan dışı dozların üretiminde yapay sinir ağlarının önemli ölçüde hatalara neden olduğunu fark etmişlerdir. Bu sebeple sinir ağlarını paralel olarak alan içi ve alan dışı dozlar ile eğitmişlerdir. Yakın zamanda James ve ark. tarafından yapılan çalışmada ise heterojen 3 boyutlu hacimler için eğitilen yapay sinir ağlarının performansı değerlendirilmiştir(6). Bu algoritma Monte Carlo tarafından elde edilen voksel konumları, akı, yoğunluk ve kümülatif yoğunluk bilgileri ile eğitilmiştir. Araştırmanın sonucunda hava, akciğer dokusu, yumuşak dokular, kemik ve metal implantlardan oluşan 3 boyutlu sentetik hacim için doz hesabının Monte Carlo ile karşılaştırıldığında %2'den daha az bir hata ile yapay sinir ağları ile yapılabildiği gösterilmiştir. Çok yapraklı kolimatörler, çok yapraklı kolimatörlerin hareketli olması durumu (yoğunluk ayarlı radyoterapi) ve çok yapraklı kolimatörlerle birlikte gantrinin de hareketli olduğu durumlar (volumetrik ark tedavisi) şimdiye dek yapılan çalışmalarda yapay sinir ağlarında hesaba katılmamıştır. Yapay sinir ağları ile doz hesaplanması şu an için modern radyoterapiden oldukça uzaktır ve yavaş ilerlemektedir. Son yıllarda yapay sinir ağları ile doz tahmini daha da önem kazanmıştır. Yapay sinir ağları ile doz tahmini, modern radyoterapiye çok daha kolay uyum sağlayabilmiştir. Yapay sinir ağları ile doz tahminin temeli geçmişte tedavi edilmiş benzer hastalar ile algoritmanın eğitilmesi esasına dayanmaktadır. Yapay sinir ağları ile doz tahminin hızlı ve doğru bir şekilde yapılması bu yöntemin otomatik planlamada etkili bir teknik olmasının yolunu açacaktır. Bu sayede kliniklerde deneyimli ve deneyimsiz planlayıcılar arasında planlama farklılığı azalacak, belli bir standartta üretilen planlar daha iyi hastalık kontrolü ve yan etki araştırmalarının yapılmasına olanak sağlayacaktır. Yapay sinir ağlarıyla doz tahminlerinin yapılması aslında biyomedikal görüntü segmentasyonu için geliştirilmiş U-net mimarisinin sunumundan sonra gündeme



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



gelmiştir(7). Tedavi planlama sistemlerine entegre olmuş doz tahminleri genellikle atlas tabanlıdır. Atlas tabanlı teknikler ilk makine öğrenimi tabanlı dozimetrik teknikler arasındadır. Algoritmaya eskiden tedavi edilmiş hastaların uygun bilgileri tanıtılmaktadır. Daha sonra yeni bir hastaya ait doz tahminleri elde edilmek istendiğinde, yani hastanın genellikle anatomik bilgileri veri tabanındaki diğer hasta özellikleri ile karşılaştırılmaktadır. Karşılaştırma sonrası veri tabanından yeni hastaya benzer en yakın hasta bulunmaktadır. Bu hastanın doz dağılımı deforme edilerek yeni hastaya ait doz dağılımı tahmin edilmektedir. Atlas tabanlı yöntemlere bir alternatif ise tam bağlantılı sinir ağlarının kullanımıdır. Tam bağlantılı sinir ağları ile bir hasta grubundan bir dizi hiyerarşik özellik öğrenilmektedir. Yeni bir hasta için bu öğrenilen özellikler kullanılmakta ve doz tahmini yapılabilmektedir. 2016'dan beri evrişimsel sinir ağları hacimsel bilgileri tahmin etmek için tam bağlantılı sinir ağlarına alternatif olarak kullanılmaktadır. Evrişimsel sinir ağları programatik olarak karmaşıktır, eğitilmesi zordur ve özel donanım gerektirmektedir. CNN tabanlı doz tahmin yöntemleri hala geliştirme aşamasında olmakla birlikte, endüstride hâkim olma eğilimindedir ve bu nedenle, bu yöntemlerin yakında radyoterapiye hacimsel doz tahmininde yaygınlaşması muhtemeldir. Evrişimsel sinir ağlarını kullanarak doz tahmininde bulunulan ilk çalışma Nguyen ve ark.(8) tarafından anatomik bilgiler kullanılarak prostat hastaları için yapılmıştır. Bu çalışmada U-net mimarisi kullanılarak bir hastanın PTV ve OAR konturlarından istenen radyasyon dozu dağılımının haritalaması başarılmıştır. Aynı ekip kısa bir süre sonra U-net ve DenseNet ağlarını birleştirerek HD U-net ağını tanımlayarak baş boyun kanserli hastaların doz tahmininde kullanmışlardır(9). Tanıttıkları bu ağı, U-net ve DenseNet'ten daha başarılı doz dağılımı ürettiğini raporlamışlardır. Ek olarak, önerilen model Standart U-net'ten 12 kat daha az eğitilebilir parametre kullanmıştır ve hasta dozunu DenseNet'ten 4 kat daha hızlı tahmin etmiştir. U-net ve tam bağlantılı doz tahmin ağlarına üstün bir alternatif olarak 3D tam evrişimli çok kanallı hacimsel doz tahmin algoritması (DoseNet) önerilmiştir(10). DoseNet, U-Net ile karşılaştırıldığında PTV dozları %2 oranında daha iyi tahmin edilebilmiştir.

Sonuç: Son yıllarda çeşitli yapay sinir ağları doz hesaplaması ve doz tahmini için geliştirilmiştir. Yapay sinir ağları kullanılarak doz hesaplanmasının modern radyoterapiyle arası oldukça açık iken, yapay sinir ağları ile doz tahmini modern radyoterapi tekniklerine daha kolay entegre olmuş durumdadır. Yapay sinir ağları ile doz tahminin başarısı araştırmacıların dikkatini çekmiştir ve kısa sürede birçok çalışma yapılmıştır. Henüz klinikte rutin olarak kullanılan tedavi planlama sistemlerinde bu tarz ağların kullanımı mevcut olmasa da, yakın gelecekte doz tahmini konusunda yapay sinir ağlarının klinik kullanıma girmesi öngörülmektedir.

Kaynaklar

1. Yegnanarayana B. Artificial neural networks: PHI Learning Pvt. Ltd.; 2009.
2. Momin S, Fu Y, Lei Y, Roper J, Bradley JD, Curran WJ, et al. Knowledge-based radiation treatment planning: A data-driven method survey. Journal of Applied Clinical Medical Physics. 2021;22(8):16-44.
3. Wu X, Zhu Y. A neural network regression model for relative dose computation. Physics in Medicine & Biology. 2000;45(4):913.
4. Mathieu R, Martin E, Gschwind R, Makovicka L, Contassot-Vivier S, Bahi J. Calculations of dose distributions using a neural network model. Physics in Medicine & Biology. 2005;50(5):1019.
5. Vasseur A, Makovicka L, Martin É, Sauget M, Contassot-Vivier S, Bahi J. Dose calculations using artificial neural networks: a feasibility study for photon beams. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam interactions with materials and atoms. 2008;266(7):1085-93.
6. Keal J, Santos A, Penfold S, Douglass M. Radiation dose calculation in 3D heterogeneous media using artificial neural networks. Medical Physics. 2021.
7. Ronneberger O, Fischer P, Brox T, editors. U-net: Convolutional networks for biomedical image segmentation. International Conference on Medical image computing and computer-assisted intervention; 2015: Springer.
8. Nguyen D, Long T, Jia X, Lu W, Gu X, Iqbal Z, et al. A feasibility study for predicting optimal radiation therapy dose distributions of prostate cancer patients from patient anatomy using deep learning. Scientific reports. 2019;9(1):1-10.
9. Nguyen D, Jia X, Sher D, Lin M-H, Iqbal Z, Liu H, et al. 3D radiotherapy dose prediction on head and neck cancer patients with a hierarchically densely connected U-net deep learning architecture. Physics in medicine & Biology. 2019;64(6):065020.
10. Kearney V, Chan JW, Haaf S, Descovich M, Solberg TD. DoseNet: a volumetric dose prediction algorithm using 3D fully-convolutional neural networks. Physics in Medicine & Biology. 2018;63(23):235022.



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



TM.14 - Akciğer Kanseri Tedavisinde Yoğunluk Ayarlı Radyoterapi Tekniği Kullanılarak Tedavi Planlama Sistemlerinin Farklılıklarının İncelenmesi

Aykut Oğuz Konuk¹, Ayşegül Ünal Karabey¹, Gülşah Özkan¹, Berna Tırpancı¹, Ersan Yılmaz², Melis Teke², İbrahim Halil Suyusal¹, Mehmet Sinan Karabey², Maksut Görkem Aksu¹

¹Kocaeli Üniversitesi Araştırma ve Uygulama Hastanesi, Radyasyon Onkolojisi, Kocaeli

²VM Medical Park Kocaeli Hastanesi, Radyasyon Onkolojisi, Kocaeli

Amaç: Yoğunluk ayarlı radyoterapi (IMRT) tekniği ile iki farklı tedavi planlama sistemi kullanılarak kritik organları karşılaştırmaktır.

Yöntem: Kocaeli Üniversitesi Araştırma ve Uygulama Hastanesi Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı'nda tedavi edilmiş 20 sol yerleşimli akciğer kanserli hasta retrospektif olarak belirlenmiştir. Bilgisayarlı tomografi (BT) görüntüleri üzerinden Eclipse V13.6 Tedavi Planlama Sistemi (TPS) ve Raystation V8A tedavi planlama sistemlerinde radyoterapi planları oluşturulmuştur. 7 alan (tedavi açıları 0, 40, 80, 120, 160, 200, 320 derece) IMRT tekniğiyle oluşturulmuş planlarda kritik organlar olarak total akciğer, sağ akciğer, spinal cord, kalp ve özefagus belirlenmiştir. Plan kabul kriteri hedef hacminin (PTV) %95'i tanımlanan dozun tamamını alacak şekilde kabul edilmiştir. Kritik organ dozları karşılaştırılmıştır.

Bulgular ve Sonuç: Tablo 1'de kritik organların aldığı dozlar ve plan maksimum değerleri verilmiştir. Eclipse ve Raystation TS de total akciğerin V_5 , V_{10} , V_{20} ve mean doz değerleri karşılaştırıldığında aralarındaki farklar sırasıyla %8.97, %6.13, %2.33 ve %0.76 elde edilmiştir (tablo2). Sağ akciğerin V_5 ve mean doz değerleri karşılaştırıldığında aradaki fark sırasıyla %14.4 ve %14.54 olarak elde edilmiştir.

Tedavi Planlama Sistemleri	Total Akciğer V5(%)	Total Akciğer V10(%)	Total Akciğer V20(%)	Total Akciğer Mean (cGy)	Karşı Akciğer V5(%)	Karşı Akciğer Mean(cGy)	Ms Max (cGy)	Heart Mean (cGy)	Heart V30 (%)	Özefagus Mean (cGy)	Özefagus V35(%)	Maksimum doz (cGy)
Eclipse	45.236	28.9525	19.6705	1103.01	42.8415	599.38	3360.44	933.07	9.258	1714.225	18.442	6638.94
Raystation	49.293	30.727	20.128	1111.35	49.012	686.55	2638.8	1066.262	10.559	1519.35	22.4715	6373.35

Tablo 1: Eclipse ve Raystation kritik organ dozları

Arasındaki Farklar Değerlendirildiğinde;

Arasındaki Farklılık	Total Akciğer V5	Total Akciğer V10	Total Akciğer V20	Total Akciğer Mean	Karşı Akciğer V5	Karşı Akciğer Mean	Ms Max	Heart Mean	Heart V30	Özefagus Mean	Özefagus V35	Maksimum doz
% olarak	8.97	6.13	2.33	0.76	14.4	14,54	21.47	14.27	14,05	11.37	21,85	4,00

Tablo 2: TPS ler arası kritik organ dozları karşılaştırması

Medulla spinalisin (ms) maksimum aldığı dozların karşılaştırıldığında aradaki fark %21.47 olarak bulunmuştur.

Kalp'de mean doz ve V_{30} değerleri karşılaştırıldığında fark %14.27 ve %14.05 çıkmıştır. Özefagus mean doz ve V_{35} değerleri karşılaştırıldığında fark %11,37 ve %21.85 olarak hesaplanmıştır. Klinik olarak kabul gören planların maksimumları değerlendirildiğinde Raystation TPS ile elde edilen değerlerde istatistiksel olarak anlamlı fark elde edilmiştir ($p<0,05$). Kritik organ dozları NCCN verileri ile uyumlu olup her iki tedavi planlama sistemi de tedaviye uygun doz değeri sağlamıştır.



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



TM.15 - Meme Kanseri Nedeniyle 3 Boyutlu Planlama ile Postoperatif Radyoterapi Uygulanan Hastaların Retrospektif Olarak Kardiyak Parametrelerinin Volümetrik Değerlendirilmesi

Ayça İribas Çelik¹, Ayşegül Ünal Karabey², Özgehan Onay³, Songül Ç. Karaçam³, Deniz Çebi Olgun⁴, Ahmet Dirican⁵, Nuran Şenel Beşe⁶

¹*İstanbul Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyasyon Onkolojisi A.D*

²*Kocaeli Üniversitesi Tıp Fakültesi Araştırma ve Uygulama Hastanesi Radyasyon Onkolojisi A.D*

³*İstanbul Üniversitesi -Cerrahpaşa Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Radyasyon Onkolojisi A.D*

⁴*İstanbul Üniversitesi -Cerrahpaşa Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Radyoloji A.D*

⁵*İstanbul Üniversitesi -Cerrahpaşa Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Biyoistatistik A.D*

⁶*Acıbadem Mehmet Aydınlar Üniversitesi Senoloji Araştırma Enstitüsü*

Amaç: Meme kanserinde meme veya göğüs duvarı bölgesine radyoterapi (RT) uygulanması sırasında kalp ve kalbi besleyen majör damarlar risk altında kalan organlar arasındadır ve aldıkları doz bilinmelidir. Bu çalışmada 2009 Aralık ve 2010 Eylül tarihleri arasında 3 boyutlu konformal radyoterapi tekniği ile tedaviye giren dört farklı ışınlama şekliyle ışınlanmış meme kanserli hastanın kalp ve LAD dozlarının volümetrik olarak hesaplanması ve farklı şekilde ışınlamalarda alınan ortalama kalp dozlarının ve LAD dozlarının birbirleriyle karşılaştırılması amaçlanmıştır.

Gereç ve Yöntem: Çalışmamızda Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Radyasyon Onkolojisinde RT gören 100 meme hastası 4 grupta incelenmiştir. 1.Grup: 33 olgu mamaria interna (MI) olmaksızın periferik lenfatik ışınlanan; Grup 1a-(16) sağ, Grup 1b-(17) sol meme veya göğüs duvarına (GD) RT alanlar. 2.Grup; 21 olgu MI ile birlikte lenfatik ışınlanan; Grup 2a-(11) sağ, Grup 2b-(10) sol meme veya GD'na RT alanlar. 3.Grup; 26 olgu sağ meme veya GD'na RT alanlar. 4.Grup; 20 olgu sol meme veya GD'na RT alan meme kanserli hastalar şeklindedir.

Bulgular: Grup : 1a ; LAD ortalama doz 0,4 Gy, kalbin aldığı ortalama doz 0,7 Gy ,20 Gy alan kalp volümü % 0,3 iken Grup:1b ; LAD ortalama doz 4,6 Gy, kalbin aldığı ortalama doz 2,7 Gy ,20 Gy alan kalp volümü % 3,7 olarak bulunmuştur.

Grup:2a ; LAD ortalama doz 0,6 Gy, kalbin aldığı ortalama doz 0,8 Gy ,20 Gy alan kalp volümü % 0,6 iken

Grup:2b ; LAD ortalama değeri 8 Gy, kalbin aldığı ortalama doz 3 Gy ve 20 Gy alan kalp volümü % 4,3 dür.

Grup:3 LAD ortalama doz 0,3 Gy, kalbin aldığı ortalama doz 0,7 Gy ,20 Gy alan kalp volümü % 0,1 dir.

Grup:4 LAD ortalama değeri 3,7 Gy, kalbin aldığı ortalama doz 2,4 Gy ,20 Gy alan kalp volümü % 3 olarak hesaplanmıştır.

Sağ meme veya GD 'na RT alan grup dışında diğer gruplarda kalp mean ile 20 Gy alan kalp volümü arasında aynı yönde istatistiksel olarak güçlü bir anlamlılık saptanmıştır (p:0,000).

MI'lı periferik lenfatik RT alan sol meme ışınlamalarında (G 2b) ortalama 8 Gy olarak en yüksek dozu LAD dozunu ve ortalama kalp dozu 3 Gy dir. MI dahil olduğu sol meme ışınlamalarında dozlar yüksektir. Günlük pratikte solda kalp ortalama dozun 5 Gy, sağda ise 3 Gy'i geçmemesine dikkat edilmektedir.

Sonuç: Bu çalışmanın sonunda MI'nın dahil olduğu periferik lenfatik RT alan sol meme hastalarında LAD ve kalp dozları daha yüksektir. Geç yan etkilerin yıllar sonra ortaya çıktığı düşünülürken başta koroner arterler olmak üzere kalbe ait yapıların morbidite ve mortalite açısından dozimetrik analizleri yapıp kayıt altına alınması gerekir. Dozimetrik bir araştırma olan çalışmamız uzun süreli klinik gözlemler sonucunda elde edilecek verilerle desteklenmelidir.

Anahtar Kelimeler:Lad;Mi;Rt



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



Giriş: Meme kanseri kadınlarda en sık görülen kanser tipidir ve kanser nedeniyle ölümlerde akciğer kanserinden sonra ikinci sırada yer almaktadır.

Günümüzde meme koruyucu cerrahi uygulanmış hastaların tamamına, mastektomi uygulanan hastalarda ise lenf bezi tutulumu olanlar ile primer tümör boyutu ve lokal yineleme açısından diğer olumsuz prognostik faktörlere sahip hastalara postoperatif radyoterapi uygulanmaktadır.

Meme ya da göğüs duvarı bölgesine radyoterapi uygulanımı sırasında risk altında kalan organlar arasında özellikle sol taraf yerleşimli tümöre sahip hastalarda kalp ilk akla gelendir. Tedavi alanına giren volümle ve uygulanan radyoterapi dozu ile doğru orantılı olarak erken ve geç dönemde çeşitli yan etkiler görülmektedir. Bu yan etkiler kalp için en belirgin olarak erken dönemde perikardit, geç dönemde koroner vasküler iskemik hastalıktır. Tedavi sırasında bu organların radyoterapi alanına giren volümünün tedavi planlamaları ile mümkün oldukça azaltılması ve tolerans dozlarının aşılması ile bu risk en aza indirilmektedir.

Bu çalışmada 2009 Aralık ve 2010 Eylül tarihleri arasında 3 boyutlu konformal radyoterapi tekniği ile tedaviye giren dört farklı ışınlama şekliyle ışınlanmış meme kanserli hastanın kalp ve LAD dozlarının volümetrik olarak hesaplanması ve farklı şekilde ışınlamalarda alınan ortalama kalp dozlarının ve LAD dozlarının birbirleriyle karşılaştırılması amaçlanmıştır.

Gereç ve Yöntem: Çalışmamızda Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Radyasyon Onkolojisi kliniğine 2009 Aralık -2010 Eylül tarihleri arasında meme kanseri tanısıyla başvuran 100 bayan hasta değerlendirilmiştir. Hastaların tümüne postoperatif dönemde adjuvan radyoterapi endikasyonu konulmuştur.

Hastalar 4 grupta incelenmiştir.

- 1.Grup: 33 'ü mamaria interna(MI) olmaksızın periferik lenfatik ışınlanan: Grup 1a-(16) sağ, Grup 1b-(17) sol meme veya göğüs duvarına(GD) radyoterapi alanlar
- 2.Grup: 21'i MI ile birlikte lenfatik ışınlanan: Grup 2a-(11) sağ, Grup 2b-(10) meme veya GD 'na radyoterapi alanlar.
- 3.Grup: 26 'i sağ meme veya GD'na radyoterapi alanlar.
- 4.Grup: 20'si sol meme veya GD 'na radyoterapi alan meme kanserli hastalar idi.

Radyoterapi alanları ve tekniği

Hastaların tamamına klavikuladan abdomen ortasına kadar 2,5 mm lik kesitler alınarak bilgisayarlı tomografi (BT) görüntüleri elde edildi.

Meme planlarında homojen bir doz dağılımı sağlamak için ışın ağırlıkları ve wedge açıları her planın kendi doz dağılımı temel alınarak optimize edilmiştir. Periferi lenf nodlarının dahil olduğu bitişik alan meme ışınlamalarında alanlar arasında doz artışları ve düşüşlerinin (düzensizliği) önlenmesi için asimetrik kolimatör tekniği kullanılırken, bu tekniği kolimatör açıklığının yetmemesi nedeniyle (40x40) kullanamadığımız büyük memelerde doz düzensizliği ve sıcak-soğuk noktaların önlenmesi için tanjansiyel alana kolimatör ve yatak açısı verilerek meme planları yapılmıştır. Hastalar 3 boyutlu Tedavi Planlama Sistemi(TPS)le ICRU(50) ve (62) referans noktaları baz alınarak tedavi planlaması yapıldı. Periferik Lenfatik ışınlanan hastalarda supra 6 MV ve axiller alan 15 MV ile 12-15 derecelik gantri açısı verilerek tedavi planlandı. Tüm hastaların meme seperasyonu da dikkate alınarak 6 MV foton enerjisi ile tedavi planlaması yapıldı. Bolus mastektomili hastalarda 30 GY'den sonra göğüs duvarında(GD) kullanıldı. Meme ve GD'na 50 Gy/günde 2Gy'den, PL ve MI'naya 46Gy/günde 2 Gy'den olacak şekilde dozlar ayarlandı.

Radyolog tarafından her hasta için girilen kalp, left anterior desending (LAD) koroner arter volümleri kontrol edildi .

Kalp konturlanırken kalbin üst sınırında sağ ve sol atriumu içine alınırken, pulmoner kök alınmadı. Alt sınırda myokardium bitene kadar hacim içine dahil edildi.



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



Sol ana koroner arter oldukça kısa olduğu için LAD koroner arterle birlikte volümlendi. BT çekilirken damarları görüntülemek invaziv bir girişim olduğundan kontrast madde kullanılmadı.

Kalbin atım sırasındaki hareketlerinden, nefes alma ve verme sırasında oluşan koroner arterlerin pozisyonundan dolayı her çizilen koroner artere(LAD, RCA, CX) her yönden 1 cm radial marj verilerek ve boost alanı kapatılarak dozlar hesaplandı. Her hasta için ayrı ayrı kalp ve koroner arterler için doz volüm histogramlarına bakılarak minimum, maksimum, mean değerleri ve ayrıca kalp için 20 Gy alan kalp volümü (V20) hesaplandı.

Çalışmada elde edilen bulgular değerlendirilirken, istatistiksel analizler için SPSS (Statistical Package for Social Sciences) programı kullanıldı. Özet bilgiler ortalama, standart sapma ve medyan cinsinden sunuldu. Sağ ve sol taraf kıyaslamaları için t- testi kullanıldı ve non parametrik MannWhitney U testi ile kıyaslandı. Anlamlılık seviyesi $p < 0,05$ kabul edildi. Gruplar arasındaki LAD mean, kalp mean ve kalp v20 arasındaki ilişkiyi değerlendirmek için Pearson Correlation analizi kullanıldı.

Bulgular: Serimizde medyan yaş 49 (23-82) idi. 60 (% 60) hastaya meme koruyucu cerrahi ve 40 (% 40)'ına ise mastektomi uygulanmıştır. Operasyon sonrası patolojik değerlendirmede %79 olgu invaziv duktal ca, %14 mikst tip, %4 lobular ca, %2 duktal karsinoma insitudur. Tümör çapı median 2,5 cm (0,4-8)dir. 25 olgu evre I, 36 olgu evre II, 34 olgu ise evre III tür. Olguların %70 estrogen reseptörü (+), %63'ünde progesteron reseptörü (+), %64 olguda Cerb2 negatif olarak saptanmıştır. 81 olgu kemoterapi almıştır.

Çalışmamızdaki 100 hasta 4 grupta incelenmiştir. Bu dört gruba göre istatistiksel bulgular tablo 1'de görülmektedir.

Tablo-1

GRUPLAR	n	LAD MEAN (Gy)	LAD MEAN SS	LAD MEAN p	KALP MEAN (Gy)	KALP MEAN SS	KALP MEAN P	KALP V20 MEAN %	KALP V20 MEAN SS	KALP V20 MEAN p
MI 'SİZ PERİFERİK LEN- FATİK RT SAĞ M/ SAĞ GD GRUP 1a	16	0,4 (0,05-1,39)	0,35	0,000	0,7 (0-10)	0,20	0,000	0,3	0,76	0,000
MI'SİZ PERİFERİK LENFATİK RT SOL M/SOL GD GRUP 1b	17	4,6 (0,3-38)	3,15		2,7 (0-45)	1,08		3,7	2,17	
MI'LI PERİFERİK LENFATİK RT SAĞ M/SAĞ GD GRUP 2a	11	0,6 (0,1-1,7)	0,47	0,001	0,8 (0,08-4,5)	0,25	0,001	0,6	2,11	0,001
MI'LI PERİFERİK LEPON- FATİK RT SOL M/SOL GD GRUP 2b	10	8 (0,5-45)	4,63		3 (0,04-44)	1,24		4,3	2,02	
SAĞ MEME/SAĞ GD RT GRUP 3	26	0,3 (0-1,2)	0,79	0,000	0,7 (0-5,6)	0,52	0,000	0,1	0,68	0,000
SOL MEME/SOL GD RT GRUP 4	20	3,7 (0,2-33)	2,35		2,4 (0-45)	0,87		3	1,93	

MI:Mamaria interna, M:Meme, GD:Göğüs duvarı, LAD:Left Anterior Desending, KalpV20:20Gy alan kalp volümü



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



Grup 1 ve Grup 2 hastalarda sağ –sol tarafa radyoterapi alanların LAD mean, kalp mean, kalp V20 değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.(p:0,000) (Mann Whitney-U)

Grup 3 ve 4 (sağ –sol tarafa) radyoterapi alanların LAD mean,kalp mean, kalpV20 mean değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.(p:0,000)(Mann-Whitney-U)

4 Sağ meme ve 7 sol meme kanserli hastanın sağ koroner arter (RCA) ve sirkumflex arter(CX) volümleri girilerek dozları hesaplandı. Sağ meme RCA mean dozu 1,9 (1,3-3,3)Gy ,CX mean dozu 0 (0-0,3) Gy olarak; sol meme RCA mean dozu 1,4 (0,2-2,4) Gy, CX mean dozu 0,6 (0-1,6) Gy olarak bulundu.

Sağ meme veya GD ‘na radyoterapi alan grup dışında diğer gruplarda kalp mean ile 20 Gy alan kalp volümü arasında aynı yönde istatistiksel olarak güçlü bir anlamlılık saptanmıştır.(p:0,000)

MI VE MI ‘sız periferik lenfatik bölgeye radyoterapi alan hastaların LAD mean ile 20 Gy alan kalp volümü arasında aynı yönde istatistiksel olarak güçlü bir anlamlılık saptanmıştır. (p:0,000)(P:0,012)

Tartışma: Geçen birkaç yıl içerisinde meme kanserli hastalarda radyoterapiden sonra oluşan kardiyak toksisitenin önemli olduğu fark edilmiştir.78 randomize çalışmayı içeren EBCTCG (Early Breast Cancer Trialists’ Collaborative Group) metaanalizinde adjuvan radyoterapi alan hastaların kalp hastalığı nedeniyle ölüm riskinin arttığı(RR:1,27) saptanmıştır.(1)

Hoening ve arkadaşlarının tedaviden sonra 10 yıl yaşayan, meme kanserinin geç etkilerinin izlendiği, 4414 hasta üzerinde tedaviye odaklı kardiyovasküler hastalık sıklığını araştıran çalışmada ; İnternal mamaria lenf nodlarına radyasyon almış olan hastalar tüm kadın nüfusu insidansı ile karşılaştırıldığında myokard infarktüs(HR:1.7), konjes-tif kalp yetmezliği (HR:2,7) ve valvüler disfonksiyon(HR:3,2) riskinde artış olduğu tespit edilmiştir.(2)

Harris ve arkadaşlarının retrospektif çalışmada 1977-1994 yılları arasında radyoterapi alan 961 evre 1-2 meme kanserli hasta incelenmiş. Median izlem süresi 12 yıl olan bu çalışmada tedaviden 20 yıl sonra sol tarafa radyoterapi alanlarda koroner arter hastalığı riski(%25vs.%10),myokard infarktüsü(%15 vs%5) ve kardiyak ölüm (%6,4 vs.%3,6) sağ tarafa radyoterapi alanlardan daha yüksek bulunmuştur. (3)

Jagsi ve arkadaşlarının çalışmada 1984-2000 yılları arasında evre 1-2 sağ ve sol meme kanseri nedeniyle radyoterapi alan 800 hasta arasındaki kardiyak olaylar karşılaştırılmış. Tedavi edilen meme tarafının kardiyak olayların gelişmesinde tayin edici olduğu tespit edilmiştir. (4)

Marhin ve arkadaşlarının British Columbia’da yaptığı retrospektif çalışmada ;1984-2000 yılları arasında 3666 sağ ve 3781 sol meme kanseri nedeniyle adjuvan radyoterapi alan hastaları:60 yaş üstü ve altı, radyoterapi fraksiyon dozu ≤ 2 Gy ve 2Gy üstü olarak ayırarak kardiyak ölüm oranları karşılaştırılmıştır.7,9 yıl izlem süresi sonunda yaş(60 yaş ve üstü) ve fraksiyon dozunun(2 Gy üstü) kardiyak nedenle ölümleri arttırmadığını saptamışlardır.(5)

Birçok retrospektif çalışmada meme radyoterapisi ile kardiyak morbidite ve mortalite arasındaki ilişki gösterilir-ken, gerçek kardiyak hasar oranı göz ardı edilmiştir. Prospektif çalışmalar ise radyoterapiyi takiben asemptomatik has-talarda yeni oluşan kardiyak perfüzyon bozukluklarının tespiti için yapılmıştır. Buna örnek olarak Hodgkin hastalığı sebebiyle mediasten bölgesine en az 35 Gy radyoterapi almış, önceden hiçbir kardiyak hastalığı olmayan hastaların stres ekokardiografi ve radyonuklid perfüzyon testinde %21 oranda myokardial hasar öncesi bulgu olan anormal ventricüler görüntüler saptanmıştır. Yine bu hastalarda valvuler fonksiyon bozuklukları ön planda görülmüştür. (6)

Meme kanserinin kardiyak toksitesi ile ilgili birçok çalışma iskemik hastalık üzerine yoğunlaşmasına rağmen, perikart, miyokart, valvuler, ileti sistemi ve otonomik sistem gibi diğer kardiyak yapılara radyasyonun zararlı etkile-rinden de bahsedilmiştir.(7)

Radyoterapi tedavisi ile ön perikardın aldığı doz 50 GY ‘den 60 GY’e çıktığı zaman semptomatik perikardit geliş-me olasılığı %10 dan %50 ye çıkmaktadır.(8)

Birkaç retrospektif çalışmada meme kanserli hastalar arasında kardiyotoksik kemoterapi ve radyoterapi arasındaki potansiyel sinerjistik etkisi incelenmiş. Tek merkezli randomize çalışmada radyoterapi alan hastalar arasındaki alt



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



grup analizinde doxorubicin(45 mg/m²) ve siklofosomid (500 mg/m²) tedavisini 10 kür alan ile 5 kür alanlar arasındaki kardiyak olay araştırılmıştır. 6 yıl izlem süresinde 10 kür alanlar arasında başlangıç riske göre kardiyovasküler olaylarda anlamlı bir artış görülmüştür.(9)

Median izlem süresi sadece 1,5 yıl olan Doksorubusin bazlı üç çalışmada (ortalama doz 294mg/m²) radyoterapi tedavisinin alıp almamasına bakılmaksızın doxorubusin trastuzumabla birlikte kullanılması kardiyak olay gelişme sıklığını arttırmadığı görülmüştür. (10)

Radyoterapi yan etkilerinin önlenmesinde planlama öncesinde volümün doğru ve herkes tarafından aynı girilmesi çok önemlidir. Bu nedenle RTOG 'nin her anatomik bölge için atlasları yol göstericidir. PIERCE ve arkadaşlarının kardiyak atlası da bu konuda önemli bir kaynaktır. Meme kanserinde özellikle sol memede en belirgin etki kalp, LAD ve diğer damarlar üzerine olduğundan bizim çalışmamızda delination (tarifleme) ve dozlar üzerinde duruldu. Ayrıca, PIERCE ve arkadaşlarının atlas literatürü tez çalışmamızdan daha sonra yayınlanmıştır. (11)

Taylor ve arkadaşlarının 2006 yılında yaptığı çalışmada(12) kliniğe ard arda gelen 50 sol ve 5 sağ meme kanserli hasta alınmıştır. Tüm hastalar 6-8 MV ile tanjansiyel olarak meme veya göğüs duvarına 15 fraksiyonda 40 Gy radyoterapi uygulanmıştır. Her hastaya kalp, LAD ayrıca 5 sağ ve 5 sol meme kanserli hastaya RCA ve CX volümü girilerek dozları hesaplanmıştır. Sol tarafta kalp mean doz 2,3 Gy, LAD mean dozu 7,6 Gy ,RCA ve CX mean dozu yaklaşık 2 Gy ,sağ tarafta ise kardiyak yapılar 1,2 ile 2 Gy arasında değerlerde doz almıştır.

Sonuç olarak da geçen 40 yıla göre sol meme radyoterapi alanlarda kalp dozları epeyce düşük bulunmuş olup sağ memeye radyoterapi alanlarda ise kardiyak doz genellikle saçılan radyasyondan kaynaklanmaktadır.

Çalışmamızda Sol meme kanserli hastalarda kalp tanjansiyel alana yakın olduğundan ortalama kap dozu 2,4 Gy,sağ meme kanserli hastalarda ise kalp tanjansiyel alandan uzak olduğu ve sadece sadece saçılan radyasyondan etkilendiği için kalp mean dozu 0,7 Gy olarak bulunmuştur.

Sol meme tarafına ışın alan hastalarda LAD koroner arter interventriküler olukta çoğu hastada ışınlanan sahaya yakın veya içinde olduğundan LAD 'nin aldığı ortalama doz 3,7 Gy iken, sağ meme tarafını LAD lokalizasyonu uzak olduğu için saçılan radyasyondan ortalalama 0,3 Gy doz almıştır. BT görüntüleri üzerinde net seçilebilen 4 sağ ve 7 sol meme kanserli hastanın sağ koroner arter (RCA) ve sirkumflex arter (CX) volümleri girilmişti. Bu gruptaki hastalarda hesaplanan RCA ve CX arter dozları sağ ve sol tanjansiyel alana uzak oldukları için aldıkları dozlar oldukça azdır.

Sol meme tarafına radyoterapi alan hastalarda kalp volümü sol ventrikül apexi ve LAD koroner arteri kapsadığı için kalbin 20 Gy alan volümü sağa göre 3 kat daha fazla doz olduğu tespit edilmiştir. Mamaria interna (MI) bölgesine radyoterapi planlamalarında ilk 3 interkostal aralık alınmaktadır. Böylece ışınlama alanı kalbin ana kısmının üzerinde sonlandırılarak gelecekteki kardiyak mortalite azaltılabilir. Bizim çalışmamızda da MI alanı tanjansiyel alana dahil edilerek planlaması yapılmıştır.

Mamaria interna lenf bölgesinin lokalizasyonu, (lokalizasyonun önde ve interkostal aralıkta) kalbe yakın olması nedeniyle özellikle sol taraf ışınlamalarda kalp mean 3 Gy sağ taraf ışınlamalarında ise 0,8 Gy olarak saptanmıştır. LAD koroner arter kalbin önündeki komşuluğu sebebiyle hem sol memeye ve hem de internal mamaria zincire yakındır. Bu nedenle sol taraf ve mamaria interna bölgesine radyoterapi alanlarda LAD ortalama dozu:8 Gy, sağ tarafta ise 0,6 GY olarak saptanmıştır.

Supraklavikular fossa ve axiller bölge kalpten uzak olduğu için özellikle sağ memeye radyoterapi alanlarda saçılan dozdan etkilenmiş ve ortalama kalp dozu sağda 0,7 Gy, solda ise 2,7 Gy olarak bulunmuştur. LAD mean dozları sağda taraf ışınlananlarda 0,4 Gy, sol taraf ışınlananlarda ise 4,6 Gy olarak tespit edilmiştir.

Sonuç: Günlük pratikteki uygulamada mümkün olduğunca kalbin çok düşük doz almasına gayret edilmektedir. Bu nedenle solda kalp mean dozun 5 Gy, sağda ise 3 Gy geçmemesine dikkat etmekteyiz. Bizim çalışmamızda da kalp mean dozu solda 3 Gy, sağda 0,8 Gy olarak bulunmuştur. Kardiyovasküler olayların başlangıcı tedavinin başlamasından 10 yıl sonra görülmektedir. Çalışmamızın sonuçları, 10 yıl sonraki kardiyovasküler mortalite ve morbidite üzerine olan etkiler açısından net bir fikir sahibi olunmasına yardımcı olacaktır.



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



Kaynaklar

1. Clarke M, Collins R, Darby S, et al. Effects of radiotherapy and of differences in the extent of surgery for early breast cancer on local recurrence and 15-year survival: an overview of the randomised trials. *Lancet* 2005;366:2087–2106.
2. Hoening MJ, Botma A, Aleman BM, et al. Long-term risk of cardiovascular disease in 10-year survivors of breast cancer. *J Natl Cancer Inst* 2007;99:365–375
3. Harris EE, Correa C, Hwang WT, et al. Late cardiac mortality and morbidity in early-stage breast cancer patients after breast conservation treatment. *J Clin Oncol* 2006;24:4100–4106
4. Jagsi R, Griffith KA, Koelling T, et al. Rates of myocardial infarction and coronary artery disease and risk factors in patients treated with radiation therapy for early-stage breast cancer. *Cancer* 2007;109:650–657
5. Marhin W, Wai E, Tyldesley S. Impact of fraction size on cardiac mortality in women treated with tangential radiotherapy for localized breast cancer. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2007;69:483–489.
6. Heidenreich PA, Schnittger I, Strauss HW, et al. Screening for coronary artery disease after mediastinal irradiation for Hodgkin's disease. *J Clin Oncol* 2007;25:43–49.
7. Carver JR, Shapiro CL, Andrea Ng, et al. American Society of Clinical Oncology Clinical Evidence Review on the Ongoing Care of Adult Cancer Survivors: Cardiac and Pulmonary Late Effects. *J Clin Oncol* 2007;25:3991–4008
8. Giovanna gagliardi, lous s. constine, , Vitali Moiseenko, et al. Radiation dose–volume effects in the heart. *Int. J. Radiation Oncology Biol. Phys.*, Vol. 76, No. 3, Supplement, pp. S77–S85, 2010
9. Shapiro CL, Hardenbergh PH, Gelman R, et al. Cardiac effects of adjuvant doxorubicin and radiation therapy in breast cancer patients. *J Clin Oncol* 1998;16:3493–3501
10. Halyard MY, Pisansky TM, Dueck AC, et al. Radiotherapy and adjuvant trastuzumab in operable breast cancer: tolerability and adverse event data from the NCCTG phase III trial N9831. *J Clin Oncol* 2009;27(16):2638–2644.
11. Mary Feng, Jean M. Moran, Lori J. Pierce, et al. Development and validation heart atlas to study cardiac exposure to radiation following treatment for breast cancer *Int. J. Radiation Oncology Biol. Phys.*, pp. 1–9, 2010
12. Ju Carolyn w. Taylor, Julie M. Povall, Paul McGale et al. Cardiac dose from tangential breast cancer radiotherapy in the year .2006 *Int. J. Radiation Oncology Biol. Phys.*, Vol. 72, No. 2, pp. 501–507, 2008



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



TM.16 - Meme Radyoterapisinde Alan Dışı Tiroid ve Parotis Dozlarının Termolüminesans Dozimetreler ile Dozimetrik Olarak İncelenmesi

Osman Vefa Gül, Gökçen İnan, Hamit Başaran

Selçuk Üniversitesi, Tıp Fakültesi Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı, Konya

Amaç: Çalışmamızda meme radyoterapisinde yaygın olarak kullanılan üç boyutlu konformal radyoterapi (3B-KRT) ve yoğunluk ayarlı radyoterapi (YART) teknikleri ile ışınlamalarda alan dışında olan tiroid ve parotislerde absorbe edilen doz araştırıldı. Tiroid ve parotisler için tedavi planlama sistemi (TPS) tarafından hesaplanan alan dışı doz (peripheral doz) ve termolüminesans dozimetre (TLD) doz ölçümleri karşılaştırılmıştır.

Yöntem: Çalışmamızda Alderson marka kadın rando fantomda sol meme hedef hacim olarak seçildi. Rando fantomun doku yoğunluğu 0,975 gr/cm³ ve akciğerlerin yoğunluğu 0,25-0,3 gr/cm³ dür. Rando fantomun bilgisayarlı tomografi (BT) görüntüleri 2,5 mm kesit kalınlığı ile elde edilmiştir. ⁶⁰Co Radyasyon Terapisi Onkoloji Grubu (RTOG) konturlama atlasına göre planlanan tümör volüm (PTV) ve kritik organlar konturlanmıştır. Eclipse V.15.1 TPS üzerinden 3B-KRT ve YART planları oluşturulmuştur. 3B-KRT için karşılıklı iki tanjansiyel alan tekniği 305° ve 132° gantri açıları, YART için 315°, 350°, 25°, 60°, 115° gantri açıları kullanıldı. Meme koruyucu cerrahi geçirdiği varsayılan PTV 6 MV ile 50 Gy (2 Gy x 25 fr) alacak şekilde planlanmıştır. Fantomda belirlenen hacim içindeki ve dışındaki rotlara TLD-100 dozimetreleri yerleştirildikten sonra ışınladı. Daha sonra iki teknik için elde edilen doz ölçümleri TPS dozları ile karşılaştırıldı.

Bulgular: 3B-KRT ve YART tekniklerinde ortalama PTV dozları sırasıyla 5060 cGy ve 5095 cGy olarak bulunmuştur. TLD ölçümlerinde ortalama PTV dozları 3B-KRT ve YART teknikleri için sırasıyla 5099 cGy ve 5160 cGy olarak ölçülmüştür. TPS’ de 3B-KRT ve YART teknikleri için tiroid dozları sırasıyla 22,50 cGy ve 42,50 cGy olarak hesaplanmıştır, ancak TLD ölçümlerinde sırasıyla 32,65 cGy ve 89,58 cGy olarak ölçülmüştür. Her iki parotis dozları için 3B-KRT ve YART tekniklerinde TPS dozları 0 cGy iken TLD doz ölçümleri sol parotis için sırasıyla 14,38 cGy ve 44,15 cGy olarak ölçülmüştür. Sağ parotis için sırasıyla 8,25 cGy ve 33,19 cGy olarak ölçülmüştür.

Sonuç: Meme radyoterapisinde alan dışı dozlar göz önünde bulundurularak 3B-KRT tedavi tekniği tercih edilebilir. Ayrıca TPS’in hedef hacimden uzaklaştıkça doz tahmininde başarısız olduğu söylenebilir.

Anahtar kelimeler: Meme radyoterapisi, Alan dışı doz, Termolüminesans dozimetre

1. Giriş

Meme kanseri dünyada kadınlar arasında en sık görülen kanser türlerinden biridir ve kanser ölümlerinin %14’ünü oluşturmaktadır. Son yıllarda 40 yaş altındaki kadınlarda meme kanseri insidansının arttığı görülmektedir (1-3). Erken teşhis ve radyoterapi (RT) tedavisi meme kanseri hastalarının ölüm oranını düşürmekte ve hayatta kalma oranını artırmaktadır (4,5). RT’ de temel amaç; hedef hacim’e istenilen dozu verirken, hedef hacim dışındaki organ ve dokuları en iyi şekilde korumaktır. Meme RT’ de üç boyutlu konformal radyoterapi (3B-KRT) ve yoğunluk ayarlı radyoterapi (YART) tekniği yaygın olarak kullanılmaktadır. YART gibi gelişmiş RT teknikleri ile kritik organ dozları mümkün olduğunca azaltılabilesine rağmen, meme RT’si sonrası uzun dönem sağ kalımlarda tiroid bezi, karşı meme ve akciğerlerde radyasyona bağlı ikincil malignite gelişebilmektedir (6-8). Hedef doku dışındaki dokuların almış olduğu doz olarak tanımlanan integral dozdaki artış uzun dönem yaşayan hastalarda radyoterapiye bağlı ikincil kanser risklerinin artışına neden olmaktadır. Ayrıca radyoterapide alan dışı doz, düşük doz hassasiyetine sahip kritik organlar için çok önemlidir. Bu düşük doz hassasiyetine sahip kritik organlar için bazı eşik değerler belirlenmiş olsa da “makul ölçüde elde edilebilecek kadar düşük” (ALARA) prensibi yaygın olarak kabul gören bir yaklaşımdır (9). Yapılan bazı çalışmalar radyoterapiden sonra tiroid kanserlerinde artış olduğunu göstermiştir. Özellikle genç yaşta hastalarda bu artış oldukça belirgindir. Meme hastalarında da radyoterapi sonrası radyasyonun karsiyonejik etkileri gözlenmiştir. RT sırasında tedavi alanı dışında ikincil radyasyonun oluşumu yeni tedavi tekniklerine bağlı farklılıklar dozimetrik olarak tam değerlendirilmemiştir. Bu organlarda absorbe edilen doz, foton saçılımından kaynaklanmaktadır. Foton saçılması kolimatör sızıntısı ve hastadan (fantom) kaynaklanmaktadır (10).

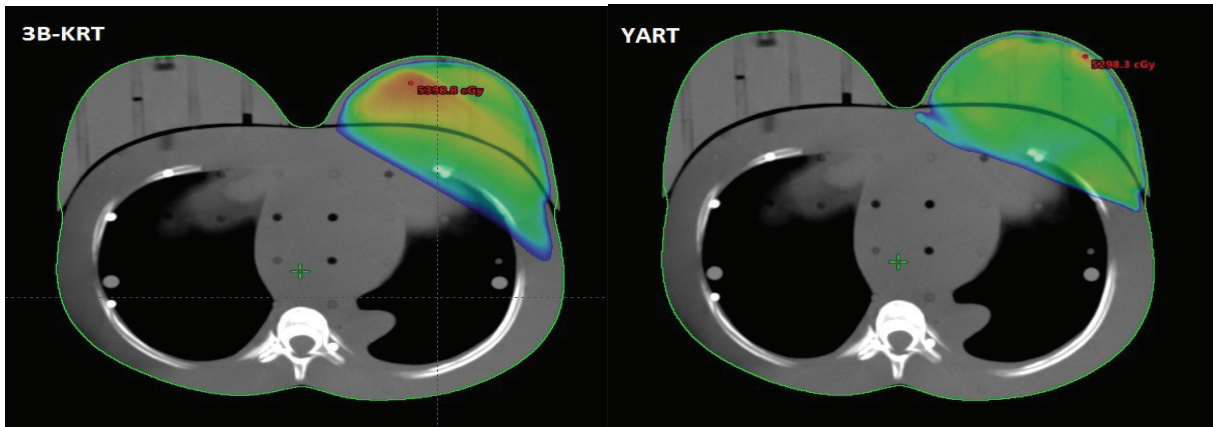
Çalışmamızda meme radyoterapisinde yaygın olarak kullanılan üç boyutlu konformal radyoterapi (3B-KRT) ve yoğunluk ayarlı radyoterapi (YART) teknikleri ile ışınlamalarda alan dışında olan tiroid ve parotislerde absorbe edilen doz araştırıldı. Tiroid ve parotisler için tedavi planlama sistemi (TPS) tarafından hesaplana alan dışı doz (peripheral doz) ve termolüminesans dozimetre (TLD) doz ölçümleri karşılaştırılmıştır.

Gereç ve Yöntem

Bu çalışmada, yüksek enerjinin daha çok kullanıldığı meme bölgesi hedef tedavi alanı olarak seçildi. Varian DHX (Varian Medical Systems, Palo Alto, California, USA) cihazında farklı tedavi teknikleri ile (3B-KRT, YART,) yapılmış uygulamalara özel tedavi planlaması sonrasında rando fantomda belirlenen hacim içindeki yerlere TLD-100 dozimetreleri yerleştirilip ışınladı. Daha sonra her bir teknik için elde edilen in vivo doz ölçümleri tedavi planlama sistemi (TPS) ile karşılaştırıldı.



Alderson marka kadın rando fantom gerçek insan boyutlarında ve bazı organların yoğunluk inhomojenitelerine sahip olan insan şekilli (antropomorfik) fantom doku özelliklerine uygun olarak yapılmıştır. Doku yoğunluğu 0,975 gr/cm³ ve akciğerlerin yoğunluğu 0,25-0,3 gr/cm³'tür. Fantom 2,5 cm kalınlığında 35 adet kesitten oluşmaktadır. Her bir kesit absorbe dozu ölçmede kullanılan TLD rodları yerleşimine uygun deliklere sahiptir. Fantomun meme hacmi yaklaşık olarak 800 ml' dir. BT görüntüler üzerinden ^{Radyasyon Terapisi Onkoloji Grubu} (RTOG) kontrol atlasına göre klinik tümör volüm (CTV) tanımlanmış ve 3 mm marj verilerek planlanan tümör volüm (PTV) oluşturulmuştur. PTV ciltten 2 mm içeri çekilerek son hali verilmiştir. Çalışmamızda Eclipse V.15.1 planlama sistemi kullanılarak oluşturulan 3B-KRT ve YART planlarının doz hesaplamalarında "Anisotropic Analytical Algorithm, AAA" algoritması kullanılmıştır. 3B-KRT planlarında, karşılıklı iki tanjansiyel alan tekniği 305° ve 132° gantri açılarında ve diğer iki plan için dinamik YART tekniği kullanılmıştır. Meme koruyucu cerrahi geçirdiği varsayılan hedef volüm 6 MV ile 50 Gy (2 Gy x 25 fr) alacak şekilde ışınlanmıştır. Işınlama için yapılan tedavi planlarında, standart olarak dikkat edilen ve yüksek doz almasından kaçınılan kritik organlar aynı şekilde korunmuştur. YART planlarında en iyi hedef hacimleri elde etmek ve kritik yapıları korumak için optimum ışın gantri açıları YART için 315°, 350°, 25°, 60°, 115° seçildi.





18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



Tüm planlar için PTV'nin içindeki maksimum dozun %107'yi geçmemesi ve PTV'nin referans izodoz (tedavi dozu olarak verilen 50 Gy'in %95) tarafından yeteri kadar iyi sarılması kriteri dikkate alındı. Relatif standart sapması $\pm 3\%$ 'in altında olan yani doz cevapları birbirine yakın olan 72 TLD çipi çalışma için seçilmiştir. TLD'lerin okunma işlemine geçmeden önce kararsız tuzaklardan kaynaklanan lüminesans sinyallerini gidermek amacıyla ön ısıtma işlemi fırında 100°C'de 10 dk süreyle yapılmıştır. TLD'lerin doz ölçüm işlemi bölümümüzde bulunan dozimetri laboratuvarında Harshaw marka 3500 model TLD okuyucu kullanılarak yapılmıştır.

İstatistiksel Analiz

Tüm veriler Sosyal Bilimler için İstatistiksel Paket (SPSS) yazılımında (sürüm 25.1, IBM) kaydedildi ve analiz edildi. Üç farklı tedavi planının arasındaki ilişkiyi değerlendirmek için Paired Samples t- testi kullanıldı. $P < 0.05$ istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

Bulgular

TPS' de üç farklı teknik ile yapılan planlara ait doz dağılımları Şekil 1. de gösterilmiştir. PTV' nin hedeflenen dozu alması amaçlanırken, kritik organ dozlarının planlama sırasında kabul edilebilir sınır dozların altında olması amaçlandı. Hedef hacim, tiroid ve parotisler için TPS ve TLD doz ölçümleri Tablo 1. verilmiştir. 3B-KRT ve YART tekniklerinde ortalama PTV dozları sırasıyla 5060 cGy ve 5095 cGy olarak bulunmuştur. TLD ölçümlerinde ortalama PTV dozları 3B-KRT ve YART teknikleri için sırasıyla 5099 cGy ve 5160 cGy olarak ölçülmüştür. TPS' de 3B-KRT ve YART teknikleri için tiroid dozları sırasıyla 22,50 cGy ve 42,50 cGy olarak hesaplanmıştır, ancak TLD ölçümlerinde sırasıyla 32,65 cGy ve 89,58 cGy olarak ölçülmüştür. Her iki parotis dozları için 3B-KRT ve YART tekniklerinde TPS dozları 0 cGy iken TLD doz ölçümleri sol parotis için sırasıyla 14,38 cGy ve 44,15 cGy olarak ölçülmüştür. Sağ parotis için sırasıyla 8,25 cGy ve 33,19 cGy olarak ölçülmüştür.

Teknik		PTV		Tiroid		Sol Parotis		Sağ Parotis	
		Dmean (cGy)	Fark (%)	Dmean (cGy)	Fark (%)	Dmean (cGy)	Fark (%)	Dmean (cGy)	Fark (%)
3B-KRT	TPS	5060.91	0.75	22.50	31.08	0.00	-	0.00	-
	TLD	5099.58		32.65		14.38		8.25	
	p	0.021*		0.000*		0.000*		0.000*	
YART	TPS	5095.00	1.27	42.50	52.55	0.00	-	0.00	-
	TLD	5160.83		89.58		44.15		33.19	
	p	0.000*		0.000*		0.000*		0.000*	

Tartışma

Bu çalışmada, meme radyoterapi tedavisi gören hastalarda alan dışı organlarda sekonder kanser riskinin önemi dikkate alınarak, TPS tarafından hesaplanan alan dışı organlardaki absorbe dozun doğruluğu TLD-100 ile ölçülerek karşılaştırılmıştır. Genel olarak bu çalışmadaki sonuçlar, ters kare yasasıyla uyumluydu (11,12). Howell ve ark. AAA algoritması kullanarak Eclipse TPS' de (v 8.6) fantom üzerinde yaptıkları plan için alan dışı doz doğruluklarını araştırmışlardır. Hedef hacimden 3.75 – 11.25 cm arasındaki uzaklıklarda TPS ve TLD dozlarını karşılaştırmışlar ve Eclipse TPS' nin TLD' ye göre belirlenen aralıklarda %40 daha düşük absorbe doz değeri gösterdiğini 11.25 cm' den daha büyük uzaklıklarda ise TPS ve TLD doz değerleri arasındaki farkın %55' e çıktığını göstermişlerdir (13). Van der Giessen ve ark. yaptıkları çalışmada TPS tarafından hesaplanan dozlarda hedef volümden uzaklaştıkça hata payının artarak %33 kadar ulaşabileceğini belirtmişlerdir (14). Güncel araştırmamız literatür çalışmaları ile paralel sonuçlar vermiştir.

Sonuç

Meme radyoterapisinde alan dışı dozlar göz önünde bulundurularak 3B-KRT tedavi tekniği tercih edilebilir. Ayrıca TPS'in hedef hacimden uzaklaştıkça doz tahmininde başarısız olduğu söylenebilir.



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya



Kaynaklar

1. Jemal A, Bray F, Center MM, Ferlay J, Ward E, Forman D. Global cancer statistics. *CA Cancer J Clin* 2011;61(2):69- 90
2. Aras S, İkizceli T, Aktan M. Dosimetric Comparison of Three-Dimensional Conformal Radiotherapy (3D-CRT) and Intensity Modulated Radiotherapy Techniques (IMRT) with Radiotherapy Dose Simulations for Left-Sided Mastectomy Patients. *Eur J Breast Health*. 2019;15(2):85-9.
3. Adam D, Suditu MB, Popa R, Ciocaltei V. Volumetric-modulated arc therapy vs. 3dconformal radiotherapy for breast cancer. *Romanian Reports in Physics*. 2015; 67(3):978–986.
4. Berris T, Mazonakis M, Stratakis J, Tzedakis A, Fasoulaki A, Damilakis J. Calculation of organ doses from breast cancer radiotherapy: a Monte Carlo study. *J Appl Clin Med Phys*. 2013;14:4029. doi: 10.1120/jacmp.v14i1.4029. PubMed PMID: 23318389; PubMed Central PMCID: PMC5713920.
5. Sant M, Allemani C, Santaquilani M, Knijn A, Marchesi F, Capocaccia R. UROCARE-4. Survival of cancer patients diagnosed in 1995–1999. Re-sults and commentary. *Eur J Cancer*. 2009;45:931-91. doi: 10.1016/j.ejca.2008.11.018.
6. Lee B, Ahn SH, Kim H, Son J, Sung J, Han Y, Huh SJ, Kim JS, Kim DW, Yoon M. Radiotherapy-induced secondary cancer risk for breast cancer: 3D conformal therapy versus IMRT versus VMAT. *J Radiol Prot* 2014;34:325-331.
7. D'Arienzo M, Masciullo SG, de Sanctis V, Osti MF, Chiacchiararelli L, Enrici RM. Integral dose and radiation-induced secondary malignancies: com-parison between stereotactic body radiation thera-py and three-dimensional conformal radiotherapy. *Int J Environ Res Public Health*. 2012;9:4223-40. doi: 10.3390/ijerph9114223. PubMed PMID: 23202843; PubMed Central PMCID: PMC3524624.
8. Joosten A, Bochud F, Baechler S, Levi F, Mirimanoff RO, Moeckli R. Variability of a peripheral dose among various linac geometries for second cancer risk assessment. *Phys Med Biol*. 2011;56:5131-51. doi: 10.1088/0031-9155/56/16/004. PubMed PMID: 21775792.
9. The International Commission on Radiological Protection. Human carcinogenic risk from intra-uterine radiation. In: *Biological Effects after Prenatal Irradiation (Embryo and Fetus)*, ICRP Report 90. Oxford, UK: Elsevier Ltd.; 2003. p. 176-82.
10. D S Sharma, Animesh, S S Deshpande, R D Phurailatpam, D D Deshpande, S K Shrivastava, K A Dinshaw. Peripheral dose from uniform dynamic multileaf collimation fields: implications for sliding win-dow intensity-modulated radiotherapy. *Br J Ra-diol*. 2006;79:331-5. doi: 10.1259/bjr/16208090. PubMed PMID: 16585727.
11. D'Arienzo M, Masciullo SG, de Sanctis V, Osti MF, Chiacchiararelli L, Enrici RM. Integral dose and radiation-induced secondary malignancies: com-parison between stereotactic body radiation thera-py and three-dimensional conformal radiotherapy. *Int J Environ Res Public Health*. 2012;9:4223-40. doi: 10.3390/ijerph9114223. PubMed PMID: 23202843; PubMed Central PMCID: PMC3524624.
12. Banaee N, Nedaie H, Esmati E, Nosrati H, Jamali M. Dose measurement outside of radiotherapy treat-ment field (Peripheral dose) using thermolumine-sent dosimeters. *International Journal of Radiation Research*. 2014;12:356.
13. Howell RM, Scarboro SB, Kry SF, Yaldo DZ. Accuracy of out-of-field dose calculations by a commercial treatment planning system. *Phys Med Biol*. 2010;55(23):6999-7008.
14. Van der Giesen, P. A simple and generally applicable method to estimate the peripheral dose in radiation teletherapy with high energy x-rays or gamma radiation. *Int. J. Radiation Oncol. Biol. Phys* 35(5):1059–68; 1996.



18. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

4-7 Kasım 2021, Amara Premier Palace Otel, Antalya

www.medikalfizik2021.org