19. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ 2023

MEDİKAL FİZİK DERNEĞİ 1988

19. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

Hilton Dalaman / Sarıgerme

02-05 KASIM 2023

KONGRE KİTABI

SUN NUCLEAR

A MIRION MEDICAL COMPANY

Patient Safety Starts Here

Machine

Patient

Platform

MEDİDEAL®

MEDİDEAL Medikal Projeler ve Çözümler San. Tic. A.Ş.

www.medideal.com.tr

İÇİNDEKİLER

DAVET 6

KURULLAR 7

BİLİMSEL PROGRAM 8

KONUŞMA ÖZETLERİ 9

SÖZLÜ BİLDİRİLER 41

POSTER BİLDİRİLER 76

AYDIN ÇAKIR-AÇILIŞ 10
PET/BT Kalite Kontrol Testleri / MUSTAFA DEMİR 12
MR Tabanlı Adaptif Radyoterapi / YÜCEL SAĞLAM 14
Tanıda Yapay Zeka / YAĞIZ YEDEKÇİ 15
Manyetik Rezonans Görüntüleme (MR) Sistemleri / ÖZGÜR DEMİRKILINÇ 16
Srs/Sbrt De Tedavi Cihazının Hazırlığı / NAZLI BİLİCİ 17
Lineer Hızlandırıcıların Geleceği? C-Tipi Lineer Hızlandırıcılar Var Olmaya Devam Edecektir / ALPER ÖZSEVEN 19
SRS/SBRT'ye Geçişte Karşılaşılan Zorluklar / MEHMET ERTUĞRUL ERTÜRK 20
Tübitak Ve Tüseb Projeleri Hakkında Bilinmesi Gerekenler / SERHAT ARAS 21
Mamografide Kalite Kontrol / GİZEM ŞİŞMAN 22
Flash Terapi / AYSUN İNAL 23
Grid/Latice Radyoterapi / SONGÜL BARLAZ US 24
Radyolojide Monte Carlo Uygulamaları / KADİR AKGÜNGÖR 25
Radyoterapi'de Monte Carlo Uygulamaları / RECEP KANDEMİR 26
Türkiye İlaç ve Tıbbi Cihaz Kurumu (TİTCK) Yönetmeliği ve Kalite Kontrol Çalışmalarından Beklentiler /LEYLA POYRAZ 27
CBCT Tabanlı Online Radyoterapi / EMİNE BURÇİN İSPİR 28
SBRT Tedavileri Brakiterapinin Yerini Alabilir mi? / ÖZNUR ŞENKESEN 29
Yeni Protokoller Işığında Yaşanan Güncel Gelişmeler / HAKAN EREN 30
Kalite Kontrolde Nereye Gidiyoruz? CİHAZ QA TEK BAŞINA YETERLİDİR / İSMAİL FARUK DURMUŞ 33
Abdominal Bölgede Adaptif Radyoterapi / HÜSEYİN KIVANÇ / GÖKHAN ÖZYİĞİT 34
Bilgisayarlı Tomografide Kalite Kontrol / İSMAİL FINDIKLI 35
BT'de Yeni Teknolojiler ve Uygulamalara Getirdikleri / Ayşegül YURT 36
Radyolojide Medikal Fizik Eğitimi / Ayşegül Yurt 37
Küçük Alan Dozimetresinde Dedektör Seçimi / GÜLBİN KAVAK 38
Tedavide Yapay Zeka / GÖRKEM GÜNGÖR 40

DAVET

Değerli Meslektaşlarımız,

19. Ulusal Medikal Fizik Kongresi, 2 Kasım–5 Kasım 2023 tarihleri arasında Dalaman-Muğla Hilton Sarıgerme Otel'de gerçekleştirilecektir. Kongre Düzenleme Kurulu olarak siz değerli meslektaşlarımızı, Mustafa Kemal Atatürk ve silah arkadaşlarının 29 Ekim 1923'te kurduğu Cumhuriyetimizin 100. yılında gerçekleşecek olan 19. Ulusal Kongremize davet etmenin haklı gururu ve mutluluğunu yaşamaktayız.
Kongre tarihimizin, tüm ulusumuz için son derece anlamlı ve önemli olan bu yıldönümüne denk gelmesi, kongre hazırlıklarımızı bizler için her zamankinden çok daha hassas hale getirmektedir. Yönetim Kurulu olarak, hem bilimsel hem de sosyal içerik olarak Cumhuriyetimizin 100. yılına yakışır bir kongre organizasyonu yapabilmek için son derece özenli çalışmakta ve hazırlanmaktayız.
Kongremizin Medikal Fizik alanında güncel konuların konuşulacağı zengin bilimsel içerikten oluşmasının yanı sıra, sosyal açıdan da günlük rutin yoğunluğumuzun stresini ve yorgunluğunu hafifletmesini ve her geçen yıl güçlenerek büyüyen Medikal Fizik camiasının etkileşim ve paylaşımlarını artırmasını hedeflemekteyiz.
Katılım ve desteklerinizle daha da zenginleşeceğine inandığımız kongremizin, meslek grubu olarak teorik ve uygulamaya yönelik bilgi, deneyim ve sorunlarımızı paylaşma ve tartışma olanağı bulacağımız önemli bir platform oluşturacağını düşünmekteyiz. Bu doğrultuda, kongremizde sizleri aramızda görmekten büyük mutluluk ve onur duyacağız.

Sevgi ve Saygılarımızla,

Kongre Düzenleme Kurulu Adına
Kongre Başkanı
Doç. Dr. Aydın Çakır

KURULLAR

Kongre Başkanı
Aydın Çakır
İstanbul Bilgi Üniversitesi

Kongre Genel Sekreteri
Emel Hacıislamoğlu
Karadeniz Teknik Üniversitesi

Kongre Bilimsel Sekreteri
Hilal Acar Demir
İstanbul Medipol Üniversitesi

Düzenleme Kurulu
Bülent Yapıcı
Acıbadem Mehmet Ali Aydınlar Üniversitesi

Murat Okutan
İstanbul Üniversitesi

Tamer Başer
Memorial Ankara Hastanesi Radyasyon Onkolojisi

Murat Köylü
Ege Üniversitesi

Bilimsel Kurul
Aydın Çakır
Ayşegül Yurt
Bülent Yapıcı
Emel Hacıislamoğlu
Hilal Acar Demir
Murat Köylü
Murat Okutan
Mustafa Demir
Tamer Başer
Turan Olgar
Türkay Toklu

19. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ
02-05 KASIM 2023

02 KASIM 2023 PERŞEMBE

	CUMHURİYET SALONU	
10:45-11:15	**AÇILIŞ**	
11:15-12:00	**OTURUM: Ülkemizde ve Dünyada Medikal Fizik Eğitimi: Dünü, Bugünü, Yarını** Oturum Başkanı: **Hatice Bilge Becerir** Radyoterapide Medikal Fizik Eğitimi: **Hilal Acar Demir** Nükleer Tıpta Medikal Fizik Eğitimi: **Mustafa Demir** Radyolojide Medikal Fizik Eğitimi: **Ayşegül Yurt**	
12:00-13:00	**CUMHURİYET SALONU**	**100. YIL SALONU**
	OTURUM: Adaptif Radyoterapi Oturum Başkanı: **Murat Okutan** MR Tabanlı Adaptif Radyoterapi: **Yücel Sağlam** BT/CBCT Tabanlı Adaptif Radyoterapi: **Burçin İspir Aydınlıoğlu**	**OTURUM: Manyetik Rezonans Görüntüleme Sistemleri ve PET / MR** Oturum Başkanı: **Ayşegül Yurt** Davetli Konuşmacı: **Özgür Demirkılınç**
13:00-14:15	**ÖĞLE YEMEĞİ**	
	CUMHURİYET SALONU	
14:15-14:45	**UYDU SEMPOZYUMU:** **myQA ION: Radyoterapide Monte Carlo Tabanlı Bağımsız İkincil Doz Kontrol Yazılımı** Konuşmacılar: **Nadir Küçük / Esra Küçükmorkoç**	EPSILON
14:45-15:45	**OTURUM: Tıpta Yapay Zeka Uygulamaları** Oturum Başkanı: **Haluk Orhun** Tanıda Yapay Zeka: **Yağız Yedekçi** Tedavide Yapay Zeka: **Görkem Güngör**	
15:45-16:15	**KAHVE ARASI**	
16:15-18:15	**CUMHURİYET SALONU**	**16:15-17:15 100. YIL SALONU**
	YUVARLAK MASA: Adaptif Radyoterapi Kararı ve İş Akışı Oturum Başkanları: **Uğur Selek / Emel Hacıislamoğlu** Baş Boyun Kanserlerinde Adaptif Radyoterapi: **Enis Özyar / Gökhan Aydın** Toraks Bölgesi Kanserlerinde Adaptif Radyoterapi: **Ufuk Abacıoğlu / Evren Ozan Göksel** Abdomen Bölgesi Kanserlerinde Adaptif Radyoterapi: **Gökhan Özyiğit / Hüseyin Kıvanç** **İnteraktif Tartışma**	**OTURUM: Bilgisayarlı Tomografi** Oturum Başkanı: **Turan Olgar** BT'de Yeni Teknolojiler ve Uygulamalara Getirdikleri: **Ayşegül Yurt** BT'de Hasta Dozları, Etkileyen Parametreler ve Doz Azaltımında Güncel Yaklaşımlar: **İsmail Özsoykal**
		17:15-18:15 100. YIL SALONU
		OTURUM: Radyoloji ve Nükleer Tıpta Medikal Fizikçiler: Kim? Nerede? Ne Yapıyor? Oturum Başkanı: **Mustafa Demir**

03 KASIM 2023 CUMA

	CUMHURİYET SALONU	100. YIL SALONU
09:00-10:15	**OTURUM: SRS / SBRT Tedavileri: 3N/1K** Oturum Başkanları: **Yıldız Güney / Tamer Başer** Radyasyon Onkologları: **Emine Canyılmaz / Serra Kamer** Medikal Fizik Uzmanları: **Canan Köksal Akbaş / Sinan Hoca** Radyoterapi Teknikerleri: **Sıdıka Okutan / İbrahim Balkan**	**OTURUM: Radyonüklit Tedavilerde Dozimetri** Oturum Başkanları: **Türkay Toklu / Meral Hiçürkmez** Tiroit Hastalıklarında Dozimetri: **Yasemin Parlak** Lu-177 Dozimetrileri: **Burcu Kozanlılar** Y-90 Dozimetrileri: **Bilal Kovan**
10:15-10:30	**KAHVE ARASI**	
	CUMHURİYET SALONU	**100. YIL SALONU**
10:30-11:45	**OTURUM: Medikal Fizik Uzmanı Gözüyle SRS / SBRT Tedavilerine Geçiş Süreci** Oturum Başkanı: **Hilal Acar Demir** Küçük Alan Dozimetresinde Dedektör Seçimi: **Gülbin Kavak** SRS/SBRT'de Tedavi Cihazının Hazırlanması: **Nazlı Bilici** Deneyim Paylaşımı: SRS/SBRTye Geçişte Karşılaşılan Zorluklar: **Ertuğrul Ertürk**	**OTURUM: Radyoloji ve Nükleer Tıpta Örneklerle Dozimetri** Oturum Başkanları: **Ayşegül Yurt / Yasemin Parlak** Nükleer Tıp'ta Dozimetri: **Türkay Toklu** Radyoloji'de Dozimetri: **Turan Olgar**
	CUMHURİYET SALONU	
11:45-12:15	**UYDU SEMPOZYUMU:** **Comprehensive Motion Management & Clinical Experiences with Unity** Konuşmacılar: **Osman Akdağ / Mustafa Karademir**	Elekta
	CUMHURİYET SALONU	**100. YIL SALONU**
12:15-13:30	**YUVARLAK MASA: Lineer Hızlandırıcıların Geleceği?** Oturum Başkanları: **Banu Atalar / Tülay Ercan** Görüş: **Nadir Küçük** Radyoterapide Bore Tipi Lineer Hızlandırıcı Devri Başlıyor Karşıt Görüş: **Alper Özseven** C tipi Lineer Hızlandırıcılar Var Olmaya Devam Edecektir Klinisyen Görüşü: **Esra Kaytan Sağlam / Yasemin Bölükbaşı**	**OTURUM: Nükleer Tıp Radyasyon Dozları** Oturum Başkanları: **Bağnu Uysal / Burcu Kozanlılar** PET/BT-SPECT/BT Çekimlerinde Teçhizat Optimizasyonu, Radyasyon Dozları ve Radyasyondan Korunma: **Tuğba Hacıosmanoğlu** Tedavi Uygulamalarında Teçhizat Optimizasyonu, Radyasyon Dozları ve Radyasyondan Korunma: **Alptuğ Özer Yüksel** Radyofarmasötik Hazırlama İşlemlerinde Teçhizat Optimizasyonu, Radyasyon Dozları ve Radyasyondan Korunma: **Emre Karayel**
13:30-14:45	**ÖĞLE YEMEĞİ**	
	CUMHURİYET SALONU	
14:45-15:15	**UYDU SEMPOZYUMU:** **Vault-Free, Cobalt-Free SRS: Introduction of ZAP-X Gyroscopic Radiosurgery Platform** Konuşmacı: **Nazlı Demirağ** **Hacettepe Üniversitesinde Yeni Bir Dönem: ZAP-X Jiroskopik RadyoCerrahi Tedavi Sistemi** Konuşmacı: **Yağız Yedekçi**	TETRAON
15:15-16:30	**OTURUM: Bilimsel Proje Hazırlama ve Başarı Hikayeleri** Oturum Başkanları: **Bayram Demir / Murat Köylü** Türkiye Saglık Enstitüsü Başkanlığı (TUSEB) ve Tübitak Projeleri Hakkında Bilinmesi Gerekenler: **Serhat Aras** Avrupa Birliği ve Bilimsel Araştırma Projesi (BAP) Projeleri Hakkında Bilinmesi Gerekenler: **Bayram Demir** Projelerle Geliştirilen Ürünler ve Başarı Hikayeleri: **İsmail Özsoykal**	
16:30-16:45	**KAHVE ARASI**	
	CUMHURİYET SALONU	
16:45-18:15	**OTURUM: Sözel Bildiriler** Oturum Başkanları: **Nezahat Olacak / Nural Öztürk** 1. Hastaya Özgü Kalite Güvencesi (PSQA) için Fantom Tasarımı, Üretimi ve Dozimetrik Stabilitesinin Değerlendirilmesi: **Taha Erdoğan** 2. Tiroid Oftalmopatisi Tanısı Alan Olguların 3BKRT-VMAT ve Tomoterapi Radyoterapi Yöntemleri Kullanılarak Elde Edilen Planların Dozimetrik Karşılaştırılması: **Özlem Dildan** 3. Leksell Gamma Knife Radyocerrahisi Tedavi Planlamasında Kullanılan TMR10 ve Convolution Algoritmalarının Dozimetrik Olarak Karşılaştırılması: **Ece Tek** 4. Tüm Vücut Işınlamasında Kullanılan Helikal Tomoterapi, Volümetrik Ark Terapi ve Genişletilmiş SSD Tekniğinin Dozimetrik Olarak Karşılaştırılması Üzerine Çok Merkezli Bir Çalışma: **Serap Çatlı Dinç** 5. Tek İzomerkezli Çoklu Beyin Metastazı için VMAT ve HyperArc Tekniklerinin Dozimetrik Karşılaştırılması: **Zeynep Özen** 6. Görüntü Kılavuzluğunda Radyoterapi Uygulanan Prostat Kanserli Hastalarda Inter-fraksiyonel Değişimlerin Dozimetrik Etkisinin Doz Takibi ile Değerlendirilmesi: **Gizem Bakıcıerler** 7. Gafchromic EBT4 Film Kalibrasyonu: Tarama Yönü ve Pozisyonu Hala Önemli mi?: **Yücel Akdeniz** 8. Farklı Kolimasyon Yapısındaki Lineer Hızlandırıcı Cihazlarının Geniş Alan Sol Meme Yoğunluk Ayarlı Radyoterapisinde Karşılaştırılması: **Melih Uluer** 9. Sol Meme Kanseri Hastaları için Derin İnspirasyon Fazında Oluşturulan VMAT Tedavi Planlarının Serbest Solunumda Oluşturulan Helikal Tomoterapi Tedavi Planlarıyla Dozimetrik Karşılaştırılması: **Evren Ozan Göksel** 10. Türkiye'de Uygulanmakta Olan Kranyospinal Işınlama Tekniklerinin Dozimetrik Olarak Karşılaştırılması: **Öznur Şenkesen**	

04 KASIM 2023 CUMARTESİ

CUMHURİYET SALONU

09:00-10:15

OTURUM: Türkiye İlaç ve Tıbbi Cihaz Kurumu (TITCK) Yönetmeliği ve Kalite Kontrol Çalışmalarından Beklentiler
Oturum Başkanları: **Bülent Yapıcı / Nadir Küçük**
Davetli Konuşmacılar:
Nisa Karakuzu (Türkiye İlaç ve Tıbbi Cihaz Kurumu)
Aydın Çakır (Medikal Fizik Derneği)
Banu Atalar (Türk Radyasyon Onkolojisi Derneği)
Leyla Poyraz (Tıbbi Görüntüleme Teşhis ve Tedavi Teknolojileri Derneği)
Gökçe Kaan Ataç (Türk Radyoloji Derneği Görüntüleme Fiziği ve Güvenliği Eğitim ve Bilimsel Araştırma Grubu)
Fani Bozkurt (Nükleer Tıp Derneği)

10:15-10:45 — **KAHVE ARASI**

10:45-11:45

CUMHURİYET SALONU	100. YIL SALONU
YUVARLAK MASA: Kalite Kontrolde Nereye Gidiyoruz? Oturum Başkanları: **Serap Çatlı Dinç / Şule Parlar** Görüş: **İsmail Faruk Durmuş** Cihaz QA'yi Tek Başına Yeterlidir Karşıt Görüş: **Cemile Ceylan** Hasta QA'den Vazgeçemeyiz	**OTURUM: Nükleer Tıpta Kalite Kontrol** Oturum Başkanları: **Bilal Kovan / Yasemin Parlak** Sayım ve Ölçüm Sistemleri: **Bağnu Uysal** SPECT'te Kalite Kontrol: **Meral Değer** PET'te Kalite Kontrol: **Mustafa Demir**

CUMHURİYET SALONU

11:45-12:15

UYDU SEMPOZYUMU:
SBRT NTO: Yeni Eclipse Özelliği ile SBRT Planlarında Hassasiyet ve Verimliliğin Arttırımı
Konuşmacı: **Nadir Küçük**

varian
A Siemens Healthineers Company

12:15-13:30

CUMHURİYET SALONU	100. YIL SALONU
OTURUM: Gelişen Teknoloji Değişen Radyoterapi Oturum Başkanları: **Bahar Dirican / Zerrin Gani** Tumor Treated Field (TTF): **Murat Köylü** Flash Terapi: **Aysun İnal** Grid (Latice) Terapi: **Songül Barlaz Us**	**OTURUM: Radyolojide Kalite Kontrol** Oturum Başkanı: **Türkay Toklu** Dijital Röntgen ve Floroskopide Kalite Kontrol: **Asena Yalçın** Mamografide Kalite Kontrol: **Gizem Şişman** Bilgisayarlı Tomografide Kalite Kontrol: **İsmail Fındıklı**

13:30-14:45 — **ÖĞLE YEMEĞİ**

CUMHURİYET SALONU

14:45-15:15

UYDU SEMPOZYUMU:
Radixact Synchrony – Tümör Takibi ve Helikal Fan Beam CT ile Klinik Deneyim
Konuşmacılar: **Erhan Dişçi / Damla Poyraz**

"Since 1984" medital HEALTHCARE GROUP

15:15-16:30

CUMHURİYET SALONU	100. YIL SALONU
OTURUM: Sözel Bildiriler Oturum Başkanları: **Songül Karaçam / Sibel Karaca** 1. Hyperion Optik Uyarımlı Kişisel Personel Dozimetre Cihazının Geliştirilmesi ve Üretilmesi: **Hasan Uysal** 2. Jinekolojik Kanserlerin Radyoterapisinde Pelvik Organların Hacimsel Değişimlerinin Dozimetrik Etkilerinin Değerlendirilmesi: **Yılmaz Bilek** 3. Metal Artefakt Azaltma Algoritmasının Radyoterapide Doz Hesaplama Doğruluğu Üzerine Etkisinin Araştırılması: **Osman Vefa Gül** 4. DCAT tekniği ile hazırlanan srs/srt ve akciğer sbrt planlarının myqa srs ve matrixx fantomlarla verifikasyonu ve karşılaştırılması: **Zeynel ŞENOL** 5. Meme Kanserli Olguların Radyoterapi Doz Hesaplamasında Farklı Fantomlardan Elde Edilen Elektron Yoğunluğu Kalibrasyon Eğrilerinin Dozimetrik Etkisinin Karşılaştırılması : **Burcu Gökçe** 6. MRI-Linak Tabanlı IMRT, Akciğer SABR için Konvansiyonel VMAT Tedavi Planlarına Göre Düşük Doz Hacimlerini Azaltabilir mi?: **Yücel Sağlam** 7. Prostat Kanseri Stereotaktik Vücut Radyoterapisinde Gerçek Zamanlı Adaptif Radyoterapi Özelliğine Sahip Lineer Hızlandırıcıların Dozimetrik Olarak Karşılaştırılması: **Anatolia Serkizyan**	**OTURUM: Sözel Bildiriler** Oturum Başkanları: **Bilal Kovan / Turan Olgar** 1. Radyonüklid Tedavi Lezyon Dozimetresinde Hacim Belirleme Parametrelerinin Optimizasyonu: **Eda Mutlu** 2. Tiroid Kanserinde Radyoaktif İyot Tedavisi Sonrası Tüm Vücut Görüntülemesinde İdeal Çekim Zamanının Belirlenmesi Üzerine Bir Çalışma: **Serdar Sedat Işık** 3. Hipertiroidi Tedavisinde Radyoiyot (I-131) Dozimetrisinin Etkinliği: **Gamze Berk** 4. İntrensek Homojenite Değişikliğine Neden Olan Ring Kablo Sorunu ve Giderilmesi: Tüm Vücut Kemik Sintigrafisi Çalışmasında Gözlenen Değişken Homojenite Vakası: **Serdar Sedat Işık** 5. Pediatrik Bilgisayarlı Tomografi Taramalarında CNR, Gürültü ve IQFinv Ölçümlerinin Farklı Kesit Elde Etme Algoritmalarında Değerlendirilmesi: **Ahmet Özgür Kasapgil** 6. Bilgisayarlı Tomografi (BT)'de İteratif Kesit Elde Etme (Iterative Reconstruction, IR) Algoritmalarının TTF (Task Transfer Function) ve NPS (Noise Power Spectrum) Üzerindeki Etkisi: **İsmail Fındıklı**

16:30-16:45 — **KAHVE ARASI**

CUMHURİYET SALONU

16:45-18:15 — **OTURUM: Medikal Fizik Derneği Oturumu**

05 KASIM 2023 PAZAR

	CUMHURİYET SALONU
08:30-09:45	**OTURUM: Brakiterapide Güncel Yaklaşımlar** Oturum Başkanı: **Halil Küçücük** Yeni protokoller Işığında Yaşanan Güncel Gelişmeler: **Hakan Eren** Brakiterapide Pozisyon Doğrulamasındaki Yenilikler: **Kadir Yaray** SBRT Tedavileri Brakiterapinin Yerini Alabilir mi? : **Öznur Şenkesen**
09:45-10:15	**KAHVE ARASI**
	CUMHURİYET SALONU
10:15-11:30	**OTURUM: Monte Carlo Uygulamaları** Oturum Başkanları: **Taylan Tuğrul / İsmail Özsoykal** Radyolojide Monte Carlo Uygulamaları: **Kadir Akgüngör** Nükleer Tıpta Monte Carlo Uygulamaları: **Türkay Toklu** Radyoterapide Monte Carlo Uygulamaları: **Recep Kandemir**
	CUMHURİYET SALONU
11:30-12:30	**KAPANIŞ**

19. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

Hilton Dalaman / Sarıgerme

02-05 KASIM 2023

KONUŞMA ÖZETLERİ

KONUŞMA ÖZETLERİ

Aydın Çakır - Açılış

Saygıdeğer Hocalarım, değerli meslektaşlarım, sayın konuklar,

Medikal Fizik Derneği 19.Ulusal Medikal Fizik Kongre'sini açıyor, kongremize katılan, tüm hocalarımıza, meslektaşlarımıza ve Sağlık Teknolojileri emekçileri sevgili dostlarımıza, değerli Medikal Fizik Derneği Yönetim Kurulu ve Kongre Düzenleme komitesine ve organizasyonda emeği geçen paydaşlarımıza saygılarımı sunuyorum.

Kongremizin Medikal Fizik mesleğinin saygınlığına, gelecek perspektifine, bilime ve insana olan inancına yakışır, üretken ve fikirlerin yarıştığı bir kongre olmasını diliyorum, ve öyle olacağına inanıyorum.
Saygıdeğer hocalarım,
Değerli meslektaşlarım,
Değerli konuklar,
İnsanlık, bugün 20. yüzyıl sona ererken yitirir gibi olduğu "değer" bilincine yeniden kavuşmak arzusuyla bir kez daha güçlerini harekete geçiriyor, belleğini yokluyor, yaratıcılığını sınıyor. Büyük umutların büyük kaygıların gölgesinden sıyrılışına, "umudun" umutsuzluğun içinde parıldayışına, "dayanışmanın" okyanusun derinliklerinden uç verişine tanıklık ettiği bir dönemeçteyiz.

Bugün ülkemiz, Ortadoğu'da yaşanan, "din ve mezhep ayrımcılığı" ve "ırkçılık" olmak üzere iki derin fay hattı üzerinde bulunmaktadır. Bizler; kardeşlik, barış, huzur ve güvenli bir gelecek için her türlü din ve mezhep ayrımcılığına ve ırkçılığın her türlüsüne karşı olmak zorundayız. Farklılıkları ayrışmanın bir sebebi değil,
zenginleşmenin aracı olarak görmeliyiz.
Bizler, Başkomutan Mustafa Kemal Atatürk'ün "Yurtta sulh cihanda sulh" deyişiyle ne yurtta, ne cihanda bir tek insanın bile burnunun kanamasını istemeyiz.
Ulusal Kongremizin, Cumhuriyetimizin 100.yılına denk gelmesi bizleri ayrıca mutlu etmiştir. Bu vesileyle her karış toprağı şehit kanıyla sulanmış bu yüce vatan uğrunda savaşmış başta Cumhuriyetimizin kurucu lideri Gazi Mustafa Kemal Atatürk ve silah arkadaşları olmak üzere, vatan savunması için şehit olmuş gazi olmuş tüm ecdadımızı rahmetle anıyoruz.

Değerli meslektaşlarım,
Sevgili konuklar,
Bir düşünür, "Teoride, teori ve pratik arasında fark yoktur, ama pratikte vardır" demiş. Bizler her zaman dönem başında odaklandığımız çalışma programları ile döneme başlıyor, sonra da bunları tüm camiamıza yarar getirecek şekilde hayata geçirmek için çalışıyoruz. Elbette zaman zaman teoride olmayan farklar, pratikte açığa çıkıyor.
Alman şair Maria Rilke, "Genç Şaire Mektuplar" adlı eserinde: "Sanatçı olmak, hesap yapmamak, sayı saymamak, özsuyunu zorlamaksızın ve yazın gelmeyebileceğinden korkmaksızın bahar fırtınalarına göğüs geren bir ağaç gibi olgunlaşmaktır" demişti. Bizler de böyle bir dünya istiyorsak, çok mu şey istemiş oluyoruz?

Değerli meslektaşlarım,
Bizlerin bugün yaşadığı en akut sorunlardan bir tanesi, sistemsiz bir biçimde açılan, çoğunda yeterli öğretim üyesi ve altyapı olmayan Sağlık Fiziği programlarıdır. Sağlık Fiziği programlarında sınırlamanın sağlıklı bir biçimde uygulanabilmesi için mutlaka;
- Fakülte altyapılarının iyileştirilmeli,
- Uzman insan gücü yetiştirecek yeni formüller üzerinde çalışılmalı, üniversitelerin bir kısmı buna göre yeniden konumlandırılmalı,
- Sağlık Fiziği eğitiminin standartları geliştirilmeli, ihtiyaca yönelik eğitim programları uygulanmalıdır.

Örgütsel gelişme yönünde de adımlar atmak durumundayız. Örgütsel gelişmenin ilk ayağı olarak kendi içimize kapalı bir yapı olmaktan çıkmak, Medikal Fizik alanında kendi dışımızdaki örgüt ve yapılarla işbirliklerinin imkânlarını yaratmak ve çoğaltmak için çaba göstermeliyiz. Onların da katkılarıyla zenginleşeceğimize, bütünleşeceğimize ve geleceğimizi hep birlikte kazanacağımıza inanıyorum.

Değerli meslektaşlarım,
7 Kasım 1867 tarihinde Polonya' da doğan "Marie Sklodowska–Curie", radyoaktivite üzerine çığır açan çalışmalarıyla Medikal Fizik alanında öncüdür. Bu anlamlı gün ilk defa 7 Kasım 2013 tarihinde "Uluslararası Medikal Fizik" günü olarak kutlanmaya başlamıştır. Medikal Fizik biliminin hasta tedavisinde oynadığı role dikkat çeken, ayrıca önemli medikal fizikçilerin tarih boyunca anıldığı bir gündür. Her yıl, dünyanın dört bir yanındaki medikal fizikçiler "7 Kasım Uluslararası Medikal Fizik Günü"nü çeşitli etkinliklerle kutlamaktadırlar. Bu vesileyle tüm meslektaşlarımın "Medikal Fizik Günü"nü kutluyorum.

Geçtiğimiz dönem umut dolu ama zor bir dönem oldu. Bizler başta mensubu olduğumuz "Medikal Fizik" mesleğine, örgütümüze, sağlık sistemine ve halkımıza olumlu bir şeyler katabilme isteği ve gayreti ile çalışmalarımızı sürdürdük, sürdürüyoruz.

Bizden önce hizmet edenlerin koymuş olduğu tuğlanın üzerine bir tuğla daha koyarak yapılanları geliştirip büyütmeye çaba sarf ediyo-

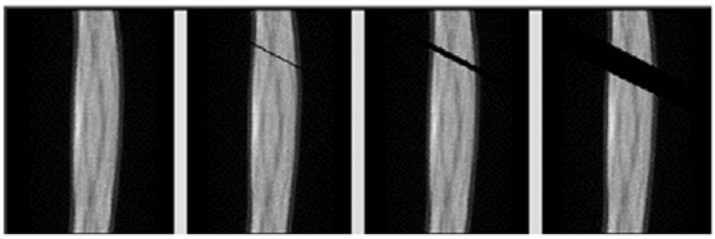
ruz, yarınlarda da devam edeceğiz. Bu anlamda 19'ncu Medikal Fizik Kongremizin mesleğimize, meslektaşlarımıza, sağlık alanına ve ülkemize yararlı olmasını, umut dolu yarınlara, geleceğin ışıklı günlerine pencereler açmasını diliyorum.

Beni dinlediğiniz için teşekkür ediyor, Kongremize onur veren hocalarımız başta olmak üzere, katılım sağlayan değerli meslektaşlarımıza ve kongremiz için sponsorluk sağlayan değerli teknoloji tedarikçilerimiz hepinizi saygılarımla selamlıyorum.

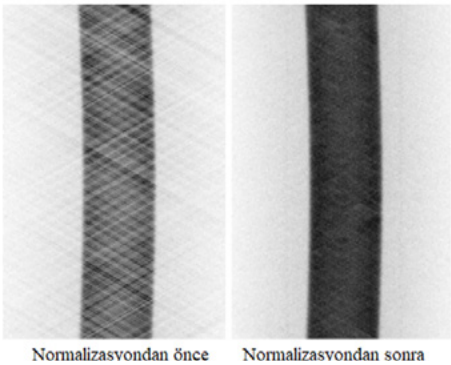
Doç.Dr.Aydın ÇAKIR
Medikal Fizik Derneği Yönetim Kurulu Başkanı

PET/BT Kalite Kontrol Testleri / Prof.Dr.Mustafa Demir

PET/BT görüntüleme sistemlerinin rutine girmesi ile birlikte nükleer tıpta yeni ufuklar açılmış, bu sayede kanserde primer odağın yeri, metatatik odakların yerleri, tedaviye yanıtın değerlendirmesi ve evreleme ve radyoterapi planlama daha kolay ve doğru olarak tespit edilebilir olmuştur.
Pozitron, pozitif yüklü bir elektrondur. Yolu üzerindeki bir elektrona çarpınca, kütlenin enerjiye dönüşümü olayı gerçekleşir. Çarpışan kütleler yok olurken, 511 keV enerjili iki tane anhilasyon fotonu birbiriyle 1800 açı yaparak zıt doğrultuda salınırlar. Bu olaya anhilasyon (yok olma), oluşan fotonlara da anhilasyon fotonları denir. PET anhilasyon fotonlarının görüntülenmesine dayanır. Günümüzde pek çok PET radyofarmasötiği bulunmakla birlikte 18F ve 68Ga en sık kullanılanlardır.
PET/BT tekniğinde aslında PET ve BT iki ayrı gantridir. Her bir gantrinin kalite kontrol testleri ayrı ayrı yapılır. PET günlük kalite kontrol testlerine BT tüpünün ısıtılması ile başlanır. Sonra gantri içinde hiçbir nesne yokken 68Ge kaynağı ile bir tarama yapılarak sinogramların düzgünlüğü, kristal veya detektör bloğu hataları kontrol edilir. PET cihazının marka ve modeline göre değişmekle birlikte 68Ge kaynakları çizgisel veya silindirik olup aktiviteleri 2-2.5 mCi dir. Bu testin haftalık olarak yapılması tavsiye edilir (Şekil 1).



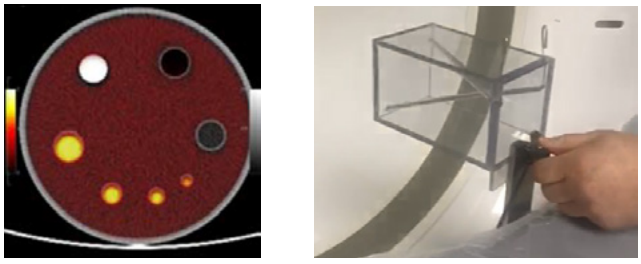
Şekil 1: PET tarayıcıda sinogram görüntüleri. A. Normal, B. Kötü detektör, C. Kötü blok, D. Kötü kontrolör.
Kötü detektör hatası izlenirse normalizasyon kalibrasyonu yapılarak düzeltme sağlanabilir (Şekil 2)



Şekil 2: PET/BT'de detektör kontrolü. PET/BT tarayıcıda alınmış sinogram görüntüleri

PET/BT'de Bilgisayarlı Tomografi (BT)'nin haftalık yapılması gereken önemli testlerinden biri Haunsfield fantom ile kalibrasyondur. Bu fantomun bir ucunda hava (akciğerleri temsil eder) ortasında su (kasları ve vücur sıvılarını temsil eder) diğer ucunda bir demir tel (kemik yapıyı temsil eder) vardır. Bu üç farklı yoğunluktaki materyal -16 000 ile +16 000 olmak üzere BT görüntülerindeki renklendirmeyi sağlayan toplamda 32 000 gri skala rengine karşılık gelen kodları (BT numaraları) belirler.

Aylık yapılması önerilen iki test vardır. Bunlardan biri PET ve BT görüntülerinin füzyon (çakışma-hizalama) kontrolüdür. Bunun için PET kalite kontrol fantomu kullanılabilir. Fantomdaki doldurulabilir 4 adet küreye 18F radyonüklidi, ikisine su doldurulur. Diğer lezyon teflon ile doludur. Fantomun içindeki boşluğa background aktivitesi olarak daha az konsantrasyonda 18F konur. Rutin klinik protokole göre PET/BT taraması yapılarak lezyonların BT ve PET görüntülerinin çakışması-hizalanması göz ile kontrol edilir (Şekil 3)



Şekil 3: PET kalite kontrol fantomunda PET ve BT çakışma-hizalama test görüntüleri. Sağda 68Ge çubuk kaynaklarının çekim için pozisyonlanması.

Aylık kalite kontrol testlerinden diğeri gantry offset kalibrasyonudur. Bu test için çapraz konumda sabitlenmiş 68Ge (0.1-2 mCi) çubuk kaynaklar kullanılır (Şekil 3). Kalibrasyon değerleri görüntü proseslerinde otomatik olarak kullanılarak merkezden sapmalar software ile düzeltilmiş olur.
Üç aylık standart uptake değeri (SUV) kalite kontrolleri, genellikle klinikte en çok kullanılan radyonüklit olan 18F ile yapılır. Bununla birlikte klinikte rutin olarak kullanılan diğer PET radyonüklitleri ile de yılda bir kez SUV kontrolü ve homojenite testinin yapılması önerilmektedir. SUV kontrolünde Pratik pratik bir yöntem, 500 ml plastik su şişesinin içine 500 µCi 18F konularak homojen karışım sağlanır. PET tarayıcıda bir yatak pozisyonunda görüntü alınır. Görüntünün herhangi bir yerinde ölçüne SUV değerinin 1 (bir) çıkması beklenir.

PET rutin kalite kontrol testlerinden başka kabul testleri de vardır. Kabul testleri NEMA standartlarına göre yapılır. Bu testleri burada detaylı bir şekilde anlatmayı testlerin isimlerini vereceğiz. PET NEMA testleri toplam 5 tanedir. Bunlar 1.Sensitivite (Hassasiyet) 2. Uzaysal ayırma gücü 3. Sayım Kayıpları ve Random Düzeltmelerin Doğruluğu 4. Saçılma Fraksiyonu, Kayıp Sayımlar ve Rastgele Olay Ölçümleri 5. Görüntü Kontrastı ve Saçılma/Foton Azalımı Düzeltmesi.

Amerikan Medikal Fizikçiler Birliği (AAPM) PET kabul testlerine farklı bir yaklaşım getirmiştir. NEMA testlerinin yapılabilmesi için özel fantomlar gerekmekte, işlem süreleri uzun ve sonuçların analizi için üreticinin önerdiği yazılımın kullanılması gerekmektedir. Fakat AAPM testlerinin uygulanması kolay, işlem süreleri kısa ve fantomların elde edilmesi daha kolaydır. Bu nedenle PET kabul testlerinde AAPM Task Group 126 report alternatif bir yöntem olarak sunulmuştur.

MR Tabanlı Adaptif Radyoterapi / Doç. Dr. Yücel Sağlam

VKV Koç Sağlık Kuruluşları

Manyetik rezonans (MR) görüntüleme sisteminin radyoterapi (RT) tedavi cihazı olan lineer hızlandırıcıya (Linak) entegrasyonu, tedaviden önce ve tedavi pozisyonundayken MR görüntülerinin çekilebilmesine imkân vermiştir. Bu tedavi yöntemi, MR görüntüleme teknolojisinin kullanılmasıyla daha hassas ve etkili bir şekilde tümör hücrelerini hedef almayı amaçlamıştır. Ayrıca yüksek kaliteli MR görüntüleme çevrimiçi görüntü kılavuzu ile RT yapılmasına imkan sağladığı gibi tedavi sırasında hızlı ve kolay adaptif planlama yapılmasını mümkün kılmıştır. Diğer RT sistemleriyle karşılaştırıldığında referans belirteçler yerleştirmeden yumuşak dokunun daha iyi görüntülenmesi sağlayarak, gerçek zamanlı tümör takibi ve kritik organlarda (OAR) potansiyel olarak daha düşük toksiteyle adaptif radyoterapi yapılmasına imkan vermektedir. MR kılavuzluğunda adaptif RT (MR-GRT) genellikle tümör ve çevre dokuların daha net görüntülenmesi gereken durumlarda bu teknikle değerlendirilebilir.
MR-GRT, iş akışlarında MR görüntülerinin kullanılmasını ifade eder. MR-GRT, tümör ve çevre dokuların daha hassas bir şekilde görüntülenmesine ve radyoterapi planlamasına olanak tanır. MR-GRT iş akışı süreci sırasıyla simülasyon, planlama, OAR ve hedef hacim çizimi, doz tahmini, yeniden optimizasyon ve çevrimiçi kalite kontrol, hedef izleme ve tedavi adımlarından oluşur.
MR kılavuzluğunda adaptif RT iş akışının genel bir özeti:

Simülasyon: Bu süreçte, hastanın pozisyonu belirlenir ve hareket azaltma cihazları kullanılabilir. Hasta, tedavi pozisyonunda MR-Linak cihazına yerleştirilir. MR-GRT simülasyonu, radyoterapi planlama sürecine entegre edilir. Bu aşama, doğru bir tedavi planının oluşturulabilmesi için kritiktir.

Planlama: MR-GRT'nin kullanılacağı hasta grupları belirlenir ve tedavi planlaması yapılır. Bu aşamada, hastanın pozisyonu, hareket azaltma teknikleri ve ilgili anatomik bölgelerin belirlenmesi gibi faktörler göz önünde bulundurulur. MR-GRT, yüksek kontrastlı ve yüksek çözünürlüklü görüntüler sağlar.

Görüntüleme ve Konturlama:MR-GRT iş akışında hasta pozisyonunun doğru olup olmadığının anlaşılması için kullanılan 3B düşük çözünürlüğe sahip görüntüleme pozisyonlama adımı olarak düşünülebilir. Bu adım basit eşleşmeler için kullanılır. Detaylı eşleştirme veya hassas çizim için kullanılmaz. Hastayı masada pozisyonlamak için düşük çözünürlüklü hızlı görüntüleme alınması MR-Linak tedavisindeki ilk adımdır. Gerekli eşleşme ve pozisyonlama için kullanılır. Yüksek çözünürlüklü görüntüleme, 3B 1,5 mm x 1,5 mm x 1,5 mm çözünürlüğe sahip farklı zaman aralığında detaylı çekim aşamasıdır. Bu görüntüler, radyasyon onkologları tarafından tümör ve riskli bölgelerin belirlenmesi için kullanılır. Yüksek çözünürlüklü görüntüler kullanılarak MR-GRT adaptif aşamasında kullanılacak OAR ve GTV hacimlerinin tanımlanması ya da düzeltilmesi işlemini içerir.

MR-GRT Tedavi Planlaması: Tanımlanan OAR ve GTV hacimleri dikkate alınarak radyoterapi planı oluşturulur. Bu plan, tümör hücreleri hedef alınırken, sağlıklı dokulara minimum zarar verme amacını taşır. Sağlıklı dokuların zarar görmemesi için optimum radyasyon dozları hesaplanır. . Hesaplamaların doğru yapılabilmesi için de elektron yoğunluk haritasının doğru olduğundan emin olunması gerekmektedir. Daha önce hesaplanmış orijinal plan ile günün anatomisinin üzerindeki doz farkı kıyaslanır. Klinik olarak anlamlı fark olduğu takdirde adaptif planlamaya geçilerek yeniden optimizasyon yapılır. Uygulanan optimizasyon, kabul kriterlerine ulaşılıncaya kadar tekrarlanarak tedaviye devam edilecek yeni adaptif plana karar verilir.

Tedavi: MR-GRT'nin gerçek zamanlı görüntüleme özellikleri, tedavi sırasında organların ve tümörün konumunu izlemeye yardımcı olur. Kullanıcı tarafından seçilen ideal bir sagital kesit üzerinde GTV ya da tümöre istenilen takip sınırı ve oranı seçilerek sine MR taraması modunda gerçek zamanlı ışınlama yapılır.

Resim: MR-Linak sistemi ile uygulanan MR-GRT iş akış şematik gösterimidir.

Tanıda Yapay Zeka / Yağız Yedekçi

Yapay Zeka (YZ), günümüz sağlık sektöründe önemli bir rol oynayan teknolojik bir gelişme olarak öne çıkıyor. Bu teknoloji, tıp alanında tanı, tedavi planlaması, ilaç keşfi, eğitim ve simülasyon, veri analizi ve tahminler gibi birçok alanda potansiyel avantajlar sunmaktadır. YZ'nin sağlık sektöründeki kullanımı, büyük veri kümelerini hızlı bir şekilde analiz edebilme yeteneği sayesinde önemli bir avantaja sahiptir. Bu özellik, karmaşık hastalık ilişkilerini anlama ve geniş veri setlerinden anlamlı bilgiler çıkarma konusunda önemli bir rol oynar. Ayrıca, hastalıkların erken teşhisi, tedavi planlarının optimize edilmesi ve genel sağlık durumunun iyileştirilmesi gibi konularda YZ'nin etkin bir rol oynayabileceği görülmektedir.

YZ'nin bir diğer avantajı, insan hatalarını azaltma potansiyelidir. Programlandıkları doğrultuda konsantre bir şekilde çalışabilen YZ sistemleri, özellikle tıbbi uygulamalarda düşük hata oranlarıyla çalışma avantajını beraberinde getirir. Bu durum, hastaların doğru bir şekilde değerlendirilmesi ve tedavi planlarının doğru bir şekilde uygulanması konusunda kritik bir rol oynar.
Tahmin yeteneği, YZ'nin sağlık sektöründeki önemli özelliklerinden biridir. Geçmiş veri analizi üzerinden gelecekteki olayları tahmin etme yeteneği, özellikle stratejik planlama süreçlerinde önemli bir role sahiptir. Sağlık sektöründe, hastalıkların gelişimini önceden tahmin etmek, erken müdahale imkanı sağlayarak tedavi başarısını artırabilir.
Ancak, YZ'nin sağlık sektöründeki kullanımı beraberinde bazı zorlukları da getirir. Veri kalitesi, YZ modellerinin doğru ve güvenilir verilere ihtiyaç duymasını gerektirir. Eğer kullanılan veriler hatalı, eksik veya yanıltıcı ise, YZ'nin sonuçları da hatalı olabilir.
Genelleyebilirlik sorunu, YZ modellerinin eğitildiği veri setine sıkı bir şekilde bağlı olabilecekleri gerçeğini yansıtır. Bu durum, modelin farklı hastalar, popülasyonlar veya koşullar için genelleme yapma yeteneğini sınırlayabilir. Özellikle nadir hastalıklar veya nadir klinik senaryolar için geçerlidir.

İnsan gözlemlerinin kısıtlamaları da göz önüne alındığında, YZ'nin tamamen insanların yerini alması uygun değildir. İnsan-makine işbirliği, YZ sonuçlarını doğrulamak ve yorumlamak için önemlidir.
Bu, hasta bakımının kalitesini artırmak ve güvenliği sağlamak için önemli bir adımdır.
Geliştirme ve bakım maliyeti, YZ modellerini geliştirmek ve güncellemek maliyetli olabilir. Ayrıca, bu modellerin sürekli olarak güncel ve güvenli kalması gerekebilir. Bu durum, sağlık sektöründeki kuruluşların bütçe ve kaynak planlaması yaparken dikkate almaları gereken önemli bir faktördür.

Hasta gizliliği, YZ'nin hassas tıbbi verileri işlerken dikkate alınması gereken önemli bir konudur. Verilerin nasıl saklandığı, işlendiği ve paylaşıldığı konusunda titiz bir şekilde yönetilmesi gerekmektedir. Hasta güvenliği ve mahremiyeti konuları, YZ'nin sağlık sektöründeki kullanımında öncelikli olarak ele alınmalıdır.
Sonuç olarak, Yapay Zeka'nın sağlık sektöründeki potansiyeli büyük olmakla birlikte, dikkatlice yönetilmesi ve sorumlu bir şekilde kullanılması gerekmektedir. Sağlık profesyonelleri arasında eğitim ve bilinçlendirme süreçlerinin güçlendirilmesi, YZ'nin sağlık sektöründe etkili ve güvenilir bir şekilde entegre edilmesine katkı sağlayacaktır. YZ'nin potansiyelini tam anlamıyla değerlendirebilmek için, teknolojiye yönelik güncel bilgilere sahip sağlık profesyonelleri ve etik uzmanları arasında etkili bir iletişim ve işbirliği gerekmektedir.

Manyetik Rezonans Görüntüleme (Mr) Sistemleri / Özgür Demirkılınç

Manyetik Rezonans Görüntüleme (MR) Sistemleri, temelde atomik yapıların manyetik özelliklerini kullanarak detaylı görüntüler elde etme amacını taşır. Bu sistemler pratikte Hidrojen atomunu, manyetik bir alan içinde uyararak, Net Manyetizasyon Vektörü ve Larmor Eşitliği prensiplerine dayalı görüntülemede kullanır. Bu süreçte kullanılan Magnet, manyetik alan gücü(B0) ve Radyo Frekansı (B1) gibi bileşenler, manyetik rezonansın optimize edilmesini sağlar. Gradientler ve RF bobinleri, görüntü kalitesini artırmada önemli bir rol oynar. Esnek Battaniye Koilleri gibi inovasyonlar, hastaların konforunu artırarak signal-to-noise ratio (SNR) üzerinde olumlu bir etki yapar. Gelişmiş teknikler arasında yer alan yapay zekâ ve derin öğrenme tabanlı görüntü rekonstrüksiyonu, elde edilen görüntülerin kalitesini ve hızını artırır.

Manyetik Rezonans (MR) görüntüleme süreçlerinde, Puls Sekansları ve Görüntü Kontrastları, Spin Eko, Gradient Eko, ZTE (Zero Time Eko) gibi kavramlar, farklı doku tiplerinin ve anatomik özelliklerin ayrıntılı bir şekilde görüntülenmesini sağlar. Bu yöntemler, kemik görüntülemeden (ZTE) organ analizine kadar geniş bir yelpazede kullanılabilir. Bu bağlamda, manyetik rezonans için esnek koiller ve hızlandırma teknikleri, geleneksel sınırlamaların ötesine geçerek görüntü kalitesini artırır. Bu süreçlerdeki inovatif gelişmeler, sadece hastalıkların teşhisinde değil, aynı zamanda tedavi planlamasında da önemli avantajlar sunar. Bu, manyetik rezonans görüntüleme sistemlerinin sürekli evrimine ve hastaların yaşam kalitesini iyileştirmeye yönelik giderek artan bir odak noktası haline gelmesine neden olmuştur.

Hibrid bir modalite olan PETMR (Pozitron Emisyon Tomografisi ve Manyetik Rezonans Görüntüleme), tanısal görüntüleme teknolojisinde bir devrim niteliğindedir. Bu sistem, Manyetik Rezonans'ın yüksek çözünürlüklü anatomik bilgileri ile Pozitron Emisyon Tomografisi'nin metabolik aktiviteyi hassas bir şekilde ölçme yeteneklerini birleştirir. PETMR, eş zamanlı tarama uygulamalarını destekler, bu da hastanın tek bir seansta hem anatomik hem de metabolik bilgilerin detaylı bir şekilde elde edilmesini sağlar. PET teknolojisinde dedektörler (PMT, APD, SiPM) önenmli rol oynar. Silicon Photomultiplier (SiPM) dedektörler özellikleri nedeniyle modern PETMR sistemlerinde yüksek performans sağlarlar. Ayrıca MR tabanlı Attenuation Correction ve inovatif uygulamalar, PETMR'ın tanısal doğruluğunu ve klinik kullanılabilirliğini artırır. Time-of-Flight PET teknolojisi ve yeni koil tasarımları, görüntüleme sürecini optimize eder ve yapay zekâ uygulamaları, PETMR'ın avantajlarını daha da güçlendirir. Özellikle beyin hareket düzeltme uygulamalarındaki gelişmeler, Alzheimer gibi hastalıkların daha kesin bir şekilde değerlendirilmesine olanak tanır ve klinik karar alma süreçlerini iyileştirir.

Srs/Sbrt De Tedavi Cihazının Hazırlığı / Nazlı Bilici

SRS, SBRT ya da SRT NEDİR? Bunların hepsi aslında fraksiyon başına yüksek doz radyasyon veren tekniklerdir. Bu tedavi tekniğinde ablatif doz adını verdiğimiz 5gy ve üstü dozlar kullanıyoruz. Intrakraniyal ve ekstrakraniyal olarak ikiye ayrılıyor. SRS de beyin içine tedavi tek fraksiyonda uygulanırken, SRT DE tedavi beyin içine birden fazla fraksiyonlarla uygulanır. SBRT de ya da diğer adıyla saber da ise srs gibi tek fraksiyonda ya da multiple fraksiyonlarda akciğer, karaciğer, prostat gibi beyin dışı bölgelere uygulanmaktadır. Planlama yaparken temel mantık ise; PTV ye yüksek dozlar tanımlarken alan dışı sağlıklı dokuların ise en minimalde olmasıdır. Homojen doz dağılımında PTV ya da ITV içinde bulunan maksimum dozlar yüzde 110a kadar kabul edilirken, alan dışı doz düşüşü ise yavaştır, Heterojen bir doz dağılımında ise beam margini penumbraya daha da yaklaştırarak, PTV'nin içindeki maksimum dozların yüzde 125 ve daha fazlasına izin verilmekte ve alan dışı doz düşüşü ise daha hızlı olmaktadır.
Sıkı marjinlerle yüksek doz düşüşü sağlayabilmek için, planlarda fazla gantry, masa açıları ve küçük mlc liflerine ihtiyaç vardır. Piyasada popüler olan iki cihaz elekta versa hd, harmony ve varianın edge ve trubeam cihazlarının mlc yapılarına bakacak olursak, ikisinde de lif yapılarının srs sbrt tedavi planlamaları için uygun küçük lifler olduğunu görüyoruz. Elekta cihazının lifleri izosenterda 5mmken virtual liflerle 1mme kadar düşürülebiliyor, varian cihazlarında ise merkezde lifler 2.5mm. Örnek olarak 1cm life sahip olan bir linak cihazında doz düşüşünü sağlayamacağınızdan cihazınızı upgrade ediyorsanız mlc yapısı önem kazanıyor. İkinci bir cihaz özelliği ise; enerji ve dose ratedir. Günlük yüksek doza çıktığımız için hasta planındaki Monitor unit sayısıda yüksek olacaktır. Birde noncoplanar tedaviler yaptığımız için hastanın cihazda yatış süresi uzamaktadır. SRS ve sbrt de hastayı olabildiğince hareketsiz hale getirmeye çalıştığımız için de hastanın konforu da bozulmaktadır. Bu yüzden bu tekniklerde cihazın yüksek dose rateine ihtiyacımız vardır. Her iki cihazda da 6 fff de 1400 mu ve 10 fff de 2400 mu/dak dose rate ulaşmaktadır. Bunu sağlayanda linaklarda olan tungstenden oluşmuş flattening filter dediğimiz düzleştiricinin kalkmasıyla, merkezdeki dose rate 2-5 katına çıkmaktadır. Bu yüzden SRS-SBRT tedavilerinde flattening filter free 6fff-10fff enerjiler kullanmaktayız. Ayrıca fff ışınlarının dozimetrik avantajlarına bakarsak, Off-axis beam hardeningden daha az etkilenirler. Işın kolimasyonu dışında sızdırma daha az olur. Yani yeni bir linak aldığınızda ya da upgrade ettiğinizde cihazın mlc yapısı ve dose rate değeri de önem kazanmaktadır.
Mühendis cihazı kurduktan sonra, cihazın kabul testi olan customer acceptence testi gerçekleştiriyoruz. 6-10MV enerjilerinin yanında FFF enerjilerinin kabulünde simetri değerlerine aynı şekilde kabul ederken, artık unflat dediğimiz değerler geldiği için üretici firmanın önerdiği aralıkta kabul testini yapabilirsiniz.
Klasik linaklarda olan mekanik, vmat ,görüntüleme testlerinin yanı sıra radyasyon izomerkezi testi çok daha önem kazanıyor, yine üretici firmaya ait fantom ve ekipmanlarla bunu yapabilirsiniz. Ben burada örnek olarak kliniğimizde kullandığımız ball bearing adı verilen ve radyasyon izomerkezi testi yapmamızı sağlayan ekipmanı koydum. Bu teste stereotaktik tedaviler uyguladığımız için 1mm altında olan değeri kabul etmek gerekiyor. Farklı masa, gantry açılarında görüntüler çekilip programa yükleniyor. Oluşan dairenin çapı 1mmden küçükse test geçmiş oluyor. Bu kalibrasyon kaydedilip, daha sonra rutinde bunu kontrol ediyoruz.
Beam dataya başlamadan evvel cihazınızın kabul testinden geçmesi gerekiyor. Mekanik anlamda, gantry nin dengesinin, SSD göstergesinin, izosenterınızın toleranslar içinde olması gerekiyor. Eğerki yeni bir su fantomu kliniğe alınacaksa, piyasada yeni çıkan SRS su fantomlarından alabilirsiniz ya da otomatik alignment yapan su fantomlarını tercih edersiniz su fantomu kurulumu açısından daha rahat etmiş olursunuz.
Beam data için dedektör seçimi küçük alan profil taramaları için çok önemli. Işının Penumbrasını iyi saptayabilmesi için, yüksek rezülasyona; FFF ışınları içinse dose rate bağımlılığı limitli olmalıdır. Şuan da piyasada kullanabileceğimiz tablodan da active volüme efektlerini ve ayrıntılarını görebileceğiniz bir sürü dedektör var. Peki biz hangisini seçmeliyiz? Küçük alan dozimetresi oldukça önemli. Özellikle de Volüme avering effect. Bu etki inplane crossplane taramalarında penumbranın şeklini ve büyüklüğünü değiştirebilir. Bu ne demek? Şimdi elimizde farklı boyutlara sahip dedektörler var. Bu detektörlerle profili ölçtüğümüzü düşünelim. Semiflex iyon odasının boyutu, alan boyutuna göre daha büyük bu profili ölçmeye uygun değil, ki aslında çok küçük olmasa da küçük bir boyuta sahip. Neden ölçmeye uygun değil? Tüm dedektörlerin oluşturduğu etkiye baktığımızda, semiflex de mavi olan merkezde daha az doz, ve alanın dışında ise daha fazla doz görüyoruz. İşte bunların tüm sebebi, dedektörün volümüyle alakalı.
Gönderdiğimiz beam datanın modeli geldikten sonra, modeli TPS'e yüklüyorsunuz. Modelin doğruluğundan emin olmak için bazı testler yapmak zorundasınız. Öncelikle TPSin istediği beam data alanlarını TPS de hesaplatıyoruz. Sonra bunların datasını alıp bu commissioning denen programda hesaplatıyoruz. Bu programa gönderdiğimiz beam datayı ve tpsin hesapladığı değerleri yükleyip karşılaştırma yapıyoruz. Ayrıca su fantomunda point doz ölçümü de gerçekleştiriyoruz.
Modellenecek tedavi planlama sistemine girdi olan MLC parametreleri, intra-leaf leakage, transmission, ayrıca leaf tip transmission ve penumbrayı içerebilir. İyon odası ve filmler genellikle MLC'yi karakterize etmek için kullanılır. Radyocerrahi için kullanılan küçük boyutlu MLC'ler nedeniyle filmler, MLC'nin kenar ve yarı gölge bölgelerini doğru şekilde karakterize etmede faydalıdır. Bununla birlikte, ölçümleri daha iyi eşleştirmek amacıyla farklı MLC modelleme parametrelerini doğrulamak, doğrulamak ve değiştirmek için sıklıkla küçük alan dedektörleri ve çoklu dedektör dizileri kullanılır. Farklı tedavi planlama sistemleri farklı ölçümler gerektirir. Tedavi planlama sistemine bağlı olarak farklı faktörlerde ayarlamalar yapılabilir.
Cihazınızın kabul testlerinden ve ölçümlerinden sonra Günlük, aylık, yıllık olarak stereotaktik içim mekanik, görüntüleme testlerine bakmak gerekiyor. TG 142 ve aapm medical physicis practice guidelanda bu testler mevcut.
Normal konvansiyonel linaklara göre tolerans değerleri artık daha sıkı ve daha hassas.
Görüntüleme testlerinde hergün bir penta fantomuyla kv-mv radyasyon izomerkezi kontrolü yapıyoruz. Bu testte bir penta fantom kullanıyoruz. İzomerkez için lazerleri biraz saptırarak bir cbct çekiyoruz ve kaydırma veriyoruz. Daha sonra bir verification imaj çekiliyor ve kaydırmayı veriyoruz. Gelecek sonuç 3 eksende de 1mm altında ise, sonuç iyi demektir. Böylece görüntü izomerkezini buluyoruz. Mv ile de görüntü çekip gelen sonuç mm altındaysa radyasyon izomerkezinde de doğru yerdeyiz. Eğer 1mm üstünde çıkarsa Flexmap adı verilen CAT de ball bearingle yaptığımız bir kalibrasyon işlemi gerçekleştiriyoruz.

Başarılı bir stereotaktik cerrahi tedavisi gerçekleştirmek istiyorsak, planlarda masa kolimatör ve gantry açıları aynı anda kullanıldığı için, radyasyon ve mekanik izomerkezinin 1 mm in altında olması gerekiyor. Ağırlıktan dolayı tedavi esnasında hareketler olabiliyor. Hareketin en aza indirilmesi; stereotaktik tedavilerin doğruluğunu artırabilir ve bu konu özel bir dikkatle ele alınmıştır. AAPM Görev Grubu Raporu 142 (2009), SRS/SRT tedavileri için radyasyon ve mekanik izomerkez arasında ±1 mm'ye kadar sapmanın kabul edilebilir olduğunu önermektedir. Hedef pozisyonundaki belirsizliklerin 1 mm'den az olduğu durumlarda, doz dağılımı üzerinde klinik olarak önemsiz olarak bildirilen küçük etkiler gözlemlenmiştir; ancak 1 mm'den büyük tutarsızlıklar, ciddi yan etkilere yol açabileceği ve doz ayarlaması gerektirebileceği için kabul edilemez. İzomerkez doğrulama işlemi her SRS/SRT tedavisinden önce gerçekleştirilmelidir.
Tüm bu işlemlerden sonra artık hasta alımına hazırız. Hastanın CT çekiminde vakumlu blue bag, abdominal pressure ya da yüzey takip sistemi ile hastanın Ctsini çekiyoruz. Hekimlerimiz mr, pet ve yardımcı tanı görüntüleri kullanarak, bizimde mekanik değerlerimizi hesaba katarak ptv marjlarını oluşturuyorlar. Fizikçi olarak da genellikle noncoplanar açılar kullanarak planlarımızı gerçekleştiriyoruz.
Klinik hazırlık açısından planınızı bitirdikten sonra plan kalitenizi ölçmek için özellikle akciğer SBRT için kullanılan RTOG NİN 0813 tablosundaki CONFORMALİTY İNDEX, R50, AKCİĞER DOZLARINIZA volümlerinizin hacmine bakarak aralık içinde uygun olup olmadığınızı değerlendirebilirsiniz. Hatta bu tablo sadece akciğer için değil karaciğer sbrtler içinde uygun bulunmuş. Planı onaylarken ve kritik organ dozları için de yararlanabileceğiniz guidelaneler saber uk ve tg 101. Bu guidelaneları kullanabilirsiniz.
Hasta spesifik kalite kontrolünde bu teknikler için; küçük alanları ve yüksek doz gradyanlarını ölçebilmek için SRS ve SBRT ideal ölçüm cihazlarının, küçük dedektörlere ve yüksek uzaysal çözünürlüğe sahip olmalıdır. Piyasada bu teknikler için kullanılabilecek srs QA ekipmanları kullanılmaktadır.
Konvansiyonel linaklarda TG218 gama analizi için %3 dose difference 2mm distance kriterini önerirken, Stereotaktik cerrahi için, küçük olabilen ve keskin doz gradyanlarına sahip doz dağılımları arasındaki farkın daha iyi değerlendirilmesi amacıyla genellikle daha sıkı gama kriterleri önerilmektedir. Keskin doz gradyanlarında doz farkını daha iyi değerlendirmek için %2/2 mm ve %2/1 mm gama kriterleri literatürde yaygın olarak kullanılmaktadır.
Tüm fizik ölçümleri bittikten sonra, hastayı tedaviye almadan evvel tekniker arkadaşlarla birlikte noncoplanar açılar kullanıldığı için dry run adını verdiğimiz bir kontrol testi yapıyoruz. Burada bir penta fantom ya da herhangi bir fantomla hastanın izosenterına getirip, masayı ve açıları döndürerek cihazın masaya emergency butonlara çarpıp çarpmadığına bakıyoruz. Böylece hasta ışınlanırken oluşabilecek bir kazayı da önlemiş oluyorsunuz. Yeni tedavilere başlıyorsanız, yeni açılar kullanıyorsanız ya da daha önce planlamadığınız bir bölge planladıysanız muhakkak bu kontrolü yapmanızı öneriyorum.
Radyoterapinin genel mantığı olan ekip çalışması, stereotaktik tedavilerin daha riskli olması sebebiyle önem kazanmaktadır. Çok güçlü bir radyasyonla karşı karşıyayız ve hedefi ıskalamadığımızdan emin olmak istiyoruz Özetle; SRS/SBRT cihazında fizikçi ölçümleri hasssasiyetle yapmalı, hekimin kontorlama için gerekli öğeleri kullanması doğru çizmesi ve radyoterapi teknikerinde cihazda hastayı bir SRS'SBRT hastası alıyor bilincinde alması gerekmektedir. Radyoterapinin temeli olan ekip çalışması yüksek doz radyasyon verdiğimiz SRS SBRT tedavileri için oldukça önemlidir. Büyük güç büyük sorumluluk getiriyorsa, Yüksek dozlarda yüksek sorumluluk getirecektir.

Lineer Hızlandırıcıların Geleceği? C-Tipi Lineer Hızlandırıcılar Var Olmaya Devam Edecektir / Alper Özseven

Doç. Dr. Alper ÖZSEVEN1
1 Süleyman Demirel Üniversitesi Radyasyon Onkolojisi Ana Bilim Dalı

Görüntüleme teknolojisi ve yapay zekâ alanındaki teknolojik gelişmelerin etkisiyle, radyasyon tedavisinde (radyoterapi) kullanılan lineer hızlandırıcı cihazlarda ve uygulama tekniklerinde yenilikler ve gelişmeler olmuştur [1-3]. Uzun yıllardan beri, radyoterapi (RT) uygulamalarında öncelikli tercih olan C tipi lineer hızlandırıcı cihazlarına ek olarak, nispeten daha küçük boyutlarda ve kompakt olarak adlandırabileceğimiz bore tipi lineer hızlandırıcılar da RT merkezlerinde kendilerine yer bulmuştur. Her ne kadar bore tipi sistemler giderek artan sayıda RT merkezinde kullanılmaya başlasa da; C tipi lineer hızlandırıcılar; yüksek foton ve elektron enerji seviyelerine sahip olması, daha yüksek doz hızlarında tedavi olanağı sunması, daha büyük ve simetrik tedavi alan boyutuna sahip olması, non-koplanar (eş düzlemsel olmayan) tedavi olanağı sunması ve 6 boyutlu tedavi masasına sahip olması gibi teknik özellikler bakımından bore tipi lineer hızlandırıcı sistemlerine günümüzde hala üstünlük kurmaktadır. Özellikle, bu sahip olduğu üstün yeteneklerden iki tanesi olan, non-koplanar tedavi olanağı sunması ve 6 boyutta hareket edebilen masaya sahip olması C tipi lineer hızlandırıcı cihazlarını benzersiz kılmaktadır. C tipi lineer hızlandırıcıların 6 boyutta harekete olanak sağlayan masaya sahip olması, tedavi öncesi hasta pozisyonlanma aşamasındaki doğruluğu ve kesinliği artırarak, tedavi etkinliğini artırmaktadır. C tipi lineer hızlandırıcı tedavi masalarının, öteleme (translational) hareketine ek olarak dönel (rotational) harekete olanak sağlaması, RT planlama ve RT uygulama aşamalarında büyük kolaylıklar sunmakta ve tedavi etkinliğinde kazanç sağlamaktadır [4,5]. Bilhassa, stereotaktik radyocerrahi (SRS) ve stereotaktik vücut radyoterapisinde (SBRT), hedef hacmin daha etkin bir şekilde tedavi edilmesine ve normal dokuların daha az radyasyona maruz kalmasına olanak kılmaktadır [5]. Tüm bu teknik gerekçelere ek olarak, C tipi lineer hızlandırıcı sistemleri üzerindeki araştırma geliştirme (AR-GE) ve üretim geliştirme (ÜR-GE) faaliyetleri de devam etmektedir. Sahip olduğu bu üstün teknik özelliklere ek olarak, sosyo-ekonomik gerekçeler bakımından da C tipi lineer hızlandırıcılar, bore tipi lineer hızlandırıcılara göre ilk tercih olmaya devam etmektedir. 2040 yılında dünyadaki kanser hastası sayısının %42 artması beklenirken, bu kanser hastalarının %70 inin düşük ve orta gelirli ülkelerde olması beklenmektedir. Bu nedenle, küresel boyutta lineer hızlandırıcı cihazlarının ihtiyacı günden güne artmaktadır. Orta gelire sahip ülkelerdeki kanser hastalarının sadece %40 ı RT tedavisine erişebilirken, düşük gelirli ülkelerde bu sayı %10 a kadar düşmektedir [6].
Özellikle, 1.2 milyara yakın insanın yaşadığı Afrika'da toplam 385 RT cihazı bulunurken, bunların yaklaşık %60 ı ise üç ülkede; Mısır, Fas ve Güney Afrika'da bulunmaktadır. Öte yandan, Afrika' da halen tek bir RT cihazının olmadığı ülkeler bulunmaktadır [7]. Diğer yandan, bore tipi lineer hızlandırıcı maliyetlerinin C tipi lineer hızlandırıcılara göre daha yüksek olması da Afrika ülkeleri gibi gelir düzeyi düşük ülkelerdeki RT cihazı yatırımını ve kurulumunu azaltmakta, kanser hastalarına tedavi hizmeti sunulma olasılıklarını düşürmektedir. Bu nedenden ötürü, düşük gelirli ülkelerdeki kanser hastalarının RT ye erişimini amaçlayan, birçok üniversite ve uluslararası kuruluşun paydaş olarak yer aldığı STELLA projesinin (Smart Technology to Extend Lives with Linear Accelerators) hayata geçirilmesi planlanmaktadır [6]. Bu proje kapsamında, lineer hızlandırıcı ihtiyacı olan ülkelere, ucuz, dayanıklı ve tedavi sürekliliği sağlanabilecek RT cihazlarının kurulumu amaçlanmaktadır.

Yukarıda belirtilmiş olan teknik ve sosyo-ekonomik gerekçeler düşünüldüğünde, yakın gelecekte C tipi lineer hızlandırıcılar var olmaya devam edecektir.

Kaynaklar:
1- de Leon, Jeremy, et al. "Optimising the MR-Linac as a standard treatment modality." Journal of Medical Radiation Sciences (2023).
2- Garcia Schüler, Helena Isabel, et al. "Operating procedures, risk management and challenges during implementation of adaptive and non-adaptive MR-guided radiotherapy: 1-year single-center experience." Radiation Oncology 16 (2021): 1-10.
3- De Roover, Robin, et al. "Automated treatment planning of prostate stereotactic body radiotherapy with focal boosting on a fast-rotating O-ring linac: Plan quality comparison with C-arm linacs." Journal of Applied Clinical Medical Physics 22.9 (2021): 59-72.
4- Sarkar, Biplab, et al. "In regards to Pokhrel et al. Clinical validation of ring-mounted halcyon linac for lung SBRT: Comparison to SBRT-dedicated C-arm linac treatments. JACMP 2021 Jan; 22 (1): 261-70." Journal of Applied Clinical Medical Physics 22.6 (2021): 281-282.
5- Hirai, Ryuta, et al. "Time dependence of intra-fractional motion in spinal stereotactic body radiotherapy." in vivo 35.4 (2021): 2433-2437.
6- Dosanjh, Manjit. "Access to Effective Cancer Care in Low-Middle Income Countries Requires Sophisticated Linear Accelerator Based Radiotherapy." JACoW IPAC 2022 (2022): 3147-3151.
7- Directory of Radiotherapy Centers. https://dirac.iaea.org/Query/Map2?mapId=2

Srs/Sbrt'ye Geçişte Karşılaşılan Zorluklar / Mehmet Ertuğrul Ertürk

Öz: Günümüzde SRS ve SBRT yapmayan bir merkez eğer son 10 yıl içinde tedavi cihazını almış ve tedavi planlama sistemlerini değiştirmişse hasta tedavilerinde üç boyutlu konformal radyoterapi (3B-KRT) ve büyük bir olasılıkla yoğunluk ayarlı radyoterapi (YART) yöntemlerini kullanıyordur. Bu çerçeveden bakıldığında Stereotaktik Radyocerrahi (SRS) ve Stereotaktik Vücut Radyoterapisinde (SBRT) kullanılan kavramlara ya aşinadır ya da hali hazırda kullanmaktadır. SRS SBRT günümüzde bu tedavi yöntemleri için geliştirilmiş cihazlarla yapılabildiği gibi C-kollu linaklarla da yapılabilmektedir.

SRS ve SBRT ye geçiş sürecini cihazın hazırlanması, tedavi planlamasının devreye alınması, tedavi bileşenlerinin devreye alınması, tedavi aşaması ve tedavi planlaması kalite kontrolü olarak aşamalara ayırabiliriz.
Küçük alan dozimetresi kavramı 3B-KRT'de de kullanılsa da önemini gösterdiği yer SRS/SBRT'dir. Özellikle kon temelli stereotaksi tedavilerinin yapıldığı cihazlarda büyük önem taşır. Doz hesaplama yaklaşımları gereği ışın verisi ölçümlerinin aynı dedektör ile alınması önemlidir. Bu nedenle, medikal fizik uzmanı ilgili ölçümler için doğru dedektörü belirlemeli ve temin etmelidir. Seçilecek dedektör, tüm ölçümleri güvenli bir şekilde alınmasını mümkün olan en az sayıda düzeltme ile sağlamalıdır. Küçük alan dozimetresi sadece dedektör seçimine yönelik gösterilen bir hassasiyet ve kavram değildir. Küçük alan dozimetresi hassas bir ölçüm düzeneği oluşturulmasını gerektirir. Bu nedenle, su fantomunun dikey ve yatay hareket eksenlerinin ışın yönüne dik veya paralel olduğunun teyit edilmesi önemlidir. Örneğin, 5 mm'lik kon için yapılan yüzde derin doz ölçümünde dedektör hareket ekseni ve ışın yönü arasındaki 0.10 sapma % 1.5'lik bir hataya neden olurken, 0.20 sapma % 6-7'lik bir hataya neden olmaktadır. Bu durum, tedavi planlama sistemi tarafından cihazın enerji parametrelerinin doğru belirlenememesine neden olacaktır. Öte taraftan C-kollu bir doğrusal hızlandırıcıda ölçülen en küçük alan 2 cm x 2 cm olsun. Bu durumda, 0.50 sapmadan kaynaklı hata %1 seviyesinde kalacaktır. Hassasiyet ilgili cihaza ve istenilen veriye göre değerlendirilmeli ve belirlenmelidir. Su fantomlarının otomatik merkez belirleme yazılımları SRS ve SBRT'nin ihtiyaç duyduğu hassasiyeti karşılamayabilir. Bu yüzden dedektörün ışın merkezinde olup olmadığı medikal fizik uzmanı tarafından kontrol edilmelidir.
SRS ve SBRT tedavileri steryotaksi kavramı gereği görüntüleme bileşenlerinden bağımsız düşünülemez. Görüntüleme bileşenleri azaltılan PTV marjları sonucunda ihtiyaç duyduğu hassasiyete sahip olmalıdır.
Benzer şekilde medikal fizik uzmanı, solunum takip sistemi gibi görüntüleme bileşenlerine yardımcı bileşenlerin kullanımının doz dağılında nasıl bir etki gösterdiğini tedavi cihazlarının devreye alınması süresinde incelemelidir. Bu kapsamda yapılması gereken hassa kalite kontroller için kliniğin ihtiyaç duyacağı ekipman temin edilmelidir. Tedavi planlama sistemleri devreye alınırken uluslararası tavsiyelere mutlaka uyulmalı, bu kapsamda önerilen testler yapılmalıdır. Özellikle SRS/SBRT'ye alınan yeni tedavi cihazı ile başlayacak merkezlerde tedavi planlama sistemi devreye alma testleri medikal fizik uzmanlarının hem cihazlarını hem de planlama sistemlerini tanımaları için önemli bir fırsattır.
Tedavi planlamasında kullanılan IMRT alan sayıları arttırılmalı konvasiyonel doz şemasında ön plana çıkmayan tedavi yatağının buildup etkisine dikkat edilmelidir. Hacimsel ark tedavisi yöntemi ile ışınlanan akciğer hastalarında ise interplay etki göz önünde bulundurulmalı ve ark sayısı artırılmalıdır. Benzer şekilde kranyel tümörlerde ise masa açılı ışınlamalar tercih edilmelidir. Tedaviden önce dryrun yaparak olası çarpışma hatalarının önüne geçmek mümkün olacak ve tedavinin güvenle tamamlanması sağlanacaktır. Hasta bazlı kalite kontrol mutlaka uygun bir ölçüm sistemiyle tedaviden önce yapılmalıdır.

Tübitak Ve Tüseb Projeleri Hakkında Bilinmesi Gerekenler / Serhat Aras

Haydarpaşa Numune Eğitim ve Araştırma Hastanesi Radyasyon Onkolojisi Bölümü

Bu bilimsel eğitimin amacı, akademisyen ve araştırmacıların TÜBİTAK ve TÜSEB projeleri hakkında bilinmesi gereken bilgileri detaylı bir şekilde açıklayıp anlatmaktır. Neden proje yazmalıyız, Proje yazmaya nerden başlamalıyız, Bilimsel proje hazırlamada iyi/kötü bilgi nasıl olur, Proje araştırma döngüsü nasıl olmalı, Bilimsel yöntem adımları ve Hipotez oluşturma, Proje başvurusu yapabilecek kaynaklar kimlerdir, TÜBİTAK projesine nasıl başvurulur, TÜSEB projesine nasıl başvurulur, TÜBİTAK ARDEB destek projeleri nedir, TÜSEB Acil ve Ar-Ge projeleri nedir, Proje yazmada Özgün değer, Yöntem, Proje yönetimi ve Yaygın etki nasıl yazılır ve Proje yazarken nelere dikkat etmeliyiz ve tavsiyelerimiz nelerdir konu başlıkları bu eğitimde detaylı bir şekilde ele alındı.

Mamografide Kalite Kontrol / Gizem Şişman

Mamografi; yoğunlukları ve atom numaraları birbirine yakın olan kas, yağ, ve glandüler dokunun yapılarını incelemek amacıyla kullanılan yumuşak doku radyografisidir. Meme kanserinde tarama ve araştırma amacıyla kullanılan altın standart görüntüleme yöntemidir. Mamografinin bir tarama testi olarak kullanılması, mamografi ekipmanlarının kalite kontrolü (QC) için protokollerin geliştirilmesine yol açmıştır. Kalite kontrol protokolleri; görüntü kalitesi (fantomlar kullanılarak), radyasyon dozu ve x-ışını jeneratöründen görüntü oluşumuna kadar zincirin tüm bileşenlerini test etmek için tasarlanmıştır.

Kalite kontrol kılavuzlarının uygulanması ülkeler arasında farklılıklar göstermektedir. Bu farklılıklar, testlerin türünü, kullanılan fantomları, görüntü kalitesi kriterlerini ve sınırlayıcı değerleri kapsamaktadır. Günümüzde mamografi için geçerli olan kılavuzlardan bazıları; ACR(American College of Radiology), AAPM (American Association of Physicists in Medicine), IAEA (International Atomic Energy Agency), The Royal Australian and New Zealand College of Radiologists ve EFOMP (European Federation of Organisations for Medical Physics) tarafından tasarlanmıştır. Diğer kılavuzlardan farklı olarak EFOMP protokollerinin amacı; ülkeler arasında farklı teknolojik seviyelerin olduğu gerçeğini kabul ederek, her ülke tarafından mevcut kaynaklarla
uygulanabilecek testler önermek, tanı ve tedavi sistemleri üzerinde kolayca uygulanan yüksek öncelikli, minimum sayıda kalite kontrol testleri setini geliştirmektir.

Ülkemizde de tıbbi cihazların kalite uygunluk ve kalite kontrol testlerine yönelik çalışmalar bulunmaktadır. Bu amaçla, T.C. Sağlık Bakanlığı Türkiye İlaç ve Tıbbi Cihaz Kurumu'nun (TİTCK) "Diagnostik Radyoloji, Nükleer Tıp ve Radyoterapi Grubu Tıbbi Cihazların Kalite Uygunluk ve Kalite Kontrol Testleri Hakkında Yönetmelik Hükümlerinin Uygulanmasına İlişkin Kılavuz" yayınlanmıştır. Kalite kontrol testlerinin kapsamında farklılıklar görülse de, temel olarak tüm protokollerde mamografi cihazının aynı bileşenlerini değerlendirmek üzere testler önerilmiştir ve uygulanmaktadır. Bu testler 5 temel kategori altında toplanmaktadır. Bunlar; mamografi cihazının tüm bileşenlerini içerecek şekilde; x-ışını kaynağı testleri, otomatik ışınlama kontrol sisteminin (AEC, Automatic Exposure Control) testleri, dedektör performans testleri, görüntü kalitesi testleri ve monitor testleridir. X-ışını kaynağı ile ilgili testler; tüp çıkışı testi ve yarı değer kalınlık (HVL, Half Value Layer) testleridir. Bu testlerin amacı, ortalama glandüler doz için gerekli parametreleri belirlemektir. Otomatik ışınlama kontrol sistemini değerlendirmek için; AEC sisteminin tekrarlanabilirliği testi, sinyal farkı gürültü oranının belirlenmesi ve ortalama glandüler doz testleri uygulanmaktadır. Bu testlerdeki amaç; AEC sisteminin tekrarlanabilirliği ve absorpsiyonun bir fonksiyonu olarak ışınlama parametrelerinin ayarlanabilirliğini test etmektir. Dedektör performansını değerlendirmek için; üniformite testi, gürültü değerlendirmesi, yanıt fonksiyonunun değerlendirilmesi ve artefakt değerlendirmesi gibi testler bulunmaktadır. Bu testlerin amacı; dedektör yanıtının tutarlılığını (lineer/lineer olmayan yanıt, topuk etkisi vb) ve artefakt olup olmadığını kontrol etmektir. Görüntü kalitesini değerlendirmek için kullanılan fantoma bağlı olarak birden fazla parametre bulunmaktadır. Kullanılan fantomun üretici spesifikasyonlarına bakılarak değerlendirmeler yapılmaktadır. Bu testlerle, görüntü kalitesinin kabul edilebilirliği kontrol edilmektedir. Monitör testlerinde ise; DICOM standardına göre monitör kalibrasyonunun ve uniformitesinin doğrulanması hedeflenmektedir. Tıbbi uygulamalarda maruz kalınan radyasyon miktarını artıran en önemli etkenlerden birinin de cihazların kullanıma uygunluğu olması sebebiyle kalite kontrol testlerininin zamanında yapılması önem teşkil etmektedir. Ülkemizde de TİTCK kılavuzu sayesinde, medikal fizikçilerin sorumluluğunda olan ve düzenli periyotlarla uygulanması gereken kalite kontrol ve kalite uygunluk testlerinin uygulanması sadece tedavi cihazları için değil, tanıda kullanılan tüm cihazlar için de zorunlu hale gelmiştir.

Flash Terapi / Aysun İnal

Radyoterapi(RT), kanser hücrelerini yok etmek için iyonlaştırıcı radyasyon kullanırken, radyasyona bağlı toksisite, verilebilecek maksimum dozu kısıtlar. FLASHRT olarak bilinen ultra yüksek doz hızlı (UYDH) RT, geleneksel klinik RT' den birkaç kat yüksek bir oranda radyasyon sağladığı için bu sorunu çözebilir. UYDH (≥40 Gy/s)'nin FLASH etkisi, antitümör etkinliğini korurken sağlıklı dokulara verilen hasarı azaltır. Bu etki ilk olarak 1959'da Dewey ve Boag tarafından rapor edilmiştir, 2014' ten sonra geleneksel RT ile karşılaştırıldığında benzer tümör kontrolü sağlarken normal doku toksisitesinin azaldığını gösteren in vivo çalışmalarla önem kazanmıştır. Geleneksel radyoterapide ışınlama 100Hz ile 4µs uzunluğunda olabilir. Standart durumda doz hızını 0,02 Gy/s varsayarsak, 2 dakikalık bir ışınlama sırasında 12000 atımda 2,4 Gy'lik bir fraksiyon dozu iletilir. Böylece, bir atım sırasında verilen doz 0,0002 Gy ve bir atım içindeki doz hızı ise 50 Gy/s civarındadır.

Normal ve kanserli dokular arasındaki oksijen gerilimi FLASH-RT'yi daha iyi anlamanın anahtarlarından biridir. UYD oranları normal dokularda oksijen tükenmesine katkıda bulunur, böylece radyasyon direncini tetikler, bu da hedefi çevreleyen sağlıklı dokuların radyasyonu daha iyi tolere edebilmesi anlamına gelir.

Bugüne kadar, çoğu FLASHRT, Oriatron ve Kinetron gibi tasarlanmış doğrusal hızlandırıcılar veya elektron modunda çalışan değiştirilmiş klinik Linak'lar tarafından sağlanan 3-18 MeV elektron ışınıyla gerçekleştirilmiştir. Bremsstrahlung tarafından bir elektron ışınının bir X-ışını ışınına dönüştürülmesi verimli değildir ve hedefte büyük miktarda ısı üretir, bu da potansiyel olarak hedefin erimesine neden olabilir. Ek olarak, tipik doğrusal hızlandırıcı ışın akımları, UYDH X-ışınları oluşturmak için yeterli değildir.

UYDH dozimetri için kullanılan geleneksel iyonizasyon odaları, öncelikle hassas hava hacmindeki rekombinasyon kayıplarına bağlı olarak, atım başına doz hızı arttıkça doğrusallıktan önemli ölçüde sapma gösterir. Katı hal dedektörleri, birikmiş doza göre iyi yanıt kararlılığı sunduğu için umut verici bir alternatiftir. Diğer katı hal dedektörlerinin yanı sıra diamond dedektörler de RT uygulamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Diamond dedektörler yüksek radyosensitiviteye sahiptir ve mükemmel uzaysal çözünürlük sunar, bu da onları büyük doz gradyanları ve küçük alanlar içeren uygulamalar için çok uygun hale getirir. MicroDiamond gibi dedektörlerin uygulanabilirliği, FLASH RT'deki potansiyel kullanımları açısından araştırılmaktadır. Radyokromik film, radyasyon enerjisinden ve doz hızından bağımsız olmanın yanı sıra ihmal edilebilir hacim etkisi gibi radyasyon tepkileri için arzu edilen özelliklere sahip bir dozimetredir. Farklı radyokromik film türlerinin etkinliği, bunların doz duyarlılığına, doğruluğuna ve çevresel koşullara verdiği tepkiye bağlıdır. FLASH etkisi özellikle toplam doz, doz hızı, atım hızı ve fraksiyonasyon gibi çeşitli faktörlerden etkilenir. Bu nedenle, istenen etkinin sağlanmasında doğru doz izleme hayati önem taşımaktadır. FLASH RT için uygun dozimetrelere yönelik devam eden araştırmalar, bunun çeşitli kanser tedavi türlerinde daha fazla geliştirilmesini ve uygulanmasını kolaylaştıracaktır.

FLASH-RT iki ana klinik senaryoda gösterilebilir: İlk senaryoda, radyasyona bağlı ek yan etkilere neden olmadan doz artırımı gerçekleştirilebilir ve bu da potansiyel olarak terapötik indeksi iyileştirebilir. İkinci senaryoda, tedaviye bağlı toksisiteyi azaltırken, yine de makul derecede lokal kontrol sağlayabilir. FLASH-RT'nin bu potansiyel faydası, birçok hastanın radyoterapiye aday olmadığı, çünkü lokal hastalık kontrolü için gereken yüksek dozları tolere edemedikleri göz önüne alındığında önemlidir. Bu konuda, klinik potansiyelini daha da genişletecek olan FLASH etkisini daha düşük dozlarda oluşturmanın mümkün olabileceğini belirtmekte fayda vardır; ancak bu alanda daha fazla araştırmaya ihtiyaç olduğu kesindir.

Referanslar

1. Gao F. et al. First demonstration of the FLASH effect with ultrahigh dose rate high-energy X-rays. Radiotherapy and Oncology 166 (2022) 44–50
2. Subıel et al. Recent developments in absolute dosimetry for FLASH radiotherapy. Br J Radiol; 96:2023
3. Siddique S. et. al. FLASH Radiotherapy and the Use of Radiation Dosimeters. Cancers 2023, 15, 3883.
4. Lin B. et al. FLASH Radiotherapy: History and Future. Frontiers in Oncology. (11) May 2021

Grid/Latice Radyoterapi / Songül Barlaz Us

Son yıllarda radyoterapide (RT) önemli teknolojik gelişmeler ortaya çıkmıştır. Yoğunluk ayarlı radyoterapi (IMRT), hacimsel ayarlı ark terapisi (VMAT), görüntü rehberliğinde RT (IGRT) uygulanan ileri ışınlama tekniklerindendir. Ancak sarkom, malign melanom ve nekrotik tümörler gibi radyasyona dirençli tümörlerde bu teknikler yetersiz kalmakta ve ablatif dozlara ihtiyaç duyulmaktadır. Stereotaktik ablatif radyoterapi (SABR), stereotaksik radyocerrahi (SRS) gibi teknikler ile fraksiyon başına radyasyon dozları ve etkililiği ile bilinmektedir. Fakat nispeten küçük lezyonların tedavisinde kullanılmakta, hipofraksiyone olan bu yöntemler büyük tümörlerde yüksek toksisiteye neden olmaktadır.

Uzaysal (sınırlandırılmış) olarak fraksiyonlanmış radyasyon tedavisi (SFRT), büyük radyo-dirençli tümörlerde geleneksel olarak fraksiyone edilmiş radyasyona yanıtı artırabilen özel bir tekniktir. Grid/Latice RT, SFRT teknikleri olarak bilinmektedir. Grid/Latice RT, targetda düşük ve yüksek doz bölgeleri oluşturarak heterojen bir doz dağılımı sağlayan, büyük hedef hacmin içinde, küçük alanlar ile yüksek doz bölgeleri oluşturularak uygulanan tedavi tekniğidir. Lokal ileri tedavi edilebilen tümörlerde, preoperatif yada definitif bulky tümörlerde tedavi yanıtını iyileştirmek için boost yada primer tedavi olarak kullanılmaktadır. Proton tedavi merkezlerinde de grid tedavi uygulamalarına başlanmıştır.

Heterojen doz dağılımı, fiziksel grid blokları ya da sanal grid blokları ile oluşturulur. Fiziksel grid paternleri, bir dizi açıklık içeren serobend yada pirinç bloklardır. Sanal grid blokları ise çok yapraklı kolimatörler (MLC) ile oluşturulmaktadır. Lineer hızlandırıcı, gamaknife, cyberknife, tomoterapi ve yüklü parçacık cihazları (proton) ile sanal grid blokları oluşturmakta kullanılmaktadır.

Grid paternleri ile uygulanan iki boyutlu RT Grid RT (GRT) , üç boyutlu uygulanan RT ise latice RT (LRT) adını almaktadır. İkisi arasındaki benzerlikler mekanik olmaktan çok tarihseldir. Bu nedenle GRT'nin birikmiş klinik deneyimi doğrudan LRT'ye uygulanmamalıdır. Standart RT'de homojen doz dağılımı vardır. Grid/Latice RT'de ise beamletler ile heterojen doz dağılımı (Valley-peak) sağlanmaktadır.

Grid/latice RT, daha iyi cilt ve normal doku koruması sağlar. Tümör içinde pik-vadi oluşturmadaki ve amaçlanan kısmın radyasyon ablasyonu güvenliği, bystander etki ve anti-tümör immunitesi gibi abskopal etki açısından başarılıdır. Ayrıca, target hacım için daha yüksek dozlara çıkılabilir ve riski organ dozlarını (OaR) azaltır. Böylece normal doku toleransında artış meydana gelir. Yüksek dozlara çıkıldığında tümör içindeki damarsal etkiden dolayı radyasyona duyarlılık gelişir (vascular effect) ve bu durum tümör cevabını arttırır.

Grid/Latice RT, sarkom, melanom, adenokarsinom, baş boyun, meme, glioblastom, pankreas, karciğer, akciğer ve jinekolojik kanserler gibi pek çok kanser türünün RT'sinde kullanılmaktadır. Kullanılan enerjiler, tümör derinliğine bağlı olarak 6-18 MV arasında değişmektedir. Fakat nötron oluşumunu engellemek için düşük enerjiler tercih edilmelidir. Genellikle 15-20 Gy tedavi dozu uygulanmaktadır. Sıklıkla tek fraksiyon olarak verilmektedir. Fakat klinik tecrübeye göre farklı fraksiyon sayıları da kullanılmaktadır. Grid tedavi için Monte Carlo algoritması tavsiye edilse de LRT için genel olarak SRS/SBRT için kullanılan planlama algoritmaları kullanılabilmektedir.

Grid/Latice RT, uygulaması yapılan ve aynı zamanda geliştirilmeye devam eden bir tedavi tekniğidir ve büyük hacimli (bulky) veya radyasyona dirençli tümörler ile cerrahi ya da sistemik tedavi olasılığı bulunmayan tümörlerin tedavisinde iyi bir seçenektir. Bununla birlikte, geleneksel RT'den büyük ölçüde farklıdır. Radyocerrahi Derneği (RSS) ve Amerikan Tıp Fizikçileri Birliği (AAPM) tarafından Grid/Latice RT eğitimleri, araştırmalar ve çalışmalar devam etmektedir. Doktorların, medikal fizikçilerin, dozimetristlerin ve teknikerlerin multidisipliner uzmanlığını gerektirir.

Radyolojide Monte Carlo Uygulamaları / Kadir Akgüngör

Özet

Son zamanlarda yapay zeka yöntemleriyle tanısal görüntüleme çalışmaları artmış olsa da, parçacık etkileşimi süreçlerinin simülasyonu için kullanılan Monte Carlo yöntemleri ve simülasyon tekniklerinin tanısal radyolojinin çeşitli alanlarına uygulanması hala temel araştırma konusudur. Tanısal röntgen görüntüleme, düşük enerjili fotonların esas olarak düşük atom numaralı elementlerden oluşan vücuttan geçmesiyle elde edilmektedir. Fotonların katkısına göre fantomda soğurulan doza saçılan fotonların katkısı, enerji, dağılım ve fantom kalınlığı gibi değişkenlere bağlıdır. Bu sunumda Monte Carlo yöntemi özetle anlatılacak, finanstan radyolojide kullanıma kadar örnekler verilecek ve Monte Carlo hesaplamalarına başlayanlar için öneriler verilecektir.

Kadir Akgüngör
Dokuz Eylül Üniversitesi,
Fen Fakültesi, Fizik Bölümü,
Buca, İzmir

Radyoterapi'de Monte Carlo Uygulamaları / Recep Kandemir

Recep Kandemir[1,2]
[1] Dokuz Eylül Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Radyoterapi Programı, İzmir
[2] Dokuz Eylül Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Medikal Fizik Anabilim Dalı, İzmir

Monte Carlo yöntemi, analitik olarak çözülmesi zor olan karmaşık çok boyutlu integral denklemleri için tasarlanmış istatistiksel bir rasgele örnekleme tekniğidir. Bu yöntem, radyoterapideki doz hesaplamalarında da kullanılarak tedavi planlaması süreçlerinde yüksek doğruluk ve hassasiyet sağlama potansiyeline sahiptir. Geant41, GAMOS2, TOPAS3 gibi birçok Monte Carlo tabanlı hesaplama yapabilen yazılım bulunmaktadır. Özellikle radyoterapide Monte Carlo hesaplamaları: Zırhlama, brakiterapi, görüntüleme, lineer hızlandırıcılarda hasta doz hesaplamaları ve ikincil doz hesaplama yöntemleri gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Radyoterapi hesaplamalarında kullanacağımız Monte Carlo kullanıcılara: Hesaplamalarda kullanılan fiziği daha iyi öğrenme, sonsuz deneme yapabilme, sahip olunmayan cihazları modelleyebilme ve yeni prototipler ortaya çıkarma gibi birçok imkan sağlamaktadır. Monte Carlo hesaplamalarının gerçek dünyadaki ölçüm verileri ile uyumlu sonuçlar üretebilmesi için kullanıcılar üretilecek örneklem sayısını oldukça artırmalıdır. Ancak bununla beraber hesaplama sürelerinin de artacağı unutulmamalıdır. Literatür incelendiğinde hâlâ Monte Carlo ile yapılan çalışmalar devamlılığını korumaktadır 4,5,6,7.

[1] Agostinelli, S. ve ark. "GEANT4: A simulation toolkit." Nucl. Instrum. Meth. A506 (2003): 250-303.
[2] Arce, P ve ark. "GAMOS: A Geant4-based easy and flexible framework for nuclear medicine applications," 2008 IEEE Nuclear Science Symposium Conference Record, Dresden, Germany, 2008, pp. 3162-3168, doi: 10.1109/NSSMIC.2008.4775023.
[3] Perl, J ve ark. "TOPAS: an innovative proton Monte Carlo platform for research and clinical applications." Medical physics vol. 39,11 (2012): 6818-37. doi:10.1118/1.4758060
[4] Kandemir, R. ve ark., (2023) The Software with a Graphical User Interface for GAMOS: Basic Training and an Educational Tool for Medical Physicists. Polish Journal of Medical Physics and Engineering, Vol.29 (Issue 1), pp. 42-49. https://doi.org/10.2478/pjmpe-2023-0005
[5] Gayol, A. ve ark "MRI-LINAC Dosimetry Approach by Monte Carlo Codes Coupling Charged Particle Radiation Transport with Strong Magnetic Fields." Radiation Physics and Chemistry 200 (November): 110171. https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2022.110171.
[6] I. Ozoemelam ve ark., "Monte Carlo model of a prototype flat-panel detector for multi-energy applications in radiotherapy," Medical Physics, vol. 50, no. 10, pp. 5944–5955, Oct. 2023, doi: https://doi.org/10.1002/mp.16689.
[7] F. Chappuis ve ark., "The general-purpose Geant4 Monte Carlo toolkit and its Geant4-DNA extension to investigate mechanisms underlying the FLASH effect in radiotherapy: Current status and challenges," Physica Medica, vol. 110, p. 102601, Jun. 2023, doi: https://doi.org/10.1016/j.ejmp.2023.102601.

Türkiye İlaç Ve Tıbbi Cihaz Kurumu (Titck) Yönetmeliği Ve Kalite Kontrol Çalışmalarından Beklentiler / Leyla Poyraz

23.12.2021Tarih ve 31698 Sayılı "Diagnostik Radyoloji, Nükleer Tıp Ve Radyoterapi Grubu Tıbbi Cihazların Kalite Uygunluk Ve Kalite Kontrol Testleri Hakkında Yönetmelik" ile yönetmelik hükümlerinin uygulanmasına ilişkin usul ve esasları belirlemek amacıyla hazırlanmış olan 22.12.2022 Tarih ve TCS-KLVZ-06 Rev.02 Sayılı "Diagnostik Radyoloji, Nükleer Tıp Ve Radyoterapi Grubu Tıbbi Cihazların Kalite Uygunluk Ve Kalite Kontrol Testleri Hakkında Yönetmelik Hükümlerinin Uygulanmasına İlişkin Kılavuz" TİTCK tarafından yayınlanmıştır.

Yönetmelik ile kapsamdaki klinik uygulamalarında kullanılan ve iyonlaştırıcı radyasyon üreten veya yayan tıbbi cihazların piyasaya arz edildikten sonra sağlık hizmet sunucusuna kurulumundan itibaren kullanımları süresince; hastaların, kullanıcıların ve üçüncü kişilerin sağlığı ve güvenliği açısından ortaya çıkabilecek tehlikelere karşı korunmalarını sağlamak için yapılması gereken test, kalite güvence ve denetimleri amaçlanmıştır.

Bu doğrultuda sahada görev alan Medikal Fizikçi Çalışma Belgeleri'nin düzenlenmesi ile görev tanımlarının çerçeveleri oluşturulmuştur. Böylece Medikal Fizikçi'lerin görev aldıkları sağlık hizmet sunucuları içindeki çalışma alanları ve iş tanımları daha belirgin hale gelmiştir. Ayrıca Kalite Uygunluk Faaliyeti yürütecek firmaların Kalite Uygunluk Yetki Belgesi düzenlemesi ile piyasada hizmeti yürütecek firmalar standardize edilmiştir. Kalite Kontrol Testleri'nin ayrıntılı olarak tanımlanması, Kalite Yönetimine yönelik önemli bir boşluğu tamamlamıştır.

Ancak tüm bu süreçlerde karşımıza çıkan ve gözden kaçan detaylara değinmek önemlidir. 2020 yılına ait Nükleer Düzenleme Kurumu (NDK)'nın kayıtlarına göre; 1.8031 adet Tıbbi Radyoloji cihazı (12.317adet Grafi/Skopi, 764 adet Anjiyografi, 1.831 adet BT, 1.802 adet Mamografi, 1.241 adet Kemik Yoğunluğu, 76 adet Mikrofilm), 16.398 adet Diş Hekimliği'nde kullanılan Radyoloji cihazı (5.450 adet Periapikal, 4.881 adet Mobil Periapikal, 5.604 adet Panoramik, 463 adet Diş Tomografisi), 599 adet Nükleer Tıp cihazı(358 adet SPECT, 68 adet SPECT-BT, 3 adet PET, 165 adet PET-BT, 5 adet PET-MR) ve 374 adet Radyoterapi cihazı (5 adet Co-60 Teleterapi, 252 adet Lineer Hızlandırıcı, 1 adet MR-Lineer Hızlandırıcı, 66 adet Sonradan Yüklemeli Brakiterapi, 12 adet Siber Bıçağı, 14 adet Gama Bıçağı, 24 adet Tomoterapi) ülkemizde bulunmaktadır.

Ülkemizdeki cihaz parkına bakıldığında, ihtiyaç duyulan Medikal Fizikçi sayıları ile Kalite Uygunluk ve Kalite Kontrol Testleri'nde kullanılması gereken test ekipmanlarının eksikliğini de gözler önüne sermektedir. Yönetmelik ve kılvuzda tanımlandığı üzere Sağlık hizmet sunucuları, "bünyesinde bulunan ve kalite kontrol testlerinde kullanılan izleme ve ölçüm cihazlarının, kalibrasyon prosedürünü oluşturmak, oluşturduğu prosedüre uygun şekilde kalibrasyonlarını yaptırmak ve takibini sağlamak" yani Metrolojik İzlenebilirlik şartını sağlamak görev ve yükümlülüğündedir. Ayrıca tanımlanan periyotlar ile bakım onarımlarını yapmak ve bunları kayıt altına almak durumundadır.

Tıbbi cihaz ve kalite kontrol testlerinde kullanılan izleme ve ölçüm cihazları satışı gerçekleştiren firmalara alt yapılarını oluşturmak için farkındalık oluşturacaktır. Sağlık hizmet sunucularına ve tıbbi cihaz satış, bakım, onarım hizmeti gerçekleştiren firmalara satış ve satış sonrası yeni yaklaşımlar içinde hizmet ihtiyaçlarının gerektiğini göstermektedir. Tıbbi cihazın tam ekipmanları (kalite kontrol testlerinde kullanılan izleme ve ölçüm cihazları) ile satışı ve satış sorası sadece tıbbi cihaza yönelik bakım onarım ve kalibrasyon hizmetinin yeterli olmadığını, ekipmanlar içinde gerekli hizmet alt yapılarının oluşturulması gerektiğini ortaya koymaktadır. Bu durum alt yapı ve insan kaynağına gerekli yatırımların yapılmasının önemini vurgulamaktadır.

Bu yönetmeliğin uygulamaya geçirilmesinin, Cumhuriyetimizin 100. Yılını kutladığımız yıl ile başlaması da önemini artırmaktadır. Cumhuriyetimizin 100. Yılını Kutlu Olsun…

Cbct Tabanlı Online Radyoterapi / Emine Burçin İspir

Son yıllarda teknolojinin hızlı bir şekilde gelişmesiyle birlikte, radyoterapide adaptif radyoterapi (ART) çağını başlatmak için bilgiyi daha akıllı ve daha hızlı bir şekilde kullanmaya doğru kaçınılmaz bir şekilde ilerliyoruz. ART'de tümör bölgesine gerekli terapötik dozu yüksek hassasiyetle verirken, tüm tedaviler arası ve tedavi sırasında çevredeki sağlıklı dokuyu korumak amaçlanmaktadır. Bu sayede, hastanın yaşam süresini uzatmak, lokal kontrolü sağlamak, toksititeyi azaltmak yani kısacası hastanın yaşam kalitesini arttırmış oluruz. ART kararını, kitlenin hacminin değişimi durumunda, hastanın kilo kaybı durumunda, tedavi planının değiştirerek yapıyoruz. ART uygulaması genellikle üç ana sınıfa ayrılır: (1) Offline RT: Tedavi seansları arasında RT, (2) Online RT: Tedavi seansından hemen hasta masada iken ve (3) Real-time RT: Tedavi seansı sırasında gerçek zamanlı olarak. Online RT (oART) sürecinde gereksinimlerimiz; yüksek kalitede volümetrik görüntüleme, elektron yoğunluğu bilgisi, hızlı otomatik konturlama araçları, hızlı doz hesaplama ve planı tekrardan optimize etme özelliği, hastaya özel kalite kontrol ölçümlerin yerini alacak bağımsız plan ve doz doğrulama araçları olarak sıralanabilir. CBCT tabanlı oART yapabilen Ethos cihazı, yapay zeka özelliğini kullanan, ring tabanlı RT sistemi olup, gantry 100 cm, 6 MV FFF enerjili, 28x28 cm2 alan genişliği, çift katmanlı MLC yapısı, fiziksel ve sanal izomerkezli ve kV CBCT görüntülemeli bir sistemdir. Ethos oART iş bakışı 3 ana kısımda toplanır. 1. kısım, referans planın oluşturulması, 2. kısım hasta tedavi masasında iken, oART planının uygulanması, 3. kısım ise, uygulanan tedavinin sonradan değerlendirilmesidir. 1. kısımda, ilk olarak hekimin hastanın tedavi reçetesini oluşturduğu, fraksiyon şemasını tanımladığı, hedef ve kritik organlar için tolerans dozlarının belirlediği, klinik hedeflerinin önemine göre 1-5 arasında sıralamaların yapıldığı, makineden bağımsız bir şekilde tanımlanan 'RT intent' bölümüdür. Hastanın bilgisayarlı tomografisinin üzerine hedef hacimlerin konturlandığı, yapay zeka özelliği kullanılarak kritik organların otomatik segmentasyonunun yapıldığı yer konturlama kısmıdır. Sonrasında, Ethos'un planlaması yapay zeka özelliğini kullanarak, RT intent kriterlerine göre tahmini doz dağılımını oluşturur. Eğer bu bölümdeki planı beğenmezsek RT intent bölümündeki kriterleri değiştirerek en optimum planı oluşturup, onaylanır. RT intent kısmında belirlediğimiz kriterlere göre, Ethos sistemi otomatik olarak, 7-9-12 alan IMRT ve 2-3 VMAT planları oluşturur. Seçilen plan onaylanır. Sonrasında 2 kısım olan oART'a geçilir. Hasta tedavi için cihazında masasındayken bir CBCT görüntüsü alınır. Sistem, seçilen kritik organları doğrudan kV-CBCT üzerinde tespit eder. Bu yapılar yardımcı yapılar (influencer) olarak adlandırılır. Ethos'un yapay zekaya dayalı otomatik segmentasyon özelliğini kullanarak oluşturulan yardımcı yapıların rehberliğinde hedef hacimler otomatik olarak çizilir.

Örneğin, prostat hastaları için yardımcı yapılar; rektum, mesane ve bağırsaklardır. Hedef ve yardımcı yapıların otomatik segmentasyonundan sonra, Ethos plan oluşturma sistemi, tedavi seansı sırasında planlanmış (scheduled) ve uyarlanmış (adapted) planları oluşturmak için RT intent içindeki bilgileri kullanır. Günün anatomisine göre oluşturulan adaptif planın sonuçları ve referans planın değerleri ile aynı ekranda karşılaştırarak tedaviye karar verilir. Tedavinin bitiminde, 3. kısım olan tedavinin değerlendirilmesinde ise, hastanın tüm tedavisinin kümülatif dozları incelenip, tedavi süresince hedef hacim ve kritik organların doz ve hacimsel değişikliklerin grafiği elde edilir. Sonuç olarak, CBCT tabanlı oART ile tedavi planının günün anatomisine göre yeniden optimizasyonu sayesinde, anatomik değişikliklerin hesaba katılması sağlanır. Hedef hacim kapsamının arttırılması ve normal doku dozunun azaltılması ile toksisite azaltılır.

Sbrt Tedavileri Brakiterapinin Yerini Alabilir Mi? / Öznur Şenkesen

Doz dağılımları ve fraksiyon şemalarındaki benzerlikler SBRT'nin brakiterapiye alternatif olabileceğini düşündürmektedir. SBRT uygulamalarının hasta ve uygulayanlar açısından daha kolay olması nedeniyle konu araştırmacıların ilgisini çekmeye devam ediyor. Çalışmalar çoğunlukla serviks, endometrium ve prostat kanserinin tedavisine yoğunlaşmıştır ve "SBRT, BRT'nin yerini alabilir mi? " sorusunun cevabı her bir bölge için farklıdır.

Brakiterapinin avantajları, eksternal tedavi yöntemleriyle çıkılamayacak kadar yüksek dozlara ulaşılması, kaynaktan uzaklaştıkça hızlı doz düşüşü, aplikatör-organ pozisyonunun sabit kalması, tedavi süresinin kısa ve RAO dozlarının komşu organ hareketlerinden daha az etkilenmesidir. Dezavantajları, özel koşullarda uygulama odası gerektirmesi, çoğu aplikasyonun anestezi gerektirmesi, inop hastaların bazılarına yapılamaması, hastanın planlama için aplikatörle birlikte, BT ve/veya MR odasına taşınması ve planlama sürecini beklemesi olarak sayılabilir. Ayrıca Brakiterapide doz dağılımı aplikasyona bağımlıdır. Interfraksiyonel aplikasyon farklılığı, anestezi ve aplikasyona bağlı komplikasyon olasılığı vardır. Büyük ve düzensiz şekilli hedeflerde Interstisyel (IS) yapılamadığında hedef kapsaması tam sağlanamaz. Ek olarak radyoaktif kaynak alınması, taşınması ve saklanması brakiterapinin zorluklarıdır.

SBRT'de çoğunlukla anesteziye ihtiyaç olmaz. Perforasyon ve enfeksiyon riski yoktur. Büyük hedeflerin reçetelendirilen dozu alması daha kolay sağlanabilir. Ancak SBRT ile hedef yakınında Brakiterapi kadar yüksek doza çıkılamaması, hedeften itibaren doz düşüşünün brakiterapi kadar hızlı olmaması dezavantajlarıdır.

Lokal ileri serviks kanseri hastalarında, büyük ve asimetrik şekilli tümörlerde hedefin kapsanması Intrakaviter (IC) BRT ile çoğunlukla yetersiz kalmaktadır. Böyle hastalarda SBRT ile boost dozu verilmesi önerilmektedir. Ancak IS uygulanabilirse BRT'nin SBRT' den daha üstün olduğu gösterilmiştir.

Gill BS ve ark. (Int J Radiat Oncol Biol Phys 2014;90(5):1083– 90), Serviks kanserinde BRT ve alternatif yöntemlerin kullanımındaki eğilimi NCDB verilerinden belirlemişler ve bu eğilimin farklı RT modaliteleri için sonuçlarını değerlendirmişlerdir. Çalışmada Ocak 2004 – Aralık 2011 yılları arasında tedavi gören EvreIIB-IVA serviks kanseri 7654 hastanın toplam sağ kalımı incelenmiştir. Brakiterapi kullanımının %96.7'den %86.1'e düştüğü aynı periyotta IMRT kullanımının %3.3, SBRT kullanımının %13.9 arttığı görülmüştür. Brakiterapideki %10.6'lık azalmanın, sağ kalımda %14'lük azalmaya karşılık geldiği bulunmuştur.

Medikal inop erken evre endometrium kanserli hastaların definitif tedavisi için Helical Tomoterapi (HT) ile SBRT'nin dozimetrik olarak BRT'ye alternatif olabilirliğinin araştırıldığı bir çalışmada, hedef kapsaması SBRT için anlamlı daha iyi bulunurken, reçetelendirilen dozun %150'sine maruz kalan uterus hacminin BRT'de anlamlı daha yüksek, mesane ve rektum dozunun benzer, bağırsaklar ve femur başlarının BRT'de anlamlı düşük olduğu bildirilmiştir. Bir diğer çalışmada postoperatif erken evre endometrium kanseri hastasının BRT, VMAT ve HT planları dozimetrik olarak karşılaştırılmış, bütün tekniklerde doz kapsaması sağlanmıştır. VMAT ile konformite, HT ile homojenite daha iyi, Mesane D2cc BRT'de anlamlı daha iyi bulunurken, Rektum D2cc üç teknik arasında anlamlı fark bulunmamıştır. Sonuç olarak SBRT tekniklerinin BRT'ye alternatif olabileceği belirtilmiştir.

Lokalize Prostat kanserinde HDR BRT ile Cyber Knife (CK) planlarının karşılaştırmasında, CK ile daha homojen doz dağılımı ve PTV kapsaması sağlanmıştır. BRT, daha hızlı bir doz düşüşü ve daha az rektum hacminin ışınlanmasını sağlamıştır. Çalışmada SBRT'nin, mesane ve üretra için avantaj sağlayabileceği, rektum açısından ancak PTV marjları uygun seçildiğinde üstün olabileceği bildirilmiştir. Prostat kanseri için ASTRO'nun 2016 yılındaki önerilerinde, teknolojik olarak gelişmiş cihazlarla yapılması şartıyla, düşük ve orta riskli hastalarda SBRT'nin brakiterapiye alternatif olabileceği bildirilmiştir.

Meme, Başboyun,ve karaciğer için BRT ile SBRT'nin karşılaştırıldığı çalışmalarda SBRT'nin Brakiterapiye alternatif olamayacağı bildirilmektedir.

Yeni Protokoller Işığında Yaşanan Güncel Gelişmeler / Hakan Eren

GÖRÜNTÜLEME

Primer tümör için görüntüleme türü seçiminde Manyetik Rezonans (MR), Bilgisayarlı Tomografi (BT) ve Ultrasona (US) göre daha avantajlıdır. PET-BT'nin rolü ise; yumuşak doku detayları hakkında bilgi olmamasına rağmen primer tümörün tespiti, doğrulanması ve lenfadenopatinin tespiti için önemlidir. MRI + 18FDG PET/BT incelemeye dahil edildiğinde en iyi elde edilen birincil tedavi seçiminde önemli rol oynamaktadır. MR ile normal anatomi ve primer tümör görünümünde T2W-MRG (MR Görüntüleme) kullanılabilir. Örneğin, endometriyum ve uterusun sınırları rahatlıkla belirlenebilir.

Yeni MR Görüntüleme Teknolojileri

Dinamik Kontrast Arttırılmış (DCE) ve Difüzyon Ağırlıklı Görüntüleme (DWI) MRG ile lezyon tespiti ve tedaviye yanıt değerlendirilebilir. (1,2)

Manyetik Rezonans Görüntüleme

- Yumuşak doku belirlenmesi
- Çok düzlemli görüntüleme
- Yayınlanan öneriler

ile diğer görüntüleme sistemlerine göre avantajlı hale gelmektedir.

Mıknatıs alan gücü arttıkça (T ↑) görüntüleme faydaları da artarken serviks kanseri radyoterapisinde ve klinik etki değerlendirmesinde anlamlı rol oynamaktadır. Ayrıca titanyum aplikatörlerin görüntülenmesi ise >1,5 T, özellikle DWI MRG'de mümkün değildir.

Kontrast ve görüntü kalitesi farklılıklarını önlemek için diagnostik ve brakiterapide aynı görüntüleyicinin kullanılması tavsiye edilir. (3)

IGABT için Görüntüleme Yöntemi Seçimi

Risk Altındaki Organlar (OAR) MR ile organ duvarları görünürken BT ile organ sınırları görünmektedir.

Hedef hacimler MR ile hedef hacimler görünürken BT'de ise hedef hacimler belirlenmesi yumuşak doku betimlenmesi zorluğundan dolayı kesin olarak belirlenememektedir.

Aplikatörler MR ve BT'de belirlenirken anatomik yapılar ise BT'ye nazaran MR'da daha doğrulukla belirlenebilmektedir. (4)

Brakiterapide MR Protokolleri

Brakiterapide hastaya ve kullanılacak MR'ın özelliklerine göre oluşturulacak görüntüleme protokolünün özellikleri aşağıda sıralanmıştır:

- Alan kuvveti
- Mıknatıs konfigürasyonu
- Sequence ve parametreler
- Görüntüleme düzlemleri. (3)

Uygulama protokolü

- Vaginal packing
- Aplikatör sabitlenmesi
- Rektum ve mesanenin yer değiştirmesi. (3,5,6,7)

MRG ve BT için görüntüleme protokolleri

MRG'de yapıldığı gibi GTV şekillendirmesi BT'de mümkün değildir. Konturlama hazırlığı görüntüleme öncesinde başlar:

- Uygulama tekniği adapte edilmeli
- Kalın paslanmaz çelik aplikatörlerden/aksesuarlardan kaçınılmalı
- BT uyumlu ekipman kullanılmalı
- Seyreltilmemiş kontrast maddeden kaçınılmalı
- Vajinal uzantının işaretlemesi düşünülmelidir.

Serviks kanseri için adaptif görüntü kılavuzluğunda brakiterapide yalnızca ilk fraksiyonda MR ile kombine bir MR/BT planlama tekniği önerilmektedir. Brakiterapi öncesi MR, BT'de kontur yapma yeteneğini geliştirir.

KONTURLAMA

ICRU 89 - GEC-ESTRO tarafından serviks kanseri için öneriler:

- Tanı anında ve brakiterapi sırasında GTV, CTV'ler
- OAR tanımı

Primer tümör için tümör ve hedef hacim tanımları:

- Primer tümör için GTV (GTV-T)
- Primer tümör için CTV (CTV-T)
- Rezidüel GTV-T (GTV-Tres)
- Adaptif CTV-T (CTV-Tadapt)
- Yüksek Riskli CTV-T (CTV-THR)
- Orta Riskli CTV-T (CTV-TIR)
- Düşük Riskli CTV-T (CTV-TLR)
- Planlanan Hedef Hacim (PTV-T)

Primer tümör için GTV (GTV-T)

Tedavi reçete dozu ve planlamasının temeli olup UICC - TNM sınıflandırmasına göre primer tümör için makroskobik olarak gösterilebilen hastalığı temsil eder.

Primer tümör için CTV (CTV-T)

GTV ve varsayılan subklinik malign hastalık ve primer tümör GTV sınırındaki mikroskobik tümör yayılımını kapsar.
GEC-ESTRO tavsiyelerinde üç farklı CTV-T tanımlanmıştır:

- Yüksek Riskli CTV
- Orta Riskli CTV
- Düşük Riskli CTV

Risk Altındaki Organlar (OAR)
2 cm3 - 3 cm3'e kadar olan küçük organ duvarı hacimleri, brakiterapiye bağlı morbidite için tipik hedefleri temsil eder. Riskli organlar ise;

- Rektum
- Sigmoid
- Mesane
- Vajina
- Üretra
- İnce bağırsak

Eğer 2 cm3'e kadar olan dozlar değerlendirilirse, organ duvarı yerine organların konturunu çizebilir. BT ve MRG dış organ sınırlarının belirlenmesinde faydalıdır. Ancak MRG daha üstündür.
MR ve BT Tabanlı Konturlama
MR tabanlı yaklaşım altın standart olup BT tabanlı yaklaşım aşağıdaki koşullar sağlandığında uygulanabilir:

- MR tabanlı yaklaşım konusunda deneyimli
- Tedavi öncesi MR mevcut
- Kullanılan standart BT protokolü
- Dahil edilen klinik bulgular
- Brakiterapi öncesi MRG olanakları ile BT'de konturlama. (8,9)

MODERN İNTRAKAVİTER TEKNİKLER

Aplikatörler
Statik zırhlama içeren BT/MR uyumlu aplikatörler
Adaptif aplikatörler
Mold tekniği uygulanarak kişiselleştirilen aplikatörler:

- Anatomi, tümör şekli ve boyutuna göre bireysel olarak uyarlanır.
- Kişiselleştirilmiş intrakaviter ışınlama ile iyi hasta toleransı sağlar.
- Vajinal tampona gerek yoktur.
- MR uyumludur.

Sınırlama ise reçete dozunun hedef hacmi kapsamamasıdır. Planlama kabiliyeti olan farklı kaynak yükleme pozisyonları ve optimizasyon yöntemleri ile giderilebilir.

APLİKATÖR REKONSTRÜKSİYONU

BT/MR aplikatörü için X-ışını işaretleyicileri kullanılarak BT/MR görüntüleri kullanılarak aplikatör rekonstrüksiyonu gerçekleştirilebilir. BT/MR aplikatörü için MR işaretleri suyla doldurulurlar. Ayrıca $CuSO_4$'da kullanılabilir. MRI sırasında X-ışını işaretleyicisi kullanılmamalıdır.
BT ve MR Füzyonu
BT'de aplikatör görünümü basit olarak görülebilir iken MR'da ise hedef hacim daha kolay belirlenebilir. Bu yüzden BT/MR füzyonu eğer mümkün ise önerilmektedir.

TEDAVİ PLANLAMASI

MR tabanlı tedavi planlaması, yoğunluk düzeltmesi önemli olmadığından Ir-192 veya Cs-137 kaynaklarına sahip jinekolojik brakiterapi için iyi çalışacaktır.

ICRU-GEC-ESTRO TAVSİYELERİ: DOZ-HACİM RAPORLAMASI

ICRU 89: Üç Raporlama Düzeyi:
Level 1: Minimum standart: Tüm merkezler, tüm hastalar için geçerlidir.
Level 2: Gelişmiş standart: Kapsamlı bilgi paylaşımı gereklidir.
Level 3: Araştırma odaklı: Yeni kavramlar oluşturulmalıdır.
Tümör Kapsamının Raporlanması
Tanı ve brakiterapi tedavisine ait hedef hacimlerin (GTV ve CTV) raporlanmasını içerir. (10)
Raporlama İşlemi için Genel Hususlar
D ve V'nin reçetelenmesi, kaydedilmesi ve raporlanması
Eksternal ve brakiterapi tedavilerinin toplamı için hedef hacim ve risk altındaki organlara (OAR) ait doz hacim değerleri EQD2'ye göre belirlenir. (11)
Hedefe İlişkin Raporlama Parametreleri
Hedef Hacimlerin Dozları - Primer Tümör
GTV ve CTV için ICRU 89'a göre Level 1,2,3'e ait değerler raporlanır.
ICRU 89: Referans A Noktası

Hesaplanan A noktasının aldığı doz belirtilir.
Risk Altındaki Organlara Uygulanan Dozlar
ICRU'nun 89 no'lu raporuna göre;

- Rektum
- Mesane
- Sigmoid
- İnce bağırsak
- Vajina

için düşük ve yüksek doz-hacim bilgileri raporlanır.

EMBRACE II PLANLAMA AMAÇLARI VE REÇETE SINIRLARI

EMBRACE-II protokolüne göre risk altındaki organlar (OAR) ve hedef hacim türleri için doz sınırlamaları sırasıyla Tablo 1 ve Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 1: Risk Altındaki Organlara (OAR) ait Doz Sınırlamaları

Tablo 1: Risk Altındaki Organlara (OAR) ait Doz Sınırlamaları

	Mesane D_{2cm^3} $EQD2_3$	Rektum D_{2cm^3} $EQD2_3$	Recto-Vaginal Nokta $EQD2_3$	Sigmoid-Bağırsak D_{2cm^3} $EQD2_3$
Planlama Hedefi	**<80 Gy**	**<65 Gy**	**<65 Gy**	**<70 Gy**
Reçetelendirilen Doz Sınırları	**<90 Gy**	**<75 Gy**	**<75 Gy**	**<75 Gy**

Tablo 2: Hedef Hacim Türlerine ait Doz Sınırlamaları

Yapı	Doz Hacim Parametresi	Planlama Amacı (Gy)
CTV_{HR}	$EQD2_{10}$ D_{90}	≥ 85 (>90 - <95)
CTV_{HR}	$EQD2_{10}$ D_{98}	>75
GTV	$EQD2_{10}$ D_{98}	≥ 90 (>95)
CTV_{IR}	$EQD2_{10}$ D_{98}	>60
A Noktası	$EQD2_{10}$	>60

OPTİMİZASYON TEKNİKLERİ

Doz optimizasyon yöntemleri:

Manuel doz optimizasyonu
Grafik optimizasyonu
Invers planlama

Optimizasyon yöntemlerinden öncelikle standart planlamanın ardından gerekli durumlarda (hedef hacim ve risk altındaki organların doz limitleri sağlanmadığı koşullarda) manuel olarak optimizasyon yapılmalıdır. Grafik optimizasyonla sadece küçük değişikliklere izin verilmelidir.

DVH ANALİZİ

Denklem 1'de verildiği üzere Homojenite İndeksi hesaplanmalıdır.

Homojenite İndeksi (>0,75) $$HI=(CTV(100\%)-CTV(150\%))/(CTV(100\%)) \quad (1)$$

REFERANSLAR

Review: Lee Hl, et al. JNM 2015;56(3).
Harry VN. Gynecol Oncol 2010.
Dimopoulos JCA et al. Radiother Oncol 2012;103:113-22.
Viswanathan et al. IJROBP 2007.
Chandramouli S, et al. Doha - Heidelberg Research Conference 2018.
Dimopoulos JCA et al. MRI Recmm...Radiother Oncol 2012
Petric P, et al. Axial vs Para-axial...Radiother Oncol 2006.
Viswanathan AN,et al. Radiother Oncol 2007.
Int J Radiation Oncol Biol Phys, Vol. 90, No. 2, pp. 320-328, 2014.
ICRU/GEC ESTRO Report 89, 2016.
ICRU Report 89, 2016; pp 106.

Kalite Kontrolde Nereye Gidiyoruz? Cihaz Qa Tek Başına Yeterlidir / İsmail Faruk Durmuş

Kalite temini (QA; Quality Assurance) bir ürünün/sistemin veya servisin kalite gerekliliklerini güvenilir bir şekilde sağlamak için gerekli olan planlı ve sistematik eylemlerdir. Kalite teminini veya güvenilirliğini sağlamak için kalite kontroller yapılmaktadır. Kalite kontrol, ölçülebilen standartlarla karşılaştırma yapan gerçek kalite performansıdır. QA sürecinin bir parçasıdır ve kullanılan tüm teknik ve işlemleri kapsar. Bir cihazın veya sistemin gerçek çalışma performansı özelliklerinin değerlendirilmesini, istenen hedeflerle karşılaştırılmasını ve farka göre hareket edilmesini gerektirir. Radyoterapi (RT) de kalite standartları WHO, ASTRO, ESTRO, AAPM, IPEM, vs. gibi kurum ve kuruluşların yayınlarını takip ederek sağlamaktayız. Kalite temininin gerekliliği ise tedavinin doğru ve olası riskleri en aza indirerek uygulanmasını sağlar. Ayrıca cihazın/sistemin zamanla değişkenliğinin belirlenmesini sağlar. Uygulanacak tedavilerin hassasiyeti ve kompleks derecesinin belirlenmesine de olanak tanır.

Cihaz bazlı QA ile lineer hızlandırıcının günlük, haftalık, aylık ve yıllık kontrolleri yapılarak sistemin güvenilirliğini sağlamaktayız. Bu yaptığımız testler sayesinde cihazın optimum standartlarından herhangi bir sapma veya farklılık olduğunda bunu tespit edip gerekli kalibrasyon veya ayarlamaları yapabilmekteyiz. Bu sayede güvenli ve doğru bir tedaviyi uygulama şansımız olmaktadır. Özellikle AAPM TG-142 ve 198 raporları cihaz QA kapsamında bizlere büyük yol göstermektedir.

Hasta bazlı QA ise kısaca tedavi planlama sisteminde hazırlanan planın verifikasyonu olarak tanımlayabiliriz. Hasta bazlı QA rutinde yoğunluk ayarlı tedavilerin doğruluğunu veya cihazın planı uygulanabilirliğini test etmektedir. Fakat kullanılan hasta QA ekipmanlarının bu amaca yönelik verifikasyon sağlamasında bazı belirsizlikleri vardır. İdeal olarak MLC pozisyon ve hızı, MU, akı, DVH, absolute doz, linak'ın plana göre mekanik doğruluğu ve data transferi gibi bilgilerinin tamamını hasta bazlı QA sistemleri ile analiz etmemiz mümkün olmamaktadır. Hem ekipman hem de gama analiz metodundan kaynaklı belirsizlikler ve eksiklikler bu analizlerin tamamını veya bir kısmını yapmamıza imkan vermemektedir.

Gamma knife, intra-operatif RT ve online adaptif RT sistemlerinde tedavi öncesi ölçüm tabanlı hasta QA yapma imkanı yoktur. Bu sistemlerde cihaz bazlı QA'yi doğru, eksiksiz bir şekilde yapıldığında tedavilerin güvenli olarak uygulanmasında sorun veya belirsizlik olduğu bildirilmemiştir.

RT radyasyon hatalarına ve kazalarına karşı sıfır tolerans ve reçeteden sıfır sapma ile birlikte düşünülerek uygulanmalıdır. Cihaz QA her ne kadar uzun zaman alsa da, tedavilerin doğru ve en az belirsizlikle uygulanması için vazgeçilmez bir argümandır. Fakat kliniklerde olası hataları önlemek için cihaz QA'in yanında hasta QA ve sıkı iş takibi ile yüksek hassasiyette güvenilir tedaviler uygulanabilir.

Abdominal Bölgede Adaptif Radyoterapi / Hüseyin Kıvanç / Gökhan Özyiğit

Abdominal bölgede adaptif radyoterapi (ART) uygulamalarının ne zaman ve nasıl yapılması gerektiği, gerçekten gerekli olup olmadığı ve klinik fayda konularını özetlemeye çalışacağız. Offline(çevrimiçi) ve online(çevrimdışı) olarak uygulanabilen ART stratejileri, başta kilo kaybı olmak üzere tümör hacim değişiklikleri ve kritik organ (OAR) hareketleri sebebiyle uygulanmaktadır. Özellikle Jinekolojik vakalarda rektum, mesane ve barsak hacimleri ve konumları tedaviler içi ve arası ART gerektirebilir. Prostat için rektum ve mesane doluluğu/boşluğu standart olsa dahi, birbiri arasındaki ilişki sebebiyle ve pankreas tedavilerinde ise barsak, mide ve duodenum konum ve hareketi ART gerektirebilir. Nasıl uygulanması gerektiğine bakacak olursak; öncelikle diğer anatomik bölgelerin aksine, abdominal ve pelvik bölgelerde, fraksiyonlar arası ve içi hedef ve OAR hareketleri sebebiyle daha sık ve özellikle online ART (oART) yapılması önerilmektedir. Offline ART öncelikle kilo kaybında, prostat, serviks ve mesane kanseri için, ilk birkaç tedavi fraksiyonundaki anatomik değişiklikler ölçülüp, ortalama bir anatomik model belirlenerek veya önceden belirlenen bir günde çekilen BT ile geleneksel yöntemler ve önemli bir altyapı değişikliği olmadan daha seçici olarak uygulanabilir. Online ART, özellikle serviks ile prostat ve pankreas bölgesindeki, tahmin edilemeyen değişiklikler sebebiyle günlük yeniden optimizasyon yapılarak veya birkaç farklı anatomik durum için (örn. mesanenin farklı doluluk oranları için) yapılan planlamalar ve tedavi günü uygun planın seçilmesiyle uygulanmaktadır (Günün planı (Plan of the day)).

Online ART için özellikle günlük iş akışını zorlayıcı; yüksek kalite görüntüleme, yeniden konturlama, planlama ve kalite kontrol (QA) sebepleriyle gereklilik ve klinik fayda konusu dikkate alınmalıdır.

Abdominal ve pelvik bölge için sıklıkla karşımıza çıkan birkaç kanser özelinde konuyu değerlendireceğiz. İlk olarak prostat kanserindeki anatomik değişikliklere bakacak olursak; bir çalışmada 10 hastanın 102 günlük BT verisiyle prostat, rektum ve mesane Dice coefficient (DSC) değerlerinin sırasıyla 86.6% ± 5.1%, 77.3% ± 7.4% ve 75.4% ± 11.2% olduğu görülmüş ve bir diğerinde ise 20 hastanın 486 günlük BT verisiyle ortalama prostat DSC, 69.7% ± 13.8% olarak belirlenmiştir (1,2). Retrospektif olarak, 20 hastanın 40Gy/5 frx tedavisi üzerinden farklı ART stratejilerinin (online, offline ve kombinasyonları) incelendiği bir çalışmada her gün yerine gün aşırı oART önerilmiştir (3). Serviks kanseri özelinde, değişken mesane dolumu ile uterus ucunun, 65 mm ye kadar çıkabildiği, ortalama fraksiyonlar arası servikal hareketin 0,3-16 mm arasında olduğu raporlanmıştır (4,5). MR-linak üzerindeki MRI ile ortalama fraksiyonel hareketin rektal gaz geçişine bağlı olarak maksimum 9 mm ye kadar çıkabildiği görülmüştür (6). Online ART, MRI ve CBCT kılavuzluğunda sistemler ile uygulanabilmektedir. MRI tabanlı sistemler her ne kadar yumuşak doku hassasiyetini artırsa da klostrofobik veya metalik implant olan hastalar için dezavantajlı ve ekstra olarak özel bir MR sistemi gereğiyle de pahalı sistemlerdir. Serviks bölgesinde oART, günün planı yaklaşımıyla da uygulanabilmektedir. Bu yöntem, rektumu boşaltılan hastaya mesanenin farklı doluluk oranları için plan yapılıp tedavi günü uygun planın seçilmesiyle uygulanmaktadır. Bu yaklaşımı içeren bir çalışmada uterus hareketi 2,5 cm'den büyük olan hastalarda mesane ve rektum V95% hacimlerinde düşüş, PTV V95% hacminde azalma görülmüştür (7). Ayrıca otomatik yazılımlar ile zaman tasarrufu sağlanacağı da gösterilmiştir. Abdomen bölgesinde sık karşılaştığımız mesane kanserinde, büyük organ hareketi ve mesane dolumunda farklılıklar, tedavi planlaması ve uygulaması iş akışında su içme protokolleri ve Foley kateterleri kullanıldığında bile 2 cm'ye kadar planlama marjları gerekmekte ve bununla birlikte PTV hacmi büyümektedir. Burada offline ART stratejisi olarak, çekilen CBCTler ve planlama BT ile hastaya özgü PTV marjlarının belirlenebildiği gibi, farklı günün planı stratejileri de kullanılmaktadır (8,9). Ayrıca CBCT veya MRI tabanlı sistemler ile günlük yeniden optimizasyon oART yapılmaktadır. OAR hareketlerinden en çok etkilenen bölgelerden biri de pankreastır. Pankreas kanserinde, pozisyonel olarak günlük değişimlerin, her yönde 2 cm, solunumla ilişkili 2,3 cm ye kadar, mide için ise 3,5 cm her yönde ve 4 boyutlu bir MRI çalışmasında, pankreas ve duodenumun solunumla ilişkili 7 mm'ye kadar hareket olabileceği bildirilmiştir (10,11). Bunların yanı sıra bağırsak hareketleri de dikkate alınırsa, oldukça hareketli bir bölgedir. Yumuşak doku hassasiyeti sebebiyle, özellikle MR kılavuzluğunda oART sistemleri önerilmektedir. MR kılavuzluğunda oART'nin incelendiği bir çalışmada, lokal ileri pankreas tanılı, 40Gy/5 frx verilen hastalarda, hedef için GTV V95% de artış, duodenum V33Gy de 0,3 cc koruma elde edilerek oART nin gerekliliği gösterilmiş ve işlem süresini kısaltmak için Plan predict yöntemi ortaya koyulmuştur (12).

Özet olarak, pankreas gibi bölgelerde her zaman, prostat, serviks ve mesane gibi bölgelerde gerektiğinde ve hastaya özgü fizyolojik ve/veya anatomik değişimler gözlendiği zaman ART yapılmalıdır. Pankreas için MR kılavuzluğunda yeniden optimizasyon oART, prostat, serviks ve mesane gibi bölgeler için bölgeye ve hastaya özgü stratejiler kullanılabilir. Gereklilik ve klinik fayda konusunda, özellikle oART ile hedef marjların azaltılması ve OAR koruması açısından oldukça anlamlı sonuçlar elde etsek dahi, yapay zekâ gibi otomatik sistemlerin geliştirilmesi ile daha hızlı, görüntüleme kalitesindeki artış ile daha hassas, hızlı, hassas ve zamandan tasarruf sağlayan QA sistemleri ile daha doğru tedaviler ile bu konu anlamını yitirebilir.

Kaynakça

1. Liu ve arkadaşları. Med Phys, 41 (2014).
2. Cheng ve arkadaşları. Int J Radiat Oncol Biol Phys 79 (2011).
3. Siciarz ve arkadaşları. J Appl Clin Med Phys. 2021 22(12).
4. Ahmad ve arkadaşları. Radiother Oncol, 98 (2011).
5. Jadon ve arkadaşları. Clin Oncol, 26 (2014).
6. Cree ve arkadaşları. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 105 (2019).
7. Buschmann ve arkadaşları. Z Med Phys. 28 (2018).
8. J Med Imag Radiat Sci, 49 (4) (2018)
9. V.Kong ve arkadaşları. Clinical Oncology, 33(6) (2021)
10. Axen Li ve arkadaşları. Radiotherapy and Oncology, 100 (2011)
11. Bjorn ve arkadaşları. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 91 (2015)
12. Bohoudi ve arkadaşları. Radiother Oncol. 132 (2019)

Bilgisayarlı Tomografide Kalite Kontrol / İsmail Fındıklı

Bilgisayarlı Tomografi (BT) incelemelerinin yüksek doz prosedürlerine sahip olması ve yaygın kullanımı, toplum dozuna katkısını önemli ölçüde artırmaktadır. Özellikle hamile hastalar veya çocuklar söz konusu olduğunda daha da önemlidir. BT Ekipmanlarının tasarımı, çalışma performansı ve optimal kullanımı, dozu büyük ölçüde etkiler. Cihaz performansı, kliniğe ilk kurulduğunda kabul testleri ve kullanım ömrü boyunca rutin periyotlarla yapılması gereken kalite kontrol testleri ile takip edilmektedir.
BT kabul ve kalite kontrol testleri aşağıda sıralanan birçok önemli kuruluş tarafından yayınlanan standart, talimat ve klavuzda yer almaktadır.

- Internatıonal Atomıc Energy Agency Human Health Series (IAEA HHS No:19)
- American College of Radiology (ACR), Computed Tomography Quality Control Manuel
- European Commission (EC) Radiation Protection No:162
- American Association of Physicists in Medicine (AAPM) Report No:233
- European Guidelines On Quality Criteria For Computed Tomography (EUR 16262)
- Institute of Physics and Engineering in Medicine (IPEM) Report 91
- Diagnostik Radyoloji, Nükleer Tıp Ve Radyoterapi Grubu Tıbbi Cihazların Kalite Uygunluk Ve Kalite Kontrol Testleri Hakkında Yönetmelik Hükümlerinin Uygulanmasına İlişkin Kılavuz (Türkiye İlaç ve Tıbbi Cihaz Kurumu (TİTCK).

Tablo 1) Bilgisayarlı Tomografi Kalite Kontrol Testleri

Test Adı	Kabul Aralığı	Referans Standart/Kılavuz /Talimat	Gerekli Donanım
Lazer Hizalama Doğruluğu	±5mm,	EC 162, IAEA HHS No:19	Çapı 1 mm den küçük radyoopak işaret veya
	±2mm	ACR	BT görüntü kalitesi fantomu
Masa Uzaklık Göstergesi Doğruluğu	±2mm	AAPM 233, EC 162, IPEM 91	Şerit metre
Tarama Projeksiyon Radyogramı (SPR) Doğruluğu		AAPM 233, EC 162, IAEA HHS-19, ACR	Radyoopak işaret içerek düzlem fantom ya da BT görüntü kalitesi fantomu
Görüntülenmiş Kesit Genişliği(t) Doğruluğu	t≤1 mm, ±0,5 mm 1<t≤2, ±%50*t mm 2<t, ±1 mm	AAPM 233, EC 162, IAEA HHS-19	BT de kesit kalınlığı ölçümüne uygun sabit açılı tel veya levha içeren fantom veya fantom bölümü
	±1,5 mm	ACR	
Gantry Eğim Doğruluğu	±1°	AAPM 233, IAEA HHS-19	CR kaset veya Gafchromic film ve açıölçer. Ya da BT'de kesit kalınlığı ölçümüne uygun sabit açılı tel veya levha içeren fantom
Havadaki BTDI	±%20	EC 162, IAEA HHS-19	100 mm uzunluğunda silindirik iyon odası
Tarama Projeksiyon Radyografi Dozu	Üretici verileri ile karşılaştırılabilir	AAPM 233	
Doz göstergesi doğruluğu ($BTDI_{vol}$)	±%20	AAPM 233, EC 162, IAEA HHS-19	BTDI fantomu (vücut+kafa), 100 mm uzunluğunda silindirik iyon odası
Klinik Protokol Dozları ($BTDI_{vol}$)	Yetişkin kafa<80 mGy Yetişkin abdomen<30 mGy Pediatrik kafa<40 mGy Pediatrik Abdomen<20 mGy	EC 162, ACR	
Işınlanan Demet Genişliği	1 mm ya da ±%20	EC 162, IPEM 91	CR kaset veya Gafchromic film, cetvel
	3 mm ya da ±%30	ACR	
BT Numarası Doğruluğu	Su ±20 HU, Diğer materyaller ±30 HU ya da fantom spesifikasyonu	EC 162, IPEM 91, Fantom Manuel	Su ve hava dahil olmak üzere 3'ten fazla farklı BT numarası sağlayan fantom.
BT Numarası Homojenitesi	±20 HU	EC 162, IPEM 91, IAEA HHS-19	Su ya da su eşdeğeri homojen fantom
	±7 HU	ACR	
	±10 HU	IAEA HHS-19	
Gürültü	±15	EC 162	
	±25	IAEA HHS-19	
Artefakt	Artefakt olmamalı	AAPM 233	
Yüksek Kontrast A.G. ve MTF	Yumuşak Doku Filtre≥6 çç/cm	ACR	BT görüntü kalitesi fantomu
	Kemik Filtre≥10 çç/cm	EC 162	
Düşük Kontrast A.G.	≥6 mm çap	ACR	
CNR	Yetişkin kafa ve Abdomen≥1.0, Pediatrik kafa≥0.7, Pediatrik Abdomen≥0.5		

BT'de Yeni Teknolojiler ve Uygulamalara Getirdikleri / Ayşegül YURT

1950'lerde fizikçi Allan Cormack, bir maddenin transmisyon ölçümleri bilgisinden yola çıkarak bir fantom aracılığıyla yaptığı transmisyon ölçümlerinden ahşap ve alüminyumun zayıflatma katsayılarını hesapladı. Bu çalışmaları referans alan Godfery N. Hounsfield 1971 yılında birlikte çalıştığı Radyolog James Ambrose ile bilgisayarlı axiel tomografik taramayı gerçekleştirdi. Bu çalışmadan 8 yıl sonra Cormack ve Hounsfield 1979 yılında Nobel ödülünü paylaştılar.
Ambrose ve Hounsfield tarafından gerçekleştirilen ilk hasta taraması, yalnızca beyin değil tüm vücut volümetrik taramanın da yolunu açtı. X ışını tüpü ile dedektörünün 180˚ rotasyonla bir kesiti 5 dk. tarama zamanından 360˚ rotasyonda 0.24 saniyeye…BT teknolojisi kendini yeniden keşfetmeye devam etmektedir. Daha hızlı taramalar ve daha iyi bir uzaysal çözünürlük arayışı elektron demeti BT (EBCT) ve Çift kaynaklı BT (DSCT) gibi yeni geometriler geliştirildi. BT cihazlarındaki bu hız, tarama sürelerini de kısaltmasından dolayı daha fazla hastada tanıyı desteklemek amacıyla daha geniş tarama alanlarını kullanma olanağı sağladı.

Bu da son 20 yıldır radyasyon dozunun optimizasyonu ve yönetiminin nasıl yapılacağı konusunda yani tüp akımı (mA) ve tüp potansiyeli (kV) ışınlama parametrelerinin nasıl belirleneceğine dair yeni bazı teknolojileri ortaya koydu. Günümüzün en son teknik yeniliği olan foton sayım bilgisayarlı tomografi (Photon Counting CT, PCCT), çoklu enerji CT olmasının yanı sıra 125 µm'ye varan uzaysal çözünürlük sunması en büyük innovasyon olarak tanımlanmaktadır.
Tek bir dizi BT teknolojisinin 320 dedektörlü BT teknolojilerine ulaşması tarama hızının yanısıra görüntüde uzaysal çözünürlüğün iyi olmasını sağlamada X ışını tüpü ve slip ring gantry teknolojilerinin desteği de büyüktü. Tek bir nefes tutma işleminde izotropik uzaysal çözünürlükle bir yetişkinin tamamını tepeden tırnağa taramak veya geniş dedektör kapsamına sahip tek bir portal dönüşüyle bir organın tamamının taranabilmesi mümkün olabilmektedir. Tüm bu teknolojik gelişmeler sonucunda; BT'de uzaysal çözünürlük, aksiyel bir görüntüyü oluşturmak için yeterli verinin elde edilmesi için geçen sürenin kısaltılması söz konusudur. Ancak 0,25s >> 125 ms zamansal çözünürlükle sonuçlanan gantry dönüş süreleri, aşırı derecede artan merkezkaç kuvvetlerinin neden olduğu mekanik zorluklar nedeniyle elde edilemedi. Tüm teknolojik gelişmeler bir araya gelerek kardiyak BT'nin kalitesini ve sağlamlığını arttırırken ilgili radyasyon dozunu da azaltmıştır. Örneğin 20 mSv'lik etkili bir dozdan 1 mSv'in altındaki dozların uygulanması mümkündür.
BT teknolojilerindeki gelişmelere paralel olarak PCCT veya yapay zeka uygulamaları BT klinik uygulamalarına girmesini beklediğimiz teknolojilerdir. Azaltılmış elektronik gürültü, iyotlu kontrast maddeyle artırılmış kontrast-gürültü oranı, radyasyon dozu verimliliği, azaltılmış ışın sertleşmesi ve metal artefaktları, son derece yüksek uzaysal çözünürlük (33 lp/mm), eş zamanlı çok enerjili veri toplama , tek bir taramayla kontrast maddeleri ve doku türlerini ayırt etme olanağı sağlaması özellikleriyle foton sayma dedektörü (PCD) CT, son on yılda muazzam ilerleme gösteren, yeni ortaya çıkan bir teknolojidir. Son dönemlerde radyolojiye hızlı bir şekilde giren yapay zeka, BT görüntülerinin hem hesaplanması hem de post-processing işlevleri etkilemesinin yanısıra niceliksel uygulamalarda daha fazla doğruluk ve tekrarlanabilirlik sağlamak için birçok görevi otomatikleştirmeye hazırlanıyor.
1970'den bu yana BT, tıp pratiğinin vazgeçilmez bir aracı haline getiren çok sayıda teknolojik gelişme ve yenilik geçirmiştir. Her yeni nesil teknoloji, BT'nin hızını ve uzaysal çözünürlüğünü arttırmakla kalmıyor, aynı zamanda yeni klinik uygulamalara ve radyasyon ve kontrast dozunun azaltılmasına da olanak sağlıyor.

Radyolojide Medikal Fizik Eğitimi / Ayşegül Yurt

Avrupa Medikal Fizik Federasyonu (EFOMP) ve Avrupa Radyoloji Topluluğu (ESR); tıbbi görüntüleme alanında tıbbi fizikçilerin eğitimi ve öğretimi için yönergeler/kılavuzlar sağlayıp, hızla gelişen tıp alanındaki bilgi ve yeterlilik ihtiyaçlarına yönelik çağdaş gereksinimleri karşılamaktadır. EFOMP tavsiyeleri doğrultusunda her AB üyesi ülkesi ulusal düzeyde eğitim ve öğretim programlarının oluşturmaktadır. Radyolojideki medikal fizikçiler de dahil olmak üzere tüm Medikal Fizikçiler için Ulusal Kayıt Programlarının resmi olarak EFOMP'da tanımlanmasına yönelik ilk kılavuzlar 1995 yılında oluşturulmuştur. Medikal Fizik Uzmanı (MFU) ifadesi uygun uzmanlık derecesine sahip bir fizikçiyi ifade eder ve tıbbi ışınlamalarla ilişkili iyonlaştırıcı radyasyonun tehlikelerine karşı bireylerin sağlığını korumada 1997 yılında Avrupa Birliği Direktifleri 97/43 Euratom'da ortaya kondu. Böylece MFU tanımı, tüm Avrupa Birliği üyelerinin ulusal mevzuatlarına girdi. «Tıbbi ışınlamalara uygulanan radyasyon fiziği ile ilgili konularda rol alma veya tavsiye verme konusunda bilgi, eğitim ve deneyime sahip olan ve yeterliliği yetkili makamlar tarafından tanınan kişi» olarak tanımlanmaktadır. Avrupa Birliği Euratom kararlarına göre Medikal Fizik Uzmanı olarak Radyoloji'de Medikal Fizikçiler;

- Radyoloji; radyografi, mamografi, bilgisayarlı tomografi, röntgen eşliğinde müdahaleler ve pediatrik radyolojinin yanı sıra manyetik rezonans görüntüleme (MRG) ve ultrason görüntüleme gibi birçok alt uzmanlığı içerir.
- Bir Medikal Fizik Uzmanı olarak tanınan radyolojideki medikal fizikçinin, X-ışını görüntüleme ve yerel koşullara bağlı olarak, MRG, ultrason görüntüleme ve nükleer tıp konularında belirli bir düzeyde uzmanlık kazanması da istenebilir veya hatta gerekli olabilir.
- Radyoloji'de güvenli, en son teknolojiye sahip tıbbi görüntülemenin uygulanmasını sağlamasının yanısıra hastalara radyoloji hizmetlerinden sorumlu olan multidisipliner klinik ekibin üyelerinden biridir.
- Görevleri, tüm radyoloji hizmetinin temelini oluşturan fiziksel süreçler ve teknoloji hakkında kritik bilimsel verileri sağlamaktır.
- Tıbbi görüntüleme, görüntü işleme, görüntü dağıtımı, görüntü depolama, radyasyon dozimetrisi, görüntüleme ekipmanının kalite güvencesi, görüntüleme sürecinin bilgi ve iletişim teknolojisi (BİT) yönleri ve hastanın ve çalışanın radyasyon korunması çerçevesini tasarlamak ve geliştirmektir.
- Görüntüleme teknikleri ve süreçlerinin geliştirilmesi, uygulanması ve iyileştirilmesi konusunda uzman tavsiyesi sağlamaktır.
- Radyoloji departmanı dışındaki tıbbi görüntüleme uygulamaları için uzman olarak destek verimektir. (Örn: ameliyathane, endoskopi, kardiyoloji birimleri)
- Tıbbi görüntüleme teknolojileri ve tekniklerindeki ilerlemelerin stratejik planlanması, test edilmesi, güvenli kullanımı ve optimizasyonunda öncü bir role sahiptir.
- Yeterli bilgi ve uygun düzeyde yeterlilik elde etmek ve sürdürmek için hem başlangıç hem de sürekli eğitim ve öğretim gereklidir. EFOMP ve ESR birlikte temel müfredatı açıklamaktadır.

Bu nitelikleri sağlamak için dünyadaki pekçok ülkede 2 yıl lisans üstü eğitim olarak medikal fizik eğitimi verilmektedir. Bu eğitimde radyoloji fiziği ve dozimetri, radyasyondan korunma ve güvenlik, tıbbi görüntülemenin temelleri, radyobiyoloji, tıbbi anatomi ve fizyoloji, radyoterapi fiziği ve profesyonellik ve etik başlıkları önem kazanmaktadır. Bununla birlikte lisans üstü eğitimde seminer ve tez çalışması da eğitim planlarının içinde olmalıdır.

Ülkemizde Radyoloji'de Medikal Fizik eğitiminin ne yazık ki, çekirdek bir eğitimi yoktur, akredite bir eğitim değildir ve 3 üniversitede bu eğitim verilmektedir; Ankara Üniversitesi (Nükleer Bilimler Enstitüsü, Sağlık Fiziği), Dokuz Eylül Üniversitesi (Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Medikal Fizik AD.) ve Yeditepe Üniversitesi (Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Sağlık Fiziği).

Bununla birlikte ülkemizdeki son gelişmelerden Sağlık Bakanlığı Tıbbi Cihaz ve Tıbbi İlaç Kurumunun yayınladığı "DİAGNOSTİK RADYOLOJİ, NÜKLEER TIP VE RADYOTERAPİ GRUBU TIBBİ CİHAZLARIN KALİTE UYGUNLUK VE KALİTE KONTROL TESTLERİ HAKKINDA YÖNETMELİK HÜKÜMLERİNİN UYGULANMASINA İLİŞKİN KILAVUZ (TCS-KLVZ-06)" yönetmelik ile birlikte hastanelerin Radyoloji birimleri, Tıbbi Cihaz Firmaları, Kalite Kontrol (Muayene) firmalarının Radyoloji eğitimi almış Medikal Fizikçilere sektör beklentileri artmıştır. Eğitim de bu doğrultuda güncellenmeli ve akredite olmalıdır.

Küçük Alan Dozimetresinde Dedektör Seçimi / Gülbin Kavak

Stereotaktik Radyoterapi (SRS) ve Steraotaktik Body Radyoterapi (SBRT) gibi tedavilerde küçük alan dozimetresi oldukça önemlidir. Eksternal bir foton demetinin küçük alan olarak nitelendirilebilmesi için merkezi eksende lateral yüklü parçacık dengesinin kaybolması, merkezi eksende birincil foton kaynağının kolimasyon tarafından kısmi olarak bloklanması ve detektör boyutunun, alan boyutuna eşit ya da alan boyutundan büyük olması gerekmektedir. İyi bir küçük alan dozimetresi; hassas ve doğru ölçüm alabilmeli, doza karşı lineer cevap verebilmeli, su veya su eşdeğeri olmalı, hızlı yanıt vermeli, yüksek duyarlılıkta ve doz hızından bağımsız olmalıdır. İyon odaları, silikon diyot dedektörler, diamond dedektörler, radyokromik film dozimetreler, plastik ve organik sintilatörler, mosfet dedektörler, termo-lüminesans dedektörler (TLD), radyofotolüminesans cam dedektörler ve alanine küçük alan dozimetresinde kullanılan detektörlerdir. İyon odaları hem foton hemde elektron ölçümlerinde kullanılan silindirik tipte ya da paralel plaka şeklindedir. Yüksek doz hassasiyetleri vardır ve doz oranına bağımlıdırlar. Silikon diyot dedektörlerin açı bağımlılıkları homojen değildir. Demet eksenine paralel eksende kullanılmalıdır. Küçük alanlarda rölatif doz ölçümlerinde kullanılmaktadır. Silikon diyot dedektörler kısa cevap süresine sahip olup, uzaysal çözünürlükleri yüksektir. Diamond dedektörler yüksek doz hassasiyetine sahiptirler. Doz cevapları enerjiden bağımsız olup radyasyon dozlarına karşın lineer bir cevap gösterirler. Diamond dedektörler uzun ömürlüdürler ve ısıya dayanıklıdırlar. Yöne bağımlılıkları homojendir. Radyokromik film dozimetreler görünür ışığa duyarlı değildirler. Işınlandıktan sonra kimyasal işlem gerektirmez. Geniş doz ve geniş enerji aralığında kullanılabilir. Radyofotoluminesans (RPL) cam dozimetreler, katı hal detektörüdür. Materyal gümüş ile aktive edilmiş fosfat camdan oluşmaktadır. Küçük alan dozimetresi için uygun olan yüksek absorbe doz modunda çap 1.5 mm uzunluk 0.6 mm kadardır.

Yeterli sayıda tekrarlanabilir ve yeniden değerlendirilebilir. TLD'ler doku eşdeğeri dozimetrelerdir. Toz, mikroçip, çubuklar gibi farklı formlardadır. Belli bir absorbe doz aralığında lineerdir.
Küçük alan dozimetrisi ölçümünde International Atomic Energy Agency (IAEA) tarafından yayınlanan Technical Reports Series 483 kullanılması tavsiye edilmektedir. Bu protokole göre ölçümler SRS, SBRT yapabilen cihazlara özgü spesifik alanlar belirlenerek yapılmalıdır. Cihaza özgü alan dozimetrisi için iyon odası dedektörün dış sınırlarının en azından lateral yüklü parçacık alanından uzakta olduğu bir alanda bulunması gereklidir. Eşdeğer kare alan boyutu 6 cm × 6 cm veya daha büyük olan küçük alanlar için, Farmer tipi odalar, eşdeğer kare alan boyutu 6 cm × 6 cm'den küçük olan küçük alanlar için ise daha küçük hacimli iyonizasyon odaları kullanılması önerilmektedir. Alan boyutları 4 cm x 4 cm'ten küçük olan yerlerde doz ölçümleri, yüksek uzamsal çözünürlüğe sahip dedektörlerle yapılmalıdır. Bu tip dedektörler küçük boyutlu iyonizasyon odaları, silikon diyotlar veya diamond dedektörleri içermektedir. Unshielded diyot, 1x1 cm2'den büyük alanlar için uygun olup, 1x1 cm2'den küçük alanlar için düzeltme faktörü %1 ile %4 arasında değişmektedir. Plastik sintilatörler için optik fiberde meydana gelen çerenkov düzeltilmesi yapılması gerekmektedir. Stereotaktik alan diyotu, 0.6x0.6 cm2'lik alanlar için uygundur. Bu diyotlar için düzeltme faktörü yaklaşık olarak %2 civarında değişmektedir. TLD'ler ve radyokromik film gibi dedektörler, nokta dozu ölçümleri için daha uygun bulunmaktadır.
Sonuç olarak küçük alanlarda yapılan ölçümler için sabit bir yanıta sahip ideal bir dedektör yoktur. Küçük alan dozimetresinde uygun dedektör seçimi çok önemli olup en az iki farklı kabul edilebilir dedektör kullanılmalıdır.

TEDAVİDE YAPAY ZEKA

Dr. Görkem Güngör[1,2]

[1]Acıbadem MAA Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Sağlık Fiziği Yüksek Lisans Programı İstanbul, Türkiye
[2]Acıbadem Maslak Hastanesi Radyasyon Onkolojisi A.D. İstanbul, Türkiye

Radyoterapi (RT), tedavi kalitesini ve tedavi sonucunu etkileyen zaman alıcı adımlardan oluşan karmaşık iş akışı nedeniyle, AI, her bir adımı standartlaştırarak ve hızlandırarak önemli bir rol oynayabilir. Böylece tedavi iş akışı daha güvenli ve daha doğru bir şekilde yönetilebilir.

Bölümlerde tedavi sırasında iş akışı adımları tek tek incelendiğinde AI, konvansiyonel yaklaşımda prognostik ön değerlendirme, konturlama ve görüntü rehberliğinde kullanılabilir. Canlı adaptif tedavilerde ise konvansiyonel adımların yanı sıra, tedavi sırasında kon demet BT (CBCT) çekiminde, CBCT'lerden sentetik BT elde etmede, konturlamada ve oto-planlama adımlarında kullanılabilir. Bununla beraber, şu an için bölümler AI tabanlı sistemleri sadece konturlama adımında kullanmaktadır. Diğer durumlar ise araştırma, geliştirme, konseptin ispatı ve prototip durumundadır.

Genel bir tanımla eldeki veriler üzerinde otomatik olarak kendini geliştirebilen AI algoritmaları, eğitim verilerine dayalı karar, tahmin modelleri oluşturmak için geniş bir algoritma sınıfı olan makine öğrenimi (ML) ile yaratılabilir. Tipik olarak derin öğrenme (DL) yaklaşımları ML için kullanılan popüler bir çözümdür. Çözümlerin elde edilebilmesi için verilerin sınıflandırılması gerekmektedir. Elde büyük veri seti öğretici, doğrulayıcı ve test olarak ayrılmalıdır. Tipik olarak öğretici veri seti toplam verinin %70'ini, doğrulama %20'sini ve test veri seti de %10'unu oluşturur.

DL'yi oluşturan sinir ağları, kabaca bir giriş katmanı, bir dizi gizli (veri dönüştürme) katmanı ve bir çıkış katmanı olarak özetlenebilen nöron katmanlarından oluşur. Gizli katmanlar, evrişimsel katmanlardan (aktif olarak filtreleme) ve/veya etkinleştirme katmanlarından ve/veya havuz katmanlarından (akan veri matrisinin boyutsallığını yeniden boyutlandırma) oluşur. İki nöron arasındaki belirli bir bağlantıyla ilişkili dönüştürme işlevi ağırlıklandırmayla yapılır. Başlangıçta ağ parametreleri rastgele değerlere ayarlanır. Ardından verilen çıktıda kayıp (hata) fonksiyonu ve optimize edici çalıştırılarak, ağ parametreleri istenen sonucu yeniden üretip elde edebilene kadar eğitim örneklerinde tekrarlanan yinelemeli bir süreçle ayarlanır.

Bu bağlamda özel olarak evrişimsel sinir ağları (CNN), görüntü verileri ile uğraşmak için tasarlanmış bir DNN modelidir. Bu amaçla mimarisi, tüm katmanlarında benzer bir ızgara yapısını benimseyerek girdi görüntüsünün ızgara yapısını korumaktadır. Tipik olarak aynı görüntünün farklı bölümlerinde aynı özelliğin tekrarı, bir CNN'nin aynı katmanındaki tüm nöronların aynı ağırlığı paylaşması varsayımına dayanır ve bu da eğitim sürecinin karmaşıklığını basitleştirir.

RT sırasında AI'nın en çok önem atfedilen uygulamalarından biri, kritik organların (OAR) tedavi sırasında veya tedavi öncesinde otomatik çizimidir. BT veya MR taramaları kullanılarak uygulanabilecek bu yöntem deforme edilmiş çizimler veya çoklu atlasa dayalı algoritmalardan daha hızlı ve daha doğru sonuçlar vermektedir. MRgRT ve CBCT uygulanan gerçek zamanlı ART ilgili olarak, AI'ın en büyük avantajı, hasta masada tedavideyken veya tedavi adımlarının ilerleyişini canlı olarak beklerken günün anatomisine göre kontur seti AI modeli ile bir dakikadan daha kısa sürede elde edilmektedir.

Otomatik tedavi planlaması (OTP), çok merkezli çalışmalar için genel olarak iyileştirilmiş plan kalitesi ve standardizasyonu ile birlikte iş yükünün ve mesleki körlükten kaynaklı önyargı bağımlılığının önemli ölçüde azaltılmasını amaçlayan ilginç AI alanlarından biridir. RT'de için OTP'nin potansiyel kullanımının denemeleri olmasına rağmen, klinik iş akışında OTP'nin ürün olarak kullanılması henüz gerçekleşmemiştir.

19. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

Hilton Dalaman / Sarıgerme

02-05 KASIM 2023

SÖZLÜ BİLDİRİLER

İÇİNDEKİLER

SÖZLÜ BİLDİRİLER

Hastaya Özgü Kalite Güvencesi (PSQA) için Fantom Tasarımı, Üretimi ve Dozimetrik Stabilitesinin Değerlendirilmesi / TAHA ERDOĞAN 43

Tiroid Oftalmopatisi Tanısı Alan Olguların 3BKRT-VMAT ve Tomoterapi Radyoterapi Yöntemleri Kullanılarak Elde Edilen Planların Dozimetrik Karşılaştırılması / ÖZLEM DİLDAN 44

Leksell Gamma Knife Radyocerrahisi Tedavi Planlamasında Kullanılan TMR10 ve Convolution Algoritmalarının Dozimetrik Olarak Karşılaştırılması / ECE TEK 46

Tüm Vücut Işınlamasında Kullanılan Helikal Tomoterapi, Volümetrik Ark Terapi ve Genişletilmiş SSD Tekniğinin Dozimetrik Olarak Karşılaştırılması Üzerine Çok Merkezli Bir Çalışma / SERAP ÇATLI DİNÇ 47

Tek İzomerkezli Çoklu Beyin Metastazı için VMAT ve HyperArc Tekniklerinin Dozimetrik Karşılaştırılması / ZEYNEP ÖZEN 48

Görüntü Kılavuzluğunda Radyoterapi Uygulanan Prostat Kanserli Hastalarda Inter-fraksiyonel Değişimlerin Dozimetrik Etkisinin Doz Takibi ile Değerlendirilmesi / GİZEM BAKICIERLER 49

Gafchromic EBT4 Film Kalibrasyonu: Tarama Yönü ve Pozisyonu Hala Önemli Mi? / YÜCEL AKDENİZ 51

Farklı Kolimasyon Yapısındaki Lineer Hızlandırıcı Cihazlarının Geniş Alan Sol Meme Yoğunluk Ayarlı Radyoterapisinde Karşılaştırılması / MELİH ULUER 53

Sol Meme Kanseri Hastaları için Derin İnspirasyon Fazında Oluşturulan VMAT Tedavi Planlarının Serbest Solunumda Oluşturulan Helikal Tomoterapi Tedavi Planlarıyla Dozimetrik Karşılaştırılması / EVREN OZAN GÖKSEL 54

Türkiye'de Uygulanmakta Olan Kranyospinal Işınlama Tekniklerinin Dozimetrik Olarak Karşılaştırılması / ÖZNUR ŞENKESEN 55

Hyperion Optik Uyarımlı Kişisel Personel Dozimetre Cihazının Geliştirilmesi ve Üretilmesi / HASAN UYSAL 57

Jinekolojik Kanserlerin Radyoterapisinde Pelvik Organların Hacimsel Değişimlerinin Dozimetrik Etkilerinin Değerlendirilmesi / YILMAZ BİLEK 58

Metal Artefakt Azaltma Algoritmasının Radyoterapide Doz Hesaplama Doğruluğu Üzerine Etkisinin Araştırılması / OSMAN VEFA GÜL 60

Dcat Tekniği İle Hazırlanan Srs/Srt Ve Akciğer Sbrt Planlarının Myqa Srs Ve Matrixx Fantomlarla Verifikasyonu ve Karşılaştırlması / ZEYNEL ŞENOL 61

Meme Kanserli Olguların Radyoterapi Doz Hesaplamasında Farklı Fantomlardan Elde Edilen Elektron Yoğunluğu Kalibrasyon Eğrilerinin Dozimetrik Etkisinin Karşılaştırılması / BURCU GÖKÇE 62

MRI-Linak Tabanlı IMRT, Akciğer SABR için Konvansiyonel VMAT Tedavi Planlarına Göre Düşük Doz Hacimlerini Azaltabilir mi? / YÜCEL SAĞLAM 64

Prostat Kanseri Stereotaktik Vücut Radyoterapisinde Gerçek Zamanlı Adaptif Radyoterapi Özelliğine Sahip Lineer Hızlandırıcıların Dozimetrik Olarak Karşılaştırılması / ANATOLİA SERKİZYAN 66

Radyonüklid Tedavi Lezyon Dozimetresinde Hacim Belirleme Parametrelerinin Optimizasyonu / EDA MUTLU 67

İntrensek Homojenite Değişikliğine Neden Olan Ring Kablo Sorunu ve Giderilmesi: Tüm Vücut Kemik Sintigrafisi Çalışmasında Gözlenen Değişken Homojenite Vakası / SERDAR SEDAT IŞIK 68

Hipertiroidi Tedavisinde Radyoiyot (I-131) Dozimetrisinin Etkinliği / GAMZE BERK 70

Tiroid Kanserinde Radyoaktif İyot Tedavisi Sonrası Tüm Vücut Görüntülemesinde İdeal Çekim Zamanının Belirlenmesi Üzerine Bir Çalışma / SERDAR SEDAT IŞIK 71

Pediatrik Bilgisayarlı Tomografi Taramalarında CNR, Gürültü ve IQFinv Ölçümlerinin Farklı Kesit Elde Etme Algoritmalarında Değerlendirilmesi / AHMET ÖZGÜR KASAPGİL 73

Bilgisayarlı Tomografi (BT)'de İteratif Kesit Elde Etme (Iterative Reconstruction, IR) Algoritmalarının TTF (Task Transfer Function) ve NPS (Noise Power Spectrum) Üzerindeki Etkisi / İSMAİL FINDIKLI 74

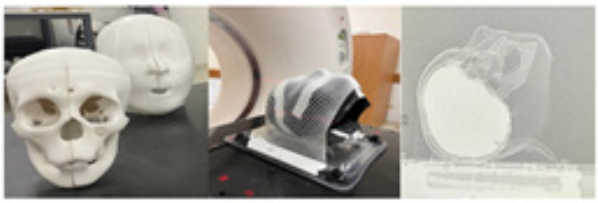
Hastaya Özgü Kalite Güvencesi (PSQA) için Fantom Tasarımı, Üretimi ve Dozimetrik Stabilitesinin Değerlendirilmesi /

Taha ERDOĞAN[1]

[1]Afyonkarahisar Sağlık Bilimleri Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi
Taha ERDOĞAN / Afyonkarahisar Sağlık Bilimleri Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi

Amaç: Standart döküm teknikleriyle üretilen QA fantomlarının aksine, 3B yazıcı teknolojisi kullanılarak PSQA testlerinde hastaya özel kraniyal fantom (PSCP) tasarımı, üretimi ve klinik rutine uyarlanabilirliğinin araştırılması amaçlanmıştır.
Yöntem: Çalışma için, çoklu beyin metastazı (BM) endikasyonu olan hastaların Tıpta Dijital Görüntüleme ve İletişim (DICOM) dosyaları verileri kullanılmıştır. Nisan 2020 tarihinde Afyonkarahisar Sağlık Bilimleri Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyasyon Onkolojisi bölümünde daha önce tedavi görmüş üç beyin metastazı (≤4 cm çapında) olan hasta bu çalışmaya dahil edilmiştir. Hastaya özgü kraniyal fantom tasarımı, tedavi planı için daha önce 1 mm dilim kalınlığında çekilmiş BT simülasyon verileri kullanılarak oluşturuldu. PSCP anatomik baskı için seçilen BM endikasyonuna sahip hastanın BT kullanılarak elde edilen DICOM görüntüleri analiz edildi ve DICOM verileri kullanılarak fantom modeli oluşturuldu. PSCP'nin yapısal bileşenleri RTV2 silikon malzemeden yapılan beyin dokusu ve nörokranyum kemiğin yerleştirileceği gövde kabuğudur. Beyin, RTV2 silikon malzemenin hazırlanması ve nörokranyum kemik kalıbına dökülmesiyle oluşturuldu (Şekil 1). Son olarak hastaya ait tedavi planları olan tek izomerkezli VMAT (M-VMAT) ve çok izomerkezli VMAT (Ç-VMAT) planlanları fantoma uygulanarak PSQA testlerindeki dozimetrik başarısı BeO ve MOSFET dozimetreler kullanılarak değerlendirildi. Tedavi planlarına reçete edilen dozların MOSFET dozimetrilerin ömürlerinin sınırlı olması nedeniyle %20'si reçete edilerek ölçümler tamamlanmıştır. PTV1 için 250cGy, PTV2 için 300 cGy ve PTV3 için 400cGy doz reçete edilmiştir.

Şekil 1. PSCP Tasarımı ve Klinik protokoller kullanılarak PSCP'nin BT görüntülemesi.



Şekil 1. PSCP Tasarımı ve Klinik protokoller kullanılarak PSCP'nin BT görüntülemesi.

Bulgu: PSCP'nin uygulanabilirliğine ait dozimetrik ölçüm sonuçlarımız Şekil 2'de verilmiştir.
Şekil 2. Beyin dokusu olarak silikon kullanılarak PSCP'in S-VMAT ve M-VMAT SRS ışınlamasından sonra elde edilen BeO ve MOSFET dozimetri sonuçları.

Şekil 2. Beyin dokusu olarak silikon kullanılarak PSCP'in S-VMAT ve M-VMAT SRS ışınlamasından sonra elde edilen BeO ve MOSFET dozimetri sonuçları.

PSCP (Beyin Dokusu: Silikon)	PTV 1 (RD: 250 cGy)	PTV 2 (RD: 300 cGy)	PTV 3 (RD: 400 cGy)
S-VMAT (TD)	269,35	313,15	415,05
BeO (Ortalama Doz ± SS)	289,08 ±7,52	336,77 ±11,04	424,87 ±8,04
MOSFET (Ortalama Doz ± SS)	283,97 ±1,02	326,22 ±3,12	418,77 ±2,86
M-VMAT (TD)	277,80	319,40	422,25
BeO (Ortalama Doz ± SS)	287,49 ±4,55	330,14 ±6,62	444,24 ±7,34
MOSFET (Ortalama Doz ± SS)	279,87 ±0,92	324,36 ±1,30	433,14 ±0,80

TD: Tedavi Planı Maksimum Doz, RD: Reçete Dozu

Sonuç: Hastaya ait beyin dokusu HU değeri 22,8 ± 4,4 RTV2 silikon HU değeri 33 ± 6,4 olarak elde edilmiştir. Kamomae ve arkadaşları, antropomorfik kafa fantomu ile 3B baskılı fantom arasındaki maksimum doz farklarının %3,9 olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmamızda benzer sonuçlar elde edilmiştir ve Şekil 3 'de verilmiştir. Planlama verileriyle BeO dozimetri sonuçlarındaki en yüksek yüzde farkı %7,54 ve MOSFET dozimetri sonuçlarında ise %5,43 olarak elde edilmiştir. Ölçümlerimizde dikkat çeken bir nokta, her iki dozimetrik sistemde de minimum dozların S-VMAT planlarından, maksimum dozların ise M-VMAT planlarından elde edilmiş olmasıdır. Bu sonuçlar, radyoterapi QA'sinde yapay in vivo dozimetri için PSCP'nin uygulanabilirliğini göstermektedir.
Şekil 3. Beyin dokusu olarak silikon kullanılarak PSCP'den elde edilen tedavi planlama dozları ile BeO ve MOSFET dozimetri sonuçları arasındaki yüzde farkı.

Şekil 3. Beyin dokusu olarak silikon kullanılarak PSCP'den elde edilen tedavi planlama dozları ile BeO ve MOSFET dozimetri sonuçları arasındaki yüzde farkı.

PSCP 1 (Beyin Dokusu: Silikon)	PTV 1 (RD: 250 cGy)	PTV 2 (RD: 300 cGy)	PTV 3 (RD: 400 cGy)
S-VMAT			
BeO (Ortalama Doz)	7,33%	7,54 %	2,36%
MOSFET (Ortalama Doz)	5,43%	4,17%	0,90%
M-VMAT			
BeO Ort(Ortalama Doz)	3,48%	3,36%	5,21%
MOSFET (Ortalama Doz)	0,75%	1,55%	2,58%

TD: Tedavi Planı Maksimum Doz, RD: Reçete Dozu

Tiroid Oftalmopatisi Tanısı Alan Olguların 3BKRT-VMAT ve Tomoterapi Radyoterapi Yöntemleri Kullanılarak Elde Edilen Planların Dozimetrik Karşılaştırılması

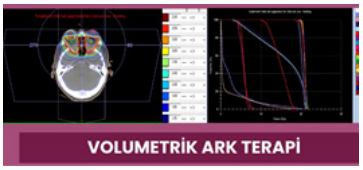
Özlem Dildan[1], E. Serra Kamer[1], Nezahat Olacak[1], Sinan Hoca[1]
[1]Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi, Radyasyon Onkolojisi Ana Bilim Dalı, İzmir

Özlem Dildan / Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi, Radyasyon Onkolojisi Ana Bilim Dalı, İzmir

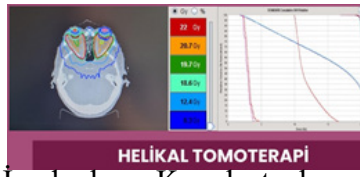
Amaç: Çalışmamızda Tiroid Oftalmopatisi tanılı ve tedavi yöntemi radyoterapi planlaması olarak belirlenmiş 10 hastanın Bilgisayarlı Tomografi görüntülerinden faydalanarak 3BKRT (Üç Boyutlu Konformal Radyoterapi), VMAT (Volumetrik Ayarlı Ark Terapi) ve HT (Helikal Tomoterapi) tedavi planlama tekniklerinin uygulanması sonucunda hedef hacim ve normal dokuların aldığı dozların dozimetrik olarak elde edilen verilerinin karşılaştırılması amaçlanmıştır.
Yöntem: Çalışmamıza 2012-2019 yılları arasında Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı'nda Tiroid Oftalmopatisi tedavisi almış 10 hastanın, 10 fraksiyonda 20 Gy reçete dozu verilecek şekilde geriye yönelik planları yapılmıştır. Üç Boyutlu Konformal Radyoterapi planında lens dozlarını minimuma indirebilmek amacıyla 80º-90º'lik ve 270º-280º'lik karşılıklı lateral açılar belirlenmiştir. Volumetrik Ayarlı Ark Terapi yönteminde saat yönüne hareket eden gantri açısı seçilerek 210º'den başlayıp 150º'de sonlanan 300º'lik kısmi iki ark kullanılmıştır. Helikal Tomoterapi planlamasında alan genişliği 2,5 cm, pitch faktörü 0,100 ve modülasyon faktörü 3.000 seçilerek tedaviler planlandı.
Bulgu: Çalışmalarımız Volumetrik Ayarlı Ark Terapi ve Helikal Tomoterapi tekniklerinin PTV'ye (planlanan hedef hacim) ait hem HI (homojenite indeksi) hem de CI (konformite indeksi) açısından Üç Boyutlu Konformal Radyoterapiye kıyasla istatistiksel olarak daha iyi sonuçlar verdiğini göstermiştir (HI: p=0,005-p=0,011; CI: p=0,007-p=0,004). İstatistiksel olarak en başarısız MU (monitör unit) değeri Helikal Tomoterapide görülmüştür. Burada en iyi değerleri Üç Boyutlu Konformal Radyoterapi tekniği vermiştir (p=0,000-p=0,000-p=0,000).Planlamamızda riskli organlar olan sağ ve sol gözyaşı bezlerinde Volumetrik Ayarlı Ark Terapi tekniğinin Helikal Tomoterapi tekniğine göre istatistiksel olarak anlamlı olarak daha iyi bir koruma sağladığı (sağ: p=0,042; sol: p=0,023) görülmüştür. Sağ gözde üç teknik arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmazken, sol gözde Volumetrik Ayarlı Ark Terapi tekniği, Üç Boyutlu Konformal Radyoterapi tekniğine nazaran istatistiksel olarak daha iyi bir koruma sağlamıştır (p=0,003).
Sağ ve sol lensler ile kiazmaya dair maksimum dozlarda Üç teknik arasında sonuç istatistiksel olarak anlamlı ve Helikal Tomoterapi lehinedir (sağ lens: p=0,025-p=0,000; sol lens: p=0,005-p=0,000; kiazma: p=0,007-p=0,001). Sağ ve sol optik sinirler ile sağ ve sol retina maksimum dozlar açısından değerlendirildiğinde Volumetrik Ayarlı Ark Terapi ve Helikal Tomoterapi tekniklerinin Üç Boyutlu Konformal Radyoterapiye göre daha düşük dozlarla koruma sağlamasına rağmen istatistiksel açıdan anlamlı fark bulunmadığı görülmüştür (sağ retina: p=0,036-p=0,003; sol retina: p=0,014-p=0,003).

3BKRT DVH

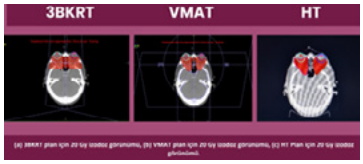
VMAT DVH



Helikal Tomoterapi DVH



İzodozların Karşılaştırılması



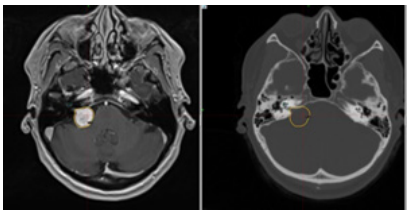
Sonuç: Bu çalışmadaki hedefimiz Tiroid Oftalmopatisi tedavisinde üzerine az çalışma yapılmış olan Helikal Tomoterapi planlama tekniğinin etkinliğini diğer planlama tekniği olan Üç Boyutlu Konformal Radyoterapi ve Volumetrik Ayarlı Ark Terapi açısından karşılaştırarak literatürde yer almasını sağlamaktır. PTV'nin (planlanan hedef hacim), konformite indeksi ve homojenite indeksi değerlendirildiğinde Volumetrik Ayarlı Ark Terapi ile birlikte Helikal Tomoterapi tekniğinin Üç Boyutlu Konformal Radyoterapiye göre hedef hacmi daha iyi sardığı belirlenmiştir. Helikal Tomoterapinin monitör unit değeri diğer tekniklere göre yüksek olmasına rağmen kritik organlar olan lensler ve optik kiazmada daha iyi sonuçlar verdiği net bir şekilde görülmüştür. Volumetrik Ayarlı Ark Terapi tekniği ise göz yaşı bezlerinde Helikal Tomoterapiye göre daha düşük sonuçlar vermiştir. Diğer riskli organlar olan gözler, optik sinirler ve retinalarda da Helikal Tomoterapi ve Volumetrik Ayarlı Ark Terapi tekniklerinin Üç Boyutlu Konformal Radyoterapiye nazaran daha iyi sonuçlar verdiği çalışmada gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Tiroid Oftalmopatisi, Radyoterapi, Helikal Tomoterapi

Leksell Gamma Knife Radyocerrahisi Tedavi Planlamasında Kullanılan TMR10 ve Convolution Algoritmalarının Dozimetrik Olarak Karşılaştırılması

Ece Tek[1], Osman Artunç Türe[1], Evren Ozan Göksel[2]
[1]Acibadem Altunizade Hastanesi, Radyasyon Onkolojisi
[2]Acıbadem MAA Üniversitesi SHMYO Radyoterapi Programı
Ece Tek / Acibadem Altunizade Hastanesi, Radyasyon Onkolojisi

Amaç: Radyocerrahi, intrakraniyal patolojilerin tedavisinde hassas ve etkili bir yöntem olarak kabul edilir. Bu tedavi yöntemi, hedef bölgeye yüksek dozda radyasyon verirken, çevresel sağlıklı dokulara minimal doz ulaşmasını hedefler. Dozimetrik hesaplamalar, gamma knife radyocerrahisinin (GKR) başarısını etkileyen temel faktörlerden biridir. Leksell Gamma Knife tedavi planlama sistemi Leksell Gamma Plan (LGP versiyon 10 ve üzeri) kullanıcıya iki farklı hesaplama algoritması sunar: TMR10 ve Convolution . TMR10 algoritması, tedavi planlaması sırasında hızlı izodoz hesaplamasını mümkün kılmak için ortamı su eşdeğeri kabul edip heterojenite farklılıklarını gözardı eder. Convolution algoritması ise dozu birim kütle başına primer fotonların bıraktığı enerji miktarını (TERMA) kerneller ile tanımlayarak hesaplar. Ortamdaki doku farklılıklarını hesaba katmak için TERMA ve kernel'ler BT'den elde edilen Houndsfield unit değerlerini kullanarak farklı materyal yoğunluklarına göre derecelendirilir. Bu çalışmanın amacı iki algoritmanın dozimetrik farklılıklarını araştırmaktır.
Yöntem: Bu çalışma için hava, kemik ve yumuşak dokunun birlikte bulunduğu heterojen bir ortamda görülen vestibuler schwannom tanılı 52 hasta seçildi (Şekil 1). Hastalara rutin MR görüntülemesinin yanında BT de çekildi. BT kalibrasyon eğrisi elde etmek için The Catphan® 503 ile BT'de çekim yapılıp kalibrasyon eğrisi LGP'ye girildi. TMR10 algoritması ile yapılan tedavi planları BT görüntüleri yardımıyla Convolution algoritması ile yeniden hesaplandı. Coverage, selectivity, gradient index, beam on time, koklea maksimum dozu ve koklea ortalama dozları için her iki algoritma arasındaki farklar değerlendirildi.



Bulgu: GKR için kullanılan tedavi dozları, TMR10 gibi heterojeniteyi hesaba katmayan algoritmalar kullanılarak yıllardır yapılan tedavilerin zaman içerisinde optimize edilip günümüze kadar gelmesiyle elde edilmiştir. Bu dozların zaman içinde, en düşük morbidite ile maksimum klinik etkinliği sağladığı yapılan klinik çalışmalar ile kanıtlanmıştır. Dolayısıyla yoğunluk farkını hesaba katan bir algoritma fiziksel olarak gerçeğe daha yakın bir sonuç veriyor olsa da, bunu klinik uygulamaya almak için tedavi dozlarının klinik sonuçlara göre yeniden ayarlanması gerekliliği doğabileceğinden bu algoritmalar henüz klinik olarak kullanılmamaktadır.
Sonuç: Convolution algoritması kullanılarak hesaplanan GKR tedavi planlarının, Beam on time'de TMR10 ile hesaplanan planlardan ortalama %6,03 (3,25-11,44) daha uzun olduğu saptanmıştır. TMR 10 algoritmasıyla hesaplanan koklea'nın maksimum ve ortalama dozlarının Convolution algoritmasıyla hesaplatıldığında sırasıyla %10,50 (4,88-21,54) ve %9,92(0,0-20,0) daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Bu fark, koklea'nın bulunduğu temporal kemiğin yüksek yoğunluğu ve TMR 10'un bu yoğunluk farkını hesaba katmamasından ötürü görülmektedir. Yine yoğunluk farkı nedeniyle coverage, selectivity ve gradient index için de 2 algoritma arasında fark vardır ancak bu farkın klinik olarak anlamlı olmadığı düşünülmüştür.

	TMR10	Convolution	%Fark
	Ortalama (min-max)	Ortalama (min-max)	Ortalama (min-max)
Coverage	0,99 (0,95-1,00)	0,98 (0,93-1,00)	%1,91 (0,0-3,35)
Selectivity	0,78 (0,48-0,96)	0,80 (0,51-0,97)	%2,89 (2,6-9,17)
Gradient Index	2,77 (2,40-3,72)	2,75 (2,38-3,69)	%0,94 (0,91-3,58)
Beam on Time(dk)	84,98 (25,70-127,9)	90,27 (27,8-133,2)	%6,03 (3,25-11,44)
Koklea Max(Gy)	3,66 (2,70-4,0)	3,30 (2,40-3,80)	%10,50 (4,88-21,54)
Koklea Ortalama(Gy)	1,87 (0,90-2,80)	1,70 (0,80-2,60)	%9,92 (0,0-20,0)

Tüm Vücut Işınlamasında Kullanılan Helikal Tomoterapi, Volümetrik Ark Terapi Ve Genişletilmiş Ssd Tekniğinin Dozimetrik Olarak Karşılaştırılması Üzerine Çok Merkezli Bir Çalışma

SERAP ÇATLI DİNÇ[1], NADİR KÜÇÜK[2], ÖZNUR ŞENKESEN[3], HANDE BAŞ AYATA[4]

[1]Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi, Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı
[2]Anadolu Sağlık Merkezi, Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı
[3]Acıbadem Mehmet Ali Aydınlar Üniversitesi, Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı
[4]Medikal Park Hastanesi, Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı

SERAP ÇATLI DİNÇ / Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi, Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı

Amaç: Günümüzde gelişen teknolojik altyapı ve yeni linaklarla birlikte tüm vücut radyoterapi (TBI) planlamasında uygulanabilecek genişletilmiş SSD (kaynak cilt mesafesi), HT (helikal tomoterapi) ve VMAT tabanlı gibi çeşitli yöntemler kullanılmaya başlanmıştır. Bu çalışmada, daha yüksek plan kalitesi elde etmek ve TBI planlarını merkezler arası uyumlaştırmak için genişletilmiş SSD tekniği, VMAT tabanlı ve Helikal tomoterapi planlarının doz hacim histogramlarının (DVH) çoklu kurumsal bağlamda dozimetrik olarak değerlendirilmesi amaçlandı.

Yöntem: Çalışmaya dört farklı merkez katılmıştır. Çalışmada, TBI sonrası allojenik kök hücre nakli yapılan AML veya ALL'li 10 hastanın (5 erkek, 5 kadın) BT görüntüleri kullanıldı. Çalışmanın ilk aşamasında, BT görüntüleri gönderilen 10 hastanın planları birden fazla merkez tarafından ortak bir protokole göre planlandı. Reçetelendirilen tedavi dozu 6 fraksiyonda 12 Gy idi. Çalışmanın ikinci aşamasında tüm merkezler yaptıkları planlarının DVH'lerini paylaştı. Tedavi planları kritik organ dozu limitlerine göre değerlendirildi. SPSS (versiyon 22.0) programı kullanılarak istatistiksel analizleri yapıldı ($p<0.001$).

Bulgu: 4 merkezden gelen 40 TBI planı değerlendirildi. Çalışma, dört teknik arasında PTV'nin dozu kapsaması açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğunu göstermiştir ($p<0.001$). Dört merkezin ortalama akciğer dozları 10 Gy'nin altında idi. Planlar arasında maksimum karaciğer dozları açısından anlamlı bir fark bulunamadı. Lenslere ilişkin sonuçlar, planlar arasında istatistiksel olarak anlamlı ve dikkate değer bir fark olduğunu gösterdi. İstatistiksel analiz, radyoterapide dört teknikten kaynaklanan böbrekler için de doz farklılıklarının önemini göstermektedir. Ayrıca, çalışma dört teknik arasında tedavi süresi ve MU açısından istatistiksel olarak anlamlı ve dikkate değer bir fark olduğunu gösterdi ($p<0.001$).

Sonuç: Sonuç olarak, TBI tedavisi için dört tedavi tekniğinin de uygun olduğu görülmesine rağmen, Helikal tomoterapi ile daha homojen doz dağılımı ve daha düşük kritik organ dozları elde edilmiştir. Ancak akciğer için doz hızının yüksek olması, MU değerinin fazla olması tekniğin dezavantajlarıydı. TBI tedavi yöntemine karar verirken bazı önemli noktaların gözden geçirilmesi gerekmektedir. Kabul edilebilir bir tedavi ve planlama süresi, tedavinin tekrarlanabilirliği, doz hızı, hem hasta hem de ekibin rahat olması diğer önemli noktalardır. TBI gelişmeye devam eden ve hematopoietik kök hücre nakli için hazırlık rejiminin bir parçası olarak köklü bir role sahip, ancak ideal teknik ve optimal dozlar konusunda fikir birliğine varılmayan bir tedavi tekniğidir. TBI tekniklerinin merkezler arasında standardize edilebilmesi için uzun dönem sonuçlarına ilişkin yeterli veriye ihtiyaç vardır.
Anahtar Kelimeler: Helikal tomoterapi, VMAT, X-SSD

Tek İzomerkezli Çoklu Beyin Metastazı için VMAT ve HyperArc Tekniklerinin Dozimetrik Karşılaştırılması

Zeynep Özen[1], Burçin İspir[2], Öznur Şenkesen[3], İrem Aydın[2], Sedenay Oskeroğlu Kaplan[2], Evrim Tezcanlı[1], Ufuk Abacıoğlu[3]

[1]Acıbadem Altunizade Hastanesi
[2]Acıbadem Ataşehir Hastanesi
[3]Acıbadem Mehmet Ali Aydınlar Üniversitesi

Zeynep Özen / Acıbadem Altunizade Hastanesi

Amaç: Bu çalışmanın amacı, çoklu beyin metastazı olan hastalarda tek izomerkezli volümetrik ark ve HyperArc tedavi planlama tekniklerinin dozimetrik olarak karşılaştırılmasıdır.

Yöntem: Çalışmaya kliniğimizde tedavi edilen çoklu beyin metastazı olan (ortalama metastaz sayısı 15, en az 10-en çok 23) 10 hasta dahil edildi. Volümetrik ark tedavi (VMAT) planları tek izomerkezli non-coplanar alanlar kullanılarak oluşturuldu. Tedavi planlamasında kullanılan 1 mm kesit kalınlığına sahip bilgisayarlı tomografi (BT) görüntüleri, rijit çakıştırma kullanılarak 1 veya daha fazla manyetik rezonans (MR) görüntü setine kaydedildi. Her hedef, Eclipse planlama sistemindeki konturlama çalışma alanında yüksek çözünürlük kullanılarak radyasyon onkoloğu tarafından tanımlandı. Gros tümör hacmi (GTV) 10 mm'den büyük lezyonlar için planlama hedef hacmine (PTV) eşit kabul edilirken, 10 mm'den küçük lezyonlar için PTV oluşturmak için GTV'ye 1 mm marj verildi. Reçetelendirilen doz, 3-5 fraksiyonda hedef yapıların %98'lik bir hacmi için 20-30 Gy tanımlandı. Hyper Arc (HA) tedavi planları, TrueBeam Stx ile HyperArcTM sistemi kullanılarak her hasta için retrospektif olarak oluşturuldu. HA plan optimizasyonundan önce, hasta BT görüntülerine sanal Encompass (QFix, Avondale, PA, ABD) immobilizasyon sistemi eklendi. VMAT planları önceki platformda Eclipse sürüm 13.6 kullanılarak yapıldı. HA tekniğinde optimizasyon sürecine hiçbir aşamada manuel olarak müdahale edilmedi. İzomerkezi otomatik olarak hedef yapıların merkezine konumlandıran HA planları Eclipse versiyon 16.1 kullanılarak oluşturuldu. Her iki tekniğe ait dozimetrik parametreler, hedef hacim konformite indeksi [CI]; gradyan indeksi [GI]) ve risk altındaki organların (RAO) korunması açısından karşılaştırıldı.

Bulgu: Çalışmada VMAT ve HA planlarının PTV ve GTV doz kapsama açısından istatistiksel olarak karşılaştırıldığında CI (p=0.721) ve GI (p=0.241) değerleri arasında anlamlı fark bulunmamıştır. HA tekniğinde 10 Gy alan sağlıklı beyin hacmi VMAT tekniğine kıyasla %36 oranında düşük bulunmuştur. Beyin (p=0.037), beyin sapı (p=0,009) ve kiazmanın (p=0.013) maksimum doz değerleri arasında HA tekniği lehine anlamlı bir fark bulunmuştur. Ayrıca, HA planları VMAT planlarına göre %65 (p=0,007) daha az monitör ünit (MU) ile sonuçlanmıştır.

Sonuç: Bu çalışmada, 10 ve daha fazla beyin metaztazı olan hastalarda HA tekniğinin kullanılması, sağlıklı beyin dokusu ve RAO dozlarının düştüğünü göstermiştir. Buna ek olarak tedavi süresi anlamlı oranda azalmıştır. HA tekniği yazılımı sayesinde tecrübe ve zaman gerektirmeden VMAT tekniğinden daha üstün planlar oluşturabilmektedir. Çoklu beyin metastazlarının optimizasyon aşaması ve ışınlanmasında HA tekniğin kullanılması tercih edilebilir.

Görüntü Kılavuzluğunda Radyoterapi Uygulanan Prostat Kanserli Hastalarda Inter-fraksiyonel Değişimlerin Dozimetrik Etkisinin Doz Takibi ile Değerlendirilmesi

Gizem Bakıcıerler[1], Ömür Karakoyun Çelik[1], Ufuk Beyaztaş[2], Merve Erduğan[1], Bora Sındır[1], Kadir Akgüngör[3]

[1]Celal Bayar Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Radyasyon Onkolojisi AD
[2]Marmara Üniversitesi, Fen Fakültesi, İstatistik Bölümü
[3]Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Fakültesi, Fizik Bölümü

Gizem Bakıcıerler / Celal Bayar Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Radyasyon Onkolojisi AD

Amaç: Prostat kanserli hastalarda hacimsel ayarlı ark terapi (VMAT) tekniği, yüksek konformal doz dağılımına izin verdiği için yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu modern radyoterapi tekniğinin, planlandığı şekilde her bir tedavi fraksiyonunda uygulanmasında görüntü kılavuzluğunda radyoterapi (IGRT) güvenilir bir araç olarak kabul edilmektedir. Buna rağmen, hedef hacimlerin ve/veya risk altındaki organların hareketi ve geometrik farklılıklar önemli dozimetrik değişikliklere neden olabilir. Bu çalışmada amaç; prostat kanseri tanısı ile radyoterapi uyguladığımız hastalarda inter-fraksiyonel değişimleri içeren kümülatif dozların günlük cone-beam CT (CBCT) görüntüleri üzerinden yeniden hesaplanması ve planlanan dozlar ile karşılaştırılmasıdır.

Yöntem: Bu çalışmaya sadece prostata yönelik radyoterapi alan düşük ve orta risk prostat kanseri tanılı 15 hasta dahil edilmiştir. Tedavi planları, VMAT tekniği ile Monte Carlo algoritması kullanılarak RayStation 11B (RaySearch Laboratories AB Stockholm, Sweden) tedavi planlama sisteminde optimize edilmiş ve hesaplanmıştır. IGRT uygulamak için her tedavi öncesinde günlük olarak alınan toplam 585 CBCT görüntüsü (pre-treatment CBCT–pCBCT), tedavi planlama sistemine aktarılmıştır. Düzeltilmiş bir CBCT (corrected-cCBCT) oluşturmak için CT planlaması ile pCBCT arasında deforme edilen görüntü eşleştirmesi (Deformable Image Registration) yapılmıştır. Planlanan hedef hacim (PTV), mesane ve rektum gibi riskli organ konturları deforme bir şekilde cCBCT'ye kopyalanmış ve radyasyon onkologları tarafından değerlendirilmiştir. Her bir fraksiyon için günlük olarak uygulanan dozlar, cCBCT görüntülerine göre deforme edilerek yeniden hesaplanmıştır. Daha sonra tüm fraksiyonlar birleştirilerek kümülatif dozlar oluşturulmuştur. PTV, mesane ve rektum için doz-hacim histogramı (DVH) kesme noktaları kullanılarak, planlanan ve uygulanan kümülatif dozlar karşılaştırılmıştır.

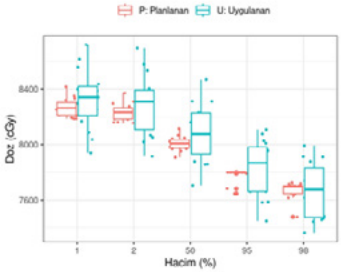
Bulgu: PTV'ye ait D98, D95, D50, D2, D1, mesaneye ait Dort, D2, V80, V75, V70, V65 ve rektuma ait Dort, D2, V75, V70, V65, V60, V50 planlanan ve uygulanan kümülatif doz-hacim parametrelerinin ortalama değerleri Tablo 1'de verilmiştir. Ayrıca, PTV için planlanan ve uygulanan doz-hacim ilişkisi kutu grafiği ile Şekil 1'de gösterilmiştir. Hedef hacim ve riskli organlara ait bu parametrelere normal dağılıma uygunluk varsayımını sağlayıp sağlamama durumlarına göre Eşleştirilmiş t-testi veya Wilcoxon işaret testi uygulanmıştır. PTV ve mesanede planlanan ve kümülatif parametreler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır. Rektuma ait Dort ve V50 için gerçekleştirilen karşılaştırma testlerinde p-değeri < 0.05 olarak elde edilmiş, dolayısı ile Dort ve V50 için planlanan ve uygulanan dozlar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Rektumdaki doz farklarının 39 gün boyunca takip edilen hastalardaki hacim değişimlerine göre ilişkisi fonksiyonel lineer regresyon analizi ile incelenmiştir. Elde edilen bulgular, hastalardaki doz farklılıklarının ilk 20 gün boyunca artış eğiliminde olduğunu, sonrasında 5 gün boyunca azalış eğiliminde olduğunu ve daha sonrasında doz farklılıklarının sabitlendiğini göstermiştir.

Tablo 1: Hedef hacim ve riskli organlara ait doz-hacim parametreleri.

	Planlanan	Kümülatif	p
PTV			
D_{98} (cGy)	7670	7670	0.964
D_{95} (cGy)	7762	7815	0.533
D_{50} (cGy)	8000	8000	0.171
D_2 (cGy)	8211	8209	0.338
D_1 (cGy)	8264	8327	0.209
Mesane			
D_{ort} (cGy)	2456	2455	0.235
D_2 (cGy)	8063	8123	0.327
V_{80} (%)	3.77	3.08	0.238
V_{75} (%)	9.68	9.34	0.039*
V_{70} (%)	16.79	16.76	0.845
V_{65} (%)	12.36	12.64	0.694
Rektum			
D_{ort} (cGy)	2779	2820	0.012
D_2 (cGy)	8013	8110	0.108
V_{75} (%)	8.31	8.80	0.112
V_{70} (%)	10.91	11.39	0.068
V_{65} (%)	13.30	13.69	0.086
V_{60} (%)	15.90	15.87	0.984
V_{50} (%)	20.35	21.05	0.003

Hedef hacim ve risk altındaki organlar için planlanan ve kümülatif dozların karşılaştırılması. Kümülatif anlamlılık parametrelerin normal dağılıma durumunda Eşleştirilmiş t-testi, normal dağılmayan parametreler olması durumunda Wilcoxon işaret testi (*) uygulanmıştır. p<0.05 olması durumunda istatistiksel anlamlılık ifade edilir.

Şekil 1: Hedef hacim için planlanan ve uygulanan dozun hacim ilişkili kutu grafiği.



Sonuç: Bu çalışma kliniğimizde tedavi edilen prostat kanserli hastalarda plananlanan ve uygulanan dozun, hedef ve riskli organ dozları açısından doğrulamasının başarılı bir iş akışı ile yapıldığını göstermiştir. CBCT'ye günlük olarak aktarılan doz, online ve offline değerlendirmeye yardımcı olmak için klinik olarak kullanılabilir. Genitoüriner toksisiteyi önlemek için organ hazırlama protokollerine önem verilmeli, yüksek doz gradyentine yakın mesane ve rektum gibi organlar için kümülatif doz dikkatli bir şekilde analiz edilmelidir.

Anahtar Kelimeler: Cone-beam CT, Doz Takibi, Prostat Kanseri

Gafchromic EBT4 Film Kalibrasyonu: Tarama Yönü ve Pozisyonu Hala Önemli Mi?

Yücel Akdeniz[1]

[1]Acıbadem Adana Hastanesi

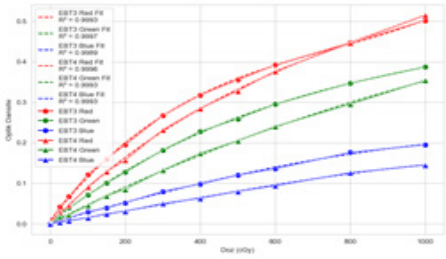
Yücel Akdeniz / Acıbadem Adana Hastanesi

Amaç: Bu çalışmanın amacı, yeni nesil Gafchromic EBT4 filmlerin tarama yönü ve pozisyonunun doz yanıtı üzerine etkisini incelemek ve bu etkiyi EBT3 filmlerle karşılaştırmaktır.

Yöntem: EBT3 ve EBT4 filmler 2×2 inç2lik parçalara bölündü ve her film parçası yönleri izlemek için işaretlendi. Toplamda 11 farklı doz seviyesinde (25, 50, 100, 150, 200, 300, 400, 500, 600, 800 ve 1000 cGy) ışınlamak için EBT3 ve EBT4 film parçaları kullanıldı. Bir film çifti backdround radyasyonu kaydetmek için ışınlanmadı. Kalibrasyon ışımlamaları su eşdeğeri bir fantom (PTW-RW3) içerisinde, merkezi eksende, 10 cm derinlikte Varian TrueBeam STx lineer hızlandırıcı ile üretilen 6 MV ışınla gerçekleştirildi. EBT3 ve EBT4 filmlerinin dikey ve yatay yönelimlerde taranarak tarama yöneliminin etkisi incelendi. Kalibrasyon filmleri, ışınlamadan 24 saat sonra Epson 10000 XL tarayıcı ile tarandı. Görüntüleri taramadan önce tarayıcı 30 dakika boyunca açık tutuldu ve 10 kez boş ısıtma taraması yapıldı. Görüntüler, 72 dpi tarama çözünürlüğünde, 48-bit kırmızı-yeşil-mavi (RGB) TIFF dosya formatında kaydedildi. Tüm film parçaları tarayıcı yatağında merkezi konumda tarandı. Her bir film parçasının optik dansitesi (OD), doz-cevap eğrisi oluşturmak için 50 × 50 piksel boyutundaki bir ilgi alanındaki ortalama piksel değerleri ImageJ programı kullanılarak ölçüldü. Phyton programlama dilinde scipy ve sklearn kütüphaneleri kullanarak piksel değerleri OD değerlerine çevrildi ve kalibrasyon eğrileri oluşturuldu. Lateral Cevap Artifakt (LCA) etkisini incelemek için 10×10 cm2 alanda 6 MV foton enerjisi ve 200 cGy ile ışınlanmış EBT3 ve EBT4 filmler, alan kenarı tarayıcının merkezinden 4,5 cm lateral mesafeden başlayacak şekilde tarandı.

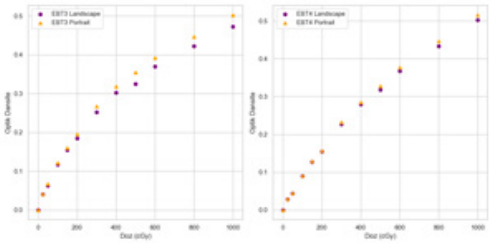
Bulgu: Şekil 1, dikey yönelimde 0-1000 cGy doz aralığı için üç renk kanalında doz-yanıt eğrilerini göstermektedir. EBT4 filmde de EBT3'de olduğu gibi kırmızı kanalın en hassas olduğu grafikten görülmektedir. Mavi kanalda, OD değerlerinde EBT4 filmlerde EBT3 filmlere göre 0-1000 cGy dozları arasında düşük hassasiyet gözlemlendi. Şekil 2, EBT3 ve EBT4 filmleri için kırmızı kanalda dikey ve yatay yönelimlerinde doz-yanıt eğrilerini göstermektedir. Dikey yönelimdeki OD her zaman yatay yöneliminden daha yüksekti. EBT3 ve EBT4 filmleri için farklı tarama yönelimlerindeki ortalama OD farkları, EBT3 için %5,67±1,50 EBT4 için %2,30±0,80 olarak gözlemlendi. Şekil 3, EBT3 ve EBT4 filmlerin, 10×10 cm2 açık alanla ışınlanan filmlerin tarayıcı yatağının lateralinde tarandığında ölçülen cross-plane doz profillerini göstermektedir. Off-center pozisyonlarda EBT3 ve EBT4 filmlerinin ölçüm dozları, TPS hesaplamalarına göre farklılık gösterdi. Tarayıcı merkezinden 8 ila 14 cm mesafedeki doz değerleri TPS hesaplamalarından LCA nedeniyle EBT3 için ortalama %6,40±1,52 ve EBT4 için %5,12±0,92 fark göstermiştir.

Şekil1 - EBT3 ve EBT4 filmlerin kalibrasyon eğrileri



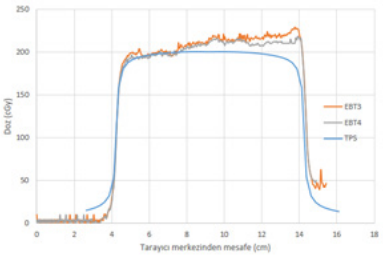
Şekil1 EBT3 ve EBT4 filmlerin kırmızı, yeşil ve mavi kanalda kalibrasyon eğrilerini göstermektedir. Yuvarlak noktalar EBT3, üçgen noktalar EBT4'e ait veri noktalarıdır.

Şekil2 - Tarama yönünün kalibrasyona etkisi



Şekil2 EBT3 ve EBT4 filmlerin kalibrasyonunda tarama yönünün kalibrasyon eğrisine olan etkisini göstermektedir. Soldaki grafikte EBT3 filmi için yuvarlak noktalar yatay tarama ile elde edilen OD verileri üçgen noktalar ise dikey tarama ile elde edilen OD verileridir. Sağdaki grafik ise EBT4 filmi için oluşturulmuştur.

Şekil3 - EBT3 ve EBT4 filmlerde Lateral Cevap Artifaktı etkisi



Şekil3 EBT3 ve EBT4 filmlerde Lateral Cevap Artifaktı (LCA) etkisini göstermektedir. Tarayıcı merkezinden lateral olarak uzaklaştırılmış taramada LCA etkisi tarayıcı kenarlarına yaklaştıkça artmaktadır. Mavi çizgi TPS verisi, turuncu çizgi EBT3 film ile elde edilen ve gri çizgi EBT4 ile elde edilen cross-plane profil verileridir.

Sonuç: Bu çalışmada EBT3 ve EBT4 filmlerinin doz-cevap, tarama yönelimi ve LCA üzerindeki etkilerini incelendi. Bulgular, EBT4 filminin mavi kanalındaki doz-yanıtın daha az hassas olduğunu ve EBT4 filmde tarama yönü ve LCA etkilerinin EBT3 filmlere göre azaldığını göstermektedir. Ancak, hala tarama yönü ve LCA, çalışmadaki doz aralıklarında ölçüm doğruluğunu etkileyen önemli faktörlerdir ve doğru ölçümler için gerekli uygulamalar ve düzeltmeler yapılmalıdır.

Anahtar Kelimeler: Radyokromik Film Dozimetre, EBT4, Gafchromic Film

Farklı Kolimasyon Yapısındaki Lineer Hızlandırıcı Cihazlarının Geniş Alan Sol Meme Yoğunluk Ayarlı Radyoterapisinde Karşılaştırılması

Melih Uluer[1], Gökhan Aydın[1], Görkem Güngör[1], Bülent Yapıcı[1], Banu Atalar[1], Enis Özyar[1], Nuran Beşe[1]

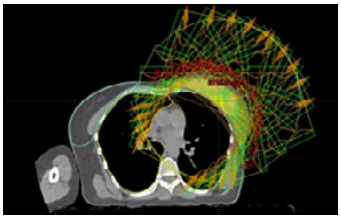
[1]Acıbadem Maslak Hastanesi, Radyasyon Onkolojisi Bölümü, İstanbul

Melih Uluer / Acıbadem Maslak Hastanesi, Radyasyon Onkolojisi Bölümü, İstanbul

Amaç: Radyoterapi cihazları kolimasyon ve geometrik özelliklerine göre çeşitlilik gösterir. Bunun neticesinde planlama ve tedavi uygulama şekillerinde farklılık oluşmaktadır. Bu çalışmada geniş alan sol meme kanserli hastalarda klasik ve ring tipi cihazlar için yoğunluk ayarlı radyoterapi (IMRT) tedavi planlamaları dozimetrik parametreler ve tedavi uygulama pratikliği açısından karşılaştırılmıştır.

Yöntem: Çalışmada Varian marka TrueBeam ve Ethos model cihazlar yer almaktadır. Planlamalar Eclipse TPS'te oluşturulmuştur. Çalışmada tedavisi tamamlanmış 12 hasta verisi kullanılmıştır. Hastalar 2mm kesitli ve derin nefes tutmalı olarak simüle edilmiştir. CT çekiminde Varian RGSC solunum yönetim sistemi kullanılmıştır. Planlama için klasik tanjansiyel geometri içerisine 17 alan yerleştirilerek IMRT planları oluşturulmuştur. Hacimsel yoğunluk ayarlı ark tekniği düşük doz hacmi açısından dezavantajlıdır. Planlar Ethos cihazında 6FFF enerji için, TrueBeam cihazında ise 6X ve 6FFF modalitelerinde hazırlanmıştır. Planlarda reçete edilen doz 2Gy/fr için toplam 50Gy şeklindedir. Hedefler için CTV, SCF, axilla ve MI konturlanmıştır. Planlarda hedef doz sarımı için tüm hedefler toplanarak tek bir hedef (OPT) oluşturulmuş ve %95'lik hacmin %95'lik reçete dozu alması sağlanmıştır. Kritik organlar tüm akciğer, ipsilateral akciğer, kontralateral akciğer, kalp, LAD ve karşı meme şeklindedir. Doz hesabında AcurosXB ve optimizasyonda PO algoritmaları kullanılmıştır. Planların kalite kontrolleri ArcCheck fantomda yapılmıştır. Klinik karşılaştırma parametreleri toplam akciğer için 20Gy ve 5Gy'lik doz alan hacimlerin yüzdesi (%), 20Gy doz alan ipsilateral akciğer hacmi yüzdesi(%), kontralateral akciğerin ortalama dozu (cGy), kalp, LAD ve karşı meme ortalama dozları (cGy), hedefteki maksimum doz değeri (cGy) şeklindedir. Ek olarak toplam MU verileri ve planların cihazda ışınlama süreleri (dk) değerlendirilmiştir.

Klasik Tanjansiyel 17 Alan Geometrisi



Bulgu: Karşılaştırmalarda SPSS Wilcoxon testi uygulanmıştır. TrueBeam'de hedef maksimum dozu ve MU parametresinde 6X, FFF'ten düşüktür. FFF'in ışınlama süresi doz hızı avantajı ile daha kısadır. TrueBeam 6x ve FFF için klinik parametrelerin sonuçları benzerdir. FFF Modalitelerinde V5 toplam akciğer ve ortalama karşı akciğer dozları dışındaki tüm parametrelerde Ethos, TrueBeam'den düşüktür. Benzer şekilde Ethos kalp, LAD, karşı meme ortalama dozu ve ışınlama süresinde TrueBeam 6X'den düşüktür ve farklar istatistiksel olarak anlamlıdır.

Toplam akciğer, ipsilateral ve kontralateral akciğerler açısından elde edilen bulgular

Kalp, LAD ve karşı meme ortalama dozları karşılaştırması

TB 6FFF	TB 6X	TB 6FFF	TB 6X	Ethos 6FFF	TB 6FFF	TB 6X	Ethos 6FFF	TB 6FFF	TB 6X	Ethos 6FFF	[illegible]	Ethos 6FFF
Toplam Akci[illegible]		Kalp Ortalama(cGy)			LAD Ortalama(cGy)			Karşı Meme Ortalama(cGy)			[illegible] Ortalama(cGy)	
4,7	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

Hedefteki maksimum doz değeri, toplam MU ve ışınlama süresi karşılaştırması

TB 6FFF	TB 6X	Ethos 6FFF	TB 6FFF	TB 6X	Ethos 6FFF	TB 6FFF	TB 6X	Ethos 6FFF
Hedef Maksimum(cGy)			MU			Işınlama Süresi(dk)		
5548,1	5460,4	5395,8	3208,6	2079,0	2868,9	13,4	14,7	9,5

Sonuç: Geniş alan meme radyoterapisinde karmaşık hedef ve kritik organ geometrisi nedeniyle IMRT'nin kullanımı yaygınlaşmaktadır. Ayrıca kalp, LAD'nin etkili korunması için nefes tutmalı yöntemler avantajlıdır. IMRT ve nefes tutmanın birlikte kullanımı tedavi süresi ve nefes tutma sayısını arttırmaktadır. Bu nedenle kabul edilebilir doz dağılımı kadar tedavi uygulama hızı da cihaz seçiminde etkilidir. TrueBeam'de 6X ve FFF karşılaştırılmasında sonuçlar benzerdir. Kabul edilebilir klinik verilerle Ethos cihazı gantri ve MLC hızı avantajı sayesinde tedavi uygulamada TrueBeam'den hızlı görülmüştür.

Sol Meme Kanseri Hastaları için Derin İnspirasyon Fazında Oluşturulan VMAT Tedavi Planlarının Serbest Solunumda Oluşturulan Helikal Tomoterapi Tedavi Planlarıyla Dozimetrik Karşılaştırılması

Evren Ozan Göksel[1], Okan Kuru[3], Volkan Demircan[2], Meriç Şengöz[2]

[1]Acıbadem MAA Üniversitesi SHMYO Radyoterapi Programı
[2]Acıbadem Altunizade Hastanesi Radyasyon Onkolojisi Bölümü
[3]Doğu Akdeniz Üniversitesi SHMYO Radyoterapi Önlisans Programı

Evren Ozan Göksel / Acıbadem MAA Üniversitesi SHMYO Radyoterapi Programı

Amaç: Bu çalışmada, sol meme kanserli hastaların derin inspiryum fazında (DIBH) VMAT tekniği ile yapılan tedavi planları, solunum kontrol sistemi bulunmayan Tomotherapy HDA cihazı için serbest solunumda (SS) Helikal Tomoterapi (HT) tekniği ile yapılan tedavi planlarıyla dozimetrik olarak karşılaştırılması amaçlanmıştır.

Yöntem: Bu amaçla, 20 sol meme kanserli hastanın hem SS hem de DIBH fazında alınmış olan Bilgisayarlı Tomografi (BT) görüntüleri kullanılmıştır. İki teknik için de planlar 50,4Gy (1,8Gy/28fr) doz reçete edilerek ve 6 MV FFF foton enerjisi seçilerek oluşturulmuştur. Sol meme dokusu (CTV) hedef hacim olarak; kalp, LAD (left descending artery), ipsilateral ve kontralateral akciğer ve kontralateral meme ise risk altındaki organlar olarak hem DIBH hem de SS'te alınan BT görüntüleri üzerinde konturlanmıştır. DIBH fazında alınan BT'de VMAT tekniğiyle planlama yapılırken (Varian VitalBeam), SS'te alınan BT üzerinde HT tekniği ile planlama yapılmıştır. Daha sonra planlar hedef kapsaması ve normal dokuların korunması açısından dozimetrik olarak karşılaştırılmıştır. Çalışmada ikili karşılaştırmalar için paired-samples t testi (IBM, SPSS version 23) kullanılmıştır.

Bulgu: Derin inspiryum fazında tedaviye uygun olmayan sol meme kanseri hastalarının serbest solunumda HT tekniği ile tedavi edilmelerinin hedef kapsamasından ödün vermeden VMAT tekniği ile benzer kalp, daha iyi LAD ve ipsilateral akciğer koruması sağladığı görülmüştür. Ancak SS'te HT tekniği kullanıldığında kontralateral akciğer ve kontralateral meme dozları dikkatle değerlendirilmelidir. Sonuç: Her iki teknikle de istenen hedef kapsaması sağlanmıştır, ancak hedefte Dmax, Dort değerleri ve CN (Conformity Number) ve HI (Homogeneity Index) parametreleri açısından HT tekniği üstün bulunmuştur (Tablo1). Kalp dozları her iki teknik için de benzer bulunurken, LAD, sol akciğer, özofagus ve spinal kord dozları karşılaştırıldığında SS'te yapılmasına rağmen HT tekniği ile oluşturulan planlar DIBH'te VMAT tekniği ile yapılan planlardan üstün bulunmuştur (Tablo2). Kontralateral meme ve sağ akciğer dozları ise VMAT tekniğinde daha düşük bulunmuştur.

Hedef yapı için doz-hacim verileri ve p değerleri.

Metric	HT Ort±SS	VMAT Ort±SS	HT vs. VMAT P Değeri
$V_{105}(\%)$	2,95±2,544	2,81±2,031	0,086
$D_{\%2}$	5291,10 ± 75,25	5294,43±32,04	0,000*
$V_{Prescription}(\%)$	85,86±13,46	64,04±5,22	0,000*
$D_{47,88}(\%)$	4961,10±57,59	4818,05±52,26	0,000*
CN	0,856±0,138	0,630±0,075	0,000*
HI	0,982±0,013	0,963±0,01	0,001*

Kritik organlar için doz-hacim verileri ve p değerleri.

Metric	HT Ort±SS	VMAT Ort±SS	HT vs. VMAT P Değeri
Kalp Dmax (cGy)	2542,05±543,65	2094,09±397,95	0,001*
Kalp Dmean (cGy)	356,95±97,42	354,31±37,55	0,000*
Kalp V5%	16,53±6,55	22,18±12,63	0,073
L Lung V5%	30,22±7,84	67,33±5,08	0,000*
L Lung V20%	9,67±3,08	14,55±2,05	0,000*
L Lung V30%	4,5±1,87	5,51±1,65	0,062
L Lung V40%	1,31±0,83	1,19±0,62	0,000*
LAD Dmax (cGy)	1536,15±749,03	1685,84±442,75	0,000*
LAD Dmean (cGy)	580,90±235,92	797,22±156,38	0,002*
R Lung DMax (cGy)	2205,05±316,74	1803,39±269,59	0,000*
R Lung Dmean (cGy)	469,95±106,60	296,70±63,63	0,000*
R Lung V5%	35,18±10,32	17,03±10,26	0,000*
Karşı Meme Dmax (cGy)	2137,65±236,10	1649,61±424,89	0,000*
Karşı Meme Dmean (cGy)	782,70±180,95	415,90±118,28	0,000*
Karşı Meme V5%	76,49±19,50	25,66±13,72	0,000*
Karşı Meme V10%	23,62±13,98	5,03±4,59	0,000*
Özofagus Dmax (cGy)	958,12±126,76	1271,28±344,81	0,000*
Spinal Kord Dmax (cGy)	454,60±578,23	931,46±295,18	0,000*

Türkiye'de Uygulanmakta Olan Kranyospinal Işınlama Tekniklerinin Dozimetrik Olarak Karşılaştırılması

Öznur Şenkesen[1], Evrim Tezcanlı[1], Fadime Alkaya[2], Burçin İspir[3], Serap Çatlı[4], Abdullah Yeşil[5], Ebrar Bezirganoglu[6], Sezgi Turan[7], Canan Köksal[8], Gülay Güray[9], Emel Hacıislamoğlu[10], Faruk Durmuş[11], Şeyma Çavdar[12], Telat Aksu[13], Nurten Çolak[14], Esra Küçükmorkoç[15], Mustafa Doğan[16], Tülay Ercan[17], Fatih Karaköse[18], Vildan Alpan[19], Cemile Ceylan[20], Gökhan Poyraz[21], Nilgül Nalbant[22], Şeyda Kınay[23], Servet İpek[24], Namık Kayalılar[25], Hamza Tatlı[26], Mingyao Zhu[27]

[1]Acıbadem Mehmet Ali Aydınlar Üniversitesi, Istanbul
[2]İstanbul Medipol Üniversitesi,Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Istanbul
[3]Acıbadem Adana Hastanesi, Adana
[4]Gazi Üniversitesi
[5]Medicana Bursa Hastanesi, Bursa
[6]Kolan Hastanesi, Istanbul
[7]Neolife Tıp Merkezi
[8]Istanbul Üniversitesi, Oncoloji Enstitüsü, Istanbul
[9]Medikal park Bahçelievler Hastanesi, Istanbul
[10]Karadeniz Teknik Üniversitesi Farabi Hastanesi, Trabzon
[11]Yeni Yüzyıl Üniversitesi Gaziosmanpasa Hastanesi, Istanbul
[12]Medicana Ankara Hastanesi, Ankara
[13]Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun
[14]Kartal Dr. Lutfi Kirdar Şehir Hastanesi, Istanbul
[15]Anadolu Sağlık Merkezi, Istanbul
[16]Trakya Üniversitesi, Edirne
[17]Gayrettepe Florence Nightingale Hastanesi, Istanbul
[18]Koc Üniversitesi Hastanesi, Istanbul
[19]Amerikan Hastanesi, Istanbul
[20]Istanbul Onkoloji Hastanesi, Istanbul
[21]Medipol Üniversitesi Hastanesi, Istanbul
[22]Basaksehir Cam ve Sakura Şehir Hastanesi, Istanbul
[23]Dokuz Eylul University, İzmir
[24]Istanbul Üniversitesi-Cerrahpasa, Istanbul
[25]Acıbadem Maslak Hastanesi, Istanbul
[26]Elekta Instrument AB, Barbaros Mah. Begonya Sok. Nidakule Ataşehir, Istanbul
[27]Emory University School of Medicine, Atlanta, Georgia, USA

Öznur Şenkesen / Acıbadem Mehmet Ali Aydınlar Üniversitesi, Istanbul

Amaç: Bu çalışmada, halen ülkemizde kullanılmakta olan kraniospinal ışınlama tekniklerini (CSI) dozimetrik olarak karşılaştırarak, birbirlerine göre avantajları, dezavantajları ve üstünlüklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Aynı tekniği kullanan merkezler arasında kullanıcı bazlı değişimin etkisinin azaltılması ve merkezlerin ellerindeki olanaklarla elde edebilecekleri doz dağılımının iyileştirilmesi yönünde öneriler sunulması amaçlanmaktadır.

Yöntem: Çalışmamızda bir yetişkin ve bir pediatrik hastaya ait Bilgisayarlı Tomografi (BT)'de hedef hacim ve risk altındaki organlar (RAO) belirlenmiştir. BT ve konturlanan veri seti anonimleştirildikten 25 radyoterapi merkezi ile paylaşılmıştır. Her bir merkezin PTV'nin %95 inin reçetelendirilen dozu alması ve RAO dozlarının olabildiğince düşük olacak şekilde uyguladıkları tekniği kullanarak kendi kliniklerinde kabul ettikleri en optimum planı oluşturmaları istenmiştir. Aynı BT ve veri seti Emory Proton merkezi ile paylaşılmış ve proton tedavi planlamasının doz dağılımı elde edilmiştir. Merkezler konformal, IMRT, Helikal IMRT (Tomoterapi/ Radixact), VMAT olmak üzere farklı tedavi planlama sistemleri kullanarak farklı özelliklere sahip linak cihazları için tedavi planları oluşturmuşlardır. Tüm merkezlere ait doz dağılımlarına ait doz hacim histogramları (DVH) Elekta Proknow sistemi kullanılarak analiz edilmiştir. Her bir teknik için doz dağılımlarındaki değişimler incelenerek hedef hacim ve RAO ların DVH parametreleri analiz edilmiştir. Ayrıca hedef hacim konformalite indeksi (CI), homojenite indeksi (HI) ve her bir tekniğin proton tedavisi ile olan farklılıkları incelenmiştir.

Bulgu: Kullanılan tekniklerde PTV_beyin, PTV_spinal ve PTV_toplam için V95 değerleri yetişkin ve pediatrik hastalar için benzer şekilde %98'in üzerinde bulunmuştur. Tüm PTV hedef hacimleri için ideal Dmean dozuna en yakın sonuca Tomoterapi/Radixact ile ulaşıldığı görülmüştür. CI, Tomoterapi/Radixact ile yetişkin ve pediatrik hastalarda PTV_beyin ve PTV_spinal için ideal değerlere en yakın bulunmuştur. HI açısından Tomoterapi/Radixact ile yetişkin ve pediyatrik hastalarda PTV_beyin, PTV_spinal ve PTV_toplam için üstün sonuçlar bulunmuştur. Pediatrik hastalar için IMRT tekniği, kalp, sol ve sağ böbrekler, sol parotis, sol ve sağ gözler ve mercekler için ideal değere en yakın ortalama dozları verirken.

Tomoterapi/Radixact tekniği tiroit bezi, sol ve sağ akciğerler ve sağ parotis için en düşük Dmean dozlarını sağlamıştır, bunu VMAT tekniği takip etmiştir. Yetişkin hastalarda konformal teknik ile sol ve sağ akciğerler ile toplam akciğer için en düşük Dmean dozları, Tomoterapi/Radixact ile sol böbrek ve tiroit bezi için proton tekniğine en yakın Dmean dozları olduğu bulunmuştur. Kalp, sağ böbrek, sol ve sağ parotisler, özefagus, gözler ve lensler için en düşük dozlar IMRT tekniği ile elde edilmiştir. Pediatrik ve yetişkin hasta için 10Gy alan normal doku hacimlerinin ışınlama tekniğine göre değişimi sırasyla şekil 1 ve 2 de gösterilmektedir. PTV_Spinal ve PTV_Toplam için hedefi kapsama, CI,HI ve PTV dışında kalan sağlıklı beden dokusu (Body-PTV) dozlarına ait değerler pediatrik ve yetişkin hastalar için sırasıyla tablo 1 ve 2 de gösterilmektedir.

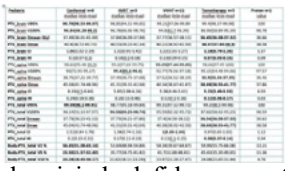
Şekil 1

Pediatrik hastada ışınlama tekniğine göre 10Gy alan normal doku hacimlerinin değişimi

Şekil 2

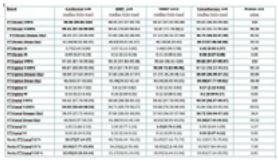
Yetişkin hastada ışınlama tekniğine göre 10Gy alan normal doku hacimlerinin değişimi

Tablo 1



Pediatik hastada PTV_Beyin, PTV_Spinal ve PTV_Toplam için hedefi kapsama, CI,HI ve PTV dışında kalan sağlıklı beden dokusu (Body-PTV) dozu sonuçaları

Tablo 2



Yetişkin hastada PTV_Beyin, PTV_Spinal ve PTV_Toplam için hedefi kapsama, CI,HI ve PTV dışında kalan sağlıklı beden dokusu (Body-PTV) dozu sonuçları

Sonuç: Çalışmamızda elde edilen veriler, IMRT/Helikal IMRT, VMAT ve proton tedavisi gibi ileri tekniklerin, konformal tekniğe kıyasla üstün hedef kapsamı ve doz homojenliği sunduğunu göstermektedir. Bu nedenle, gelişmiş teknolojiye sahip olan merkezlerin alan örtüşme düzenlenmesindeki zorlukların üstesinden gelmek ve RAO dozlarını azaltmak için konformal teknik yerine ileri teknolojiden yararlanmasını öneririz. Ayrıca ülkemizde bir proton merkezinin kurulması, özellikle çocuk hastalar için son derece değerli olup, RAO'larda dozun düşürülmesi için değerli fırsatlar sağlayacaktır. Özellikle radyoterapi gören pediatrik hastalar için radyasyon tedavisi hizmetlerinin ileri tekniklerin kullanıldığı, merkezlere yönlendirilmesi düşünülmelidir.

Hyperion Optik Uyarımlı Kişisel Personel Dozimetre Cihazının Geliştirilmesi ve Üretilmesi

Hasan UYSAL[1], Mehmet Fazıl ENKAVİ[2], İsmail Burak KORKUT[3], Ferhat YEŞİL[4], Bekir IŞIK[5], Sametcan VENEDİK[6]

[1]Medicana International Ankara Hastanesi, Radyasyon Onkolojisi Bölümü, Ankara
[2]Medicana International Ankara Hastanesi, Radyasyon Onkolojisi Bölümü, Ankara
[3]Radontek Medikal, Ankara
[4]ODTÜ MEMS Merkezi, Ankara
[5]Physmart Solutions Radyasyondan Korunma, Lokman Hekim Üniversitesi LHUSTEK, Ankara
[6]Physmart Solutions Radyasyondan Korunma, Lokman Hekim Üniversitesi LHUSTEK, Ankara

Hasan UYSAL / Medicana International Ankara Hastanesi, Radyasyon Onkolojisi Bölümü, Ankara

Amaç:
Çalışmamızda Optik uyarımlı lüminesans (OSL) dozimetrelerde uyarım sonrasında ortaya çıkan fotonların fotoçoğaltıcı (FÇT) tüp ile sayılması, verilen dozla orantılı olarak doz-sayım (kalibrasyon) eğrisi oluşturulması, OSL okuyucu cihazı ve personel dozimetresi üretilmesi ve kullanım için gerekli testlerin yapılması amaçlanmıştır.

Yöntem: Kişisel dozimetrelerin okumasını yapmak üzere OSL dozimetre okuyucu cihaz geliştirildi. Okuyucu içerisinde mavi led, istenmeyen dalga boylarını soğuran filtreler, optik lensler ve FÇT kullanıldı. Bu parçalar bir kutu içerisine uygun geometride yerleştirilerek ortam ışıklarından dozimetrenin etkilenmemesi sağlandı. Step motorlar vasıtasıyla dozimetrenin kutu içerisine alınması ve yalnızca kapalı karanlık kutu içerisinde açılması sağlandı. Okuma esnasında FÇT'den elde edilen veriler önceden tasarlanan PCB kart üzerinden bilgisayara aktarıldı. Özel olarak tasarlanan bilgisayar ara yüzü ile sistemin kontrolü sağlandı. Ayrıca sonuçların sayım değerlerini ve önceden elde edilen kalibrasyon faktörleriyle çarpılarak ekrana yazdırılması sağlandı.
Bunun dışında kişisel personel dozimetresinde kullanılmak üzere; yaka, yüzük, göz ve bilek dozimetresi okuyucuya uygun şekilde üretildi. Üretilen dozimetrelerin kalibrasyon ışınlamaları Cs-137 ile yapıldı ve ürettiğimiz OSL okuyucu cihazda ışınlama miktarına bağlı sayım değerleri elde edilerek kalibrasyon grafikleri oluşturuldu. Ardından üretilen dozimetrelerde TENMAK tarafından Hp(10) ve Hp(0,07) için; Lineerite testi, enerji ve açı testleri, çevresel performans testleri, mekanik performans ve blind test yapıldı. OSL Dozimetre ile tüm vücut için kişisel doz eşdeğeri Hp(10) ve cilt için kişisel doz eşdeğeri Hp(0,07)'nin uygunluğu EN IEC 62387 ve EN ISO/IEC 17025 standartları kapsamında değerlendirildi.
Hp(10) ve Hp(0,07) için test ışınlamaları; 0,05mSv-10.0Sv dozlarında, 16keV-6,7MeV aralığındaki enerjilerde ve de ortalama beta enerjisi: ≈0.8MeV'de (Eβmax=2,28 MeV) yapılmıştır. Testlerdeki ışınlamalar 0°, ± 45°, ± 60° ve ± 75° açılarda toplam 1000 adet dozimetre ile yapılmıştır.
LINAC'larda üretilen foton enerji testleri 6MV-10MV-15MV-18MV enerjileri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Dozimetre okumalarında yaşanabilecek olası hatalar nedeniyle aynı dozimetrenin tekrar okuma hatasının ≤ ±%5 olacak şekilde okuması istenmektedir. Bunu sağlamak için OSL okuyucu cihazında led, FÇT ve okuma süreleri farklılaştırılarak istenilen tekrarlama aralığının altında ölçüm alabilen bir okuma metodu geliştirilmiştir.

Bulgular:
Toplam 1000 adet dozimetre için değerlendirme yapılmıştır. Lineerite testinde farklı doz aralığında ölçülen değerlerde oluşturulan y=x fonksiyonunda R2=0,99 olarak bulundu. Düşük ve yüksek dozlardaki cevap hassasiyetini belirlemek amacıyla değişim katsayısı hesaplandı. Hp(10) için düşük ve yüksek dozlardaki değişim katsayısı sırasıyla 8,2 ile 1,1 aralığında iken; Hp(0,07) için değişim katsayısı 8,3 ile 0,8 aralığında değişmektedir. Hp(10) için belirsizlik 1,11 ile 0,90 arasında iken; Hp(0,07) için belirsizlik 1,11 ile 0,89 aralığında değişmektedir. TENMAK tarafından farklı enerjiler ve açı (0°, ± 45°, ± 60°) aralığında yapılan blind testte 22 adet dozimetrede Response Rate; 0,87 ile 1,12 arasında değişmektedir. Ayrıca ikinci okumadaki tekrarlanabilirlik ≤±%3,1 olarak bulunmuştur.

Sonuç:
OSL okuyucu cihazı ve personel dozimetresi başarıyla üretilmiştir. TENMAK tarafından yapılan testlerde dozimetrelerimiz testleri başarıyla geçmiştir.

Jinekolojik Kanserlerin Radyoterapisinde Pelvik Organların Hacimsel Değişimlerinin Dozimetrik Etkilerinin Değerlendirilmesi

Yılmaz Bilek[2], Timur Koca[1], Atıl Aksoy[1], Ece Atak[1], Mehmet Kızılkaya[1], Nina Tunçel[1], İsmail Hakkı Sarpün[1], Aylin Fidan Korcum Şahin[1]

[1]Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyasyon Onkolojisi A.D.
[2]Akdeniz Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksek Okulu Radyoterapi Programı

Yılmaz Bilek / Akdeniz Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksek Okulu Radyoterapi Programı

Amaç: Bu çalışmada jinekolojik kanserlerde adjuvan radyoterapi sırasında rektum ve mesanenin hacimsel değişimlerinin CTV (Klinik Hedef Hacim) ve OAR (Riskli Organ) dozlarına etkisinin değerlendirilmesi amaçlanmaktadır.

Yöntem: Çalışmaya Accuray Tomoterapi cihazında postoperatif radyoterapi almış 16 Endometrium ve 3 Serviks kanseri hastası dahil edilmiştir. BT (Bilgisayarlı Tomografi) görüntüleri GE Discovery RT cihazında elde edilmiştir. Planlar Accuray Tomoterapi Precision tedavi planlama sisteminde oluşturulmuştur. Hastaların tedavi öncesi hazırlığı, planlama BT'si ile uyumlu olacak şekilde yapılmış ve her fraksiyonda 3 boyutlu MV (MegaVoltaj) BT görüntüleme ile hasta pozisyonu, rektum ve mesane dolulukları değerlendirilmiştir. Uygun bulunması halinde hastaların tedaviye girişleri onaylanmış ya da uyumsuzluğun giderilmesi için hastanın hazırlık süreci yenilenmiştir. Çalışmada toplam 190 BT (19 simülasyon BT ve 171 MVBT) görüntüsü değerlendirilmiştir. Hastaların tedavilerinin 1. gününden itibaren 3'er gün arayla tedaviden önce elde edilen MVBT görüntüleri (1-4-7-10-13-16-19-22 ve 25. fraksiyonlar) MIM yazılımına aktarılarak simülasyon BT görüntüsü ile füzyonları yapılmıştır. Tüm MVBT görüntülerinde CTV, mesane ve rektum yeniden konturlanmıştır. Bu görüntülerin üzerine referans planlar yüklenerek tüm yapılar için doz volüm histogramlar elde edilmiştir. Çalışmada, CTV'nin yanı sıra mesane ve rektumdaki hacimsel ve boyutsal değişimler ve dozimetrik etkileri istatistiksel olarak değerlendirilmiştir.

Bulgu: CTV dozlarının planlama ve tedavi ile uyumlu olmasının sebebi klinik protokolümüzde yer alan günlük 3 boyutlu IGRT (Görüntü Kılavuzluğunda Radyoterapi) tekniğidir. Hastaların simülasyon BT'lerinde mesane hacminin 300 cc'nin üzerinde olması varyasyonları artırarak tedavide mesane dozlarının artmasına yol açarken, 150 cc'nin altında olması ise bağırsakların daha aşağıda yer almasına sebep olmaktadır. Bu sonuca dayanarak Simülasyon BT'de hastanın ön hazırlığının, mesane hacminin 300 cc civarında olacak şekilde yapılmasını önermekteyiz. Çalışmamızda rektumun CTV hareketine etkisi daha az olmasına rağmen planlama ve tedavi sırasında boş rektum tercih edilmelidir. Üç boyutlu IGRT, hedeflerin ve OAR'lerin yer değişimlerini ve hacimsel farklılıklarını görmek için güçlü bir araçtır ve günlük kullanımı, tedavi dozlarının planlanan dozlarla uyumunu arttırmaktadır.

Sonuç: MVBT görüntülerine dayalı dozların ilk analizinde mesane hacmi, ortalama doz ve V40 açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı ortaya çıktı (sırasıyla p=0,16, p=0,51 ve p=0,79). Ancak; ileri analizler, planlama sırasında mesane hacmi ≥300 cc olan hastaların tedavi sırasında mesane hacimlerinin daha düşük (%95 CI 7,35-162,01, p=0,03) ve ortalama mesane dozlarının daha yüksek (%95 CI 0,03-2,06, p=0,04) olduğunu gösterdi. Özellikle, planlama sırasında mesane hacmi ≥300 cc olan hastalarda mesane hacmi sapması anlamlı derecede yüksekti (%95 GA 45,10–161,40, p=0,002) (Tablo1).Tüm hastalar analize dahil edildiğinde rektum AP çapı ve V40 açısından planlama ve tedavi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamadı (Tablo2). Planlama sırasında rektum AP çapı <4,20 cm olan hastaların tedavi sırasında rektum AP çapı planlamaya göre daha yüksekti (%95 GA 0,05-0,78, p=0,02).
Planlama sırasında rektum AP çapı ≥4,20 cm olan hastaların tedavi sırasında rektum V40'ı planlamaya göre daha düşüktü (%95 GA 1,51-8,52, p=0,01). MVBT görüntülerine dayalı dozlar değerlendirildiğinde tedavi fraksiyonları arasında rektum AP çapı ve V40 açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı ortaya çıktı (sırasıyla p=0,75,p=0,24). Planlama ve tedavi sırasında tüm hastalar için ortalama CTV V%95 değeri sırasıyla %100 ve %98,4 idi (%95 GA 1,02-2,07, p=0,001). Mesane hacmi <150 cc, 150-300 cc ve ≥300 cc olan hastaların ortalama tedavi CTV V%95 değerleri ise sırasıyla %97,2, %98,7 ve %98,9 bulundu(p=0,005).

Tablo1: Planlama ve tedavi arasında mesane için hacim, ortalama doz ve V40 değerlerinin karşılaştırılması.

Hasta Grupları		Mesane Hacmi (cc)		Mesane Ortalama Doz (Gy)		Mesane V40 (%)	
		Ortalama ± s	p değeri	Ortalama ± s	p değeri	Ortalama ± s	p değeri
Tüm Hastalar	Planlama	323±232,04	p=0,39	30,46±3,35	p=0,53	28,83±6,23	p=0,50
	Tedavi	302±210,01		30,70±3,66		29,61±6,98	
Mesane hacmi <500cc olan hastalar	Planlama	145±53,06	p=0,11	30,03±3,08	p=0,37	29,07±5,47	p=0,62
	Tedavi	182±71,35		29,54±3,44		28,22±5,54	
Mesane hacmi ≥500cc olan hastalar	Planlama	520±188,72	p=0,03	30,93±3,76	p=0,04	28,57±7,31	p=0,09
	Tedavi	436±235,70		31,98±3,60		31,15±8,37	

Tablo2: Planlama ve tedavi arasında rektum için AP çapı ve V40 değerlerinin karşılaştırması.

Hasta Grupları		Rektum AP Çapı (cm)		Rektum V40	
		Ortalama ±	p değeri	Ortalama ±	p değeri
Tüm Hastalar	Planlama	4,20±0,88	p=0,80	29,15±19,27	p=0,87
	Tedavi	4,24±0,69		29,51±18,04	
Planlama sırasında rektum AP çapı < 4,2 cm olan hastalar	Planlama	3,46±0,43	p=0,02	22,91±10,67	p=0,12
	Tedavi	3,88±0,68		29,24±12,51	
Planlama sırasında rektum AP çapı ≥ 4,2 cm olan hastalar	Planlama	4,88±0,59	p=0,15	34,77±23,82	p=0,01
	Tedavi	4,57±0,55		29,75±22,62	

Metal Artefakt Azaltma Algoritmasının Radyoterapide Doz Hesaplama Doğruluğu Üzerine Etkisinin Araştırılması

Osman Vefa Gül[1]

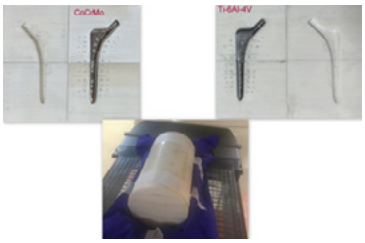
[1]Selçuk Üniversitesi Tıp Fakültesi, Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı

Osman Vefa Gül / Selçuk Üniversitesi Tıp Fakültesi, Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı

Amaç: Radyoterapide planlama süreci, görüntü kalitesine ve bilgisayarlı tomografi (BT) görüntülerinin hounsfield biriminin (HU) doğruluğuna bağlıdır. Görüntü kalitesini artırmak için metal artefakt azaltma (MAR) algoritmaları kullanılır. Bu çalışmanın amacı, kalça protezinde yaygın olarak kullanılan CoCrMo ve Ti-6AI-4V alaşımların hedef hacimde bulunması durumunda MAR algoritmasının performansını değerlendirmek ve doz hesaplama doğruluğu üzerindeki etkilerini araştırmaktır.
Yöntem: 3B yazıcı kullanarak bacağı taklit eden, doku eşdeğeri silindir bir fantom üretildi. Fantomun merkezine sırasıyla CoCrMo alaşımı ve Ti-6AI-4V alaşımı protezler yerleştirildi. Ayrıca protezlerin yüzeyine ve 1 cm uzaklığına termolüminesans dozimetreler (TLD) yerleştirilerek ölçüm noktaları belirlendi. BT görüntüleri 1 mm kesit kalınlığında elde edildi. Her protez için MAR'lı ve MAR'sız veri setleri oluşturuldu.

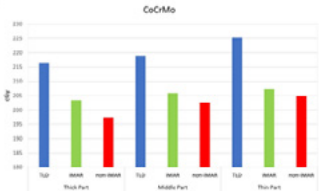
Hedef hacim, üç boyutlu konformal radyoterapi (3BKRT) tekniği ile 2 Gy doz alacak şekilde planlandı. Her iki protez için fantom Varian DHX cihazında ışınlandı. Nokta doz ölçümü için her ışınlamada toplam 27 TLD kullanıldı. Tedavi planlama sisteminden (TPS) hesaplanan ve TLD ile ölçülen dozlar karşılaştırıldı.

Protezler ve Silindir Fantom

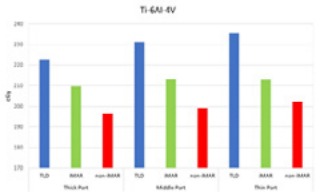


Bulgu: CoCrMo ve Ti-6AI-4V alaşımların ortalama HU değerleri MAR' sız görüntüler için sırasıyla 21000 ve 8600 iken MAR'lı görüntüler için sırasıyla 10412 ve 3071 olarak bulundu. Fantom merkezinde CoCrMo bulunması halinde TPS ve TLD dozları arasındaki fark MAR'lı ve MAR'sız görüntüler için sırasıyla %7.12 ve %9.20 bulundu. Ti-6AI-4V protezi için ise bu farkın MAR'lı ve MAR'sız görüntüler için sırasıyla %8.61 ve %15.27 olduğu görüldü. Ayrıca protez kalınlığı TPS ve TLD doz dağılımlarını doğrudan etkilemektedir.

CoCrMo için MAR'lı ve MAR'sız doz dağılımı



Ti-6AI-4V için MAR'lı ve MAR'sız doz dağılımı



Sonuç: MAR algoritması TPS'nin doz hesaplama doğruluğunu olumlu yönde etkilemektedir. Radyoterapide hedef hacimde protez bulunması durumunda, optimum doğruluğun sağlanması için MAR algoritmasının kullanılması önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: MAR, protez, radyoterapi

Dcat Tekniği İle Hazırlanan Srs/Srt Ve Akciğer Sbrt Planlarının Myqa Srs Ve Matrixx Fantomlarla Verifikasyonu Ve Karşılaştırlması

Zeynel Şenol[1], İsmail Faruk Durmuş[1], Yaprak Erözmen[1], Dursun Eşitmez[2]

[1]İstanbul Yeni Yüzyıl Üniversitesi Tıp Fakültesi Özel Gaziosmanpaşa Hastanesi
[2]Medipol Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksek Okulu Tıbbi Hizmetler ve Teknikler Bölümü

Zeynel Şenol / İstanbul Yeni Yüzyıl Üniversitesi Tıp Fakültesi Özel Gaziosmanpaşa Hastanesi

Amaç: Çalışmamızda dinamik konformal ark tekniği (DCAT) ile hazırlanan SRS/SRT/SBRT hastalarının myQA SRS ve MatriXX fantomları plan verifikasyonlarının karşılaştırılması amaçlandı.
Yöntem: DCAT ile 10 beyin SRS/SRT ve 10 akciğer SBRT hastalarına non-koplanar düzlemde planlar hazırlandı. Planlar hesaplanırken, Monaco planlama sisteminde 6MV-FFF enerjisi kullanıldı. Planlarda hedef dışında yüksek doz gradiyenti sağlanarak planlar hazırlandı. Planların myQA ve MatriXX fantomu ile verifikasyonu sağlandı ve sonuçların iki QA fantomuna bağlı farklılıkları karşılaştırıldı. QA sonuçlarında %3 doz farklılığı (DD)- 3 mm mesafe uyumu (DTA), %2 DD-2 mm DTA ve %3 DD- 1 mm DTA gama analiz kriterlerine göre değerlendirildi. QA sonuçlarında gama indeks ve ortalama gama değerleri karşılaştırıldı.
Bulgu: SRS/SRT/SBRT planlarda homojen olmayan ve yüksek gradiyente doz dağılımlarının verifikasyonunda MatriXX fantomu yetersiz kalmaktadır. Yüksek çözünürlüğe sahip myQA SRS fantomu ile, küçük alanlarda daha doğru doz ölçümleri alınabilmektedir. Ayrıca özellikle yüksek doz gradiyente sahip SRS/SRT/SBRT planları için QA verimliliğini de artırdığı ve daha az belirsizliğe sahip sonuçlar elde edebilmekteyiz.

Tablo 1 SRS/SRT ve Akciğer SBRT Planlarının Dozimetrik Sonuçları

Tablo 1 SRS/SRT ve Akciğer SBRT Planlarının Dozimetrik Sonuçları

	Beyin SRS/SRT	Akciğer SBRT
GI	4,17±0,83	4,58±0,73
CI	0,99±0,09	0,99±0,08
HI	1,50±0,05	1,35±0,08
MU	4367±2249	3542±2542
Beam on Time (sn)	370±170	260±139

Tablo 1 SRS/SRT ve Akciğer SBRT Planlarının Dozimetrik Sonuçları
Tablo 2 MyQA ve MatriXX Fantom QA Sonuçları

Tablo 2 MyQA ve MatriXX Fantom QA Sonuçları

		MyQA SRS		MatriXX	
		Gama İndeks	Ortalama Gama	Gama İndeks	Ortalama Gama
%2 DD-2mm	Beyin SRS/SRT	93,38±7,93	0,44±0,16	85,24±14,86	0,5±0,14
DTA	Akciğer SBRT	87,63±6,9	0,53±0,06	88,4±10	0,48±0,12
%3 DD-3mm	Beyin SRS/SRT	99,32±1,28	0,29±0,1	98,12±4,04	0,33±0,09
DTA	Akciğer SBRT	98,72±1,90	0,36±0,04	98,84±2,52	0,32±0,08
%3 DD-1mm	Beyin SRS/SRT	72±17,04	0,72±0,26	65,24±13,32	0,75±0,15
DTA	Akciğer SBRT	66,96±9,77	0,79±0,11	71,46±12,63	0,75±0,17

Tablo 2 MyQA ve MatriXX Fantom QA Sonuçları

Sonuç: Planlarda gradiyent indeks değeri SRS/SRT hastalarında 4,17±0,83, akciğer SBRT hastalarında 4,58±0,73 olarak bulundu. Özellikle DCAT planlama sayesinde tedavi uygulama süreleri SRS/SRT de 370±170 sn, akciğer SBRT de ise 260±139 sn olarak bulundu. QA sonuçları değerlendirildiğinde, MyQA fantom ile %9,3 daha yüksek gama indeks değerleri elde edildi. Ortalama gama değerlerinde ise benzer sonuçlar elde edilmesine rağmen myQA SRS fantom ile daha düşük sonuçlar elde edildi.

Meme Kanserli Olguların Radyoterapi Doz Hesaplamasında Farklı Fantomlardan Elde Edilen Elektron Yoğunluğu Kalibrasyon Eğrilerinin Dozimetrik Etkisinin Karşılaştırılması

Burcu Gökçe[1], Nazlı Bilici Güven[1], Sercan Alkaya[1], Özlem Özkaya[1], Alaattin Özen[1], Görkem Türkkan[1]

[1]Hisar Hospital Intercontinental, Bütünleşik Onkoloji Merkezi, Radyasyon Onkolojisi Kliniği, İstanbul

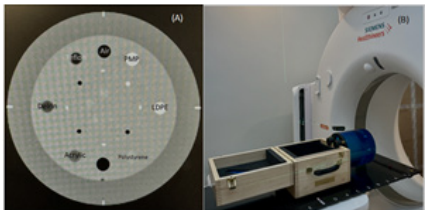
Burcu Gökçe / Hisar Hospital Intercontinental, Bütünleşik Onkoloji Merkezi, Radyasyon Onkolojisi Kliniği, İstanbul

Amaç: CIRS (Computerized Imaging Reference Systems) fantomunda yüksek yoğunluklu malzeme, inhomojen ortamlarda büyük sapmalar gözlemlendiği için ve insan doku yoğunluğuna benzeyen daha geniş bir yoğunluk aralığı bulunduğundan CATPHAN'a göre kalibrasyon eğrisi radyoterapi doz hesabı için daha uygundur. Çünkü CIRS farklı enerjilerin farklı yoğunluklar üzerindeki etkisini CATPHAN'a göre daha doğru göstermektedir. Çalışmamızın amacı, bu iki fantomda (CIRS-062M ve CATPHAN-503) değişen CT-ED (computed tomography-electron density) kalibrasyon eğrileri kullanılarak meme kanseri hastalarında hedef ve risk altındaki organlar için Monaco Tedavi Planlama Sistemi'nde (TPS, Version 6.1.1.0) dozimetrik etkinin karşılaştırılmasıdır.

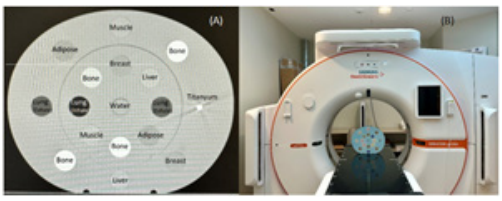
Yöntem: Adjuvan radyoterapi uygulanan 10 kadın meme kanseri hastasının doz-volum parametreleri değerlendirildi. Doz hesapları CIRS fantomla 120kVp'de planlanan hastaların ipsilateral meme PTV95 (cGy), PTV-Boost95 (cGy), kalp-Dmean (cGy), kalp-V8 (%), karşı meme-Dmean (cGy), ipsilateral akciğer-V16 (%) ve kontralateral akciğer-V4 (%) değerleri 6 MV foton enerjisi kullanılarak Monaco TPS'den elde edildi. Aynı parametreler sonrasında çevrimdışı olarak CATPHAN fantom 120kVp'de hesaplatıldı. Parametrelerin mean değerleri hesaplandı. Her iki fantomla elde edilen değerler arasında fark olup olmadığı SPSS'te Paired-Samples T testi ile karşılaştırıldı. $p<0,05$ değeri anlamlı kabul edildi.

Bulgu: Hastaların medyan yaşı 52 (34-66)'dir. Hastaların 5'i sağ, 5'i sol meme kanseriydi. Tüm hastalara meme koruyucu cerrahi sonrası eksternal radyoterapi planlanmış olup 5 hastaya (%50) 40Gy/15fr ipsilateral meme (PTV) radyoterapisi sonrası tümör yatağına 10Gy/5fr boost (PTV-Boost), radyoterapisi, diğer 5 hastaya ise (%50) 40Gy/15fr ipsilateral meme ve periferik lenfatik (level1-3, supra, MI) (PTV) radyoterapisi sonrası 10Gy/5fr tümör yatağı boost (PTV-Boost) radyoterapisi uygulanmıştır. CIRS ve CATPHAN'dan elde edilen doz ölçümleri arasında İpsilateral meme PTV95, İpsilateral meme PTV-Boost95, Kalp-Dmean, Kalp-V8, Karşı meme-Dmean, İpsilateral akciğer-V16 ve Kontralateral akciğer-V4 parametreleri mean değerleri açısından anlamlı fark gözlendi. CIRS ve CATPHAN fantomlarında 120kVp'de planlanan hastaların doz-volum değerleri Tablo 1'de verilmektedir. Şekil 1'de CATPHAN-503 fantomdaki doku eşdeğerlerinin yerini ve dağılımını gösteren kesit dilimi ve bilgisayarlı tomografi (BT)'de fantomun kurulumu, şekil 2'de ise CIRS-062M fantomdaki doku eşdeğerlerinin yerini ve dağılımını gösteren kesit dilimi ve BT'de fantomun kurulumu gösterilmektedir.

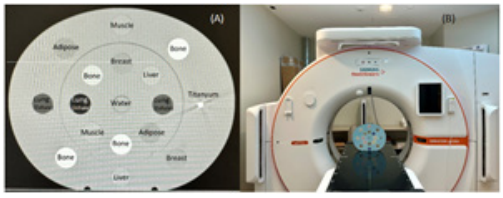
Şekil 1. (A) CATPHAN-503 fantomdaki doku eşdeğerlerinin yerini ve dağılımını gösteren kesit dilimi, ve (B) BT'de fantomun kurulumu.



Şekil 2. (A) CIRS-062M fantomdaki doku eşdeğerlerinin yerini ve dağılımını gösteren kesit dilimi, ve (B) BT'de fantomun kurulumu.



Şekil 2. (A) CIRS-062M fantomdaki doku eşdeğerlerinin yerini ve dağılımını gösteren kesit dilimi, ve (B) BT'de fantomun kurulumu.



Tablo 1. Hasta planlamasında CIRS ve CATPHAN ile elde edilen doz-volum değerleri

Parametre (mean)	CIRS Fantom 120kVp (mean)	CATPHAN Fantom 120kVp (mean)	Fark (%)	P değeri
İpsilateral meme PTV95 (cGy)	3706	3688	0,48	0.008
İpsilateral meme PTV-Boost95 (cGy)	4935	4921	0,28	0.00003
Kalp-Dmean(cGy)	354	352	0,56	0.001
Kalp-V8(%)	3.84	3.79	1,3	0.011
Karşı meme-Dmean(cGy)	225	222	1,33	0.002
İpsilateral akciğer-V16(%)	18,48	18,29	1,03	0.012
Kontralateral akciğer-V4(%)	13,10	12,83	2,06	0.003

Sonuç: Hem hedef hem de risk altındaki organların CIRS ve CATPHAN fantomlarından elde edilen mean değerleri arasında anlamlı fark gözlendi. En anlamlı fark sırasıyla PTV-Boost95 ve Kalp-Dmean değerleri için gözlendi. Bu sonuçların klinik pratiğe olan etkisinin ortaya konulması için ileri çalışmalara ihtiyaç vardır.

Anahtar Kelimeler: bilgisayarlı tomografi, fantomlar, elektron yoğunluğu

MRI-Linak Tabanlı IMRT, Akciğer SABR için Konvansiyonel VMAT Tedavi Planlarına Göre Düşük Doz Hacimlerini Azaltabilir mi?

Yücel Sağlam[1], Yasemin Bölükbaşı[1], Uğur Selek[1]

[1]Koç Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı

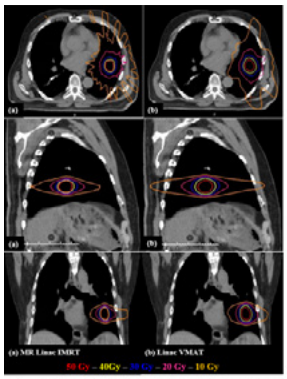
Yücel Sağlam / Koç Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı

Amaç: Küçük hücreli dışı akciğer kanseri (KHDAK) stereotaktik ablatif radyoterapi (SABR) tedavisi, farklı tedavi cihazlarında farklı tedavi teknikleri kullanılarak çeşitli doz şeması protokolleriyle yapılabilmektedir [1-2]. Günümüzde akciğer SABR tedavisinde en yaygın yaklaşım, hasta etrafından belirli aralıklarla oluşturulan segmentlere sahip gantri dönüşüyle tedavi dozunu çok yapraklı kolimatör (ÇYK) modülasyon hızının senkronizasyonuyla gerçekleştiren hacimsel modülasyonlu ark (VMAT) tekniğidir [1]. Elekta Versa Linak sistemi, 6 MV düzleştirici filtresiz (FFF) ışını kullanarak 160 adet 5 mm ÇYK ile SABRT tedavisini VMAT tekniği ile yapabilmektedir [3]. Normal linak sistemlerinden çok daha farklı kafa yapısına sahip Viewray MRIdian Linac sistemi 6 MV FFF ışınını, daha küçük penumbraya sahip double-stacked and double-focused ÇYK sistemiyle step and shoot IMRT tekniği ile verebilmektedir [2, 4-6]. Versa ve MRIdian Linak sistemleri aynı tedavi dozunu aynı ışın kalitesiyle verebilmelerine rağmen SABR tedavisi için normal linaklardan çok daha farklı çalışma ve fiziksel özelikleri olan ışın şekillendirme yapılarına sahip MR-Linac sistemindeki IMRT tedavi tekniği VMAT'a alternatif bir teknik olarak düşünülebilir. Bu çalışma, plan kalitesinden ödün vermeden MRIdian Linak sistemi kullanarak akciğer SABR tedavisinin 4D-CT elde edilen aynı PTV marjı için sağlıklı doku üzerinde düşük dozun azaltılıp azıltılamayacağını değerlendirmektir.

Yöntem: Versa Linak 6 MV FFF ışını kullanılarak, 4 yarım ark VMAT tekniğiyle 12,5 Gy günden 4 fraksiyonda 50 Gy doz şeması ile tedavi edilen 31 hasta çalışmaya dahil edildi. Planlar, MR-Linak IMRT tedavi tekniği ile hedef hacimler ve tüm kritik organlar aynı olacak şekilde yeniden planlandı. Plan kaliteleri, Radyasyon Tedavisi Onkoloji Grubu Protokolü kullanılarak tüm kritik organ dozları, konformalite indeksi (CI), gradyant indeksi (GI), sağlıklı dokunun 40Gy, 30Gy, 20Gy, 10Gy, 5Gy, aldığı doz hacimleri (V40Gy, V30Gy, V20Gy, V10Gy, V5Gy), monitör unit (MU) ve ışınlama süresi (Beam on Time =BOT) değerleri her iki tedavi tekniği için tüm planlarda karşılaştırıldı.

Bulgu: Tüm planlar, dozimetrik ve klinik anlamda protokollere uygun gereksinimleri karşıladı. MR-Linak IMRT, VMAT'dan istatistiksel anlamlı daha yüksek BOT'lara sahip (BOTMR-IMRT 9.80 vs BOTVMAT 3.81; $p<0.05$,) olmasına rağmen MU değerleri daha düşük bulunmuştur (MUMR-IMRT 4860 vs MUVMAT 4910; $p=0.429$). VMAT'a göre MR-Linac IMRT planlarında sağlıklı doku dozunun aldığı hacimsel değerler istatistiksel anlamlı olarak daha düşük bulunmuştur (V40Gy; 26.60 vs 13.57 cm3, $p < 0.01$, V30Gy; 46.27 vs 24.54 cm3, $p<0.01$, V20Gy; 91.02 vs 59.83 cm3, $p < 0.01$, V10Gy; 361.07 vs 285.61 cm3, $p < 0.01$, V5Gy; 905.30 vs 712.18 cm3, $p < 0.01$). Ayrıca, MR-Linac IMRT planları için VMAT planlarına göre istatistiksel olarak anlamlı daha düşük GI değerlerine sahipken CI değeri açısından iki tedavi tekniği arasında istatistiksel fark bulunamamıştır. (GIMR-IMRT 3.75 vs GIVMAT 4.44, $p<0.01$, CIMR-IMRT 0.95 vs CIVMAT 0.97, $p=0.310$,).

Doz Dağılımı



Resim 1. (a) MR Linac IMRT (solda) ve (b) Linac VMAT plan (sağda) olmak üzere örnek hastanın CT görüntüsü üzerinde aynı çizgiler ile doz dağılımının aksiyal, saggital ve koronal kesit görüntülerinin yukarıdan aşağıya görüntülenmesi

MR-Linac ve VMAT-Linac'a göre İndeks Karşılaştırmaları

MR LINAC	*x̄ ± s*	*Median*	*VMAT LINAC*	*x̄ ± s*	*Median*	*p-value*
BODY						
MR $V_{40Gy(cm^3)}$	13.10±2.18	13.57	VMAT $V_{40Gy(cm^3)}$	27.12±5.23	26.60	<.01
MR $V_{30Gy(cm^3)}$	25.67±10.87	24.54	VMAT $V_{30Gy(cm^3)}$	47.19±11.27	46.27	<.01
MR $V_{20Gy(cm^3)}$	58.85±16.41	59.83	VMAT $V_{20Gy(cm^3)}$	91.82±17.71	91.02	<.01
MR $V_{10Gy(cm^3)}$	287.32±32.91	285.61	VMAT $V_{10Gy(cm^3)}$	361.79±50.11	361.07	<.01
MR $V_{5Gy(cm^3)}$	713.45±88.80	712.18	VMAT $V_{5Gy(cm^3)}$	895.44±101.32	905.30	<.01

MR LINAC	*x̄ ± s*	*Median*	*VMAT LINAC*	*x̄ ± s*	*Median*	*p-value*
MR_{CI}	0.90±.11	0.95	$VMAT_{CI}$	0.97±0.20	0.97	0.310
MR_{GI}	3.75±0.44	3.75	$VMAT_{GI}$	4.31± 1.05	4.44	<.05
MR_{MU}	4794±874	4860	$VMAT_{MU}$	4958±933	4910	0.429
MR_{BOT}	9.62±1.92	9.80	$VMAT_{BOT}$	3.75±1.24	3.81	<.05

Sonuç: MRIdian Linak sistemindeki farklı ışın şekillendirici kafa yapısıyla uygulanan MR-Linak IMRT tedavi tekniği, farklı lokalizasyona sahip akciğer SABR tedavisi için VMAT'a kıyasla tüm vücuda verilen düşük doz hacimlerini azaltabilir. Ayrıca MR-Linak IMRT planlarında daha küçük PTV marjlarını kullanma yeteneğinin olması, diğer konvansiyonel linak tedavi yöntemlerine göre MR rehberliği ile daha fazla potansiyel dozimetrik fayda sağlayabilir.

Anahtar Kelimeler: "MRIdian-linac", "IMRT", "VMAT"

Prostat Kanseri Stereotaktik Vücut Radyoterapisinde Gerçek Zamanlı Adaptif Radyoterapi Özelliğine Sahip Lineer Hızlandırıcıların Dozimetrik Olarak Karşılaştırılması

Anatolia Serkizyan[1], Melih Uluer[1], Görkem Güngör[1], Gökhan Aydın[1], Bülent Yapıcı[1], Banu Atalar[1], Enis Özyar[1]

[1]Acıbadem Maslak Hastanesi

Anatolia Serkizyan / Acıbadem Maslak Hastanesi

Amaç: Hedef hacim ve kritik organların (OAR) günlük değişimi, ışınlanan normal doku miktarını ve dolayısıyla yan etkileri artırabilir. Bu çalışmada MR-Linak ve Ethos cihazlarında prostat hastaları için tedavi planları dozimetrik ve ışınlama süreleri açısından karşılaştırılmış ve iki farklı adaptif tedavi yaklaşımı ve görüntülüme sistemine sahip olan bu cihazların klinik süreçlere katacağı avantajlar ve dezavantajların gözlenmesi amaçlanmıştır.

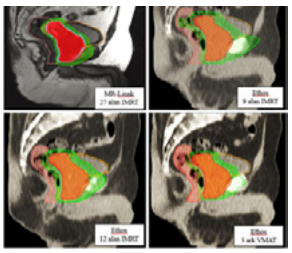
Yöntem: Radyasyon Onkolojisi Bölümünde tedavisi bitmiş 20 prostat hastasına ViewRay MR-Linak ve Varian Ethos cihazlarında planlama yapılmıştır. MR-Linak planlamalarının tümü 27 alan IMRT, Ethos planlamaları ise ağ üzerinden 9 ve 12 alan IMRT ile 3 ark VMAT planları yapılmıştır. MR-Linak ve Ethos planlama sistemlerinde hazırlanan tedavi planlarında optimizasyon sırasında aynı yardımcı yapılar ve parametreleri kullanılmıştır. Tedavi planları, 5 fraksiyonda toplam 36,25 Gy olacak şekilde PTV için D95% = 36,25Gy reçete dozunu alması sağlanmıştır. Tedavi planları OAR'ların doz kabul kriter analizi için RTOG0938 ve PACE-B protokollerinde belirtilen, Rektum; D 35%<18 Gy, D20cc<25 Gy, D5%<32 Gy, D10cc<32,62 Gy, D5cc<34,43 Gy, D1cc<36,25 Gy, D0,1cc<38,06 Gy, Mesane; D43%<17,5 Gy, D15cc<32,62 Gy, D1cc<36,25 Gy, D0,1 cc<38,06 Gy, Penil Bulb; D3cc<14 Gy ve Dmax<34Gy değerleri kullanılmıştır. Son olarak, her iki planın tedavi ışınlama süreleri de ayrıca analiz edilmiştir. Kantitatif karşılaştırma analizi için Wilcoxon-Rank anlamlılık testi uygulanmıştır. Ayrıca Ethos sisteminden elde edilen 3 farklı planın kendi içerisinde istatistiksel olarak anlamlı farkın olup olmadığı Kruskal-Wallis H testi kullanılarak analiz edilmiştir.

Bulgu: Rektum ve mesane doz toleransları açısından, MR-Linak tedavi planları, Ethos 9, 12 alan IMRT ve 3 ark VMAT planlarına göre istatistiksel olarak anlamlı fark yaratmıştır. MR-Linak 27 alan IMRT, Ethos 9, 12 alan IMRT ve Ethos 3 ark VMAT tedavi planlarının ortalama ışınlama süreleri sırasıyla 16 dk, 5,5 dk, 6 dk ve 5 dk olarak bulunmuştur. Ethos planlarının ışınlama süresi MR-Linak ışınlama süresinden düşüktür ve farklar istatistiksel olarak anlamlıdır. MR-Linak ve Ethos planlarındaki PTV'lerin V%50 doz hacimleri karşılaştırıldığında MR-Linak 27 alan planları, Ethos 9, 12 alan IMRT planlarına göre istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur, Ethos 3 ark VMAT planları ile benzerlik göstermiştir.Ethos'un 3 farklı tedavi planları, tüm karşılaştırma parametrelerine göre değerlendirildiğinde 3 ark VMAT planları V%50 doz hacimlerinde 9 ve 12 alan IMRT planlarına göre istatistiksel olarak anlamlı fark elde etmiştir. Ethos planlama sisteminde optimizasyon yeterince kontrol edilemediği için rektum, mesane dozları istenildiği kadar şekillendirilememektedir, bunun sonucunda Ethos planlarındaki PTV'lerin CI değerleri daha yüksek elde edilmiştir.

MR-Linak ve Ethos planlama sistemlerinde elde edilen planların; PTV, mesane ve rektum değerlendirme kriterleri arasında içlerinde anlamlı fark olan (p <0,05) kabul kriterleri aşağıdaki gibidir:

	MR-Linak 27 alan IMRT	Ethos 9 alan IMRT		MR-Linak 27 alan IMRT	Ethos 12 alan IMRT		MR-Linak 27 alan IMRT	Ethos 3 ark VMAT	
CI	0,949	1,019	p<0,000	0,949	1,021	p<0,000	0,949	1,016	p<0,000
$V_{50,0}$ (hiç hacim)	3,217	4,050	p<0,000	3,217	3,927	p<0,002			
					REKTUM				
DOZ TOLERANSLARI	MR-Linak 27 alan IMRT	Ethos 9 alan IMRT		MR-Linak 27 alan IMRT	Ethos 12 alan IMRT		MR-Linak 27 alan IMRT	Ethos 3 ark VMAT	
D_{20cc} <18 Gy	11,483	17,875	p<0,000	11,483	16,979	p<0,001	11,483	15,292	p<0,002
D_{20cc} <25 Gy	12,356	20,144	p<0,000	12,356	19,350	p<0,000	12,356	17,863	p<0,000
$D_{5\%}$ <32 Gy	26,734	29,934	p<0,020	26,734	29,3	p<0,018	26,734	28,782	p<0,044
D_{10cc} <32,62 Gy	17,905	26,494	p<0,000	17,905	24,583	p<0,000	17,905	26,073	p<0,000
D_{5cc} <34,43 Gy	24,786	30,582	p<0,001	24,786	29,34	p<0,000	24,786	28,134	p<0,010
D_{1cc} <36,26 Gy	36,894	38,132	p<0,001	36,894	37,436	p<0,023			
					MESANE				
DOZ TOLERANSLARI	MR-Linak 27 alan IMRT	Ethos 9 alan IMRT		MR-Linak 27 alan IMRT	Ethos 12 alan IMRT		MR-Linak 27 alan IMRT	Ethos 3 ark VMAT	
$D_{43\%}$ <17,5 Gy	11,656	18,006	p<0,030	11,656	17,641	p<0,0021			
D_{15cc} <32,62 Gy	21,169	30,099	p<0,000	21,169	28,966	p<0,000	21,169	25,453	p<0,000
D_{1cc} <36,26 Gy	36,640	39,455	p<0,000	36,64	38,156	p<0,002			

MR-Linak ve Ethos planlama sistemlerinde elde edilen planların V%50 doz hacimleri şekildeki gibidir:



Sonuç: Prostat kanseri tedavisinde stereotaktik yaklaşım son dönemde yaygınlaşmış olup, gelişen teknoloji ile adaptif radyoterapi kullanımı ön plana çıkmıştır. Kritik organlar ve hedef hacim kabul kriterleri bakımından iki cihaz için yapılan planlamalar kabul değerleri içindedir. Ancak MR-Linak cihazının yüksek ve orta doz bölgesinde keskin doz düşüşü sağlaması avantaj sağlamaktadır. MR-Linak cihazı görüntüleme ve gerçek zamanlı takip, Ethos cihazı ise hızlı tedavi süresi açısından ön plana çıkmaktadır.

Radyonüklid Tedavi Lezyon Dozimetresinde Hacim Belirleme Parametrelerinin Optimizasyonu

Eda Mutlu[1], Bilal Kovan[2], Bayram Demir[3], Serkan Kuyumcu[2]

[1]Altınbaş Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Radyoterapi Programı
[2]İstanbul Üniversitesi, İstanbul Tıp Fakültesi, Nükleer Tıp Ana Bilim Dalı
[3]İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, Fizik Bölümü

Eda Mutlu / Altınbaş Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Radyoterapi Programı

Amaç: Radyonüklid tedavilerde Medical Internal Radiation Dose metodu ile lezyon dozimetrisi birim küre modeli ile hesaplanmaktadır. Lezyonlar küre şeklinde kabul edilir ve kendi içerisindeki aktivitenin aktardığı enerji hesaplanır. Hesaplamanın doğruluğu için kütlenin doğru ölçülmesi önemlidir. Bazı lezyonlar bilgisayarlı tomografide görüntülenememektedir, bu durumda aktivite tutan lezyonların kütleleri SPECT görüntüleri yardımıyla hesaplanır. Aktivite tutulumu olan bölgenin sınırlarının belirlenmesinde threshold değeri %40 yaygın kullanılmaktadır. Fakat doğru lezyon hacim tanımlamasını sağlayan tek bir eşik değeri yoktur.Bu çalışmanın amacı; lezyon hacimlerini bildiğimiz fantom yardımıyla, lezyon boyutu ile threshold değerleri arasındaki bağlantıyı incelemek, doğru hacimleri verecek threshold değerlerini belirlemektir.

Yöntem: Görüntülemede altı farklı hacimde (26,5 cm3, 11,5 cm3, 5,57 cm3, 2,57 cm3, 1,15 cm3, 0,52 cm3) doldurulabilir küreye sahip NEMA PET fantomu kullanıldı. 1250 ml su içerisine 20 mCi 177Lu konuldu ve homojen karışımı sağlandı. Küreler bu aktivite karışımı ile dolduruldu. Fantomun geri kalanı 1/8 oranında background/lezyon aktivitesi olacak şekilde aktivite ile dolduruldu. Hazırlanan fantomun farklı frame ve sürelerde SPECT/CT görüntülemesi yapıldı. Görüntü prosesleri farklı iterasyon, subset ve power değerleri ile yapıldı. Elde edilen görüntülerde her lezyon için threshould özelliği kullanılarak Region of Interest (ROI)'ler çizildi. Gerçek hacimlerini bildiğimiz lezyonların hacimlerini veren threshold değerleri ve bu değerdeki sayımlar ölçüldü. Elde edilen veriler doğrultusunda en uygun proses değerleri ve threshold değerleri saptandı.

Bulgu: 0,52 cm3 hacimli küre görüntüsü elde edilememiştir. Kliniğimizde rutin olarak kullanılan parametreler olan 60 frame ve 20 s görüntüsü için, 2 iterasyon, 10 subset ve 10 powerda %40 threshold değeri ile sırasıyla küre hacimleri 26,9 cm3, 14,3 cm3, 26 cm3, 15,2 cm3, 10,8 cm3 olarak ölçüldü. Aynı parametrelerde doğru hacimleri sırasıyla, %39, %51, %54, %60, %77' threshold değerleri kullanarak saptadık. İterasyon değeri artışı ile hacim ilişkisine baktığımızda, büyük lezyonlarda bu artış gerçek hacimden uzaklaştırırken, küçük lezyonlarda gerçek hacim değerine yaklaştırarak hata payı azalmaktadır.Subset değeri artışı ile hacim arasındaki ilişkide 60 frame çekimlerinde, 10 ve 20 subset için küçük lezyonlar görüntülenebilirken, 30 subset için görüntülenememektedir. 90 frame çekimlerinde sayım artışıyla küçük lezyonların görülebilirliği artmıştır.Power parametresi değişiminde, 20 ve 10 saniyelik görüntülemelerde power artışında küçük lezyonların görülebilirliği azalmaktadır. 20 sn'de 2. lezyon (1,15 cm3) görüntülenirken, 10 sn'de sayımın azalması ile de birlikte 2. lezyon görüntülenememektedir.60 frame 20 s ve 10 s için, gerçek hacim ve threshold %40 hacimlerine göre lezyonların sayımlarını incelediğimiz bir örnek sette, 20 s için sonuçların daha uyum içinde olduğu görülmüştür.

Sonuç: Elde ettiğimiz sonuçları değerlendirdiğimizde, hacim belirleme parametrelerinin tüm kombinasyonlarında lezyon hacmi küçüldükçe threshold değeri artmaktadır. Bu nedenle, her lezyon için threshold %40 değerini kullanmak lezyon hacmini yanlış hesaplamamıza ve dozimetrik hesaplamalarda hataya neden olacaktır. Küçük hacimlerde, sabit subset ve power değerinde iterasyon sayısının arttırılması doğru hacmi elde etmemiz için uygun bir yaklaşım olmaktadır. Kısa süreli çekimlerde lezyon görünürlüğünü arttırmak ve doğru hacim için yüksek power değeri kullanılması gerekir. Ayrıca dozimetri yapan klinikler kendi çekim parametrelerine göre lezyon boyutuna uygun threshould değerlerini tespit etmesi dozimetrinin doğruluğu açısından önem taşımaktadır.
Anahtar Kelimeler: Lezyon Dozimetrisi, SPECT/CT, Threshold

Tiroid Kanserinde Radyoaktif İyot Tedavisi Sonrası Tüm Vücut Görüntülemesinde İdeal Çekim Zamanının Belirlenmesi Üzerine Bir Çalışma

Serdar Sedat Işık[1]

[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, 34381, Şişli/İstanbul

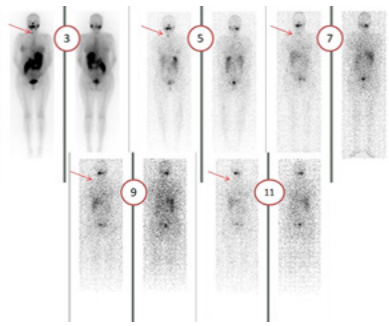
Serdar Sedat Işık / T.C. Demiroğlu Bilim Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksek Okulu Tıbbi Hizmetler ve Teknikler Bölümü Nükleer Tıp Teknikleri Önlisans Programı, 34394, Şişli/İstanbul

Amaç: Nükleer tıp görüntüleme sistemlerinde görüntü kalitesi ve lezyon deteksiyonu oldukça önemli bir husustur. Bu çalışmada, diferansiye tiroid kanseri tanılı hastalarda radyoaktif iyot tedavisini takiben farklı günlerde gama kamera ile yapılan görüntülemelerde görüntü kalitesinin en yüksek olduğu ve lezyonların en iyi ayırt edilebildiği; gürültü değerinin düşük, lezyon kontrastının (C) ve kontrast-gürültü oranının (CNR) en yüksek olduğu çekim zamanının belirlenmesi amaçlanmaktadır.

Yöntem: Çalışmada, diferansiye tiroid kanseri tanısı konmuş, cerrahi operasyon geçirmiş ve sonrasında radyoaktif iyot tedavisi alan 40 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 amaçlanmıştır. Görüntüleme işlemi HEGP kolimatörü kullanılarak I131 için 364 keV tepe noktası ve %15 pencere genişliği ile tüm vücut görüntülemede ise yatak hızı 6 cm/dk olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

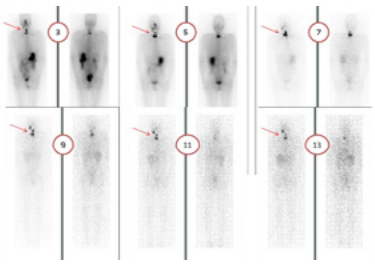
Bulgu: Elde edilen görüntüler değerlendirilerek lezyonların en iyi ayırd edilebildiği, en iyi görünümleri veren, en yüksek kontrasta, en yüksek kontrast-gürültü oranında ve gürültüsü en düşük olan ideal çekim zamanının belirlemesi için bulgular analiz edilmiştir. Radyoaktif iyot tedavisini takip eden 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, bunun yanında lenf ve uzak organ metastazlarının ise daha iyi detekte edilebildiği görülmektedir (Fotoğraf 1, Fotoğraf 2 ve Fotoğraf 3).

Fotoğraf 1



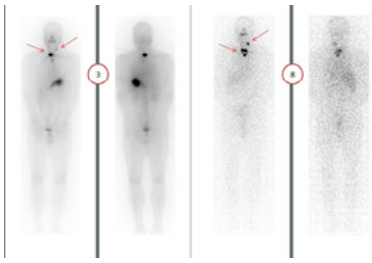
100 mCi radyoaktif iyot tedavisi gören bir hastanın tedaviden sonraki sırasıyla 3., 5., 7., 9. ve 11.günlerdeki anterior-posterior tüm vücut görüntülemesi. Geç günlerde yapılan görüntülemelerde kalıntı tiroid dokunun 5. gün görüntülemeden sonra detekte edilemez hale geldiği görülüyor.

Fotoğraf 2



150 mCi radyoaktif iyot tedavisi gören bir hastanın tedaviden sonraki sırasıyla 3., 5., 7., 9., 11. ve 13.günlerdeki anterior-posterior tüm vücut görüntülemesi. Geç günlerde yapılan görüntülemelerde kalıntı tiroid dokuların deteksiyonunun azaldığı, boyun sağ tarafta bulunan lenf metastazını düşündüren lezyonun ise daha iyi detekte edilebilir hale geldiği görülüyor.

Fotoğraf 3



150 mCi radyoaktif iyot tedavisi gören bir hastanın tedaviden sonraki sırasıyla 3. ve 8.günlerdeki anterior-posterior tüm vücut görüntülemesi. 3.günde yapılan görüntülemede mediastende tek lezyon gibi detekte edilen lezyonun 8.günde yapılan görüntülemede yakın mesafede bulunan üç ayrı lezyon olduğu görülüyor. Boyun sol tarafta lenf metastazını düşündüren bir lezyonun erken görüntülemede detekte edilemezken geç görüntülemede detekte edilebilir hale geldiği görülüyor.

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 orta ve yüksek risk grubundaki hastalarda farklı günlerde görüntüleme yapmanın hastalardaki ek bulguların tespit edilmesinde yararlı olacağı görüşüne varılmıştır.

Hipertiroidi Tedavisinde Radyoiyot (I-131) Dozimetrisinin Etkinliği

Gamze Berk[1], Muhammed Medyenoğlu[2], Mustafa Demir[2]

[1]Şişli Hamidiye Etfal Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Nükleer Tıp Bölümü, İstanbul
[2]İstanbul Üniversitesi- Cerrehpaşa, Cerrahpaşa Tıp Fakültesi, Nükleer Tıp Ana Bilim Dalı, İstanbul

Gamze Berk / Şişli Hamidiye Etfal Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Nükleer Tıp Bölümü, İstanbul

Amaç: Hipertiroidi tedavisinde radyoiyot (I-131) tedavisinin etkinliği araştırmak ve diğer yöntemlerle karşılaştırmaktır.

Yöntem: Bu çalışma İÜ-C, Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Nükleer Tıp Anabilim Dalında yapıldı. Dozimetri çalışmasına 30 Graves hastası (K: 22 yaş: 49±21, E: 89 yaş 54±17), 15 toksik adenom (K:9 yaş 53±16, E: 6 yaş 56±18) hastası alındı. Hastalara aç olarak 10 µCi I-131 oral yolla uygulandı. 24, 48, 72, 96, 120 saatlerde alınan uptake sayım ölçümleri yarı logaritmik kağıda çizilerek efektif yarılanma süreleri bulundu.Ultrasonla tiroit kütleri belirlendi. Kalış süreleri hesaplandı. Graves hastalarına 200 Gy, toksik adenom hastalarına 300 Gy doz verecek I-131 aktiviteleri MIRD formülü kullanılarak hesaplandı ve hastalara uygulandı.

Bulgu: Graves hastalarının tedavi öncesi ortalama±SD değerleriT3:6.73±3.6pg/ml, T4: 3.7±2ng/ml ve TSH: 0.1±0.01mIU/ml bulundu. Toksik adenom hastalarının tedavi öncesi ortalama±SD değerleri T3:7.72±3pg/ml, T4: 4.1±2ng/ml ve TSH: 0.1±0.001mIU/ml bulundu. Tüm hastaların tedavi sonrası ortalama±SDdeğerleri T3:3.2±1.2pg/ml, T4: 1.7±0.4ng/ml ve TSH: 0.34±0.1mIU/ml bulundu. Tiroit kütleri, efektif yarılanma süresi, rezidens süresi, uygulanan aktivite miktarları Tablo 1 de verildi.

Tablo.1: Hastalarımızın; tiroit kütleri, efektif yarılanma süresi, rezidens süresi, uygulanan aktivite miktarları

Parametre	Graves(n=30) (Ort±Sd)	Toksik Adenom (n=15) (Ort±Sd)
Tiroid Kütlesi (g)	28±14	37±31
Efektif Yarı Ömür (sa)	138±41	110±48
Kalış Süresi (saat)	125±55	93±52
Aktivite (MBq)	526±119MBq (14.2±10 mCi)	907±244MBq (24.5±19.6mCi)
SONUÇLAR (3-6 ay sonra ötiroidi olanlar)	29/30 hasta (%97)	15/15 (%100)

Sonuç: Hipertiroidi tedavisinde dozimetrinin başarısı 44/45 (%98) olarak belirlendi.

İntrensek Homojenite Değişikliğine Neden Olan Ring Kablo Sorunu ve Giderilmesi: Tüm Vücut Kemik Sintigrafisi Çalışmasında Gözlenen Değişken Homojenite Vakası

Serdar Sedat Işık[1]

[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, 34381, Şişli/İstanbul

Serdar Sedat Işık / T.C. Demiroğlu Bilim Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksek Okulu Tıbbi Hizmetler ve Teknikler Bölümü Nükleer Tıp Teknikleri Önlisans Programı, 34394, Şişli/İstanbul

Amaç: Gama kamera sistemlerinin görüntü kalitesinin bozulmasına neden olan sistemin yapısından ve dışarıdan kaynaklanan birçok etken vardır. Bu çalışmada, bir hastanenin nükleer tıp bölümünde kullanılan çift başlı SPECT gama kameranın tüm vücut kemik sintigrafisi çalışmasında anterior-posterior tüm vücut taramasında 1.detektörde elde edilen görüntüde baş-boyun bölgesinde yer alan, yapılan anterior-posterior planar görüntülemelerde de hastanın vücut hatları ile uyumlu olmayan artefakt ile bu artefakta neden olup kameranın intrensek homojenitesinde değişikliğe yol açan ring kablo sorununu örnek göstererek görüntü kalitesi açısından önemini vurgulamayı amaçladık.

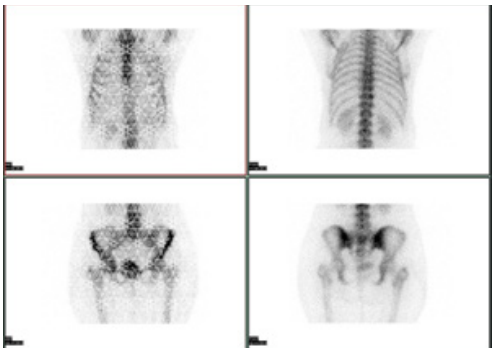
Yöntem: Bir hastanenin nükleer tıp anabilim dalında günlük çalışma öncesi çift başlı SPECT gama kamerada yapılan peaking/tuning testleri ile intrensek homojenite testinin görsel ve kantitatif olarak normal olduğu bir çalışma gününde tüm vücut kemik sintigrafisi tetkikleri yapıldı. Hastalara 20 mCi Tc99m metilen difosfonat (MDP) intravenöz olarak verildikten yaklaşık 3-4 saat sonra her hastanın anterior-posterior tüm vücut tarama ve ilgili bölgelerinden anterior-posterior planar görüntülemesi yapıldı. Görüntülemeler ise; yatak hızı 10 cm/dakika olacak şekilde tüm vücut tarama, 500.000'er foton toplayacak şekilde planar görüntüleme şeklinde yapıldı.

Bulgu: Bir hastanın tüm vücut anterior-posterior taramasında 1.detektör ile elde edilen anterior görüntüsünde hastanın baş-boyun bölgesine karşılık gelen kısımda vücut hatları ile uyumlu olmayan artefaktlı görünüm ve veri kayıpları mevcuttu (Fotoğraf 1). Benzer şekilde hastanın toraks ve pelvis bölgesinden yapılan planar görüntülemesinde 1.detektör ile elde edilen görüntüde ilgili artefaktın yer aldığı ve görüntü kalitesinin oldukça kötü olduğu görüldü (Fotoğraf 2). Kameranın intrensek homojenitesinin değiştiği düşünülerek kalite kontrol testlerinin yapılması planlandı.Testlere geçilmeden önce kamera detektörü 180º çevrilerek (1.detektör posteriordan, 2.detektör anteriordan foton toplayacak şekilde ayarlanarak) ilgili bölgelerin planar görüntüleri tekrardan alındı.Yapılan baş-boyun, toraks ve pelvis bölgesi planar görüntülerinde daha önceden 1.detektör ile elde edilen anterior görüntülerde gözlenen artefaktların kaybolduğu görüldü (Fotoğraf 3). Detektörlerin pozisyonuna göre 1.detektör ile elde edilen görüntüde artefaktın kaybolması ve değişen görüntü kalitesi nedeniyle bu duruma neden olabilecek problemler araştırıldı.Servis mühendisleri ile yapılan görüşme neticesinde ilgili problemin kart arızasına bağlı olabileceği düşünüldü.Gama kameranın 1.detektöründe yapılan incelemede, detektörün üst kısmını örten aparatlar söküldüğünde detektörü besleyen ring kabloda hasarın olduğu, kabloda yer alan iletkenlerin de hasarlı olduğu görüldü (Fotoğraf 4). Bu nedenle bu detektörde elde edilen görüntülerdeki artefaktın nedeninin; detektörlerin değişen pozisyonu ile birlikte hasar gören bu kablonun çevredeki yapılarla temas ederek kısa devre olması ile kablodan geçen akımın voltajındaki değişikliğe bağlı olarak (ilgili foton çoğaltıcı tüplerin voltajının değişmesi ile) kameranın intrensek homojenitesinde değişikliğe neden olması şeklinde düşünüldü. İlgili kablo onarılarak, kalite kontrol testleri yapılarak deneme görüntülemeleri yapıldı.Bunun sonucunda homojen ve kaliteli görüntüler elde edildi ve ilgili artefaktın tamamen kaybolduğu görüldü.

Fotoğraf 1

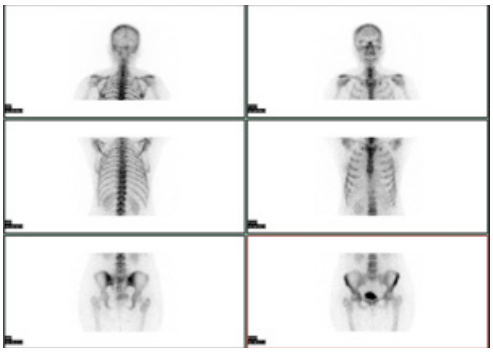
Bir hastanın tüm vücut anterior-posterior görüntüsü. 1.detektör ile elde edilen anterior görüntüsünde hastanın baş boyun bölgesine karşılık gelen kısımda vücut hatları ile uyumlu olmayan artefaktlı görünüm ve veri kayıpları mevcut.

Fotoğraf 2



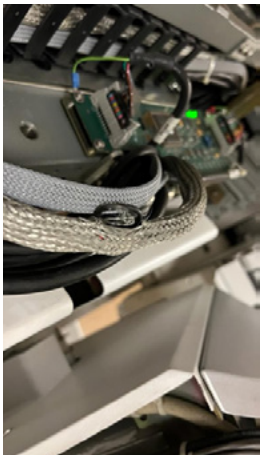
Hastanın toraks ve pelvis bölgesinden yapılan anterior-posterior planar görüntülemesinde 1.detektör ile elde edilen anterior görüntüde ilgili artefaktın yer aldığı ve görüntü kalitesinin oldukça kötü olduğu görülmektedir.

Fotoğraf 3



Gama kamera detektörleri 180º çevrilerek (1.detektör posteriordan, 2.detektör anteriordan foton toplayacak şekilde ayarlanarak) yapılan baş-boyun, toraks ve pelvis bölgesi planar görüntülerinde daha önceden 1.detektör ile elde edilen anterior görüntülerde gözlenen veri kayıplarının ve artefaktların kaybolduğu görülmüştür.

Fotoğraf 4



Gama kameranın 1.detektöründe detektörün üst kısmını örten aparatlar söküldüğünde ilgili kapağın detektörü besleyen ring kabloda hasara neden olduğu, kablo içerisinde yer alan iletkenlerin de hasarlı olduğu görülmüştür.

Sonuç: Hastalıkların tanısına yönelik olarak doğru klinik bilgilerin elde edilmesi için görüntüleme sisteminin performansındaki değişimlerin hasta görüntülemesinden önce ortaya çıkartılması ve gerekli düzenlemelerin yapılması büyük önem taşımaktadır.Gama kamera sistemlerinin görüntü kalitesinin bozulmasına neden olan gerek sistemin yapısından gerekse çevreden kaynaklanan oldukça fazla etken vardır.Bu olgu sunumunda da çift başlı SPECT gama kameranın 1.detektöründe meydana gelen ve kameranın intrensek homojenitesinde değişikliğe yol açan, kart arızasına bağlı olduğu düşünülen ancak yapılan fiziksel kontrollerde ring kablo defektinin olduğu ve değişken intrensek homojenite sorunu ile sonuçlandığı, ilgili kablonun onarılarak sorunun giderilmesi örnek gösterilerek fiziksel kontrollerin önemli bir husus olduğu ve akılda tutulması önerilmektedir.

Pediatrik Bilgisayarlı Tomografi Taramalarında CNR, Gürültü ve IQFinv Ölçümlerinin Farklı Kesit Elde Etme Algoritmalarında Değerlendirilmesi

Ahmet Özgür Kasapgil[1], Berfin Yıldırım[1], Asena Yalçın[1], İsmail Fındıklı[2], Ömer Suat Fitoz[3], Gökçe Kaan Ataç[4], Mehmet Ruhi Onur[5], Öznur Leman Boyunağa[6], İbrahim Tanzer Sancak[7], Turan Olğar[8]

[1]Ankara Üniversitesi Nükleer Bilimler Enstitüsü Medikal Fizik ABD
[2]Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Sağlık Hizmetleri MYO
[3]Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Cebeci Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Radyoloji ABD
[4]Ufuk Üniversitesi Tıp Fakültesi Dr. Rıdvan Ege Hastanesi, Radyoloji ABD
[5]Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyoloji ABD
[6]Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyoloji ABD
[7]TOBB ETÜ Hastanesi Radyoloji ABD
[8]Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fizik Mühendisliği Bölümü

Ahmet Özgür Kasapgil / Ankara Üniversitesi Nükleer Bilimler Enstitüsü Medikal Fizik ABD

Amaç: Bilgisayarlı Tomografi (BT) kısa tarama süresi, yüksek teşhis doğruluğu ve düşük kontrast ayırma gücünün yüksek olması sebebiyle görüntüleme yöntemleri arasında önemli bir yere sahiptir. Bu avantajların yanı sıra diğer x-ışın görüntüleme sistemlerine kıyasla BT'de hastaların maruz kaldığı radyasyon doz seviyesi çok daha yüksektir. Özellikle çocuk hastalarda radyasyona bağlı kanser hastalığının ortaya çıkması, beklenen uzun yaşam süreleri nedeniyle yetişkinlere göre birkaç kat daha fazladır. Bu nedenle çocuk BT incelemelerinde görüntü kalitesi-doz optimizasyonu kritik önem taşımaktadır. Bu çalışmada BT cihazlarının mevcut protokollerinde görüntü kalitesi değerlendirilmesi yapılmış ve ileride yapılacak görüntü kalitesi radyasyon dozu korelasyonu çalışmalarına zemin hazırlaması amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında 4-6 yaş çocuk hastaların abdomen, toraks ve kafa protokollerinde filtre geriye projeksiyon (FGP) ve iteratif kesit elde etme algoritmasının (IR) her seviyesinde ölçümler alınarak kesit elde etme algoritmalarındaki değişimin görüntü kalitesine etkisi araştırılmıştır.

Yöntem: Görüntü kalitesinin değerlendirilmesi amacıyla CNR, gürültü ve IQFinv parametreleri beş hastanede altı farklı BT sisteminde abdomen, toraks ve kafa incelemeleri için klinikte kullanılan mevcut protokoller kullanılarak hesaplanmıştır. Ortalama mAs değeri, çalışma kapsamına giren yaş ve inceleme grubundaki hastaların ortalaması alınarak belirlenmiştir. Belirlenen klinik protokoller ile alınan ölçümlerde her cihazın kendine özel IR'nin tüm iterasyon seviyeleri ve FGP tekniği için değerlendirme yapılmıştır. CNR ve gürültü hesabı için çocuk abdomen ve toraks inceleme klinik protokollerinde taranan QRM çocuk fantomuna entegre edilen düşük kontrast modülünde yer alan 10 mm çapındaki disk görüntüleri kullanılmıştır. Kafa incelemeleri için CNR ve gürültü değerlendirmelerinde Catphan 600 fantomu kullanılmıştır. Fizikofiziksel değerlendirme için Catphan 600 fantomunun düşük kontrast modülü kullanılarak IQFinv hesaplanmıştır. IQFinv hesabı üç farklı gözlemci değerlendirmelerinin ortalaması alınarak gerçekleştirilmiştir.

Bulgu: Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Philips BT Sisteminde,Toraks protokolündeki ölçümlerde FGP için CNR, gürültü ve IQFinv değerleri sırasıyla 3,40; 6,23; 5,87 'dir. IR algoritmasında artan iterasyon seviyeleri için CNR 3,78-5,86 , gürültü 5,53-3,45 , IQFinv 5,94-6,78 aralığında değişim göstermiştir.Abdomen protokolündeki ölçümlerde FGP için CNR, gürültü ve IQFinv değerleri sırasıyla 5,71; 4,48; 5,44 'dir. IR algoritmasında artan iterasyon seviyeleri için CNR 6,42-10,66 , gürültü 3,96-2,35 , IQFinv 6,49-7,31 aralığında değişim göstermiştir. Kafa protokolündeki ölçümlerde FGP için CNR, gürültü ve IQFinv değerleri sırasıyla 4,08; 2,28; 11,91 'dir. IR algoritmasında artan iterasyon seviyeleri için CNR 4,27-6,49 , gürültü 2,19-1,44 , IQFinv 12,61-13,53 aralığında değişim göstermiştir. Değerlendirilmesi yapılan diğer cihazlarda da benzer sonuçlar gözlenmiştir. Burada örnek olarak tek cihaza ait bulgular verilmiştir.

Sonuç: FGP tekniği ile ölçülen gürültü seviyesi iteratif tekniklere göre daha yüksek çıkmıştır. Artan iterasyon seviyesiyle gürültü azalırken CNR ve IQFinv değeri artmaktadır. FGP için elde edilen IQFinv değerleri IR sonuçlarına göre daha düşüktür.Bu çalışma 122F015 kodlu "Pediatrik Bilgisayarlı Tomografi İncelemelerinde Görüntü Kalitesinin Farklı Yöntemlerle Ölçülmesi, Yöntemler Arasındaki Korelasyonun Belirlenmesi ve Radyasyon Dozu ile İlişkisinin Araştırılması" başlıklı TÜBİTAK 1001 projesi kapsamında gerçekleştirilmiştir.
Anahtar Kelimeler: Bilgisayarlı Tomografi, Görüntü Kalitesi, Pediatri

Bilgisayarlı Tomografi (BT)'de İteratif Kesit Elde Etme (Iterative Reconstruction, IR) Algoritmalarının TTF (Task Transfer Function) ve NPS (Noise Power Spectrum) Üzerindeki Etkisi

İsmail Fındıklı[1], Ahmet Özgür Kasapgil[2], Berfin Yıldırım[2], Asena Yalçın[2], Ömer Suat Fitöz[3], İbrahim Tanzer Sancak[4], Öznur Leman Boyunaga[5], Mehmet Ruhi Onur[6], Kaan Gökçe Ataç[7], Turan Olğar[8]

[1]Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Sağlık Hizmetleri MYO, Ankara.
[2]Ankara Üniversitesi Nükleer Bilimler Enstitüsü Medikal Fizik ABD, Ankara.
[3]Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Cebeci Eğitim ve Araştırma Hastanesi Radyoloji ABD, Ankara.
[4]TOBB ETÜ Hastanesi Radyoloji ABD, Ankara.
[5]Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyoloji ABD, Ankara.
[6]Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyoloji ABD, Ankara.
[7]Ufuk Üniversitesi Dr. Rıdvan Ege Hastanesi, Radyoloji ABD, Ankara.
[8]Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fizik Mühendisliği Bölümü, Ankara.

İsmail Fındıklı / Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Sağlık Hizmetleri MYO, Ankara.

Amaç: Yüksek teşhis doğruluğu, erişilebilirlik ve kısa tarama süreleri nedeniyle BT'nin klinikteki kullanımını hızla arttırmıştır. BT'nin iki boyutlu x-ışın ile görüntülemeye göre en büyük avantajı, tomografik görüntü sağlaması nedeniyle düşük kontrastlı lezyonların görüntülenmesini sağlamasıdır. BT'nin artan kullanımı hastalıkların teşhisinde büyük ilerlemelere yol açsa da diğer diagnostik görüntüleme sistemlerine göre daha yüksek radyasyon dozları vermesi nedeniyle hasta güvenliği açısından artan endişeleri de getirmiştir. BT'den kaynaklı radyasyon dozu, dünya genelinde tıbbi kaynaklı radyasyon dozunun neredeyse %50'sini oluşturmaktadır. Son yıllardaki çalışmalar, BT sistemlerinde kullanılan iteratif görüntü elde etme algoritmalarının (IR) görüntü kalitesi ve radyasyon dozu üzerindeki etkisine yoğunlaşmaktadır. Bu çalışma kapsamında farklı marka model BT sistemlerinde kullanılan IR algoritmalarının çözünürlük ve gürültü üzerindeki etkisi araştırılacaktır. IR algoritmaları potansiyel olarak doğrusal değildir. Sistem gürültüsü ve çözünürlüğü, gürültü büyüklüğü ve nesne kontrastına göre değişebilir. IR'nin doğrusal olmama özelliğini dikkate almak için, sistem çözünürlüğünün bir göstergesi olan Modülasyon Transfer Fonksiyonu (MTF) yerine, kontrast ve gürültüye bağlı TTF tanımlanmıştır. Sistem gürültüsünün bir göstergesi olarak da NPS tanımlanmıştır. İdeal olarak, CT veri seti üç boyutlu (3B) olduğundan, gürültü ve çözünürlük karakterizasyonları da doğası gereği 3B olmalıdır.

Yöntem: Çalışma çeşitli hastanelerde bulunan 4 farklı marka model BT sisteminde gerçekleştirilmiştir. Her bir BT sisteminde farklı doz değerlerinde, farklı IR seviyeleri için Catphan600 fantom görüntüleri alınmıştır. TTF, Catphan600 fantom CTP404 modülündeki farklı kontrast yapılara çizilen dairesel ilgi alanları ile elde edilen kenar görüntülerinden hesaplanmaktadır. NPS hesaplamaları Catphan600 fantomun homojen modülünden (CTP486) elde edilen görüntülerden hesaplanmaktadır. Hem TTF hem de NPS hesaplamaları içim MATLAB tabanlı programlar kullanılmıştır.

Bulgu: Sabit bir doz değeri için her bir BT sisteminde artan IR seviyesi ile NPS'in azaldığı görülmüştür. Ancak gerek farklı BT sistemlerinde kullanılan IR algoritmalarının davranışındaki farklılık, gerekse farklı kontrast yapı ve doz değerlerindeki TTF davranış farklılıkları göz önüne alındığında, IR seviyelerinin hem cihaz bazlı hem de klinik uygulama ve amaca yönelik olarak optimize edilmesi gerektiği ortaya çıkmaktadır.Bu çalışma 122F015 kodlu "Pediatrik Bilgisayarlı Tomografi İncelemelerinde Görüntü Kalitesinin Farklı Yöntemlerle Ölçülmesi, Yöntemler Arasındaki Korelasyonun Belirlenmesi ve Radyasyon Dozu ile İlişkisinin Araştırılması" başlıklı TÜBİTAK 1001 projesi kapsamında gerçekleştirilmiştir.

Sonuç: Siemens BT sistemi için, Catphan600 fantom CTP404 modülündeki Teflon (yüksek kontrasta yapı) ve Polystrene (düşük kontrast yapı) yapıdan hesaplanan %50 ve %10 TTF değerlerinin artan IR seviyesi ile arttığı gözlemlenmiştir. Siemens Marka BT sisteminde Admire1, Admire3 ve Admire5 IR sevilerinde %10TTF değerleri sırası 0,59; 0,63 ve 0,75 olarak ölçülmüştür. GE marka BT sisteminde elde edilen verilerde, Teflon yapından hesaplanan TTF değerleri artan IR seviyesi ile artarken, Polystrene yapında artan IR seviyesi ile azalmıştır. Asir10, Asir50 ve Asir100 IR sevilerinde %10TTF değerleri sırası 0,71; 0,85 ve 0,97 olarak ölçülmüştür. Ayrıca bu değişimlerin düşük doz değerlerinde daha belirgin olduğu gözlenmiştir. NPS ölçümlerinde Admire1, Admire3 ve Admire5 IR sevilerinde NPSP değerleri sırası ile 895, 601 ve 386 olarak ölçülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Bilgisayarlı Tomografi (BT), TTF NPS, Iterative Reconsruction (IR)

19. ULUSAL MEDİKAL FİZİK KONGRESİ

Hilton Dalaman / Sarıgerme

02-05 KASIM 2023

POSTER BİLDİRİLER

POSTER BİLDİRİLER

Filtresiz Işınların Farklı Tedavi Planlama Sistemlerinde Stereotaktik Beden Radyoterapisi İçin Akciğer Tümörlerinde Filtreli Işınlar İle Karşılaştırılması / EBRU DEMİR 79

TCP Ve NTCP Radyobiyolojik Modeller: Prostat Radyoterapisinde Konvansiyonel Ve Ultra Hipofraksiyone Tedaviler / AYŞEGÜL ÜNAL KARABEY 81

Periferik Yerleşimli Akciğer Kanserinde VMAT-SBRT Tekniği için Enerji Modülasyonu ile Tedavi Plan Optimizasyonu / GÖRKEM ÇEVİKBAŞ 82

Dört Farklı SunNuclear Edge Diyot Dozimetrelerin Küçük Alan Ölçümlerindenki Dozimetrik Sonuçlarının Karşılarştırılması / BURAK BAŞLANGIÇ 83

Çoklu Beyin Metastazı Tedavisinde Tek İzomerkez Stereotaktik Radyoterapi: Hyper Arc Volumetrik Ark tedavisi ve manuel Volumetrik Ark Tedavisinin Dozimetrik Karşılaştırması / ZERRİN GANİ 85

Fantom Çalışması: Tüm Meme Radyoterapisinde Farklı Foton Enerji Düzeylerinin ve Meme Hacminin Alan İçi Alan Tekniğine Etkisinin Araştırılması / HANDE ÜNAL 86

MR-Linak Cihazında kullanılan Hasta Sabitleme Gereçlerinin MR Görüntü Kalitesine ve Geometrik Doğruluğuna Olan Etkilerinin Araştırılması / EVREN OZAN GÖKSEL 88

Sol Akciğer Kanserinde Farklı Radyoterapi Tekniklerinin Sol Ön İnen Koroner Arter Dozuna Etkisi / AYKUT OĞUZ KONUK 89

Farklı Radyoterapi Dozlarının Sıçanların Kardiyovasküler Sistem Üzerindeki Kronik Etkilerinin Empedans Kardiyografisi Kullanılarak Belirlenmesi / SONGÜL BARLAZ US 91

Geometric Biasing Yöntemi Kullanarak Monte Carlo Hesaplamalarının Optimizasyonu / RECEP KANDEMİR 92

Kullanıcı Tarafından Su Geçirmez Hale Getirilmiş PTW Farmer İyon Odasının Klinik Beam İçin Suda Absorblanan Doz Kararında Kullanılabilirliğinin Tayini / HİKMET YALÇINKAYA 93

Meme Kanserinin Nefes Takipli Radyoterapisinde Vcd Ekran Kullanımı Günlük Tedavi Süresini Kısaltır: İki Merkez Deneyimi / ESRA SERİN 94

Tomotherapy Cihazında Farklı Görüntüleme Protokollerinde Dozimetrik Karşılaştırma / İSMAİL KARAKUŞ 95

Tüm Vücut Foton Işınlamasında Radıxact Tomoterapı Klinik Deneyim / SEZEN EMEK 96

Sağ Meme Işınlamalarında Radixact Synchrony SolunumTakip Sistemi / DAMLA POYRAZ 97

Nazofarenks Kanseri Radyoterapisinde Bilateral Parotis Glandının Hacimsel Değişiminin İncelenmesi / SEVTAP GİRİTOĞLU 98

Sol Meme Radyoterapisinde Yüzey Takip Sistemi Eşliğinde Nefes Tutma Tekniğinin Kritik Organ Dozlarına Etkisi / MÜMİN ERAY ERGEN 99

Meme Kanseri Radyoterapisinde VMAT ile Oluşturulan Hibrit Tekniklerin Plan Kalitesine Etkisinin Araştırılması / SULTAN ÇİT 100

Prostat Kanserinin Hacimsel Modülasyonlu Ark ile Radyoterapisinde Bilgi Tabanlı Planlama Yönteminin Kullanıldığı Klinik Bir Modelin Elde Edilmesi ve Değerlendirilmesi / ŞEYDA KINAY 101

Tc-99m MİBİ İle Paratiroid Sintigrafisinde Organ Dozları / MERVE GÜRE 102

Sağ Meme Radyoterapide Karaciğer Dozlarının İki Farklı Planlama Sisteminde Karşılaştırılması / EBRU DEMİR 104

İntrakraniyal Radyocerrahi Uygulamalarında Kullanılan Mr Görüntülerindeki Distorsiyonun Geometrik Belirsizliğe Olan Etkisinin Belirlenmesi / OSMAN ARTUNÇ TÜRE 105

Meme Kanseri Tanısı Almış Hastalarda Sağ Göğüs Duvarı ve Tüm Lenfatiklerin Işınlamasında Derin İnspirasyon Nefes Tutmanın (DIBH) Akciğer ve Kalp Dozuna Etkisinin Araştırılması / TUĞBA ATAKUL 106

Hastaya Özel Kalite Kontrolde Mobıus 3d Sisteminin Kullanılabilirliği / İrem Aydın 108

Larenks Kanseri Radyoterapisinde Ff Ve Fff Işınlarının Histopatolojik Ve Ki-67 Parametrelerine Etkisinin İncelenmesi / SERHAT ARAS 109

Craniospinal Işınlamalarda Radiact Tomoterapi ve C-Kollu Lineer Hızlandırıcı Planlamalarının Doz Karşılaştırması / SEZEN EMEK 110

Klinik Protokoller için ELEKTA XVI Sisteminin Görüntü Kalitesi ve CBCT (Cone-Beam CT) Dozu Optimizasyonu / EZGİ KİRAZ ERGEN 111

Filtresiz Işınların Farklı Tedavi Planlama Sistemlerinde Stereotaktik Beden Radyoterapisi İçin Akciğer Tümörlerinde Filtreli Işınlar İle Karşılaştırılması / EBRU DEMİR 112

Alan Boyutu Modülasyonlu Helikal Tomotherapy Simülasyonu / SEÇKİN GÜNDÜZ 114

X-Işınları ile Elde Edilen Görüntülerin Derin Öğrenme Yöntemleri Kullanılarak Analizi ve Yapay Zeka ile Tanı Koyma Çalışmaları / ÇAĞDAŞ ŞİMŞEK 115

Karaciğer Sbrt Planlamada Vmat Ve Dcat Tekniklerinin Karşılaştırılması / YAPRAK ERÖZMEN 117

Radyasyondan Korunmada Mesafe ve Zırhlamanın Çalışanların Aldığı Radyasyon Dozu Üzerinde Etkisi / GAMZE BERK 118

Nazofarenks Kanserinde AAA ve Acuros XB Agoritmalarının Foton Optimizer ve Progressive Resoluiton Optimizer Kullanılarak Dozimetrik Olarak Karşılaştırılması / BURAK BAŞLANGIÇ 120

HDR Vajinal Brakiterapi Hastalarında Çok Kanallı Aplikatör ile Tek Kanallı Aplikatör'ün Forward Optimizasyon Ve İnvers Optimizasyon IPSA (Inverse Planning Simulated Annealing) Tekniklerinin Dozimetrik Karşılaştırılması / SEVECEN SEYHUN NASIR CAN 122

Akciğer Adaptif Planların Dozimetrik Değerlendirilmesi / YAPRAK ERÖZMEN 123

Akciğer Kanserli Hastalarda Stereotaktik Vücut Radyoterapisinde Adaptif Marj Uygulanarak Farklı Tedavi Tekniklerinin Karşılaştırılması / OSMAN ÖZTÜRK 124

Sol Meme Kanseri Radyoterapisinde LAD ve LV Kardiyak Altyapılarının Plan Optimizasyonuna Dahil Edilmesinin Araştırılması / AYKUT OĞUZ KONUK 125

Tüm Meme Radyoterapisinde Farklı Foton Enerji Düzeylerinin Alan İçi Alan Tekniğine Etkisinin Araştırılması: Hasta Çalışması / HANDE ÜNAL 126

Küçük Alanların Dozimetrik Parametrelerinin Gafkromik Film ile Ölçülmesi / GÜL TAŞKIN 127

Cheesefantom Hu(Hounsfield Unit) Değerinin Hu Değeri-Mass Density Tablosunaeklenmesinin Tomotherapy Absolute Doz Ölçümüne Etkisi / NAZAN DEDE KARAKOÇ 128

Prostat Kanseri Tedavisi Gören Hastaların Mesane Hacimlerinin İncelenmesi / ASLI SABAH 129

Gamma Plan Doz Optimizasyon Aracı Yeterince Verimli Mi? / MEHMET ORBAY ASKEROĞLU 130

Çoklu Beyin Metastazlarının Stereotaktik Radyocerrahi (SRS) Tedavi Planları İçin "Progressive Resolutıon Optimizer" (Pro) Ve "Photon Optimizer" (Po) Algoritmalarının Karşılaştırılması / GÜLHAN ÇAVDAR 132

Prostat Radyoterapisinde Gantry Dönüş Hızının Ve Doz Hızının Mesane Hacmine Etkisinin Araştırılması / ESRA SERİN 133

Yeni Bir Normoksik Polimer Jel Dozimetre Geliştirilmesi / TÜRKAN ALKAN 134

Beyin Metastazlı Hastaların Tedavi Planlarının Gamma Knife ve Linac Tabanlı Radyocerrahi Teknikleri ile Dozimetrik Karşılaştırılması / ÖZLEM DAĞLI 135

Cbct Tabanlı Adaptif Radyoterapi Deneyimlerimiz / İREM AYDIN 137

3D Yüzey Tarayıcı ile Düzleştirici Filtrenin Modellenmesi ve Monte Carlo Simülasyonu ile Geometrisinin Doğrulanması / RECEP KANDEMİR 138

Filtresiz Işınların Farklı Tedavi Planlama Sistemlerinde Stereotaktik Beden Radyoterapisi İçin Akciğer Tümörlerinde Filtreli Işınlar İle Karşılaştırılması

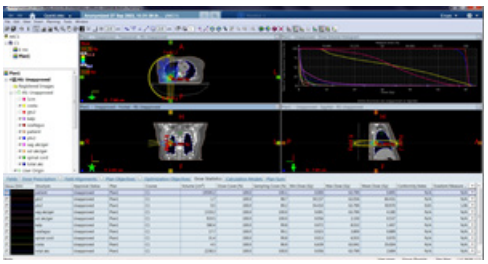
EBRU DEMİR[1], NAZMİYE DENİZ ARSLAN[1], ERSAN YILMAZ[2], AYKUT AKSOY[2]

[11.] İ.A.Ü. VM Medical Park Floya Hastanesi, Radyasyon Onkolojisi Bölümü
22. Kars Kafkas Üniversitesi Radyasyon Onkolojisi Bölümü

EBRU DEMİR / 1. İ.A.Ü. VM Medical Park Floya Hastanesi, Radyasyon Onkolojisi Bölümü

Amaç: İki farklı tedavi planlama sistemi(TPS) ve filtreli-filtresiz ışınlar kullanarak akciğer kanseri Stereotaktik Beden Radyoterapisi(SBRT) hastalarının tedavi planlarının tüm yönleriyle değerlendirilip karşılaştırılmasıdır.
Yöntem: Kars Kafkas Üniversitesi Hastanesi Radyasyon Onkolojisi bünyesinde bulunan Eclipse 13.6-AAA(TPS1) ve İ.A.Ü. VM Medical Park Florya Hastanesi bünyesinde bulunan RayStation 12A-CC(TPS2) verileri kullanılmıştır. Eclipse Analitik Anizotropik Algoritmayı (AAA) kullanırken, RayStation ise daraltılmış koni (CC) algoritması ile planları hesaplamıştır. 10 farklı akciğer SBRT hastasının bilgisayarlı tomografi (BT) görüntüleri retrospektif olarak seçilmiştir. Elde edilen BT görüntüleri Raystation 12A ve Eclipse 13.6 planlama bilgisayarına yüklenerek her hasta için tedavi alanı ve kritik yapılar radyasyon onkoloğu tarafından konturlanmıştır. 2 farklı TPS verileri kullanılarak 10 farklı hasta için 750 cGy/gün toplamda 8 fraksiyon tedavinin doz hesaplaması yapılmıştır. 6 MV Filtreli(6FF) ve 6 MV Filtresiz(6FFF) kullanarak tedavi planları hazırlanmıştır. Hedef hacim ve kritik organlar açısından birbirine yakın planlar elde edilmiş ve planların kritik organ, V95 dozlarının, konformaliti index(CI) değerinin karşılaştırılması amaçlanmıştır.

ECLIPSE PLANLAMA



ECLİPSE örnek planlama

RAYSTATION PLANLAMA

RAYSTATION ORNEK PLANLAMA

Bulgu: Eclipse verileri kullanılarak yapılan doz hesaplamasında PTV'nin 6FF ışınlamada V95 ortalama dozu 57.03 Gy'dir. Kritik organ dozları akciğer için V5, V10, V20 ve ortalama dozları sırasıyla 17.2, 9.49, 3.83, ve 3.8 Gy; medulla için ortalama Dmax, 12.8 Gy'dir. Kalp ve özefagus için ortalama doz değerleri ise ortalama olarak sırasıyla 2.5 ve 2.2'dir. Ayrıca CI değeri ise ortalama olarak 0.92 bulunmuştur. Eclipse verileri kullanılarak yapılan doz hesaplamasında PTV'nin 6FFF ışınlamada V95 ortalama dozu 57.99 Gy'dir. Kritik organ dozları akciğer için V5, V10, V20 ve ortalama dozları sırasıyla 16.74, 9.58, 3.69, ve 3.7 Gy; medulla için ortalama Dmax, 14 Gy'dir. Kalp ve özefagus için ortalama doz değerleri ise sırasıyla ortalama 2.6 ve 2.6'dir. Ayrıca CI değeri ise ortalama olarak 0.94 bulunmuştur. RayStation verileri kullanılarak yapılan doz hesaplamasında PTV'nin 6FF ışınlamada V95 ortalama dozu 56.95 Gy'dir. Kritik organ dozları akciğer için V5, V10, V20 ve ortalama dozları sırasıyla 16, 8.25, 2.02, ve 2.55 Gy; medulla için ortalama Dmax, 4.63 Gy'dir. Kalp ve özefagus için ortalama doz değerleri ise sırasıyla ortalama 1.52 ve 1.3'dir. Ayrıca CI değeri ise ortalama olarak 0.92 bulunmuştur. RayStation verileri kullanılarak yapılan doz hesaplamasında PTV'nin 6FFF ışınlamada V95 ortalama dozu 57.46 Gy'dir. Kritik organ dozları akciğer için V5, V10, V20 ve ortalama dozları sırasıyla 16.1, 8, 3.5, ve 2.46 Gy; medulla için ortalama Dmax, 4.68 Gy'dir. Kalp ve özefagus için ortalama doz değerleri ise sırasıyla ortalama 1.45 ve 1.3'dir. Ayrıca CI değeri ise ortalama olarak 0.975 bulunmuştur. Farklı TPS verileri ile elde edilen bu veriler karşılaştırıldığında PTV için CI ve V95 değerleri ayrıca akciğer için V5, V20 değerleri istatiksel olarak anlamlı bulunumuş ($p>0,05$). Bunlara ek olarak kalp, özefagus ve medulla dozlarıda istatiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p>0.05$).

DEĞERLER

fff eclp		<%60	<%50	<%30	<20 Gy	<44 Gy	<26 Gy	<34 Gy		
HASTA	hasta no	TOT AKC V5 (%)	TOT AKC V10 (%)	TOT AKC V20 (%)	TOT AKC MEAN (cGy)	MEDULLA MAX (cGy)	HEART MEAN (cGy)	OZEFAGUS MEAN(cGy)	V95	CI
	AKC1	14	8	4	3.5	13	2.3	2.1	56.8	0.91
	AKC2	15.5	9.8	3.7	3.9	12.5	2.7	2.3	57.2	0.94
	AKC3	17.8	10.2	3.9	3.7	12.7	2.1	2	56.9	0.9
	AKC4	18.3	8.5	3.5	4	12.9	2.8	2.4	57.4	0.93
	AKC5	17	9.6	3.8	3.8	12.6	2.2	2.2	57.1	0.92
	AKC6	16.7	9.7	4.2	3.6	13.2	2.6	2.5	57	0.95
	AKC7	18.7	9.3	3.4	3.9	12.4	2.4	2.1	57.3	0.91
	AKC8	14.2	8.9	4.1	4.1	13.1	2.9	2.3	57.2	0.94
	AKC9	16.9	10.1	3.6	3.5	12.8	2	2	57.5	0.89
	AKC10	19.4	9.4	3.9	3.9	12.7	2.5	2.2	56.7	0.93
		17.2	9.49	3.83	3.8	12.8	2.5	2.2	57.03	0.92

Örnek bir değerler tablosu

Sonuç: İki farklı TPS ve ışın modalitesi kullanılarak yapılan tedavi planlarının sayısal değerlerinin analizi sonucunda dozimetrik olarak anlamlı bir fark elde edilmiştir. Özellikle FFF mod ile ışınlamanın akciğer gibi inhomojen bir ortamda yüksek CI değeri vermesi hem Eclipse hem de RayStation'da görülmüştür. Ayrıca RayStation CC algoritması sayesinde inhomojen ortamda belirsizliği daha da azaltarak kritik organ dozlarının daha fazla düşmesini sağlamıştır. Bu çalışma dozimetrik olarak ölçümlerle de mutlaka desteklenmelidir.

Anahtar Kelimeler: SBRT, FF-FFF, ECLIPSE-RAYSTATION

TCP Ve NTCP Radyobiyolojik Modeller: Prostat Radyoterapisinde Konvansiyonel Ve Ultra Hipofraksiyone Tedaviler

Ayşegül Ünal Karabey[1], Özcan Gündoğdu[2], Berna Tırpancı[1], Aykut Konuk[1], Gülşah Özkan[1], Umut Diremsizoğlu[1], Görkem Aksu[1]

[1]Kocaeli Üniversitesi Araştırma ve Uygulama Hastanesi
[2]Kocaeli Üniversitesi

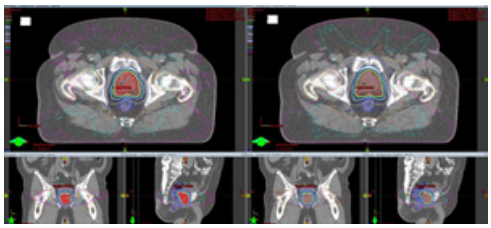
Ayşegül Ünal Karabey / Kocaeli Üniversitesi Araştırma ve Uygulama Hastanesi

Amaç: Bu çalışmada, prostat kanserinde ultra hipofraksiyone ve konvansiyonel radyoterapi dozu uygulanan tedavi planları, tümör kontrol olasılığı ve normal doku komplikasyon olasılığı radyobiyolojik model kullanarak karşılaştırılmıştır.

Yöntem: 2009-2021 yılları arasında radyoterapi görmüş 50 prostat kanseri hastası retrospektif olarak belirlendi. Seçilen prostat hastalarına 200cGy/gün 39 fraksiyonda konvansiyonel, 670cGy/gün toplamda 5 fraksiyon ultra hipofraksiyone hacim ayarlı ark planları hesaplandı. Matlab programında, tümör kontrol olasılığı(TCP)/ normal doku komplikasyon olasılığı(NTCP) radyobiyolojik modelleme için matematiksel formülasyonlar oluşturuldu. Elde edilen planların doz hacim histagramı(DVH) verileri ascii formatında matlab programına aktarıldı.

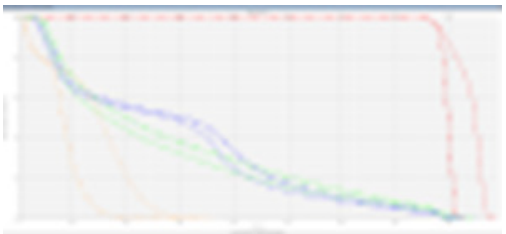
Bulgu: Prostat kanserinde ultra hipofraksiyone ve konvansiyonel tedavilerde femur başları için eşdeğer tekdüze doz(EUD)(p=7,545E-10) ultra hipofraksiyone tedavide anlamlı fazla olsa da her iki tedavi tekniğinin normal doku komplikansyon olasılığı(p=0,317) aynıdır. Mesane EUD ve NTCP değerleri ultra hipofraksiyone tedavi tekniğinde konvansiyonel tedavi tekniğine göre anlamlı derecede düşük bulunmuştur(0,000, 2,370E-7). Rektum EUD değerleri her iki tedavi tekniğinde benzer doz olsa da NTCP değeri ultra hipofraksiyone tedavi tekniğinde daha düşük hesaplanmıştır(0,0180). Prostat planlanan hedef hacim(PTV) EUD ve TCP değerleri ultra hipofraksiyone doz alan tedavi tekniğinde anlamlı derecede fazla çıkmıştır(7,490E-10, 3,660E-10).

HF ve KF planlarının izodoz karşılaştırması



a) HF ve b) KF tedavi planlarının transvers, sagital ve koronal kesit karşılaştırması.

HF ve KF Planlarının DVH Üzerinde Karşılaştırması



HF ve KF planlarının EQD2 dozlarının karşılştrılması. Kare indis KF üçgen indis HF planı temsil etmektedir. Femur başları turuncu, rectum mavi, mesane yeşil ve PTV kırmızı renk ile temsil edilmektedir

Sonuç: Tedavi tekniklerinin karşılaştırılması sonucu ultra hipofraksiyone tedavi tekniği ile daha yüksek TCP ve EUD değeri elde edilmiş, normal dokuların da daha az doz aldığı görülmüştür. Toplam tedavi süresinin kısalığı ve kritik organların daha az doz alması sebebi ile ultra hipofraksiyone tedavi prostat kanserinde tercih edilebilir. Radyoterapi planlarında tedavi şemalarını karşılaştırmak için radyobiyolojik modeller oldukça yol göstericidir. Oluşturduğumuz MATLAB programı, radyasyon onkoloğu ve medikal fizikçi için plan değerlendirmede oldukça yardımcı bir araçtır.

Periferik Yerleşimli Akciğer Kanserinde VMAT-SBRT Tekniği için Enerji Modülasyonu ile Tedavi Plan Optimizasyonu

Görkem Çevikbaş[1], Murat Okutan[2], Aydın Çakır[3], Ümmühan Kalafat[1], Aysel Ahmadova[1], Züleyha Akgün[4], Esra Kaytan Sağlam[5], Bayram Demir[6]

[1]Memorial Şişli Hastanesi, İstanbul
[2]İstanbul Üniversitesi Onkoloji Enstitüsü
[3]İstanbul Bilgi Üniversitesi
[4]Üsküdar Üniversitesi Tıp Fakültesi, İstanbul
[5]Biruni Üniversitesi Tıp Fakültesi, İstanbul
[6]İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi

Görkem Çevikbaş / Memorial Şişli Hastanesi, İstanbul

Amaç: Radyoterapide temel amaç, belirlenen tümör hacmine maksimum dozu verirken çevre kritik organların mümkün mertebe minimum doz almasını sağlamaktır. Teknolojinin gelişmesiyle beraber lineer hızlandırıcılar ve dolayısıyla tedavi teknikleri de gelişim göstermiştir. Küçük hacimli tümörlerin tedavisinde kullanılan ışınlama tekniği olan Stereotaktik Vücut Radyoterapisi (SBRT) bunların başında gelmektedir. Bu çalışmada, akciğer kanseri tanılı 20 hastanın tedavi planlamaları Volümetrik Arc Terapi (VMAT) tekniği ile i) tek enerji (6 MV) ve ii) kombine enerjiler ile (6 MV – 10 MV – 15 MV) kullanılarak Enerji Modülasyon Tekniği (EMT) elde edildi. Bu çalışmada bu iki tedavi planlama tekniğinin hedef hacim ve kritik organların dozları üzerindeki etkilerinin karşılaştırılması amaçlanmıştır.
Yöntem: Çalışmada seçilen hastaların tümör yerleşimlerinin akciğer periferinde olmasına dikkat edilmiştir. Tedavi dozu olarak 3 fraksiyon, 20 Gy fraksiyon dozu olacak şekilde toplam 60 Gy tedavi dozu tanımlanmıştır. Karşılaştırılacak ilk grupta hastaların tedavi planları VMAT tekniği ile yarım ark 1800 ve 6 MV foton ışınları kullanılarak hazırlanmıştır. Diğer grupta ise yine 1800 yarım arc VMAT tedavi açıları fakat enerji olarak ışınlama açılarının tümör yerleşimine uzaklığına göre parsiyel üç eşit (600 'lik eşit Modülasyon arc) parçaya ayırılarak 6 MV, 10 MV ve 15 MV foton ışınları olacak şekilde enerji modülasyonu sağlanarak hazırlanmıştır. Her planın Doz Volüm Histogramları üzerinden PTV ve kritik organların aldığı dozlar karşılaştırılmıştır.
Bulgu: Tedavi planı yapılan, 20 hastanın PTVmean dozları değerlendirildiğinde PTVmean (6 MV) = 6344 ± 159 cGy, PTVmean (EMT) = 6439 ± 195 cGy olarak tespit edilmiştir. İki teknik arasında fark %1.5 olarak elde edildi. Öte yandan karşılaştırma parametresi olarak spinal kord dozları incelendiğinde Dmax(6 MV) = 1261.40 ± 571 cGy, Dmax(EMT) = 1125.26 ± 599 cGy olarak tespit edilmiştir. Enerji Modülasyon Tekniğinde (EMT) %11 daha düşük doz elde edildi. Özefagus dozları incelendiğinde Dmax(6 MV) = 1244.48 ± 710 cGy, Dmax(EMT) = 1069.56 ± 739 cGy olarak tespit edilmiştir. EMT tekniğinde %16 daha düşük değer elde edildi. Ayrıca Akciğer V20 dozları karşılaştırıldığında DV20(%)(6 MV) = 2.56 ± 1.17, DV20(%)(EMT) = 2.96 ± 1.37 olarak tespit edilmiştir.

Sonuç: Değerlendirme sonucunda Enerji Modülasyon Tekniği (EMT) tekniği kullanılarak kritik organlarda kayda değer doz düşüşleri gözlenmiştir. PTVmean dozları açısından da benzer değerler elde edilirken, özellikle kritik organ yakınlığı olan hastalarda (spinal kord ve özefagus), EMT tekniği tek foton enerjili planlara iyi bir alternatif olarak kullanılabilir.

Dört Farklı SunNuclear Edge Diyot Dozimetrelerin Küçük Alan Ölçümlerindenki Dozimetrik Sonuçlarının Karşılarştırılması

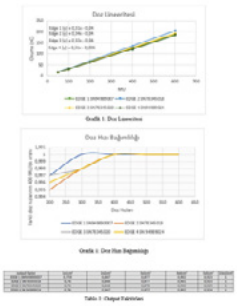
Burak BAŞLANGIÇ[1], BURCU GERÇEK KALYONCU[1], VOLKAN YÖNETMEN[1], Sezen EMEK[3]

[1]Acıbadem Eskişehir Hastanesi
[2]Medko Sağlık Hizmetleri
[3]ACIBADEM ATAKENT HASTANESİ

Burak BAŞLANGIÇ / Acıbadem Eskişehir Hastanesi

Amaç: VMAT,IMRT gibi tedavi tekniklerinin gelişmesine ve mlc hareketine bağlı oluşan küçük alanlar, SBRT,SRS gibi planlarda çok daha küçük hacimlerin tedavi edilmeye başlanması ile küçük alanlarda oluşan dozimetrik belirsizliker önem kazanmaya ve bu belirsizlikerin giderilmesi için dedektörler geliştirilmeye başlanmıştır. Bu çalışmada farklı 4 adet Sunnuclear diyot dedektörün kullanıma bağlı ve fabrikasyon üretimlerinin 6MV enerji ile küçük alan ölçümlerinin kendi içlerinde verdiği sonuçların dozimetrik olarak karşılaştırılması ve fabrikasyon süreçlerine bağlı olarak dedektörlerin cevaplarının araştırılması amaçlanmıştır.
Yöntem: Çalışmada Varian Vitalbeam cihazında 6MV kullanılmıştır. SunNuclear 3D scanner su fantomunda 4 farklı edge diyot dedektörler kendi içlerinde; 200,300,400,500,600,1000MU/dk olacak şekilde 200MU verilerek ve 400MU/dk'ya oranı ile doz hızı bağımlılığı, 300MU/dk'da 50,100,200,400,600 MU'ya karşılık alınan okumalar ile doz lineeritesi, 1x1,2x2,3x3,4x4,5x5 ve 10x10cm2 'lik alanlarda 200MU verilerek output faktörleri, 1x1,2x2,3x3,4x4,5x5 ve 10x10cm2 'lik alanlarda PDD dmaks., D5cm%, D10cm% değerleri, 1x1,2x2,3x3,4x4,5x5 ve 10x10cm2 'lik alanlarda 1.5,5,10 ve 20 cm derinlikerde profil ölçümleri alınarak flatness ve symmetry, sağ ve sol penumbra değerleri karşılaştırılmıştır. Ölçümler öncesinde doz ve alanların kalibrasyonları yapılmıştır. Kullanılan su fantomu tek voltaj değeri ile çalıştığı için voltaj 0 olarak ayarlanarak referans dozimetre olmadan ölçümler alınmıştır.
Bulgu: İncelenen parametrelerden doz lineeritesi için dozimetreler lineer sonuçlar vermiş olup, kendi aralarında doz okumalarına bağlı olarak küçük farklılıklar göstermiştir. (Grafik 1) Diyotların doz hızlarında okuma olarak benzer bulunmuş olup 400MU/dk ile oranlandığında rölatif değerleri düşük doz hızlarında %1'in altında farklı bulunmuştur. (Grafik 2) Output faktörleri ise dedektörlerin10x10cm2 alan okumalarına oranlandığında bütün alanlar için benzer çıkmıştır.(Tablo1)PDD değerleri ise bütün alanlarda dmaks., D5cm%, D10cm% değerleri benzer sonuçlar vermiştir. Alan merkezinde alınan ölçümler için edge dedektör kullanımı kendi içlerindeki sonuçlar ile tatmin edici düzeydedir. İncelenen bütün diyot dedektörler bütün alan boyutlarında ve farklı derinliklerde crossline ve inline profillerde benzer sağ ve sol penumbra, flattness değerleri ortaya koymuştur. Özellikle 4x4cm2'lik alandan küçük alanlar için 6MV enerjinin FFF gibi davranarak flatness değerlerini yükeltmesi küçük alanlarda dikkat edilmesi gereken bir durumdur. (Tablo3,4,5,6) Symmetry değerleri, alanlar ve farklı derinliklerde dedektörler arasında 1x1,2x2,3x3,cm2 'lik alanlarda farklı sonuçlar ortaya koymakla birlikte %2'lik değerlerin üzerine çıkmıştır. Buna bağlı olarak su fantomu yazılımındaki beam center uygulanarak merkezlendikten sonra bütün değerler %1'in altına düşmüştür. 5x5 ve 10x10cm2 'lik alanlarda ise değerler %1'in altında bulunarak benzer sonuçlar ortaya koymuştur. (Tablo 7)

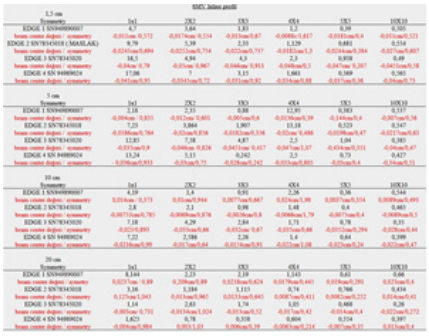
Doz Lineeritesi,Doz hızı bağımlılığı ve Output faktöreri



Doz Lineeritesi,Doz hızı bağımlılığı ve Output faktöreri

Inline Crossline Profil Flatness Değerleri

Inline Crossline Profil Flatness Değerleri
6MV Inline Profil Symmetry



6MV, Inline profil						
1,5 cm						
Symmetry	1x1	2X2	3X3	4X4	5X5	10X10
EDGE 1 SN94909007	4,7	3,64	1,83	1,2	0,39	0,360
beam center değeri / symmetry	-0,011cm/ 0,572	-0,017cm/ 0,154	-0,013cm/0,67	-0,008lt/ 0,417	-0,018Lcm/0,4	-0,011cm/0,321
EDGE 2 SN78345018 (MASLAK)	0,79	5,39	2,33	1,139	0,602	0,554
beam center değeri / symmetry	-0,024Lcm/0,694	-0,025Lcm/0,774	-0,022cm/0,757	-0,012Lcm/1,3	-0,024cm/0,384	-0,027cm/0,607
EDGE 3 SN78345020	14,5	4,94	4,5	2,3	0,958	0,49
beam center değeri / symmetry	-0,04cm/ 0,79	-0,01cm/ 0,987	-0,046cm/ 0,911	-0,048cm/0,5	-0,047cm/ 0,207	-0,041cm/0,58
EDGE 4 SN 94909024	17,06	7	3,15	1,661	0,589	0,585
beam center değeri / symmetry	-0,241cm/0,95	-0,034Lcm/0,72	-0,031cm/0,92	-0,016cm/0,88	-0,017cm/0,66	-0,04cm/0,73
5 cm						
Symmetry	1x1	2X2	3X3	4X4	5X5	10X10
EDGE 1 SN94909007	2,18	2,35	0,88	1,195	0,383	0,337
beam center değeri / symmetry	-0,004cm/ 0,831	-0,012cm/ 0,801	-0,005cm/0,6	-0,013cm/0,39	-0,146cm/0,4	-0,007cm/0,58
EDGE 2 SN78345018	7,23	3,884	1,907	15,18	0,523	0,347
beam center değeri / symmetry	-0,018cm/0,784	-0,02cm/0,836	-0,013cm/0,336	-0,02cm/ 0,486	-0,019Lcm/0,47	-0,021Lcm/0,63
EDGE 3 SN78345020	12,85	7,38	4,87	2,5	1,04	0,385
beam center değeri / symmetry	-0,033cm/0,9	-0,046cm/ 0,828	-0,041cm/ 0,417	-0,047cm/ 0,07	-0,434cm/0,331	-0,04cm/0,47
EDGE 4 SN 94909024	13,24	5,11	0,242	2,3	0,79	0,427
beam center değeri / symmetry	-0,036cm/0,933	-0,01cm/0,71	-0,028cm/0,242	-0,031cm/0,895	-0,01cm/0,4	-0,34cm/0,31
10 cm						
Symmetry	1x1	2X2	3X3	4X4	5X5	10X10
EDGE 1 SN94909007	4,19	1,4	0,91	2,26	0,36	0,344
beam center değeri / symmetry	0,014cm/ 0,373	0,01cm/0,944	0,007Lcm/0,667	0,024cm/1,98	0,003Lcm/0,014	0,008Lcm/0,693
EDGE 2 SN78345018	2,8	2,1	0,98	1,48	0,4	0,483
beam center değeri / symmetry	-0,017Lcm/0,781	-0,008cm/0,876	-0,013Lcm/0,8	-0,006Lcm/1,79	-0,007Lcm/0,4	-0,008cm/0,5
EDGE 3 SN78345020	7,18	4,29	2,84	1,71	0,78	0,35
beam center değeri / symmetry	-0,023cm/0,893	-0,01cm/0,66	-0,012cm/ 0,67	-0,015cm/0,66	-0,052Lcm/0,294	-0,028cm/0,44
EDGE 4 SN 94909024	7,22	2,386	2,26	1,4	0,64	0,399
beam center değeri / symmetry	-0,024cm/0,99	-0,017cm/0,64	-0,014cm/0,91	-0,022cm/1,08	-0,02cm/0,24	-0,022cm/0,47
20 cm						
Symmetry	1x1	2X2	3X3	4X4	5X5	10X10
EDGE 1 SN94909007	8,144	2,23	2,19	1,145	0,61	0,66
beam center değeri / symmetry	0,037cm/ 0,89	0,208cm/0,89	0,021Lcm/0,624	0,017Lcm/0,445	0,016cm/0,291	0,023cm/0,4
EDGE 2 SN78345018	3,16	1,184	1,115	0,74	0,786	0,454
beam center değeri / symmetry	0,127cm/1,043	0,01cm/0,965	0,013cm/0,845	0,008Lcm/0,411	0,008Lcm/0,252	0,014cm/0,41
EDGE 3 SN78345020	1,14	2,63	1,74	1,05	0,468	0,26
beam center değeri / symmetry	-0,001cm/ 0,731	-0,014cm/1,024	-0,013cm/0,52	-0,01Lcm/0,42	-0,01cm/0,4	-0,022cm/0,272
EDGE 4 SN 94909024	1,623	0,78	0,318	0,404	0,334	0,397
beam center değeri / symmetry	-0,006cm/0,994	0,001Lcl/1,031	0,006cm/0,39	-0,006Lcm/0,214	-0,007cm/0,35	0,013cm/0,4

6MV Inline Profil Symmetry

6Mv Inline Profil Penumbra

6MV, Inline Profil																				
1,5cm	1x1		2x2		3x3		4x4		5x5		10x10	
	Sağ Penumb	Sol Penumb	Sağ Penumb	Sol Penumb	Sağ Penumb	Sol Penumb	Sağ Penumb	Sol Penumb	Sağ Penumb	Sol Penumb	Sağ Penumb	Sol Penumb
EDGE 1 SN94909007	0,3	0,295	0,328	0,325	0,429	0,425	0,548	0,552	0,44	0,438	0,614	0,618
EDGE 2 SN78345018	0,3	0,299	0,326	0,327	0,432	0,429	0,54	0,55	0,436	0,433	0,614	0,62
EDGE 3 SN78345020	0,313	0,254	0,318	0,328	0,399	0,403	0,534	0,508	0,439	0,431	0,643	0,602
EDGE 4 SN 94909024	0,297	0,273	0,322	0,326	0,403	0,434	0,534	0,508	0,432	0,431	0,608	0,618
5cm	1x1		2x2		3x3		4x4		5x5		10x10	
	Sağ Penumb	Sol Penumb	Sağ Penumb	Sol Penumb	Sağ Penumb	Sol Penumb	Sağ Penumb	Sol Penumb	Sağ Penumb	Sol Penumb	Sağ Penumb	Sol Penumb
EDGE 1 SN94909007	0,313	0,328	0,349	0,351	0,458	0,452	0,603	0,612	0,488	0,478	0,692	0,684
EDGE 2 SN78345018	0,315	0,258	0,349	0,352	0,452	0,457	0,602	0,61	0,487	0,484	0,693	0,691
EDGE 3 SN78345020	0,317	0,287	0,345	0,347	0,444	0,461	0,595	0,603	0,481	0,483	0,689	0,687
EDGE 4 SN 94909024	0,313	0,318	0,345	0,349	0,447	0,457	0,598	0,605	0,483	0,483	0,689	0,686
10cm	1x1		2x2		3x3		4x4		5x5		10x10	
	Sağ Penumb	Sol Penumb	Sağ Penumb	Sol Penumb	Sağ Penumb	Sol Penumb	Sağ Penumb	Sol Penumb	Sağ Penumb	Sol Penumb	Sağ Penumb	Sol Penumb
EDGE 1 SN94909007	0,326	0,334	0,37	0,376	0,483	0,479	0,648	0,654	0,528	0,546	0,771	0,771
EDGE 2 SN78345018	0,329	0,33	0,368	0,376	0,483	0,485	0,647	0,658	0,528	0,541	0,775	0,777
EDGE 3 SN78345020	0,345	0,35	0,366	0,378	0,478	0,479	0,644	0,646	0,525	0,528	0,775	0,775
EDGE 4 SN 94909024	0,329	0,329	0,369	0,376	0,478	0,473	0,645	0,641	0,525	0,529	0,773	0,774
20cm	1x1		2x2		3x3		4x4		5x5		10x10	
	Sağ Penumb	Sol Penumb	Sağ Penumb	Sol Penumb	Sağ Penumb	Sol Penumb	Sağ Penumb	Sol Penumb	Sağ Penumb	Sol Penumb	Sağ Penumb	Sol Penumb
EDGE 1 SN94909007	0,367	0,366	0,415	0,411	0,528	0,527	0,692	0,7	0,61	0,594	0,908	0,901
EDGE 2 SN78345018	0,364	0,365	0,415	0,412	0,52	0,528	0,69	0,7	0,603	0,606	0,901	0,901
EDGE 3 SN78345020	0,375	0,383	0,4	0,417	0,52	0,524	0,697	0,7	0,607	0,597	0,903	0,89
EDGE 4 SN 94909024	0,358	0,388	0,4	0,41	0,518	0,525	0,696	0,702	0,595	0,609	0,88	0,906

6Mv Inline Profil Penumbra

Sonuç: Monte Carlo simülasyonları ile uyumlu sonuçlar ortaya koyan edge diyot dedektörler, kendi aralarında verdikleri PDD, output faktörü, doz lineeritesi, penumbra ve flattness ölçümleri uyumludur. Özellikle alan merkezindeki öçümler kendi içlerinde son derece tutarlıdır. Symmetry sonuçları ise çok küçük alanlarda milimetreden küçük beam center hatalarına çok büyük değerler vermekte olup yazılım ile düzeltildiğinde dedektörlerin yine benzer Sonuçlar verdiğini ortaya koymuştur. Su fantomu kurulumu elde edilen her set veri-den sonra kontrol edilmiş olup merkezde ve tarama alanları boyunca gözle görünür bir hata bulunamamıştır. Bu farklar küçük alanlarda dedektör seçiminin doğru ve su fantomu set up hatalarının minimum olarak yapılması gerektiğini ortaya koymakla beraber bu sonuçlar edge dedetör üretim sürecinin standart olduğunu ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Küçük alan dozimetrisi, Edge dedektör, Dedektör seçimi

Çoklu Beyin Metastazı Tedavisinde Tek İzomerkez Stereotaktik Radyoterapi: Hyper Arc Volumetrik Ark Tedavisi Ve Manuel Volumetrik Ark Tedavisinin Dozimetrik Karşılaştırması

Zerrin GANI[1], Taylan YILDIRIM[1], Dilem ERGUN[1], Elif ARPACI[1]

[1]Ankara Sehir Hastanesi

Zerrin GANI / Ankara Sehir Hastanesi

Amaç: Bu çalışmada çoklu beyin metastazının tek izomerkezli stereotaktik radyoterapisinde HA-VMAT(HyperArc) ve mVMAT (non-coplaner VMAT) tekniklerinin dozimetrik karşılaştırılması amaçlanmıştır.

Yöntem: Değerlendirme amacıyla kliniğimizde dort ve üzeri beyin metastazı nedeniyle 27 Gy /3 fraksiyonda stereotaktik radyoterapi almış hastalar analiz edilmiş ve karşılaştırma için yeni planları oluşturulmuştur. Yeni planlar aynı fizik mühendisi tarafından aynı sayıda ark ve açı kullanılarak oluşturulmuştur. Karşılaştırma parametresi olarak her plan için konformite, gradient, homojenite indeksleri hesaplanmış ve kritik organ dozlarina bakilmistır.

Bulgu: Belirlenen kriterleri sağlayan 17 hastanın görüntülemeleri üzerinden yeni planları oluşturulmuştur. Tedavi uygulanan toplam lezyon sayı 87'dir. Plan parametrelerine bakıldığında mVMAT planlarında median CI=1,16, GI=8,19 ve HI=0,12' dir. Bu değerler HA-VMAT planlarında sırasıyla CI=1, GI=4.09 ve HI=0.15 olarak hesaplanmıştır. İstatistiksel olarak bakıldığında HA-VMAT için, CI ($p<0.001$) ve GI değerleri daha düşük ($p <0.001$) ve optimal değerlere yakınken HI ($p <0.001$) değeri daha yüksektir.

Sonuç: Beyin metastazlarının tedavisinde çoklu hedeflerin tek izomerkezle stereotaktik ışınlamasında HA-VMAT teknigi kullanildiginda kritik organ dozlarinda belirgin dusus ve dozimetrik avantaj sağlandığı görülmüştür.

Fantom Çalışması: Tüm Meme Radyoterapisinde Farklı Foton Enerji Düzeylerinin ve Meme Hacminin Alan İçi Alan Tekniğine Etkisinin Araştırılması

Hande Ünal[1], Nina Tunçel[1], Timur Koca[1], Aylin Fidan Korcum Şahin[1]

[1]Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı

Hande Ünal / Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı

Amaç: Bu çalışmanın amacı tüm meme radyoterapisinde kullanılan alan-içi-alan (FIF) tekniğine farklı foton enerji düzeylerinin ve meme hacminin etkisinin araştırılmasıdır.

Yöntem: Kadın Rando fantomun orijinal meme yapısına ek olarak parafin malzemesinden (HU (Hounsfiel Unit) değeri ortalama 110) büyük meme yapısı oluşturuldu. Parafin meme yapısı uygun yerleşimli hale getirildi. Rando fantomun farklı meme hacimli bilgisayarlı tomografi görüntüleri alındı. Planlanan hedef hacim (PTV) ve risk altındaki organ (OAR)'lar konturlandı.
Meme yapılarının PTV hacimleri sırasıyla 432 cc ve 966 cc' dir. İki farklı meme hacmi için 4 ve 6 MV foton enerji düzeyleri ile tanjansiyel alan içi alan (tFIF) tekniği kullanılarak, 200 cGy fraksiyon dozuyla 25 fraksiyonluk tedavi planları tedavi planlama sistemi (TPS)'de tasarlandı. Tedavi planları, PTV ve OAR'ler dozimetrik parametreler açısından karşılaştırıldı. Ayrıca tedavi planlarına ait homojenite indeks (HI) ve konformite indeks (CI) verileri hesaplanıp değerlendirildi. MOSFET dozimetre sistemi ile doz ölçümü yapmak için 5mm derinlikte olmak üzere medial alan merkezinde PTV ve medial alandan 2cm uzaklıkta karşı meme için noktasal konumlar tespit edilerek doz değerleri bulundu. MOSFET problarının absorbe doz kalibrasyonu her bir enerji için yapıldı. Probların üzerinde 5mm bolus kullanılarak fantomun ilgili noktalarında doz ölçümleri yapıldı. Üç kez tekrarlanan ölçümlerin ortalaması alındı. Her iki enerji düzeyinde farklı meme boyutları için PTV ve karşı meme dozunu temsil eden noktaların TPS dozları ölçüm sonuçlarıyla karşılaştırıldı.

İnsan benzeri fantomun BT görüntülemesi

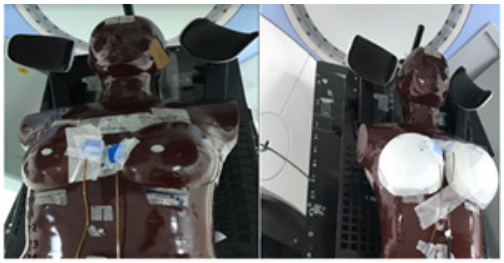
Rando fantomun farklı meme hacimli bilgisayarlı tomografi görüntülerinin alınması

MOSFET dozimetre sisteminin kalibrasyonu

MOSFET dozimetre sisteminin 4 ve 6 MV enerjileri için absorbe doz kalibrasyon düzeneği Ölçüm düzeneği

MOSFET probların fantoma yerleştirilmesi (5mm bolus materyali kullanılmıştır)

Bulgu: PTV' ye verilen dozu doğrulamak amacıyla gerçekleştirilen ölçümler ile TPS hesaplamaları arasında 4 MV-tFIF ve 6 MV-tFIF planlarında 432 cc' lik PTV hacmi için sırasıyla %2,7 ve %1,5 fark bulundu. Aynı doğrulama 966 cc 'lik PTV hacmi için yapıldığında bu fark sırasıyla %0,1 ve %0,6 idi. TPS hesaplamaları ile ölçüm sonuçları arasında hesaplanan doz farklarının %2,7'nin içinde olduğu görüldü. Her iki hacimde de 6 MV enerjili tFIF planlarında 4 MV 'ye kıyasla daha yüksek karşı meme dozları ölçüldü. Bunlar 432 ve 966 cc' lik PTV için 4 MV-tFIF planlarında sırasıyla 56,80 cGy ve 32,02 cGy iken 6 MV-tFIF planlarında sırasıyla 92,78 cGy ve 37,06 cGy idi. Her iki enerjide de karşı meme dozuna iç tanjansiyel alanın daha yüksek oranla katkıda bulunduğu belirlendi. Her iki enerji için büyük boyuttaki meme planında karşı meme dozu TPS ve ölçümlerde daha düşük bulundu. TPS hesaplamalarında büyük ve küçük boyuttaki meme için fark 4MV-tFIF de %35,80 iken 6 MV-tFIF de %47,86'dır. Ölçümlerde ise bu fark sırasıyla %43,59 ve %60,0 olarak tespit edildi. Her iki enerji düzeyinde de karşı meme dozunun TPS hesaplamaları ölçüme göre %16,4 ila %35,9 arasında düşük bulundu.
Sonuç: Meme radyoterapisinde enerji seçilirken karşı meme dozu dikkate alınmalıdır. Alan dışı organ dozlarında, TPS' in hesaplama verisinin düşük olabileceği göz önünde bulundurularak enerji seçimi yapılmalıdır.



MR-Linak Cihazında kullanılan Hasta Sabitleme Gereçlerinin MR Görüntü Kalitesine ve Geometrik Doğruluğuna Olan Etkilerinin Araştırılması

Evren Ozan Göksel[1], Özlem Göksel[1], Volkan Demircan[2]

[1]Acıbadem MAA Üniversitesi SHMYO Radyoterapi Programı
[2]Acıbadem Altunizade Hastanesi Radyasyon Onkolojisi Bölümü

Evren Ozan Göksel / Acıbadem MAA Üniversitesi SHMYO Radyoterapi Programı

Amaç: MR-Linaklar (Manyetik Rezonans-Lineer Hızlandırıcı) yüksek yumuşak doku kontrastı sayesinde, hasta tedavi masasında yatarken o günkü anatomisine uygun adaptif planlama yapabilme olanağı tanıyan tedavi cihazlarıdır. Ayrıca Cine-MR görüntüleme sayesinde hastaya ek radyasyon dozu verilmeden hedef tedavi sırasında takip edilebilir. MR-Linak cihazında günlük adaptif RT planlamalarının ve hedef takibinin doğruluğu MR görüntüsünün kalitesine doğrudan bağlıdır. Tedavi odasında bulunan veya tedavi sırasında kullanılan farklı gereçler MR görüntü kalitesini bozabilir. Bu nedenle, bu gereçlerin görüntüye olan etkileri araştırılmalıdır. Biz de bu çalışmada MR-Linak cihazında kullanılan MR uyumlu sabitleme gereçlerinin MR görüntüsüne olan etkilerini araştırdık.

Yöntem: ViewRay MR-Linak cihazında MR görüntülerinin sinyal gürültü oranları (Signal to Noise Ratio, SNR) ve tekdüzeliği (Uniformity); distorsiyonu ve geometrik doğruluğu belirlemek amacıyla uzaysal bütünlük (Spatial Integrity, SI) testleri rutin olarak yapılmaktadır. SNR ve Uniformity ölçümleri için 24 cm'lik küresel fantom kullanılırken, SI'yı ölçmek için ViewRay 2 boyutlu MR fantomu kullanılmaktadır. MR-Linak cihazında tedavi planı hastanın günlük pozisyonel ve anatomik değişikliklerine her gün adapte edilse de hastanın tedavi pozisyonunun tekrarlanabilirliğini ve tedavi süresince konforunu sağlamak amacıyla sabitleme gereçleri kullanılmaktadır. Kliniğimizde baş-boyun hastalarının sabitlenmesinde MR uyumlu maske tutucu (Civco, MRI Overlay, Types-S Narrow) ve Toraks hastlarının sabitlenmesinde MR uyumlu wingboard (Civco, Monarch™ Overhead Arm Positioner) kullanılmaktadır. Bu sabitleme gereçlerinin MR görüntü kalitesine ve geometrik doğruluğuna etkisini araştırmak amacıyla SNR, Uniformity ve SI ölçümleri sabitleme gereçlerinin varlığında ve yokluğunda tekrarlanarak sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Bulgu: Yapılan karşılaştırmalı SNR, uniformity ve SI ölçümlerine göre kliniğimizde MR-Linak cihazında kullanılan sabitleme gereçlerinin MR görüntü kalitesini ve geometrik doğruluğunu etkilemediği görülmüştür.

Sonuç: Sabitleme gereçlerinin kullanıldığı ve kullanılmadığı setuplar için ölçülen SNR ve uniformity değerleri Tablo1'de verilmiştir. Benzer şekilde SI değerleri karşılaştırmalı olarak Tablo2'de verilmiştir. Hem SNR ve uniformity hem de SI için sabitleme gereçleriyle birlikte yapılan ölçümlerde bulunan değerler kabul sınırlarının içerisindedir.

Tablo1

	SNR (>30 olmalı)			Uniformity (>50 olmalı)		
	Transvers	Sagital	Coronal	Transvers	Sagital	Coronal
Torso coil	51,7	46,5	38,2	89,9	88,5	90,1
Wingboard	52,3	47,1	38,3	82,1	86,9	83
HnN Coil	55,5	48,9	39	71,5	69,2	71
Maske tutucu	61,1	60,3	46,6	82,8	78,4	83,2

Tablo2

	SI Ort(Max-SD)		
Body Coil	Transvers (mm)	Sagital (mm)	Coronal (mm)
İmmob. Yok	0,19 (0,88-0,13)	0,3(0,93-0,17)	0,43 (1,35-0,30)
Wingboard	0,23 (0,90-0,16)	0,28 (0,90-0,15)	0,40 (1,40-0,28)
Maske tutucu	0,22 (0,92-0,15)	0,27 (0,91-0,16)	0,43 (1,5-0,30)

Sol Akciğer Kanserinde Farklı Radyoterapi Tekniklerinin Sol Ön İnen Koroner Arter Dozuna Etkisi

AYKUT OĞUZ KONUK[1], İBRAHİM HALİL SUYUSAL[1], AYŞEGÜL ÜNAL KARABEY[1], GÜLŞAH ÖZKAN[1], BERNA TIRPANCI[1], UMUT DİREMSİZOĞLU[1], AYŞEGÜL ÜCÜNCÜ KEFELİ[1], BİNNAZ SARPER[1], M. GÖRKEM AKSU[1]

[1]KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ HASTANESİ RADYASYON ONKOLOJİSİ

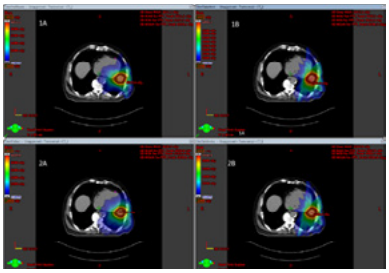
AYKUT OĞUZ KONUK / KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ HASTANESİ RADYASYON ONKOLOJİSİ

Amaç: Bu çalışmanın amacı sol akciğer kanseri tedavisinde volümetrik ayarlı ark terapi (VMAT) ve yoğunluk ayarlı radyoterapi (IMRT) teknikleri kullanılarak kalp ve sol ön inen arter (LAD) dozlarının karşılaştırılmasıdır.

Yöntem: Yeniden planlama için 29 evre III akciğer kanseri hastasını seçtik. Step and shoot IMRT (S&S-IMRT), dinamik IMRT (D-IMRT), tam ark VMAT (FA-VMAT) ve iki kısmi ark VMAT (2PA-VMAT) teknikleri her hasta için oluşturuldu. Kalp ve LAD dozları arasındaki fark, doz hacim histogramı kullanılarak araştırıldı.

Bulgu: Sonuç olarak, VMAT teknikleri sol taraflı akciğer kanseri hastalarında LAD ve kalbi IMRT tekniklerinden daha iyi korumaktadır.

Planların Transvers Kesit Görüntüleri



1A- two partial arc VMAT (2PA-VMAT), 1B- dynamic IMRT (D-IMRT),2A- full arc VMAT (FA-VMAT), 2B-Step and shoot IMRT (S&S-IMRT) techniques.

Hastaların demografik ve klinik özellikleri

Characteristics	No.(N=29)	%
GENDER		
Male	26	89,65
Female	3	10,35
AGE (MEDIAN) (Range)	63 (44-84)	
TNM		
T1N1	9	31,3
T1N2	8	27,6
T4N1	3	10,3
T4N1	3	10,3
T4N2	6	20,7
STAGE		
3A	15	51,7
3B	14	48,3
LOBE		
Left Lower	10	35,3
Left Upper	13	44,8
PTV VOLUME MEAN (cc)(Range)	472 (87-1519)	
TOTAL LUNG VOLUME MEAN (cc)(Range)	3441 (1420-6840)	
LAD VOLUME MEAN (cc) (Range)	1,375 (0,0-4,13)	
HEART VOLUME MEAN(cc) (Range)	543(74-854)	

Tablo 1Hastaların demografik ve klinik özellikleri

Sonuç: FA-VMAT tekniği ile, LAD ortalama dozunu(Dmean) (1712,43 cGy, p<0,001), LAD %2 (%D2) (3527,33 cGy, p=0,003) ve LAD 0,1cc (D0,1cc) (3473,12 cGy, p=0,006) dozlarını ve 15Gy (V15) alan LAD yüzdesini (%43,69, p<0,001) diğer tekniklere göre daha koruyucu planlama tekniği olarak bulundu ve LAD dozlarında 2PA- VMAT ve FA- VMAT teknikleri arasında istatistiksel bir fark gözlenmedi. Kalp V10 (10 Gy alan kalp yüzdesi), V15 (15 Gy alan kalp yüzdesi)ve MHD (kalp ortalama dozu) karşılaştırıldığında 2PA-VMAT tekniği, FA-VMAT, S&S IMRT ve D-IMRT'den daha iyi organ koruması sağladığı gözlemlendi. 2PA-VMAT ve FA-VMAT kardiyak V5, V20, V25, V30, V40 ve V45 değerlerinde benzer sonuçlar gözlemlendi.Ortanca kalp hacmi (567 cc) eşik olarak kullanıldığında, kalp hacmi 567 cc'den küçük olanlarda LAD ve kalp dozları arasında 2PA-VMAT lehine istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardı (p<0,005).

IMRT ve VMAT planlarında LAD dozların DVH ile değerlendirilmesi.

	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	F
LAD											
V10 (%)	48.89 ±5.82	49.08 ±5.80	43.89 ±5.06	43.79 ±5.21	0.001	0.001	0.007	0.001	0.002	0.878	<0.001*
D_{mean} (cGy)	1825.48 ±209.70	1840.20 ±215.38	1734.83 ±201.27	1752.43 ±205.38	0.000	0.012	0.021	0.004	0.009	0.381	<0.001*
D_{1cc} (cGy)	3711.04 ±554.29	3726.15 ±554.59	3588.99 ±580.20	3527.33 ±559.96	0.033	0.239	0.030	0.208	0.020	0.127	0.003*
$D_{0.03cc}$ (cGy)	3857.34 ±551.45	3852 ±551.59	3737.14 ±558.51	3674.32 ±558.59	0.024	0.372	0.048	0.184	0.023	0.122	0.004*

Tablo-2 IMRT ve VMAT planlarında LAD dozların DVH ile değerlendirilmesi.
IMRT ve VMAT planlarında kalp dozlarının DVH ile değerlendirilmesi

	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	F
HEART											
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

Tablo3 IMRT ve VMAT planlarında kalp dozlarının DVH ile değerlendirilmesi

Farklı Radyoterapi Dozlarının Sıçanların Kardiyovasküler Sistem Üzerindeki Kronik Etkilerinin Empedans Kardiyografisi Kullanılarak Belirlenmesi

Songül Barlaz Us[1], Belgin Büyükakıllı[2], Ebru Ballı[3], Çağatay Han Türkseven[2], Gülsen Bayrak[4]

[1]Mersin Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı , Mersin
[2]Mersin Üniversitesi Tıp Fakültesi Biyofizik Anabilim Dalı, Mersin
[3]Mersin Üniversitesi Tıp Fakültesi Histoloji-Embriyoloji Anabilim Dalı, Mersin
[4]Uşak Üniversitesi Tıp Fakültesi Histoloji-Embriyoloji Anabilim Dalı, Uşak

Songül Barlaz Us / Mersin Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı , Mersin

Amaç: Yoğunluk Ayarlı Radyoterapi (IMRT) ve Görüntü Rehberliğinde Radyoterapi (IGRT) gibi ileri düzey RT teknikleri, klasik ışınlama tekniklerine göre normal doku ve organ dozlarını önemli ölçüde azaltmasına rağmen RT sonrası kalpte komplikasyonlar meydana getirmektedir. Her ne kadar kardiyak mortalite riski alınan dozla lineer olarak artsa da ortalama kalp dozunun 5 Gy'den daha düşük olduğu durumlarda ortaya çıkan etkilerle ilgili belirsizlikler vardır.

Bu çalışmada kronik dönemde farklı radyasyon dozlarının kalpte oluşturduğu hasarın impedans kardiyografi (ICG) yöntemi kullanılarak hemodinamik parametrelerin tespit edilmesi ve sonuçların immünohistokimya ve histopatolojik analizlerle birlikte değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Yöntem: Çalışmada, Tomoterapi HDA cihazı ile kalbe farklı radyasyon dozları uygulanmıştır. Deneyde kullanılan sıçanlar dört gruba ayrılmıştır. 1. Grup kontrol grubudur. Bu gruptaki sıçanlara herhangi bir uygulama yapılmamıştır. 2. Grup, sıçanlara 5 Gy, 3. Grup sıçanlara 10 Gy ve 4.grup sıçanlara 20 Gy RT uygulanmıştır. Tüm grupların RT uygulanmadan önce ve RT'den 180 gün sonra empedans kardiyografi (ICG) kaydı alınarak hemodinamik parametreler ve indeksler belirlenmiştir. Daha sonra tüm grupların interlökin-1β, interlökin-10, TNF-α, apoptozları istatistiksel olarak, kalp ve aortadaki histolojik değişiklikler ise mikroskobik olarak değerlendirilmiştir.

Bulgu: Çalışmada alınan radyasyona bağlı olarak kardiyak output indekste (kalp debisi indeksi-CI) ve kontraktilite indeksinde (IC) artış gözlenmiştir. RT öncesine göre bu artış 5 Gy'de istatistiksel olarak anlamlı olmasa da 10 Gy ve 20 Gy ışınlanan gruplarda anlamlıdır. Çalışmada RT sonrası kalp atım hızında da artış gözlenmiştir. Bunun sonucunda kalp indeksi ve atım hacmi indeksi artmıştır. Sol ventrikül ejeksiyon süresi (LVET) kontraktiliteden etkilenir ve atım hacmiyle doğrudan ilişkilidir. Aorttaki kan akış hızı ve kardiyak ejeksiyon süresindeki değişiklikler de torasik sıvı içeriğini (TFCI) etkilemektedir. Çalışmamızda LVET ve TFCI değerlerinde azalma görülmüştür. Bu azalma TFCI'da istatistiksel olarak anlamlıyken LVET'de anlamlı değildir. Histopatolojik ve immunohistokimyasal bulgular da hemodinamik parametreleri desteklemiştir.

Sonuç: ICG noninvaziv, düşük maliyetli, geniş hasta gruplarında kullanılabilen, yüksek hassasiyetle ölçüm yapabilen ve ekokardiyografi ile hemodinamik olarak saptanamayan parametreleri tespit edebilen bir yöntemdir. Bu nedenle RT'nin neden olduğu kalp hastalıklarının ICG yöntemiyle tespit edilebilmesi diğer yöntemlere alternatif ve destekleyici bir yöntem olması açısından önemlidir.

Bilgi: Bu çalışma, Mersin Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir (Proje No: 2019-1-AP4-3414).

Geometric Biasing Yöntemi Kullanarak Monte Carlo Hesaplamalarının Optimizasyonu

Recep Kandemir[1,2] ,Oğuzhan Ayrancıoğlu[2], Hakan Epik[3], Kadir Akgüngör[3]

[1]Dokuz Eylül Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksek Okulu, Radyoterapi Programı, İzmir
[2]Dokuz Eylül Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Medikal Fizik Anabilim Dalı, İzmir
[3]Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Fakültesi, Fizik Bölümü, İzmir

Recep Kandemir / Dokuz Eylül Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksek Okulu, Radyoterapi Programı, İzmir

Amaç: Monte Carlo metodu olasılık dağılım fonksiyonu kullanan bir matematiksel hesaplama yöntemidir. Bu hesaplamalarda oluşan istatistiksel hata payını düşürmek ve simülasyonları optimize etmek için farklı tip varyans azaltım yöntemleri kullanılır. Bu çalışma ile, varyans azaltım yöntemlerinden birisi olan Geometric Biasing metodu kullanılarak Monte Calo simülasyonlarında hesaplama süresinden kazanç sağlamak amaçlanmıştır.

Yöntem: Elekta Synergy lineer hızlandırıcısı GAMOS (6.2.0) Monte Carlo Simülasyon yazılımı ile modellendi. Hesaplama sürelerinin kısaltılması amacıyla faz-uzayı veri seti kullanımı tercih edildi. Bu nedenle, GAMOS lineer hızlandırıcı modelinde düzleştirici filtreden sonra faz-uzayı oluşturuldu.

Oluşturulan faz-uzayında toplanan parçacıklar MLC ve diyaframlara (jaws) yönlendirildi. SSD 90 cm'de konumlandırılmış 3x3x3 mm^3 voksel boyutlarına sahip sanal su fantomunda 3x3, 10x10 ve 30x30 cm^2 alan boyutlarında profil ve yüzde derin doz eğrisi hesaplamaları Geometric Biasing varlığında ve yokluğunda gerçekleştirildi. Bias ile yapılan hesaplamalarda, kolimasyon açıklığının 1,2 kat dışında kalan bölgeye ulaşan parçacıklar hesaplama süresini ve istatistiksel hata payını azaltmak üzere takip edilmedi.

Bulgu: Farklı alan boyutlarında Bias varken ve yokken elde edilen hesaplama süreleri ve süredeki değişim oranları Tablo 1'de sunuldu.

Tablo 1

Alan Boyutları	Bias Varken (saniye)	Bias Yokken (saniye)	Süredeki Değişim (%)
3x3	1453	5337	72,77
10x10	1654	5937	72,14
30x30	10777	11540	1,07

Sonuç: Geometric Biasing varlığında ve yokluğunda yapılan hesaplamalar karşılaştırıldığında, bu metodun alan boyutu küçüldükçe hesaplama süresine olan katkısının arttığı bulundu. Buna ek olarak, hesaplamalardan gelen istatistiksel hata oranlarının değişmediği görüldü. Geometric Biasing yönteminin Monte Carlo simülasyonlarında kullanılmasının hesaplama sürelerini önemli ölçüde azaltabileceği ortaya konuldu.

Anahtar Kelimeler: Monte Carlo Simülasyonu, Geometric Biasing, Optimizasyon

Kullanıcı Tarafından Su Geçirmez Hale Getirilmiş PTW Farmer İyon Odasının Klinik Beam İçin Suda Absorblanan Doz Kararında Kullanılabilirliğinin Tayini

Hikmet Yalçınkaya[1]

[1]Denizli Özel Sağlık Hastanesi
Hikmet Yalçınkaya / Denizli Özel Sağlık Hastanesi

Amaç: PTW markasının Farmer iyon odası (Tip 30010) katı fantomla output kontrolü için radyasyon onkolojisi kliniklerinde sıklıkla kullanılır. İkincil standart dozimetri laboratuvarlarına gönderilerek suda absorblanan doz kalibrasyon katsayısı genellikle bu iyon odaları için talep edilir ve klinikteki beam için absolüt doz hesabı bu katsayıya göre yapılır. Her ne kadar günlük kontrollerde katı fantomla output kontrolü yapılabilir olsa da TRS 398'de absolüt doz kararının suda yapılması zorunluluk kılınmıştır. Fakat bu iyon odası su geçirmez değildir dolayısıyla suya daldırarak suda absolüt doz ölçümü yapmak için uygun olmadığı marka tarafından ilan edilmiştir. Bu çalışmada hali hazırda kliniklerde fazlasıyla mevcut ve kullanımda olan bu iyon odasının su sızdırmazlığını teflon bant ile sağladıktan sonra suda absolüt doz ölçümü yaparak sonuçlarını su geçirmez bir iyon odasının sonuçlarıyla karşılaştırma amaçlanmıştır.

Yöntem: Denizli Özel Sağlık Hastanesi Radyasyon Onkolojisi Bölümü'nde bulunan Varian Trilogy 2300IX lineer hızlandırıcının 6 MV enerjisinin absolüt doz kararı ölçümleri için PTW MP3 su fantomu ve PTW Farmer 0.6cc iyon odası (Tip 30010) ile PTW Semiflex 0.125cc iyon odası (Tip 31010) bu çalışmaya dahil edildi. Marka tarafından su geçirmez olduğu ilan edilen Farmer iyon odası bağlantı yerlerinden ayrıldı ve teflon bant ile su geçirme ihtimali olan tüm yerler için su geçirmezlik sağlandıktan sonra tekrar birleştirildi. Su fantomunda TRS 398'de belirtilen referans koşullar sağlandıktan sonra 100 MU ile ışınlanıp toplanan yük miktarı PTW Unidose E elektrometrede okundu. Aynı ölçüm aynı standart koşullar altında PTW Semiflex iyon odası ve PTW Tandem elektrometre ile de okunarak karşılaştırma değerleri elde edilmiş oldu.

Bulgu: Farmer iyon odası 100 MU'ya karşılık 12.07 nC (±0.1 nC) yük oluştururken PTW Semiflex iyon odası 2.197 nC (±0.004 nC) yük oluşturmuştur. İki iyon odasının suda absorblanan doz kalibrasyon katsayısı ve diğer katsayılarla birlikte hesap yapıldığında referans derinlikte 1 Gy olmasını beklediğimiz absorblanan doz sırasıyla 0.992 ile 0.993 Gy'dir.

Sonuç: Farmer iyon odası su geçirmezliği sağlandıktan sonra suda absolüt doz kararı için kullanılabilinir. Fakat TRS 398'de absolüt doz kararında kullanılacak iyon odaları için saydığı kritelerden biri de iyon odasının hassas volümünün dış ortamla sürekli hava ve sıcaklık alışverişi için atmosfere açık olmasıdır.

Meme Kanserinin Nefes Takipli Radyoterapisinde Vcd Ekran Kullanımı Günlük Tedavi Süresini Kısaltır: İki Merkez Deneyimi

Esra Serin[1], Oğuzhan Ayrancıoğlu[2], Şevval Sağlam[1], Şerife Ceren Arıkan[2], Mustafa Çağlar[4], Zümre Arıcan Alıcıkuş[2], Evrim Metcalfe[3]

[1]Medipol Bahçelievler Hastanesi Radyasyon Onkolojisi Kliniği
[2]Tınaztepe Üniversitesi Galen Hastanesi Radyasyon Onkolojisi Kliniği
[3]İstanbul Medipol Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı
[4]İstanbul Medipol Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Sağlık Fiziği Anabilim Dalı

Esra Serin / Medipol Bahçelievler Hastanesi Radyasyon Onkolojisi Kliniği

Amaç: Meme kanseri tanısıyla RT uygulanan hastanın kendi nefesini görsel izlediği VCD ekranı rehberliğinin DIBH ile RT günlük set-up ve fraksiyon süresine olan etkisinin değerlendirilmesi.

Yöntem: Meme kanseri radyoterapisinde (RT) derin nefes tutma (Deep Inspiration Breath Hold/ DIBH) tekniğinin kullanılması, komşu kritik organ (akciğer, kalp, LAD) dozlarında istatistiksel olumlu farka yol açmaktadır.1 Ancak DIBH ile RT uygulanması, yaşlı, anksiyöz, işitme güçlüğü yaşayan veya yabancı dil engeli bulunan meme kanserli hastalarda tedavi masasında kalınan süreyi uzatabileceğinden hasta ve radyoterapi teknikerleri (RTT) açısından zorlayıcı olmaktadır. Günlük tedavi süresini kısaltmak ve RT set-up kalitesini arttırmak üzere, farklı yardımcı ekipmanlarla hastaya nefes rehberliği gereklidir. Bunlardan biri VCD (Visual Coaching Device), yani görsel rehber eşliğinde nefes tutmadır.Ağustos 2022 – Aralık 2022 arasında meme kanseri tanısıyla, İstanbul Medipol Bahçelievler Hastanesi ve İzmir Tınaztepe Üniversitesi Galen Hastanesi Radyasyon Onkolojisi kliniklerinde RT uygulanan 30 kadın hasta değerlendirilmiştir. Meme tahtası (board) kullanılarak supin pozisyonda kollar yukarıda, baş karşı memeye dönük şekilde nefes tutturularak 2 mm kalınlıkla planlama bilgisayarlı tomografisi (BT) çekilmiştir. Eclipse© versiyon 16.0'da riskli organ ve tedavi hacimleri tanımlanıp Varian Truebeam© aygıtında HD ve Millenium MLC kolimatör yapıları ile 6MVX ve 10MVX-15 MVX ek foton ışını kombinasyonları ile planlanmış, alan içi alan (FiF) veya yoğunluk ayarlı radyoterapi (YART) teknikleri kullanılmıştır. VCD ekran, hastanın tedavi masasında yatarken tablet ekrandan kendi nefes aralığını izlediği yeni nesil bir sistemdir (Resim-1). RT'nin ilk beş gününde sadece oda içi haberleşme sistemi (intercom) aracılığıyla sesli komut verilmiş, sonraki beş gününde ise sesli komutla birlikte Varian RGSC© (Respiratory Gating for Scanners) nefes takip sistemine entegre VCD (Visual Coaching Device) ekran eşliğinde nefes tutturularak RT verilmiştir. Tedavinin geri kalan fraksiyonlarında, Varian RPM Gating solunum kontrol ve VCD sistemi kullanılarak solunum görselleştirme eşliğinde RT uygulanmıştır. Hastaların DIBH tekniği sırasındaki VCD'li ve VCD'siz performanslarındaki ortalama CBCT ve tedavi süreleri arasındaki farklar hesaplanarak Student's t paired istatistiksel test yöntemi ile SPSS v18 uygulaması kullanılarak karşılaştırılmıştır.

Meme kanseri DIBH RT'sinde VCD ekran ekipmanı görünümü

Bulgu: Meme kanseri tanısıyla DIBH tekniği kullanılarak RT uygulanan 30 hastanın CBCT için VCD'siz ve VCD'li görüntüleme süreleri sırasıyla 155,2 saniye (SD: ±78) ve 101,8 saniye (SD: ±17) olup istatistiksel anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$). RT fraksiyonu için ise VCD'siz ve VCD'li süreler sırasıyla 360,1 saniye (SD: ±172) ve 285,6 saniye (SD: ±174) olup bu fark da istatistiksel anlamlıdır ($p < 0,05$).

Sonuç: Meme kanserli hastalarda DIBH ile RT uygulamasında VCD ekran rehberliği, günlük tedavi süresini belirgin kısaltmaktadır. VCD kullanımının, hastanın tedavi masasında geçirdiği sürenin azalması ve nefes tutma gibi zorlayıcı bir tekniğin daha kolay uygulanmasına katkısı yanı sıra, RTT'nin RT öncesi görüntüleme (kV-kV, CBCT, vb) işlemine odaklanmasına, tedavi güvenilirliğinin artmasına ve randevu saatlerinin optimizasyonuna da yardımcı olduğu düşünülmektedir. Kısıtlı hasta sayısıyla yapılan bu çalışmanın prospektif randomize çok merkezli devamı planlanmıştır.

Tomotherapy Cihazında Farklı Görüntüleme Protokollerinde Dozimetrik Karşılaştırma

İsmail Karakuş[1], Nina Tunçel[1], Timur Koca[1], Aylin Fidan Korcum Şahin[1]

[1]Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı

İsmail Karakuş / Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı

Amaç: Tomothephy Cihazında her tedavi öncesi görüntüleme alınmaktadır. Bu görüntüleme MV mertebesindedir. Tümör boyutu ve çekim protokollerine bağlı kesit sayısı değişmekte olup hastaya günlük tedavi dozuna ek görüntüleme dozu da verilmektedir. Bu çalışmada bir hacim model tasarımıyla farklı çekim protokollerine bağlı görüntüleme dozunun belirlenmesi amaçlanmaktadır.

Yöntem: Accuray marka Tomotherapy HDA cihazı ve Cheese fantom merkezinde yerleştirilen Exradin A1SL Thimble tipi iyon odası kullanıldı. Fantomun kesitsel görüntüleri 2.5 mm kalınlığıyla Discovery RT bilgisayarlı tomografi cihazında elde edildi. Accuray Precision tedavi planlama sisteminde (TPS) fantomun merkezinde konumlanan 82.73 mm uzunluğunda, 58.89 mm ve 83.56 mm kısa ve uzun çaplarında bir elipsoit silindir şeklinde sanal tümör hacmi oluşturuldu. TPS'de 6 MV foton enerjisinin dinamik modunda, 2.5 cm jaw genişliği, 0.287 Pitch ve 2.0 modülasyon faktörü ile sanal tümör hacminin %95'ine 200 cGy fraksiyon dozu sağlanmasıyla tedavi planı tasarlandı. İyon odasının konumu için ortalama doz TPS'den hesaplandı. Ayrıca tedavi cihazında tedavi dozu ölçüldü. Hesaplanan ile ölçülen doz karşılaştırıldı. 3.5 MV foton enerjisiyle farklı görüntüleme protokollerinin doz ölçümleri ayni tedavi set-up'i kullanarak gerçekleştirildi.
Fine, Normal ve Course olarak üç farklı görüntüleme protokolünde tasarlanan silindirin sabit uzunluğuna göre çekimler düzenlendi. Bunlar sırasıyla; Fine'da 1 mm interval ile 84 kesit ve 2 mm interval ile 42 kesit, Normal'da 2 mm interval 43 kesit ve 4 mm interval 21 kesit, Course'de 3 mm interval 28 kesit ve 6 mm interval 14 kesit şekilde olarak her birisi için ayrı ayrı ölçümler alındı. Tüm ölçümlerde basınç ve sıcaklık düzeltmeleri yapıldı. Bu enerji için 6 MV kalibrasyon faktörü kullanıldı.

Bulgu: Alınan ölçümler ve görüntülemeler değerlendirildiğinde , hastaya verilecek ek görüntüleme dozunu azaltmak, görüntüleme süresini azaltmak ve görüntü kalitesini artırmak için uygun protokolün seçilmesinde hastanın tanısı,tedavi tekniği,ptv nin boyutu ve konumu ,hastanın kalınlığı gibi etkenlerin göz önüne alınması ve bu doğrultuda hasta tedavisinde kullanılacak olan görüntülme protokolünün seçilmesi önerilmektedir.

Sonuç: Tomotherapy cihazının 6 MV foton enerjisinde cheese fantom için tasarlanan tedavi planındaki 0.053 cc'lik iyon odasının hacminde ortalama doz 201.9 cGy olarak hesaplandı. Tedavi koşulunda ölçülen doz ise 200.4 cGy idi. Hesaplanan ve ölçülen tedavi dozlarında yüzde fark 0.7 olarak bulundu. Görüntüleme protokolleri arasında en yüksek doz değeri Fine protokolünde görüldü. Bu değerler 1 mm ve 2 mm interval için sırasıyla 2,25 cGy ve 2,22 cGy idi. Normal protokolünde ise 2 mm ve 4 mm interval için sırasıyla 1,14 cGy ve 1,17 cGy doz değeri bulunurken Course 3 mm ve 6 mm interval için en düşük doz değeri sırasıyla 0,78 cGy ve 0,81cGy olarak elde edildi. Yine aynı şekilde görüntüleme protokolünde kesit aralığı arttıkça görüntüleme dozunun azaldığı, görüntü kaltesinin düştüğü ve görüntüleme süresinin azaldığı görüldü.

Tüm Vücut Foton Işınlamasında Radıxact Tomoterapı Klinik Deneyim

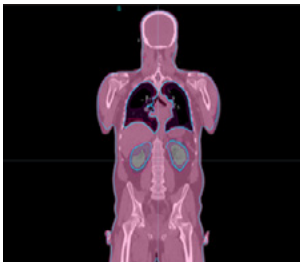
Sezen Emek[1], Damla Poyraz[1], Erhan Dişçi[1], Serap Yücel[1], Zeynep Güral[1], Fulya Ağaoğlu[1]

[1]Acıbadem Atakent Hastanesi

Sezen Emek / Acıbadem Atakent Hastanesi

Amaç: Bu çalışmada Radıxact Tomoterapi cihazında tüm vücut foton ışınlaması (TBI) ile tedavi olan 8 hastamızın tedavi planları kritik organ doz değeleri ve dozimetrik değelerler açısından analizleri yapılmıştır.

Yöntem: Çalışmada Accuray Radixact cihazında Precision tedavi planlama sisteminin yeni versiyonu VOLOULTRA modu ile tedavi planlamaları yapıldı. Her hastanın tomografi görüntüleri baş ve ayak gantry olacak şekilde çekildi. Tedavi kesişim noktsı bacakta olacak şekilde marker ile işaretlendi. Her hasta için baş gantry ve ayak gantry görüntülerine planlama yapıldı. Yapılan planlamalar toplanarak (Plan Sum) tedavi planları elde edildi. Tedavi planlarının kesişim noktsı kritik organların olmadığı bacak kısmında yapıldı. Hastaların tedavi dozu 8 fraksiyonda 12 Gy olarak ayarlandı. Planlamalar sonucunda kritik organ doz değerlendirmeleri yapıldı. Korunan organlar; lensler, akciğerler,kalp ve böbrekler idi. Geriye kalan tüm vücut hedef PTV hacmi olarak saptandı.

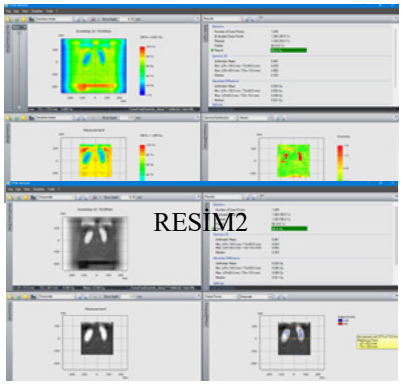


Bulgu: Tedavi planlamalarından elde edilen sonuçlarda, ortalama olarak PTV hacimlerinin %95'inin aldığı doz tedavi dozunun %95'i idi. Tüm vücuttaki maksimum doz noktası %115'i geçmedi. Ortalama lens mean dozu 1.98 Gy ve maksimum 2.21 Gy idi. Ortalama akciğer mean dozu 6.02 Gy ve ortalama böbrek mean dozları da 4.53 Gy olarak bulundu (Tablo1).Tedavi planmalarına PTW Octavius ile VeriSoft QA gamma analizleri (3 mm ve %3) yapıldı (Resim1) ve korunan kritik organlarda soğuk bölgeler de görüldü (Resim2).

Tablo1

Radixact Kritik Organ Doz Degerleri	
Lens mean (Gy)	1.98
Lens max (Gy)	2.21
Akciger mean (Gy)	6.02
Bobrek mean (Gy)	4.53

RESİM1



RESİM2

Sonuç: Radıxact Tomoterapi ile tedavi edilen TBI hastalarının kritik organ korumalarının limit değerlerin altında kaldığı görülmüş-tür. Bu, hastaların yan etkilerinin azaldığını ve tedavi sonuçlarının daha olumlu olduğunu işaret eder. Radıxact Tomoterapi cihazı TBI tedavisinde etkili ve hedef odaklı bir seçenektir. Sonuç olarak, TBI hastalarının tedavisinde Radıxact Tomoterapi cihazının kullanılmasını önermekteyiz. Bu sonuçlar, Radıxact Tomoterapi cihazının TBI tedavisindeki etkinliğini vurgulamakta ve kritik organ koruma açısından avantajlar sunmaktadır. Ancak, her hasta benzersizdir ve tedavi seçimi her hasta için özelleştirilmelidir.

Sağ Meme Işınlamalarında Radixact Synchrony SolunumTakip Sistemi

Damla Poyraz[1], Erhan Dişçi[1], Serap Yücel[1], Zeynep Gürol[1], Fulya Ağaoğlu[1]

[1]Acıbadem Atakent Hastanesi

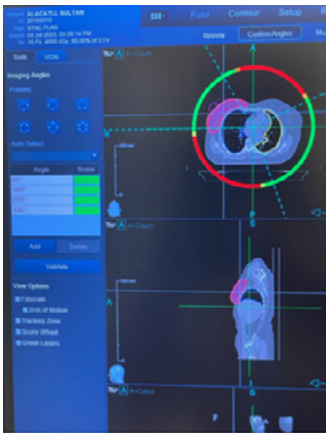
Damla Poyraz / Acıbadem Atakent Hastanesi

Amaç: Radixact tomoterapi cihazında Syncrony Fiducial ile sistemi nefes takibinin yapılmasını amaçlamaktır.
Yöntem: Hastanın planlama için çekilen tomografi görüntüsünde meme dokusu yüzeyine markerlar memenin anterior yönünde olacak şekilde yerleştirildi. Bu markerlar Precise tedavi planlama sisteminde fidicual olarak tanımlandı. Tedaviden önce similasyon planı ile markerların görüntüleneceği en uygun açılar seçildi ve tedavi similasyonu gerçekleştirildi (Resim1). Bu sayede tedavi boyunca floroskopik görüntüler ile markerlar takip edildi. Hedef bölgenin tedavi alanı içinde kalınması sağlandı.

Bulgu: Resim1,2

Resim1

Resim1



Sonuç: Gating yöntemlerine kıyasla tedaviye ara vermeden devam edilir ve tedavi süresi uzamaması en büyük avantajlarından biridir. Synchrony Solunum takip sistemi anlık tümör pozisyonu veya yakın gelecekteki pozisyon hakkında tahminler yapabilen model oluşturmayı amaçlar.

Nazofarenks Kanseri Radyoterapisinde Bilateral Parotis Glandının Hacimsel Değişiminin İncelenmesi

SEVTAP GİRİTOĞLU[1], AYSUN ÖZSOY ATA[2], DOĞAN TEMİZ[1], ÖZLEM MERMUT[1], BERRİN YALÇIN[1]

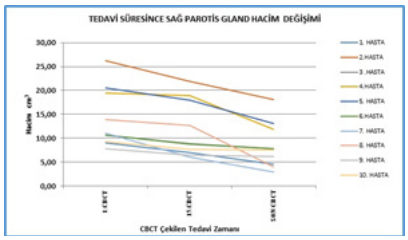
[1]İSTANBUL EĞİTİM VE ARAŞTIRMA HASTANESİ , RADYASYON ONKOLOJİSİ BÖLÜMÜ
[2]İSTANBUL EĞİTİM VE ARAŞTIRMA HASTANESİ,RADYASYON ONKOLOJİSİ BÖLÜMÜ, BİLİM SAĞLIK HİZMETLERİ A. Ş.

SEVTAP GİRİTOĞLU / İSTANBUL EĞİTİM VE ARAŞTIRMA HASTANESİ , RADYASYON ONKOLOJİSİ BÖLÜMÜ

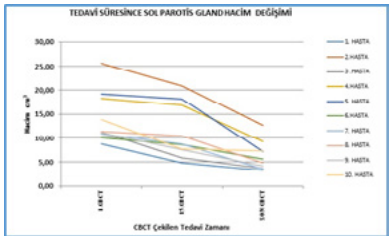
Amaç: Adaptif radyoterapinin (ART) amacı hastanın tedavi sürecindeki değişimlerini farkederek, tedavi planının yeniden yapılmasıyla tedavinin kişiye özgü olmasını sağlamaktır. Baş-boyun bölgesi kanserleri doz cevabına bağlı organ deformasyonu ve hacim azalması, kilo kaybı, normal doku/glanddaki değişim, ameliyat sonrası değişiklikler ve ödemin gerilemesi nedeniyle; ART'nin mutlaka uygulanmasının gerektiği bir alandır.

Yöntem: Çalışmamızda nazofarenks kanseri tanısıyla küratif amaçlı (70Gy), dinamik ARK radyoterapi uyguladığımız 10 hasta değerlendirilmiştir. (Varian Medical Systems, Eclips Planlama Sistemi, Palo Alto, CA, Versiyon10.0) Hastalara radyoterapinin ortalama 10.fraksiyonunda ve 26. fraksiyonda (range: 9-30) adaptif CT çekilerek planlama yapıldı. Hastalara cisplatin ile haftalık, konkomitan sistemik kemoterapi tedavisi de hastanemizde uygulanmıştır. Tedavinin 1.günü, tedavinin 15. günü ve son tedavi günü CBCT'lerinden, off-line bakılarak sağ ve sol parotis glandları konturlanmıştır.
Bulgu: Hastaların ilk tedavi gününe göre, 15.gün ve son tedavi günlerinde sağ ve sol parotis glandlarında hacim kaybı yaşadığı saptanmıştır. Hastaların İlk ve son tedavileri arasında sağ parotis hacminin % 57, sol parotis hacminin %39 azaldığı bulunmuştur. Aşağıdaki grafiklerde sağ ve sol parotis glandlarındaki hacim değişiklikleri gözlenmektedir (Şekil 1-2).

Şekil-1. Sağ parotis glanddaki hacim değişimi



Şekil-2. Sol parotis glanddaki hacim değişimi



Sonuç: Çalışmamızda bilateral parotis glandlarında hacimsel küçülme saptanmıştır. Baş-boyun kanseri hastaları için bu değişiklikler dozimetrik parametreleri etkileyebilir ve farklı klinik sonuçlara neden olabilir. ART; tedavi dozunun tam ve doğru biçimde verilebilmesini sağlar, böylelikle radyoterapinin etkinliği artırılmış olur. Verilen dozun, hedef hacim sarımının kabul edilen değerin altına indiği ve risk altındaki organların tolerans dozunun üzerinde doz aldığı durumda yeni plan ihtiyacı doğmaktadır. ART ile risk altındaki organlara yönelik doz artışı önlenebilir, daha iyi hedef kapsanması sağlanabilir. Bu durum yan etkiler ve hastalık kontrolü açısından potansiyel faydalar sağlar.

Sol Meme Radyoterapisinde Yüzey Takip Sistemi Eşliğinde Nefes Tutma Tekniğinin Kritik Organ Dozlarına Etkisi

Mümin Eray Ergen[1], Ezgi Kiraz Ergen[1], Aslı Saran İkizler[1], Lütfi Özkan[1]

[1]Bursa Acıbadem Hastanesi Radyasyon Onkolojisi

Mümin Eray Ergen / Bursa Acıbadem Hastanesi Radyasyon Onkolojisi

Amaç: Sol meme radyoterapisinde nefes tutma tekniği uygulanan hastalar ile serbest nefes alma tekniği uygulanan hastaların tedavisi sırasında alınan kritik organ dozları arasındaki farkların değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Yöntem: Çalışma Bursa Acıbadem Hastanesi Radyasyon Onkolojisi bölümüne yönlendirilen, meme koruyucu cerrahisi yapılmış 30 sol meme hastası üzerinde gerçekleştirildi. 15 hastaya nefes tutma tekniği, 15 hastaya ise serbest nefes alma tekniği kullanılarak BT (Bilgisayarlı Tomografi) çekildi. Daha sonra hedef volüm dozu 46 Gy (23x200 cGy) ve her hastada hedef volümün %95'i, dozun %95'ini alacak şekilde VMAT planlamaları yapıldı. (VMAT planlarında beam açıları ve IMRT constrainleri sabit tutulmuştur.) VMAT planlarına ait Kalp, LAD ve Akciğer dozları karşılaştırıldı. Align RT vücut yüzey takip sistemi eşliğinde tedavileri yapılarak hedef volüm ve kritik organ dozlarının aynı tutulması sağlandı.

Bulgu: Kalp, LAD ve Akciğer dozları karşılaştırıldığında nefes tutma tekniği ile uygulanan tedavilerde serbest nefes alma tekniği ile uygulanan tedavilere göre; ortalama maksimum Kalp dozunda ve ortalama Kalp dozunda %35, ortalama maksimum LAD dozunda %33, oralama LAD dozunda %37, Sol Akciğerin; V20 dozunda %23, V10 dozunda %18 ve V5 dozunda %20 düşüş görüldü. Ayrıca nefes tutma tekniği uygulanan hastaların ortalama Sol Akciğer hacminde %60 oranında artış gözlemlendi.

Sonuç: Alıgn RT yüzey takip sistemi takibinde nefes tutma tekniği ile uyguladığımız tedavilerde Kalp, LAD ve Akciğer dozlarında düşüş elde edildi. Sağ kalımı yüksek olan Sol Meme kanseri hastalarında ileride görülebilecek radyasyona bağlı kardiyak rahatsızlıkları minimuma indirmek için nefes tutma tekniği ile tedavi, elde edilen veriler doğrultusunda önerilmektedir. Burada dikkat çekilmesi gereken unsurlardan biri ise nefes tutma tekniği ile yapılan tedavilerin doğru olabilmesi adına eşlenik bir takip sistemi kullanılmasıdır.

Meme Kanseri Radyoterapisinde VMAT ile Oluşturulan Hibrit Tekniklerin Plan Kalitesine Etkisinin Araştırılması

Sultan Çit[1], Canan Köksal Akbaş[1], Kamuran İbiş[2], Hatice Bilge Becerir[1]

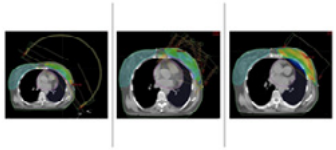
[1]İstanbul Üniversitesi, Onkoloji Enstitüsü, Sağlık Fiziği Bilim Dalı, İstanbul
[2]İstanbul Üniversitesi Tıp Fakültesi, Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı, İstanbul

Sultan Çit / İstanbul Üniversitesi, Onkoloji Enstitüsü, Sağlık Fiziği Bilim Dalı, İstanbul

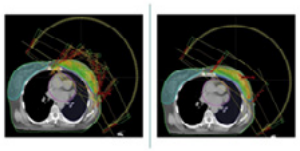
Amaç: Çalışmamızda meme ışınlamalarında radyoterapinin başarısını arttırmak için hibrit planlama teknikleri kullanılarak hem tümöre uygulanan dozu daha homojen hale getirmek; hem de çevredeki sağlıklı dokulara uygulanan dozu en aza indirerek lokal kontrolü arttırmak hedeflenmektedir. Tedavi plan kaliteleri değerlendirilirken; Doz Volüm Histogramı (DVH) bilgileri kulllanılmıştır. Karşılaştırma parametreleri; Planlanan Hedef Volüm (PTV), Kritik Organ (OAR) dozları, Homojenite İndeks (HI), Konformite İndeks (CI)'dir.

Yöntem: Hasta tomografileri RPM (Real-Time Position Management Systems) Varian Gerçek Zamanlı Pozisyon Yönetimi Sistemi kullanılarak elde edilmiştir. Bu teknikle ipsilateral akciğerin ve kalbin aldığı dozların azaltılması hedeflenmiştir. Nefes takibi ile elde edilen görüntüler Eclipse (Varian Medical Systems) 15.6 tedavi planlama sistemine aktarılmış; 10'u sağ ve 10'u sol olmak üzere 20 hastaya tedavi planları hazırlanmıştır. Üç Boyutlu Konformal Radyoterapi (3DCRT) tekniği ile hazırlanan planlarda, karşılıklı tanjansiyel 2 alan tekniği kullanılmıştır. Yoğunluk Ayarlı Radyoterapi (IMRT) tekniği ile hazırlanan planlar ise, karşı memenin alana girmediği iç tanjansiyel ve dış tanjansiyel açıların belirlenmesinin ardından, belirlenen açılara 15 ve 20'şer derecelik açıların eklenmesi ile toplamda 7 alan kullanılarak yapılmıştır. Volümetrik Ark Tedavi (VMAT) tekniği ile hazırlanan sol meme planları 300-160 CW / 160-300 CCW açıları kullanılarak 2 yarım arc şeklinde hazırlanmıştır. Sağ meme hastalarında yine benzer şekilde 2 yarım arc kullanılarak planlar hazırlanmıştır. Daha sonra her hastaya VMAT ile oluşturulan 3DCRT+VMAT , IMRT+VMAT hibrit planları hazırlanmış ve bu hibrit planlar %50-%50 ağırlıklı kombinasyonlar ile elde edilmiştir.
Tedavi dozları, günlük 200 cGy olmak üzere, 25 fraksiyon ve toplam doz 5000 cGy olarak tanımlanmıştır. Tedavi planları 6MV X-ışını kullanılarak, doz hızı 600 MU/dk ile ve PTV'lerde izosantr noktası aynı olacak şekilde hazırlanmıştır. PTV'nin Homojenite İndeksi (HI) ile Konformite İndeksi (CI) ve kritik organ dozları SPSS Wilcoxon testi kullanılarak değerlendirilmiştir.

VMAT, IMRT ve 3DCRT tedavi planlarının 4500 cGy'lik doz dağılımları



VMAT+IMRT ve VMAT+3DCRT hibrit planların 4500 cGy'lik doz dağılımları



Bulgu: Sağ ve sol meme ışınlamalarında VMAT, IMRT+VMAT ve 3D+VMAT hibrit planlarında CI değerleri sırayla; 0,901237±0,022, 0.88035±0.025 ve 0,846368±0,055 bulunmuş ve en iyi sonuçlar VMAT planlarda elde edilmiştir. HI değerleri yukarıdaki sırasıyla ; 0,1882±0,01, 0,12587±0,04, 0,13456±0,009 bulunmuş ve en iyi sonuçlar IMRT+VMAT planlarda elde edilmiştir. Aynı taraf ve karşı taraf akciğer için V20(%) hacim değerleri en düşük 11,927±1,47 ile IMRT+VMAT hibrit planlarında elde edilirken; V5(%) ve V10(%) hacim değerleri 22,428±3,12 ile 3DCRT+VMAT planlarında elde edilmiştir. Karşı meme dozları ise 0,741±0,652 ile 3DCRT+VMAT hibrit planlarında en düşük değere sahiptir. Sol meme ışınlamalarında V30(%) hacim değerlerinde en düşük sonuç 0,14906±0,25 ile VMAT tekniği ile elde edilirken; V5(%) hacim değerleri için en düşük değer 8,223±4,33 ile 3DCRT+VMAT hibrit planlarla elde edilmiştir.

Sonuç: VMAT+3DCRT ve VMAT+IMRT hibrit planlarının; aynı taraf akciğer dozunu, karşı taraf akciğer dozunu ve ışınlanan akciğer hacim değerlerini azalttıkları görülmüştür. Aynı zamanda karşı meme dozunu, ışınlanan meme hacmini ve ayrıca kalp dozunu da azaltarak plan kalitesini arttırdığı görülmüştür. Meme radyoterapisinde kritik organ dozlarının düşürülmesi için VMAT+3DCRT ve VMAT+IMRT hibrit planları seçenek olarak düşünülmelidir.

Prostat Kanserinin Hacimsel Modülasyonlu Ark ile Radyoterapisinde Bilgi Tabanlı Planlama Yönteminin Kullanıldığı Klinik Bir Modelin Elde Edilmesi ve Değerlendirilmesi

ŞEYDA KINAY[1], DOĞUKAN AKÇAY[1], AYŞE NUR DEMİRAL[1], AYŞE NUR DEMİRAL[1], KADİR AKGÜNGÖR[2], BARBAROS AYDIN[1], İLKNUR BİLKAY GÖRKEN[1]

[1]DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTE HASTANESİ RADYASYON ONKOLOJİSİ
[2]DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ FEN FAKÜLTESİ FİZİK BÖLÜMÜ
[3]DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ŞEYDA KINAY / DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTE HASTANESİ RADYASYON ONKOLOJİSİ

Amaç: Bu çalışmada prostat kanserinin VMAT tekniği ile tedavisinde Bilgi Tabanlı Planlama (“Knowledge Based Planning”-KBP)KBP tabanlı yöntemlerden biri olan RapidPlanTM algoritmasının kullanıldığı klinik bir modelinapılandırılması ve sonuçları incelendi.

Yöntem: Çalışmada; geriye dönük olarak 2015-2020 tarihleri arasında kliniğimizde VMAT tekniği kullanılarak tedavi edilen prostat kanserli hastaların Tedavi Planlama Sistemi (TPS) verilerini kullanarak RapidPlanTM (Version 15.6.04) ile güvenilir bir klinik model geliştirilip etkinliğini değerlendirebilmek için 75 Prostat Ca tanılı hastanın planları geriye dönük olarak incelendi. 6-10 MV-X ışını ve 2 tam arc kullanılarak planlanan ve hedef dozları Lenf nodu tutulumuna ve operasyon durumuna göre değişen hedef dozu tanımlanan bu hasta grubunda fraksiyon Dozları: 2.1 Gy/fx ile 1.5 Gy/fx arasında değişiklik gösteriyordu. RTOG protokollerindeki öneriler ışığında plan kalitesi değerlendirilen ve planların yüksek kalitede olduğu doğrulanan bu 75 klinik VMAT planları hiç bir müdahale olmaksızın ilk modeli eğitmek (“training”) üzere seçildi. (Model1: Ham model). Modele yüklenen planların kalite kriterleri belirlendi. Normal Dokular: Mesane, Rektum, Femur Başı, Barsak, Rektosigmoid, Anal Kanal ve Penil Bulb olarak girildi. Normal dokularda QUANTEC kriterleri arandı. Model 1’deki amaç, ulaşılabilir OAR DVH'lerini tahmin etmek için bir veri tabanında önceki planların geometrik ve dozimetrik özellikleri arasında bir korelasyon bulmaktı. Böylece her bir OAR için eğitim modelimizdeki geometrik ve dozimetrik aykırı değerler tespit ettik. Aykırı değerleri belirledikten sonra tamamen sağlam bir model oluşturmak üzere modeli bozan planları tekrar değerlendirdik. Bu değerlendirme sırasında öncelikle Geometrik uç değerleri tespit edip bu planları eğitim modelinden çıkartarak modeli kendi içinde tekrar çalıştırıp yeni bir model elde ettik (Model 2). Bir sonraki aşamada dozimetrik uç değerleri saptadık. Bu planlara yönelik iyileştirmeler yapılabiliyorsa yeniden çalıştık, iyileştirme olmuyorsa modelden çıkartıp tekrar çalıştırarak Model 3’ü elde ettik. Model 1, Model 2, Model 3 arasında en iyi modeli seçebilmek için 20 hastadan oluşan bir grupta karşılaştırma yaptık. İstatiksel analiz ile üstünlüğü ispatlanan Model 3 ile aynı hastalar üzerinde yeni planlar oluşturarak bu verileri en son modelimiz olan Model 4’ü eğitmek için girdi olarak kullandık. En son aşamada 20 adet tamamen model dışından seçilen hasta grubu ile Model 4’ü test ettik. Doğrulama (“validation”) adımında, çalışmaya dahil etme kriterlerine uygun olan ve tamamen model dışından seçilmiş 20 adet prostat planı ile model 4’ü test ettik. Optimizasyon sürecinde herhangi bir planlayıcı müdahalesi olmadan tek bir optimizasyon ile planlar oluşturuldu. Geliştirilen modelin doğrulaması için 20 olguda bağımsız değişkenlerin (RapidPlanTM yazılımının kullanılması ile geliştirilen modelden elde edilen plana ait doz-hacim verileri ve bu yazılım kullanılmaksızın tedavi planlayıcı tarafından TPS ’den elde edilen klinik plana ait doz-hacim verileri) bağımlı değişkenler (PTV ve OAR parametreleri) üzerine etkileri yönünden birbirleriyle karşılaştırıldı.

Bulgu: Model tarafından ifade edilen verilerdeki değişkenliği ölçerek regresyon modelinin eğitim planı verilerini ne kadar iyi temsil ettiğini açıklayan R2 parametresi; Model 4 te bütün normal dokular için artarak 1’ e yaklaşmıştır. Ayrıca orijinal DVH ile tahmini DVH'nin üst ve alt sınırlarının ortalaması arasındaki mesafeyi ölçerek modelin bir eğitim planında orijinal DVH'yi ne kadar iyi tahmin edebildiğini açıklayan MSE parametresi de en küçük değerleri Model 4 için almıştır.

Sonuç: KBP modeli, normal doku korumasından ödün vermeden plan kalitesini iyileştirir, plan tutarlılığını koruyarak planlayıcılar arası değişkenliği azaltır.

Tc-99m MİBİ İle Paratiroid Sintigrafisinde Organ Dozları

MERVE GÜRE[1]

[1]Trakya Üniversitesi Tıp Fakültesi, Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı, Edirne

MERVE GÜRE / Trakya Üniversitesi Tıp Fakültesi, Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı, Edirne

Amaç: Nükleer tıpta yapılan işlemlerden biri paratiroid sintigrafisidir (PS). En yaygın paratiroid görüntüleme işlemi; Tc-99m MIBI (Methoxyisobutylisonitrile) radyofarmasötiği ile planar ve SPECT (Single Photon Emission Tomography) yöntemidir. Zhao ve ark.'larının çalışmasında paratiroid sintigrafisinde yaklaşık 1/3 vakada MIBI'nin diffüz kemik iliği tutulumu sergilediği görülmüştür. Bu durum sıklıkla PTH yüksekliğine bağlanmış olup; MIBI'nin tutulum mekanizması çözülememiştir. Kanser tedavisi alıp iyileşen insanlar arasında erken ölümlerin başlıca sebebi sekonder malign neoplazmalar (SMN)'dır. Radyasyon tedavisi tedaviye bağlı miyeloid neoplazmalar (t-MN) ile bağdaştırılmıştır. Radyasyonun en yüksek t-MN riskini oluşturduğu yerler aktif kemik iliği bulunan yerlerdir. Bunlar pelvis (%34), omurlar (%35) ve göğüs kafesidir (%19). Birçok çalışmada tiroid kanseri tedavisinde verilen 100 ila 150 Ci üzerindeki kümülatif radyoaktif iyot ablasyonu (RAI) dozlarında lösemi riskinin arttığı gözlemlenmiştir. Tedavi amaçlı radyasyon uygulamalarındaki hastalarda olduğu gibi tanısal amaçlı uygulamalarda da hastaların altta yatan hastalıkları nedeniyle kemik iliğine verilen radyasyon dozunun önemi ortadadır. Çalışmamızda hiperparatiroid nedeniyle Tc-99m MIBI ile paratiroid sintigrafisi çekilen hastalarda hedef organlardaki absorbe doz hesabı için MIRD yöntemi kullanılarak, tüm vücut dozimetrisi ile birlikte humerus, femur, sternum ve klavikuladaki kemik iliği dozlarının hesaplanması amaçlanmıştır.

Yöntem: Hastaya Tc-99m MIBI enjeksiyonu yapmak için 15-20 mCi aktivite çektiğimiz enjektörü önce doz kalibratöründe ölçüldü ve gamma kamerada 1 dk sayımı alındı. Hastaya çektiğimiz aktivite IV olarak uygulandı. Tc-99m MIBI enjeksiyonu ile eş zamanlı dinamik görüntü edinildi. Enjektörde kalan aktivite önce doz kalibratöründe daha sonra gamma kamerada 1 dk sayıldı. 5 dk dinamik görüntü çekiminden sonra 5 dk statik ile 5 dk statik zoom görüntüsü alındı. Hastadan 2 cc kan alındı. Bu kanın önce doz kalibratöründe sayımı, daha sonra gama kamerada 1 dk sayımı alındı. 1. saat çekimi için ekstra tüm vücut görüntüleme yapıldı. Daha sonra 360 derece görüntüleri ve BT (Computer Tomography) görüntüsü edinildi. 4. saat çekimi ile 24. saat çekimleri de aynı şekilde gerçekleştirildi. Daha sonra her hastaya özel uygulanan aktivite miktarının sistemde tek tek ROI' lerini çizip anterior ve posterior sayımlarını aldık ve geometrik ortalamalarını hesapladık. Bu sayımlardan background (arka plan) sayımlarını çıkarıp net sayımlar elde ettik. Bu işlemleri hastaya uyguladığımız aktiviteden kalan boş enjektör sayımlarına da uyguladık. Dolu enjektör sayım ve aktivite değerlerinden boş enjektör sayım ve aktivite değerlerini çıkardık. Tüm hastaların doz kalibratöründe ölçülen aktivite ile gama kamerada geometrik ortalamalarını aldığımız sayımları bölüp birim aktivitedeki sayımı belirledik ve tüm vücut, sternum, femur, klavikula ve humerus aktivitelerini sayım-aktivite hesabını bulduğumuz dönüşüm faktörü yardımıyla gerçekleştirdik. Bulduğumuz değerleri MIRD formüllerinde yerine koyduk.

Aktivite-sayım değerleri

Aktivite (mCi)	Geometrik Ortalaması Alınan Sayımlar	1 mCi Başına Sayım
16,96	1897067	111855,366
15,7	1984888	126425,987
14,78	1544425	104494,249
14,01	1340354	95671,2348
14,05	1164504	82882,847
16,33	1908114	116847,152
17	2376683	139804,882
15,85	1898463	119776,845
16,9	2124144	125688,994
16,15	2184889	135287,245
16,89	2292595	135736,827
16,96	2440944	143923,585
16,63	2349498	141280,698
14,24	1967915	138196,278
15,9	2292744	144197,736
18,22	2278317	125044,841
13,78	1719743	124799,927
14,13	2066842	146273,319
13,56	1886542	139125,516

Tüm hastaların ilgili organ absorbe doz değerleri

Hasta No	Çekim saati	Tüm Vücut (Gy)	Humerus (Gy)	Femur (Gy)	Sternum (Gy)	Klavikula
1	1.	2,38	0,0068	0,0082	0,0051	0,0073
	4.	1,61	0,0042	0,0057	0,0019	0,004
	24.	0,13	0,0003	0,0005	0,0001	0,0002
2	1.	3,32	0,0085	0,0094	0,0072	0,0082
	4.	2,3	0,0064	0,0083	0,0021	0,0047
	24.	0,24	0,0007	0,0012	0,0005	0,0006
3	1.	2,69	0,0068	0,0075	0,0057	0,0068
	4.	1,59	0,0042	0,0042	0,0029	0,0034
	24.	0,15	0,0003	0,0003	0,0001	0,0003
4	1.	2,98	0,0072	0,0113	0,0087	0,0099
	4.	2	0,0038	0,0078	0,0047	0,0053
	24.	0,18	0,0003	0,0006	0,0002	0,0003
5	1.	2,63	0,0051	0,0056	0,0057	0,0061
	4.	1,89	0,0029	0,0038	0,0027	0,0038
	24.	0,13	0,0003	0,0003	0,0002	0,0003
6	1.	2	0,0025	0,0059	0,0022	0,0023
	4.	1,36	0,0015	0,0028	0,0011	0,0017
	24.	0,08	0,0002	0,0003	0,0001	0,0001
7	1.	2,71	0,0049	0,0104	0,0057	0,0057
	4.	2,28	0,0031	0,0069	0,0038	0,0027
	24.	0,13	0,0003	0,0005	0,0003	0,0002
8	1.	2,28	0,0057	0,008	0,0036	0,0057
	4.	1,57	0,004	0,0056	0,0024	0,0038
	24.	0,13	0,0004	0,0005	0,0001	0,0003

Tüm hastaların ilgili organ absorbe doz değerleri

Hasta No	Çekim saati	Tüm Vücut (Gy)	Humerus (Gy)	Femur (Gy)	Sternum (Gy)	Klavikula
9	1.	2,41	0,0042	0,0049	0,0031	0,0037
	4.	1,51	0,0027	0,0028	0,0015	0,0025
	24.	0,23	0,0004	0,0006	0,0004	0,0003
10	1.	1,38	0,0021	0,0028	0,0019	0,0027
	4.	0,9	0,0013	0,0013	0,001	0,0016
	24.	0,05	0,0002	0,0002	0,0001	0,0001
11	1.	2,23	0,0069	0,0068	0,0041	0,0058
	4.	1,42	0,0044	0,0042	0,0028	0,0034
	24.	0,14	0,0004	0,0005	0,0002	0,0003
12	1.	2,54	0,0047	0,0073	0,0031	0,0048
	4.	1,6	0,0038	0,0059	0,0019	0,0031
	24.	0,17	0,0005	0,0005	0,0002	0,0003
13	1.	2,6	0,0059	0,0057	0,0037	0,005
	4.	2	0,0047	0,0045	0,0027	0,004
	24.	0,14	0,0003	0,0003	0,0001	0,0003
14	1.	2,44	0,01	0,0089	0,0054	0,0091
	4.	1,56	0,0059	0,0055	0,0021	0,0047
	24.	0,14	0,0006	0,0006	0,0001	0,0004
15	1.	2,47	0,0048	0,0056	0,0027	0,0036
	4.	1,55	0,0028	0,0039	0,0017	0,0027
	24.	0,13	0,0004	0,0005	0,0002	0,0004
16	1.	3,14	0,0054	0,0065	0,0032	0,0053
	4.	1,62	0,0039	0,0051	0,0019	0,0037
	24.	0,19	0,0004	0,0005	0,0002	0,0003
17	1.	2,13	0,0049	0,005	0,004	0,0065
	4.	1,32	0,0046	0,0043	0,0025	0,0044
	24.	0,19	0,0004	0,0004	0,0003	0,0004
18	1.	3,16	0,0065	0,0079	0,0034	0,0049
	4.	2	0,0044	0,0055	0,0026	0,0038
	24.	0,21	0,0007	0,0008	0,0003	0,0004
19	1.	1,95	0,0035	0,0032	0,0024	0,0028
	4.	1,17	0,0029	0,0024	0,0013	0,0021
	24.	0,15	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003

Bulgu: Çalışmamızda 19 hastaya PS çekilmiştir. Tüm hastaların ortalama PTH değerleri 124,911±52,482 arasındadır. Çalışmaya katılan hastalara 13,56 mCi – 18,22 mCi değerleri arasında Tc-99m MIBI aktivitesi uygulanmıştır. 19 hasta ile yaptığımız tez çalışmamızda elde ettiğimiz verilerin analizi sonucunda p (anlamlılık) değerleri bulunmuştur. $p<0,05$ olduğunda istatiksel olarak anlamlı değerlendirilmiştir. Elde edilen organ absorbe dozların hiç biri istatistiksel olarak anlamlı olarak bulunmamıştır ($p>0.05$).

Hastaların ilgili organlardaki absorbe doz değerlerinin PTH değerleriyle karşılaştırılması

Ilgili Organ		p
Tüm vücut		
	1.saat	0,244
	4.saat	0,250
	24.saat	0,569
Humerus		
	1.saat	0,630
	4.saat	0,927
	24.saat	0,278
Femur		
	1.saat	0,753
	4.saat	0,752
	24.saat	0,832
Sternum		
	1.saat	0,086
	4.saat	0,512
	24.saat	0,564
Klavikula		
	1.saat	0,166
	4.saat	0,487
	24.saat	0,349

Sonuç: Yapılan hesaplamalar sonucunda tüm vücut ve kemik iliği dozimetrisi hastanın PTH değeriyle ilgili değildir. MIBI dozu hastanın PTH değerine göre değiştirilmesine gerek yoktur.

Sağ Meme Radyoterapide Karaciğer Dozlarının İki Farklı Planlama Sisteminde Karşılaştırılması

Ebru Demir[1], Mert Cananoğlu[2], Nazmiye Deniz Arslan[1], Taylan Bükülmez[2]

[1]İstanbul Aydın Üniversitesi VM Medical Park Florya Hastanesi
[2]İstinye Üniversite Hastanesi Liv Hastanesi

Ebru Demir / İstanbul Aydın Üniversitesi VM Medical Park Florya Hastanesi

Amaç: Erken evre meme kanserlerinde iyi bir tedavi planlama sistemi (TPS) ile riskli organ dozlarının tolerans değerleri altında tutulması hayat kalitesini arttırmaktadır. Özellikle karaciğer (KC), sistemik tedavilerden de etkileneceği için radyoterapi organ tolerans dozu önemsenmelidir. Bu sebeple, sağ meme radyoterapisinde, iki ayrı TPS'de planlanan hastaların karaciğer ortalama ve maksimum dozlarının değerlendirilmesi ve karşılaştırılması amaçlanmıştır.

Yöntem: Bu çalışmada sağ meme kanseri 10 hasta, Raystation(RayPlan) ve Monaco TPS'de VMAT tekniği kullanılarak planlandı. Planlama aşamasında karaciğer koruması amacıyla herhangi bir kısıtlama (constraint) uygulanmamıştır. 6 MV foton demetleri ile 25 fraksiyonda 50 Gy ve PTV Boost hacmine 5 fraksiyonda 10 Gy olmak üzere toplam 60 Gy tedavi uygulandı. RTOG ve QUANTEC doz-hacim sınırlama protokollerine göre kritik organ dozları sınırlandırıldı. Planların öncelik olarak karaciğer ortalama ve maksimum dozu t-test ile karşılaştırıldı. Ek olarak, sağ akciğer, kalp ve sol meme olmak üzere kritik organ dozları ile tüm planların MU değerleri de karşılaştırılmıştır.

Bulgu: Her iki planlama sistemi karşılaştırıldığında öncelikli olarak karaciğer ortalama dozu ($p < 0.001$) ve maksimum dozu ($p < 0.001$) arasında Raystation lehine istatiksel olarak anlamlı fark bulundu. Raystation TPS'de planlanan hastaların ortalama karaciğer dozu 2.2 Gy (±1.01) çıkarken; Monaco TPS'de ise 6.45 Gy (±3.29) bulunmuştur. Sağ akciğer dozları karşılaştırıldığında ise Raystation ve Monaco TPS'leri için V20 değerleri sırasıyla %9.2 (±2.97) ve %22 (±2.54); V10 değerleri %17.15 (±5.04) ve %32.25 (±2.18); V5 değerleri ise %36.8 (±9.63) ve %48.4 (±3.24) bulunmuştur. Söz konusu değerler istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0.001$). Karşılaştırmaya dahil edilen kritik organ dozları ve MU değerleri Tablo'da verilmiştir.

Tablo. Raystation ve Monaco TPS'lerin PTV D95 ve maksimum dozları, kritik organ doz-hacim değerleri ve MU'ları p-değerleri eşliğinde verilmiştir.

	Raystation		Monaco		
	Median	Std Sapma	Median	Std Sapma	P değeri
PTV Sağ Meme (D95) (Gy)	48.15	±0.41	49.00	±0.69	<0.001
PTV Boost (D95) (Gy)	60.25	±0.53	59.75	±0.61	0.01
Sağ Akciğer (V20) (%)	9.20	±2.97	22.00	±2.54	<0.001
Sağ Akciğer (V10) (%)	17.15	±5.04	32.25	±2.18	<0.001
Sağ Akciğer (V5) (%)	36.80	±9.63	48.40	±3.24	<0.001
Spinal Cord (Maks) (Gy)	2.10	±0.97	2.55	±0.79	0.09
Kalp (Ort) (Gy)	1.90	±0.89	3.95	±0.74	0.50
Özofagus (Maks) (Gy)	3.00	±1.62	3.10	±1.80	0.41
Özofagus (Ort) (Gy)	1.45	±0.57	1.90	±0.66	0.05
Sol Akciğer (Ort) (Gy)	1.30	±0.43	2.30	±0.34	0.34
Sol Meme (Maks) (Gy)	12.40	±3.02	22.15	±5.80	<0.001
Sol Meme (Ort) (Gy)	2.80	±0.83	4.10	±0.83	0.02
Karaciğer (Maks) (Gy)	18.60	±8.83	48.75	±9.27	<0.001
Karaciğer (Ort) (Gy)	2.20	±1.01	6.45	±3.29	<0.001
DMax (Gy)	63.15	±0.55	62.10	±0.38	<0.001
Sağ Meme MU	513.00	±82.82	684.50	±55.74	<0.001
Boost MU	270.00	±27.39	390.30	±84.70	<0.001

Sonuç: Yaptığımız çalışmada karaciğer ortalama ve maksimum dozları olmak üzere diğer kritik organ dozları da karşılaştırıldığında, Raystation TPS anlamlı olarak üstün bulunmuştur. Ayrıca iki farklı TPS için karşılaştırılan MU değerleri de, Raystation TPS için anlamlı olarak üstündür. Bu bağlamda yapılan planların, tedavi planlama süreleri de büyük fark göstermektedir. Fakat, Monaco TPS kadar yaygın kullanılan ve kullanıcı tecrübesi yüksek bir planlama sistemi olmadığı için daha çok klinik çalışmalara ihtiyaç vardır.

İntrakraniyal Radyocerrahi Uygulamalarında Kullanılan Mr Görüntülerindeki Distorsiyonun Geometrik Belirsizliğe Olan Etkisinin Belirlenmesi

OSMAN ARTUNÇ TÜRE[1], EVREN OZAN GÖKSEL[1], SEÇKİN GÜNDÜZ[1], LATİF KORKMAZ[2], VOLKAN DEMİRCAN[1]

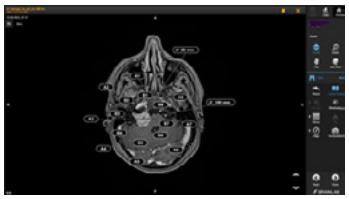
[1]Acıbadem Altunizade Hastanesi
[2]Tetraon Medikal

OSMAN ARTUNÇ TÜRE / Acıbadem Altunizade Hastanesi

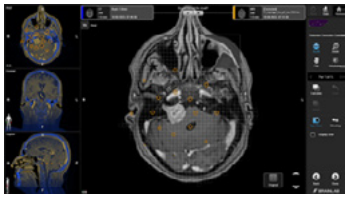
Amaç: Radyocerrahi tekniğinde hedefe tek seferde yüksek doz uygulandığından, hedef yapının ve çevre normal dokuların doğru belirlenmesi tedavinin başarısını doğrudan etkiler. Özellikle Vestibüler Schwannom (VS) radyocerrahi uygulamalarında hedef yapının belirlenmesi için MR görüntülemesinin kullanılması altın standarttır. Ancak, MR görüntüsündeki distorsiyona bağlı oluşacak geometrik bozulmalar hedef yapının belirlenmesinde belirsizliklere neden olabilir. Bu çalışmada, VS radyocerrahi planlamasında kullanılan MR görüntülerinde distorsiyon nedeniyle oluşan geometrik belirsizlikler araştırılmıştır.

Yöntem: Radyocerrahi tedavisi uygulanmış 10 Vestibüler Schwannom hastasının planlama amacıyla çekilen MR (Siemens Magnetom Prisma Fit) ve BT (Siemens Somatom go.Up) görüntüleri Brainlab Elements yazılımına aktarıldı. ImageFusion 4.5 programı ile MR görüntüsü BT görüntüsüne göre deforme edilerek MR görüntüsündeki distorsiyonlar düzeltildi. Daha sonra Viewer 5.3 programında lezyonlar merkez olacak şekilde 2 cm, 5 cm ve 10 cm çaplı küreler oluşturuldu ve bu kürelerin içerisinde düzeltilen geometrik bozulma miktarları 3B vektörler olarak belirlendi.

Lezyonun merkezinden oluşturular daireler



MR distorsiyonunun lezyona etkisini araştırmak için oluşturulan daireler
MR distorsiyon haritası



BT' ye göre deforme olmuş MR' ın matrisler üzerinden distorsiyon haritası

Bulgu: Hedef yapı ve 2cm'lik küre içerisinde düzeltilen distorsiyon değerlerinin maksimumlarının ortalaması 0,32 +/- 0,9 mm ve maksimum 0,45 mm olarak bulunmuştur. Ölçülen düzeltme miktarı 2-5cm çaplı küreler arasında kalan bölgede antero-lateral yönde maksimumların ortalaması 0,86 +/- 0,15 ve maksimum 1,12 olarak ölçülmüştür. 5-10 cm çaplı küreler arasında kalan bölgede düzeltilen distorsiyon miktarının yine antero-lateral yönde maksimumların ortalaması 1,09 +/- 0,46 mm ve maksimum 2,12 mm olacak şekilde arttığı görülmüştür.

Sonuç: VS radyocerrahi planlamalarında kullanılan MR görüntülerinde ölçülen distorsiyon değerleri hedef yapı ve çevresindeki 2 cm'lik küre için klinik olarak kabul edilebilir sınırlar içerisinde bulunurken, 5 ve 10 cm'lik kürelerde 1 mm'nin üzerinde değerler ölçülmüştür. MR görüntüsü kullanılan ve milimetrenin altında hassasiyet ile yapılan radyocerrahi tedavilerinde distorsiyona bağlı belirsizlikler uygun yazılımlar kullanılarak düzeltilmelidir.

Meme Kanseri Tanısı Almış Hastalarda Sağ Göğüs Duvarı ve Tüm Lenfatiklerin Işınlamasında Derin İnspirasyon Nefes Tutmanın (DIBH) Akciğer ve Kalp Dozuna Etkisinin Araştırılması

TUĞBA ATAKUL[1], AYFER TEMÜR[1], YAKUP ARSLAN[1], SÜMERYA DURU BİRGİ[1], OĞUZHAN BAŞÇİK[1], YUNUS BABAYİĞİT[1], SERAP AKYÜREK[1]

[1]Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı

TUĞBA ATAKUL / Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı

Amaç: Derin inspirasyon nefes tutmanın (DIBH), sol meme göğüs duvarı ve tüm lenfatik ışınlamalarında akciğer ve kalp dozunu azalttığı bilinmektedir. Bu çalışmada amaç, sağ meme kanseri nedeni ile sağ göğüs duvarı ve tüm lenfatik ışınlama yapılan hastalarda DIBH 'un akciğer ve kalp dozları üzerine etkisini araştırmaktır.

Meme Kanseri Tanısı Almış Hastalarda Sağ Göğüs Duvarı ve Tüm Lenfatiklerin Işınlamasında Derin İnspirasyon Nefes Tutmanın (DIBH) Akciğer ve Kalp Dozuna Etkisinin Araştırılması

AMAÇ: Derin inspirasyon nefes tutmanın (DIBH), sol meme göğüs duvarı ve tüm lenfatik ışınlamalarında akciğer ve kalp dozunu azalttığı bilinmektedir. Bu çalışmada amaç, sağ meme kanseri nedeni ile sağ göğüs duvarı ve tüm lenfatik ışınlama yapılan hastalarda DIBH 'un akciğer ve kalp dozları üzerine etkisini araştırmaktır.

AMAÇ

Yöntem: Çalışmaya Ocak–Eylül 2023 tarihleri arasında meme kanseri nedeniyle sağ göğüs duvarı ve tüm lenfatik (aksilla + supraklavikuler + internal mamarian lenfatikler) alan radyoterapi (RT) uygulanan 11 DIBH uyumlu hasta dahil edildi. Hastaların hem DIBH hem de serbest solunumla (FB) 2,5 mm kalınlığında simülasyon tomografi görüntüleri alındı. Hedef hacimler ve risk altındaki organlar belirlenip hedef hacim ve diğer risk altındaki organ dozları optimal tutularak ECLIPSE V15.6 tedavi planlama sistemi ile 7-9 alanlı tanjansiyel yoğunluk ayarlı radyoterapi (YART) planlama veya konformal radyoterapi (KRT) ve 7-9 alanlı tanjansiyel YART şeklinde hibrit planlama yapılan hastalarda analizler hem FB hem de DIBH için yapıldı. Planlar arasındaki farklar doz volüm histogramları (DVH) üzerinden karşılaştırıldı.

Meme Kanseri Tanısı Almış Hastalarda Sağ Göğüs Duvarı ve Tüm Lenfatiklerin Işınlamasında Derin İnspirasyon Nefes Tutmanın (DIBH) Akciğer ve Kalp Dozuna Etkisinin Araştırılması

YÖNTEM: Çalışmaya Ocak–Eylül 2023 tarihleri arasında meme kanseri nedeniyle sağ göğüs duvarı ve tüm lenfatik (aksilla + supraklavikuler + internal mamarian lenfatikler) alan radyoterapi (RT) uygulanan 11 DIBH uyumlu hasta dahil edildi. Hastaların hem DIBH hem de serbest solunumla (FB) 2,5 mm kalınlığında simülasyon tomografi görüntüleri alındı. Hedef hacimler ve risk altındaki organlar belirlenip hedef hacim ve diğer risk altındaki organ dozları optimal tutularak ECLIPSE V15.6 tedavi planlama sistemi ile 7-9 alanlı tanjansiyel yoğunluk ayarlı radyoterapi (YART) planlama veya konformal radyoterapi (KRT) ve 7-9 alanlı tanjansiyel YART şeklinde hibrit planlama yapılan hastalarda analizler hem FB hem de DIBH için yapıldı. Planlar arasındaki farklar doz volüm histogramları (DVH) üzerinden karşılaştırıldı.

YÖNTEM

Bulgu: Çalışmaya dahil edilen T2-4, N1-3 lokal ileri evre meme kanseri hastalarının ortanca yaşı 49 yıl (aralık: 36-61 yıl) olup tüm hastaların ECOG performans skoru 0-1 idi. Tüm hastalara 50 Gy/25 fraksiyon RT planlanmıştı. Hastaların PTV, CTV doz ve akciğer, kalp, karşı meme, sol ön inen koroner arter (LAD) gibi diğer riskli organların aldığı dozlar üzerinden DVH 'ler her iki plan için değerlendirildi. Tüm hastaların ortalama DIBH-FB dozları sırası ile ipsilateral akciğer ortalama dozu(Gy) (14,6±0,8 ile 16,9±1,2, p<0.05) , ipsilateral akciğer V5(Gy) (67,6±5,5 ile 74,4±3,8, p<0,05), ipsilateral akciğer V10(Gy) (44,5 ±3,2 ile 51,3±3,2, p<0,05), ipsilateral akciğer V20(Gy) (29,3±3,8 ile 33,4± 4,5, p<0,05), ipsilateral akciğer V30(Gy) (18,1 ± 3,7 ile 22,5± 4,9, p<0,05),
kontralateral akciğer mean dozu(Gy) (3,1 ±1,6 ile 2,8±1,3, p>0,05), kalp maksimum dozu(Gy) (18,1±7,4 ile 19,7 ±6,6, p>0,05), kalp ortalama dozu(Gy) (3,8 ±1,4 ile 4,9± 1,3, p>0,05), kalp V10 (Gy) (3,5 ±4,2 ile 5,7± 5,4, p>0,05), kalp V20(Gy) (0,1± 0,3 ile 0,1±0,2, p >0,05), LAD ortalama dozu(Gy) (2,8 ±1,6 ile 2,3 ±1,7, p >0,05), karşı meme ortalama dozu(Gy) (2,6± 1,3 ile 2,6±1,2, p >0,05) olarak bulundu. DIBH ile ipsilateral akciğer ortalama, ipsilateral akciğer V5, ipsilateral akciğer V10, ipsilateral akciğer V20, ipsilateral akciğer V30 dozlarında istatistiki olarak anlamlı azalma saptandı.

Meme Kanseri Tanısı Almış Hastalarda Sağ Göğüs Duvarı ve Tüm Lenfatiklerin Işınlamasında Derin İnspirasyon Nefes Tutmanın (DIBH) Akciğer ve Kalp Dozuna Etkisinin Araştırılması

BULGULAR: Çalışmaya dahil edilen T2-4, N1-3 lokal ileri evre meme kanseri hastalarının ortanca yaşı 49 yıl (aralık: 36-61 yıl) olup tüm hastaların ECOG performans skoru 0-1 idi. Tüm hastalara 50 Gy/25 fraksiyon RT planlanmıştı. Hastaların PTV, CTV doz ve akciğer, kalp, karşı meme, sol ön inen koroner arter (LAD) gibi diğer riskli organların aldığı dozlar üzerinden DVH 'ler her iki plan için değerlendirildi. Tüm hastaların ortalama DIBH-FB dozları sırası ile ipsilateral akciğer ortalama dozu(Gy) (14,6±0,8 ile 16,9±1,2, p<0.05) , ipsilateral akciğer V5(Gy) (67,6±5,5 ile 74,4±3,8, p<0,05), ipsilateral akciğer V10(Gy) (44,5 ±3,2 ile 51,3±3,2, p<0,05), ipsilateral akciğer V20(Gy) (29,3±3,8 ile 33,4± 4,5, p<0,05), ipsilateral akciğer V30(Gy) (18,1 ± 3,7 ile 22,5± 4,9, p<0,05), kontralateral akciğer mean dozu(Gy) (3,1 ±1,6 ile 2,8±1,3, p>0,05), kalp maksimum dozu(Gy) (18,1±7,4 ile 19,7 ±6,6, p>0,05), kalp ortalama dozu(Gy) (3,8 ±1,4 ile 4,9± 1,3, p>0,05), kalp V10 (Gy) (3,5 ±4,2 ile 5,7± 5,4, p>0,05), kalp V20(Gy) (0,1± 0,3 ile 0,1±0,2, p >0,05), LAD ortalama dozu(Gy) (2,8 ±1,6 ile 2,3 ±1,7, p >0,05), karşı meme ortalama dozu(Gy) (2,6± 1,3 ile 2,6±1,2, p >0,05) olarak bulundu. DIBH ile ipsilateral akciğer ortalama, ipsilateral akciğer V5, ipsilateral akciğer V10, ipsilateral akciğer V20, ipsilateral akciğer V30 dozlarında istatistiki olarak anlamlı azalma saptandı.

Sonuç: Çalışmamızda sağ göğüs duvarı ve tüm lenfatiklere RT alan hastalarda hedef hacim-doz parametreleri ve diğer riskli organ dozları kabul edilebilir düzeyde tutularak yapılan planlar değerlendirildiğinde ipsilateral akciğer dozları için istatistiksel anlamlı bir azalma gözlenirken; karşı akciğer, kalp, LAD, karşı meme dozlarında anlamlı değişiklik saptanmadı. DIBH tekniği sol meme kanserinde olduğu gibi sağ göğüs duvarı ve lenfatik ışınlama yapılan hastalarda da kritik organ dozları açısından avantaj sağlamaktadır.

Meme Kanseri Tanısı Almış Hastalarda Sağ Göğüs Duvarı ve Tüm Lenfatiklerin Işınlamasında Derin İnspirasyon Nefes Tutmanın (DIBH) Akciğer ve Kalp Dozuna Etkisinin Araştırılması

SONUÇ: Çalışmamızda sağ göğüs duvarı ve tüm lenfatiklere RT alan hastalarda hedef hacim-doz parametreleri ve diğer riskli organ dozları kabul edilebilir düzeyde tutularak yapılan planlar değerlendirildiğinde ipsilateral akciğer dozları için istatistiksel anlamlı bir azalma gözlenirken; karşı akciğer, kalp, LAD, karşı meme dozlarında anlamlı değişiklik saptanmadı. DIBH tekniği sol meme kanserinde olduğu gibi sağ göğüs duvarı ve lenfatik ışınlama yapılan hastalarda da kritik organ dozları açısından avantaj sağlamaktadır.

Hastaya Özel Kalite Kontrolde Mobıus 3d Sisteminin Kullanılabilirliği

İrem AYDIN[1], Burçin İSPİR[1], Öznur ŞENKESEN[2]

[1]Acıbadem Ataşehir Hastanesi
[2]Acıbadem MAA Üniversitesi

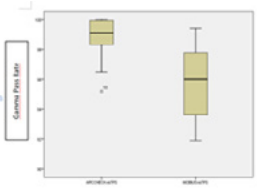
İrem AYDIN / Acıbadem Ataşehir Hastanesi

Amaç: Tedavi öncesi hastaya özel kalite kontrol için kullandığımız bağımsız hesaplama algoritmasına sahip Mobius 3D sistemi değerlerinin, Ethos tedavi planlama sistemi (TPS) ve ArcCHECK ölçüm sonuçları ile karşılaştırılarak kullanılabilirliğinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Yöntem: Çalışmaya kliniğimizde radyoterapi uygulanan 15 meme kanseri tanılı hasta dahil edilmiştir. Tedavi planlama amacıyla 3 mm kesit aralığı ile bilgisayarlı tomografi çekilerek görüntüler tedavi planlama sistemine (Eclipse v16.1) aktarılmıştır. Hedef hacim ve risk altındaki organlar konturlanmıştır. Eclips TPS'nde Ethos (Varian) için 6 MV FFF enerjisi ile ileri radyoterapi teknikleri (IMRT veya VMAT) kullanılarak yapılan tedavi planları Ethos TPS'ne aktarılmıştır. Ethos TPS'nden tedavi öncesi plan doğrulama için oluşturulan kalite kontrol planları Mobius 3D ve ArcCHECK sistemlerine aktarıldı. Mobius 3D'nin verdiği gamma değeri (%3-3mm) ile ArcCHECK dozimetri sisteminde aldığımız ölçüm sonucunda elde edilen gama değerleriyle karşılaştırıldı. Ayrıca, Colapse Cone algoritmasını kullanan Mobius 3D yazılımı ile elde edilen hedef hacim ve kritik organların doz hacim histogramı (DVH) Ethos TPS ile karşılaştırıldı.

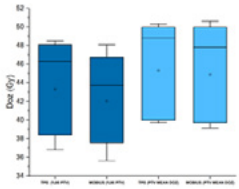
Bulgu: Mobius 3D'nin ArcCHECK ölçüm sistemine göre gama geçme oranları ortalama (min-maks) 3.17 (-0.91-7.16) daha düşük bulunmuştur. Şekil 1'de sonuçlar verilmiştir. Mobius 3D ile TPS de DVH karşılaştırıldığında hedef hacmin %95inin aldığı dozlar arasındaki fark, ortalama (min-maks) %-2.56 [-4.75-(-0.78)], mean doz karşılaştırıldığında ise; ortalama (min-maks) %-0.82 (-2.62-1.01) Mobius 3D'de daha düşük bulunmuştur. Sonuçlar şekil 2'de sunulmaktadır. Risk altındaki organlar için Mobius 3D ile TPS karşılaştırması yapıldığında; ortalama (min-maks) karşı akciğer için fark, %-0.38 [-0.73-(-0.16)],kalp için,%-0.75 [-1.14-(-0.39)],taraf akciğer,%-1.84 [-2.35-(-1.02)],karşı meme,%-0.26 [-0.48-(-0.1)] Mobius 3D daha düşük bulunmuştur. Şekil 3'de sonuçlar verilmiştir.

Şekil 1



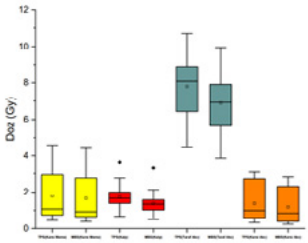
ArcCHECK ve Mobius 3D sisteminin TPS doz dağılımı ile karşılaştırıldığında elde edilen gama geçme oranları

Şekil 2



TPS ve Mobius 3D sisteminde hedef hacmin %95inin aldığı dozlar ve mean doz karşılaştırması

Şekil 3



TPS ve Mobius 3D sisteminde risk altındaki organların mean doz karşılaştırması

Sonuç: Elde ettiğimiz sonuçlara göre Mobius 3D yazılımının tedavi öncesi kalite kontrol testlerinde kullanımının uygun olduğu bulunmuştur.

Larenks Kanseri Radyoterapisinde Ff Ve Fff Işınlarının Histopatolojik Ve Ki-67 Parametrelerine Etkisinin İncelenmesi

Serhat Aras[1], Şilem Ertürk[1], Şeyma İnan Mahioğlu[1], Hatice Kübra Kölemen Tekten[1], Hatice Sevinç[1], Barış Kaplan[1]

[1]Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Haydarpaşa Numune Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Radyasyon Onkolojisi ABD, İstanbul Türkiye

Serhat Aras / Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Haydarpaşa Numune Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Radyasyon Onkolojisi ABD, İstanbul Türkiye

Amaç: Bu çalışmanın amacı, NOD SCID gama (NSG) fare modelleri üzerinde radyoterapi sonrası larenks kanserinin (LKa) altında yatan radyobiyolojik mekanizmaları araştırmak için Flattening Filter (FF) ve Flattening Filter Free (FFF) ışınlarının histopatolojik değişiklikler ve Ki-67 ekspresyon seviyeleri üzerindeki etkisini analiz etmektir.

Yöntem: Kırk yetişkin NSG fare modelleri, sham kontrol, sadece LKa, FF ve FFF olmak üzere rastgele dört gruba ayrıldı. FF ve FFF gruplarındaki (LKa artı RT grupları) farelerin baş ve boyun bölgesine 400 MU/min ve 1400 MU/min doz hızlarında 18 Gy tek doz radyoterapi uygulandı. NSG farelerine tümör transplantasyonundan (Hep-2 kanser hücre hattı, 0.1 ml, 1 X106 hücre/ml) 30 gün sonra radyoterapi uygulandı ve histopatoloji parametrelerinin ve Ki-67 ekspresyon seviyelerinin analizi için radyoterapiden 2 gün sonra sakrifiye edildi.

Bulgu: LKa, FF ve FFF grupları, sham grubu ile karşılaştırıldığında tümör dokusu ve doz hızına bağlı olarak histopatolojik parametrelerde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar gözlendi ($p < 0.05$). FF ışınının LKa dokusu üzerindeki histopatolojik etkileri, FFF ışınıyla karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların oluştuğu görüldü ($p < 0.05$). LKa grubu, sham grubu ile karşılaştırıldığında Ki-67 düzeyinin kanser gelişimine bağlı olarak anlamlı düzeyde etkilediği görüldü ve doz hızları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar gözlendi ($p < 0.01$).

Şekil 5. Deneysel NSG fare gruplarının kesitleri

Deneysel NSG fare gruplarının kesitleri

Sonuç: FF ve FFF ışınlarının histopatolojik parametrelerde ve Ki-67 ifade düzeylerinde önemli değişikliklere neden olduğu sonucuna varıldı. FFF ışınının Ki-67 seviyeleri, hücre çekirdeği ve sitoplazmik bulgular üzerindeki etkileri, FF ışınıyla karşılaştırıldığında önemli radyobiyolojik farklılıklar gözlendi.

Craniospinal Işınlamalarda Radiact Tomoterapi ve C-Kollu Lineer Hızlandırıcı Planlamalarının Doz Karşılaştırması

Sezen Emek[1], Damla Poyraz[1], Erhan Dişçi[1], Zeynep Güral[1], Serap Yücel[1], Fulya Ağaoğlu[1]

[1]Acıbadem Atakent Hastanesi

Sezen Emek / Acıbadem Atakent Hastanesi

Amaç: Bu çalışmada 18 hastanın kraniyospinal aks ışınlamalarının (CSI) c-kollu lineer hızladırıcı ve helikal tomoterapi tedavi planlama tekniklerinin karşılaştırılması amaçlandı. İki tedavi planlama sisteminde yapılan tedavi planları hedef hacim kapsama ve kritik organ doz tölerans değerleri kullanılarak karşılaştırma yapılmıştır.

Yöntem: Çalışmada 18 medullablastoma hastasının CSI tedavi planmaları baş-ganrty olarak çekilen BT simülasyonu üzerine , Planlanan hedef hacim (PTV) verilen doz 23.4Gy/13fr olacak şekilde yapılmıştır. Eclipse V13,6 ile Varian Truebeam STx (HDMLC) cihazında 3 merkezli VMAT tedavi tekniği kullanılarak planlamalar yapılmıştır (Resim1). Aynı hastalara Precise VOLO Ultra (Dynamic Jaw) ile Radixact cihazında helikal tedavi tekniğinde planlamalar yapılmıştır (Resim2). Her iki tedavi planlamasının doz hacim histogramlarında (lDVH) kritik organ dozları ve PTV hedef hacim kapsama açısından karşılaştırıldı.

Resim1

Resim1

Bulgu: Tablo1

	Radixact	Truebeam	Fark
Lens max (Gy)	2.28	5.56	3.28
Akciger V5 (Gy)	37.99	37.72	-0.27
Bobrek mean (Gy)	1.68	3.75	2.07
Kalp mean (Gy)	2.06	5.87	3.81

Sonuç: Kritik organ doz değerlerini karşılaştırdığımızda Radixact'ın helikal ışınlama tekniğinden dolayı daha iyi doz kontrolü sağladığı görülmektedir. Radixact cihazında tek seferde 160 cm uzunluğunda tedaviler yapılabilmektedir. Hasta IGRT'si Clear RT sayesinde tomografi kalitesinde tek seferde neredeyse tüm vücut olacak şekilde yapılabilmektedir. Bu da C-kollu linaklardaki hem tedavi hem de IGRT alan sınırlamalarından gelen kesişim bölglerinin belirsizliklerini ortadan kaldırıyor.

Klinik Protokoller için ELEKTA XVI Sisteminin Görüntü Kalitesi ve CBCT (Cone-Beam CT) Dozu Optimizasyonu

Ezgi Kiraz Ergen[1], Mümin Eray Ergen[1]

[1]Bursa Acıbadem Hastanesi

Ezgi Kiraz Ergen / Bursa Acıbadem Hastanesi

Amaç: Görüntü kılavuzluğunda radyoterapinin (IGRT) birincil hedeflerinden biri Hedef Volüm marjlarını azaltmak ve bu sayede keskin doz gradyentleri sağlayarak kritik organ dokuları (OAR) korumaktır. Bu hedefler doğrultusunda doğrulama CBCT' sinin radyoterapide kullanımı son zamanlarda önemli ölçüde artmış olup bu da beraberinde bazı hastalar için alınan doz miktarını yükseltmiştir. Elekta XVI sistemi ile gelen genel preset (ön ayar) protokolleri üreticiler tarafından belirli bir kliniğe göre optimize edilmezler. Bu çalışmanın amacı; Elekta XVI sistemi kullanılarak tüm tedavi bölgeleri için görüntü kalitesini bozmadan CBCT dozunu optimize etmektir.

Yöntem: Klinik protokolleri optimize etmek için fantom olarak CATPHAN503 (The Phantom Laboratory) kullanılmıştır. Optimizasyon, tüm tedavi bölgeleri için iki gereksinime dayandırılmıştır: birincisi 'Ne tür doku ışınlanıyor?', ikincisi ise 'Tedavi bölgesi için hangi bilgilerin daha önemli olduğu (Doğru görüntü incelemesi)'. Sistem ayarları ile gelen genel preset protokolleri ile yapılan çekimler referans görüntü olarak kabul edilmiştir. Bu genel preset protokollerinde bulunan kV, mA ve ms/frame değerleri CBCT dozunu düşürecek şekilde ayarlanmıştır. CBCT dozuna karşı, tüm tedavi bölgeleri için elde edilen görüntü kalitesi, referans görüntü kalitesi ile karşılaştırılmıştı

Bulgu: Tüm tedavi bölgeleri için yapılan CBCT çekimlerinde görüntü kalitesi korunmuş olup CBCT dozları ise düşürülmüştür. Özellikle pelvis hastalarının diğer tedavi bölgelerine göre CBCT dozları daha yüksek olduğundan dolayı en fazla doz düşüşü pelvis hastalarında görülmüştür.

Sonuç: Optimizasyon süreci; tüm tedavi bölgeleri için CBCT dozunu yönetmemizi sağlamıştır. Yapılan değişiklikler sonucunda klinik olarak kabul edilebilir görüntü kalitesi sağlanmış ve CBCT dozu da azaltılmıştır. Şu an kliniğimizde oluşturduğumuz preset protokolleri kullanılmaktadır. Elekta XVI sisteminde CBCT doz parametrelerinin değiştirilebir olması sayesinde fizikçi tarafından gerekli ölçümlerin yapılması koşuluyla her kliniğin kendi CBCT görüntü kalitesi ve dozunu optimize etmesi mümkün hale gelmiştir.

Filtresiz Işınların Farklı Tedavi Planlama Sistemlerinde Stereotaktik Beden Radyoterapisi İçin Akciğer Tümörlerinde Filtreli Işınlar İle Karşılaştırılması

EBRU DEMİR[1], NAZMİYE DENİZ ARSLAN[1], ERSAN YILMAZ[2], AYKUT AKSOY[2]

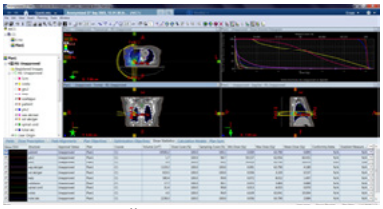
[1]1. İ.A.Ü. VM Medical Park Floya Hastanesi, Radyasyon Onkolojisi Bölümü
[2]2. Kars Kafkas Üniversitesi Radyasyon Onkolojisi Bölümü

EBRU DEMİR / 1. İ.A.Ü. VM Medical Park Floya Hastanesi, Radyasyon Onkolojisi Bölümü

Amaç: İki farklı tedavi planlama sistemi(TPS) ve filtreli-filtresiz ışınlar kullanarak akciğer kanseri Stereotaktik Beden Radyoterapisi(SBRT) hastalarının tedavi planlarının tüm yönleriyle değerlendirilip karşılaştırılmasıdır

Yöntem: Kars Kafkas Üniversitesi Hastanesi Radyasyon Onkolojisi bünyesinde bulunan Eclipse 13.6-AAA(TPS1) ve İ.A.Ü. VM Medical Park Florya Hastanesi bünyesinde bulunan RayStation 12A-CC(TPS2) verileri kullanılmıştır. Eclipse Analitik Anizotropik Algoritmayı (AAA) kullanırken, RayStation ise daraltılmış koni (CC) algoritması ile planları hesaplamıştır. 10 farklı akciğer SBRT hastasının bilgisayarlı tomografi (BT) görüntüleri retrospektif olarak seçilmiştir. Elde edilen BT görüntüleri Raystation 12A ve Eclipse 13.6 planlama bilgisayarına yüklenerek her hasta için tedavi alanı ve kritik yapılar radyasyon onkoloğu tarafından konturlanmıştır. 2 farklı TPS verileri kullanılarak 10 farklı hasta için 750 cGy/gün toplamda 8 fraksiyon tedavinin doz hesaplaması yapılmıştır. 6 MV Filtreli(6FF) ve 6 MV Filtresiz(6FFF) kullanarak tedavi planları hazırlanmıştır. Hedef hacim ve kritik organlar açısından birbirine yakın planlar elde edilmiş ve planların kritik organ, V95 dozlarının, konformaliti index(CI) değerinin karşılaştırılması amaçlanmıştır.

ECLIPSE



ECLIPSE ÖRNEK PLANLAMA

RAYSTATION

RAYSTATION ORNEK PLANLAMA

Bulgu: Eclipse verileri kullanılarak yapılan doz hesaplamasında PTV'nin 6FF ışınlamada V95 ortalama dozu 57.03 Gy'dir. Kritik organ dozları akciğer için V5, V10, V20 ve ortalama dozları sırasıyla 17.2, 9.49, 3.83, ve 3.8 Gy; medulla için ortalama Dmax, 12.8 Gy'dir. Kalp ve özefagus için ortalama doz değerleri ise ortalama olarak sırasıyla 2.5 ve 2.2'dir. Ayrıca CI değeri ise ortalama olarak 0.92 bulunmuştur. Eclipse verileri kullanılarak yapılan doz hesaplamasında PTV'nin 6FFF ışınlamada V95 ortalama dozu 57.99 Gy'dir. Kritik organ dozları akciğer için V5, V10, V20 ve ortalama dozları sırasıyla 16.74, 9.58, 3.69, ve 3.7 Gy; medulla için ortalama Dmax, 14 Gy'dir. Kalp ve özefagus için ortalama doz değerleri ise sırasıyla ortalama 2.6 ve 2.6'dir. Ayrıca CI değeri ise ortalama olarak 0.94 bulunmuştur. RayStation verileri kullanılarak yapılan doz hesaplamasında PTV'nin 6FF ışınlamada V95 ortalama dozu 56.95 Gy'dir. Kritik organ dozları akciğer için V5, V10, V20 ve ortalama dozları sırasıyla 16, 8.25, 2.02, ve 2.55 Gy; medulla için ortalama Dmax, 4.63 Gy'dir. Kalp ve özefagus için ortalama doz değerleri ise sırasıyla ortalama 1.52 ve 1.3'dir. Ayrıca CI değeri ise ortalama olarak 0.92 bulunmuştur. RayStation verileri kullanılarak yapılan doz hesaplamasında PTV'nin 6FFF ışınlamada V95 ortalama dozu 57.46 Gy'dir. Kritik organ dozları akciğer için V5, V10, V20 ve ortalama dozları sırasıyla 16.1, 8, 3.5, ve 2.46 Gy; medulla için ortalama Dmax, 4.68 Gy'dir. Kalp ve özefagus için ortalama doz değerleri ise sırasıyla ortalama 1.45 ve 1.3'dir. Ayrıca CI değeri ise ortalama olarak 0.975 bulunmuştur. Farklı TPS verileri ile elde edilen bu veriler karşılaştırıldığında PTV için CI ve V95 değerleri ayrıca akciğer için V5, V20 değerleri istatiksel olarak anlamlı bulunumuş ($p>0,05$). Bunlara ek olarak kalp, özefagus ve medulla dozlarıda istatiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p>0.05$).

TABLO

fff eclip		<%60	<%50	<%30	<20 Gy	<44 Gy	<26 Gy	<34 Gy		
HASTA	hasta no	TOT AKC V5 (%)	TOT AKC V10 (%)	TOT AKC V20 (%)	TOT AKC MEAN (cGy)	MEDULLA MAX (cGy)	HEART MEAN (cGy)	OZEFAGUS MEAN(cGy)	V95	CI
	AKC1	14	8	4	3.5	13	2.3	2.1	56.8	0.91
	AKC2	15.5	9.8	3.7	3.9	12.5	2.7	2.3	57.2	0.94
	AKC3	17.8	10.2	3.9	3.7	12.7	2.1	2	56.9	0.9
	AKC4	18.3	8.5	3.5	4	12.9	2.8	2.4	57.4	0.93
	AKC5	17	9.6	3.8	3.8	12.6	2.2	2.2	57.1	0.92
	AKC6	16.7	9.7	4.2	3.6	13.2	2.6	2.5	57	0.95
	AKC7	18.7	9.3	3.4	3.9	12.4	2.4	2.1	57.3	0.91
	AKC8	14.2	8.9	4.1	4.1	13.1	2.9	2.3	57.2	0.94
	AKC9	16.9	10.1	3.6	3.5	12.8	2	2	57.5	0.89
	AKC10	19.4	9.4	3.9	3.9	12.7	2.5	2.2	56.7	0.93
		17.2	9.49	3.83	3.8	12.8	2.5	2.2	57.03	0.92

DEĞER TABLOSU ÖRNEK

Sonuç: İki farklı TPS ve ışın modalitesi kullanılarak yapılan tedavi planlarının sayısal değerlerinin analizi sonucunda dozimetrik olarak anlamlı bir fark elde edilmiştir. Özellikle FFF mod ile ışınlamanın akciğer gibi inhomojen bir ortamda yüksek CI değeri vermesi hem Eclipse hem de RayStation'da görülmüştür. Ayrıca RayStation CC algoritması sayesinde inhomojen ortamda belirsizliği daha da azaltarak kritik organ dozlarının daha fazla düşmesini sağlamıştır. Bu çalışma dozimetrik olarak ölçümlerle de mutlaka desteklenmelidir.

Alan Boyutu Modülasyonlu Helikal Tomotherapy Simülasyonu

Seçkin Gündüz[1], Evren Ozan Göksel[1], Osman Artunç Türe[1], Halil Küçücük[1], Zeynep Özen[1], Ece Tek[1], Volkan Demircan[1], Alptekin Arifoğlu[1]

[1]Acıbadem Altunizade Hastanesi
[2]Acıbadem MAA Üniversitesi

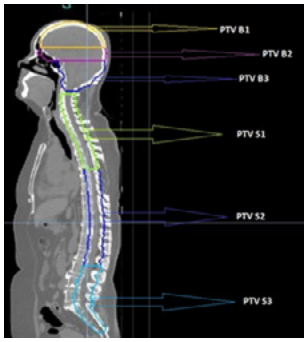
Seçkin Gündüz / Acıbadem Altunizade Hastanesi

Amaç: Günümüzde Tomotherapy ve Radixact cihazlarında longitudinal yönde üç adet alan boyutu seçeneği mevcuttur (1x40, 2.5x40 ve 5x40 cm) ve tedavi planlaması sırasında gantri dönüş hızı, pitch ve MLC hareketleri optimize edilirken alan boyutu sabit tutulur.

Fakat kraniospinal ışınlama gibi uzun segmentli vakalarda lensler gibi bazı kritik organlar alan boyutundan oldukça küçük olduğundan bu organların korunması zorlaşırken, daha küçük alan boyutu tercih edildiğinde tedavi süresi oldukça uzamaktadır. Bu çalışmada eğer tedavi planlaması sırasında alan boyutu da modüle edilebilseydi nasıl bir dozimetrik avantaj sağlardı konusu araştırıldı.

Yöntem: Daha önce Helikal Tomotherapy tekniği ile 5 cm'lik alan boyutu seçilerek (PTV Spinal + Beyin 5cm) kraniospinal ışınlama yapılmış 6 hasta çalışmaya dahil edildi. Planlamalar 12x3Gy fraksiyon şeması ile toplam 36 Gy olarak planlanmıştır. Hastaların 4 tanesi pediatrik, 2 tanesi yetişkin hastadır. Longititunal eksende PTV uzunluğu median 66,3cm'dir (45, 81). Her hasta için PTV yeniden düzenlenerek; gözleri daha iyi koruyabilmek için PTV B2 hedef yapısı oluşturulmuş, abdomen ve thorax bölgelerindeki kalp, böbrekler ve karaciğer kritik yapılarının daha iyi korunabilmesi için PTV S2 yapısı oluşturulmuştur (Şekil 1). Oluşturulan bu hedefler; hedef yapı ile kritik yapının longititunal eksende kesiştiği uzunluklarla sınırlandırılmıştır. Alan modülasyonu tekniğini simüle etmek amacıyla, önemli organların komşuluğunda bulunan PTV B2+S2 hedef yapıları için bölünmüş plan olarak 1cm'lik alan boyutu kullanılarak planlama yapılırken, korunacak önemli organların bulunmadığı bölgelerin komşuluğunda bulunan PTV B1+B3+S1+S3 hedefleri için tek plan içerisinde 2,5 ve 5 cm'lik alan boyutları ile iki ayrı planlamala yapılmıştır. Ayrıca, bütün hedef yapı (PTV Spinal + Beyin) için 2,5 cm'lik alan boyutuyla bir planlama daha yapılmıştır. Toplamda her hasta için 4 farklı plan elde edilmiştir (Tablo 1). PTV'ler bölünerek alan boyutu modülasyonu yapılan planlardan elde edilen kritik organ ve hedef hacim doz değerleri, PTV bölünmeden 2,5cm ve 5cm alan boyutuyla yapılan planlara ait doz değerleriyle karşılaştırılmıştır. Alan modülasyonlu teknik için tedavi sürelerini simüle etmemiz mümkün olmadığından veya tedavi sürelerini doğrudan toplamak yanıltıcı sonuç vereceği için bu çalışmada tedavi süreleri karşılaştırılmamıştır.

Şekil 1



Ptv Beyin ve Ptv Spinal hedeflerinin bölümleri

Bulgu: Alan boyutu modülasyonunu simüle ettiğimiz planlardan elde ettiğimiz doz değerlerini, sabit alan boyutu ile yapılan planlar ile karşılaştırdığımızda; alan boyutu modülasyonu tekniği ile hedef kapsaması ve homojenite ile ilgili değerlerde iyileşmeler olduğu görülürken, kritik organ dozlarında klinik olarak anlamlı olabilecek doz düşüşleri bulunmuştur (Tablo 1).

Tablo 1

Sabit alan boyutlu planlar ve alan boyutu modülasyonlu planlar için elde edilen PTV ve kritik organ doz değerleri.

Sonuç: Helikal Tomotherapy tedavi planlaması sırasında alan boyutu da modüle edilebilseydi, kritik organ dozlarında klinik olarak anlamlı sayılabilecek doz düşüşleri elde edebilirdik. Özellikle çoğunlukta olan pediatrik vakalar için kritik organ dozlarının daha önemli olduğunu düşünürsek, bu dozların mümkün olduğu kadar çok düşürülmesi daha da önemli hale gelmektedir. Bununla birlikte, alan boyutları küçüldükçe tedavi sürelerinin artacağını da göz ardı etmemek gerekir.

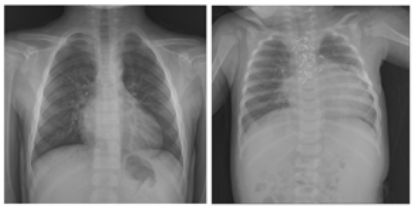
X-Işınları ile Elde Edilen Görüntülerin Derin Öğrenme Yöntemleri Kullanılarak Analizi ve Yapay Zeka ile Tanı Koyma Çalışmaları

Çağdaş Şimşek[1], Mehmet Onur Demirkol[1], Metin Uysalol[2]

[1]Koç Üniversitesi Hastanesi
[2]İstanbul Üniversitesi İstanbul Tıp Fakültesi
Çağdaş Şimşek / Koç Üniversitesi Hastanesi

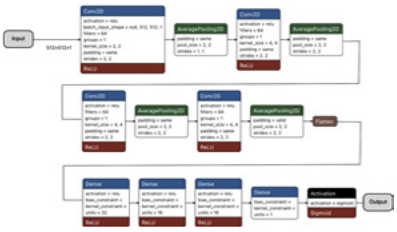
Amaç: Çocuklarda hastaneye başvuruların en sık nedeni solunum yolu enfeksiyonlarıdır. Bu hastalıklar arasında pnömoni dünya çapında önemli bir mortalite ve morbidite nedenidir. 2019 yılında beş yaş altı çocuk ölümlerinin yüzde 14'ü pnömoniden kaynaklandı. Yeni teşhis ile pnömoni tanısı alan çocukların çoğunun, tıbbi kaynakların az olduğu gelişmekte olan ülkelerde ortaya çıkması dikkat çekicidir. Bu nedenle doğru ve zamanında teşhis çok önemlidir. Göğüs röntgeni, düşük maliyeti, bulunabilirliği ve invaziv olmayan bir muayene yöntemi olması nedeniyle birçok akciğer hastalığının taranması ve teşhisinde kullanılan en yaygın radyolojik testlerden biridir. Bu görüntülerin tanımlanması öncelikle deneyimli hekimler gerektirir. Bu sorun tıbbi kaynakların sınırlı olduğu ve pnömonili çocuk ölümlerinin dünya ortalamasından yüksek olduğu bölgelerde daha da önem kazanmaktadır. Göğüs röntgenine dayanan otomatik yardımlı tanı araçlarının geliştirilmesinin radyologların verimliliğini artırabileceği, tıbbi maliyetleri azaltabileceği ve çocuklarda pnömoninin tanı ve tedavisini hızlandırabileceği düşünülmektedir. 18 yaş altı çocukların sınırlı sayıdaki göğüs röntgenlerine dayanarak pnömoniyi tespit edebilen evrişimli bir derin sinir ağı modeli geliştiriyoruz. Modelin sınıflandırma doğruluğunu artırmak için çeşitli görüntü ön işleme adımları kullandık. Oldukça yüksek bir doğrulama oranına ulaştık. Pressicion: 0,87 Recall: 0,95 F1 Score: 0,95 AUC Score: 0,94

Figure 1: Chest X-ray of a) Normal Child and b) Pneumonia Infected Child



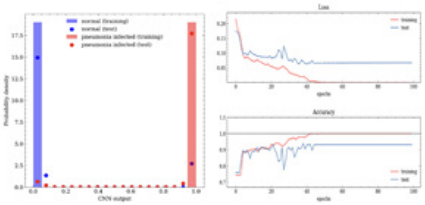
Yöntem: Bu çalışmada kullanılan veri kümesinde 18 yaş altı çocuklara ait 288 göğüs röntgeni görüntüsü bulunmaktadır. Tüm bu görüntüler İstanbul Üniversitesi Tıp Fakültesi hastalarının rutin klinik bakımları için çekildi. Görüntüler "normal" ve "pnömoni" enfeksiyonlu olarak etiketlendi (Figure-1). Hem bakteriyel hem de viral pnömoni, enfekte pnömoni olarak kabul edilmiştir. Verilerin hazırlanması sırasında doğru etiketler uzman radyologlar tarafından belirlendi. CNN (Convolutional Neural Network) öğrenimi için hem normal hem de pnömoni ile enfekte örnekler eğitim ve test alt örneklerine bölündü ve ardından bu alt örnekler içindeki görüntüler rastgele karıştırıldı. Pnömoni tespiti için önerdiğimiz metodoloji, bir DNN (Deep Neural Network) modelinin tahminleridir (Figure-2).

Figure 2: Layer Structure of Convolutional Neural Networks with Hyperparameters



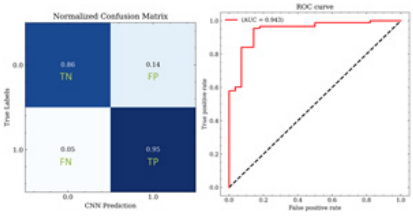
Bulgu: Bizim olgumuzda pnömoni ile enfekte vaka sayısı normal vaka sayısının 3 katıdır, bu da sınıflar arasında ciddi bir dengesizlik demektir. Figure-4 sağ üst grafik, hem eğitim hem de test örnekleri için dönemler boyunca kayıp değerlerinin gelişimini göstermektedir. Figure-4 sağ alt grafikte hem eğitim hem de test numunelerinin doğrulukları tekrar görülebilmektedir. Modelimiz nispeten küçük olsa dahi eğitim örneğine uyup uymadığını kontrol etmek gerekiyor. Modelin aşırı uyumunu araştırmanın bir yolu, eğitim ve test örneklerindeki sınıf etiketleri için model çıktı dağılımlarına ayrı ayrı bakmaktır. Belirli bir sınıf etiketinin dağılımı, eğitimler arasında farklılık göstermesi ve test numuneleri arasındaki bu farklılık, aşırı uyum modelinin açık bir göstergesidir. Figure-4 sol üst grafikte eğitim ve test örneklerinde normal ve pnömoni bulaşmış görüntüler için normalleştirilmiş CNN çıktı dağılımlarını ayrı ayrı gösteriyoruz. Eğitim için kullanılan örnek sınıflar arasında mükemmel bir şekilde dengelenmişse, doğruluk ölçüsü aşırı uyum sağlamayan bir modelin başarısı hakkında konuşmak için yeterlidir.

Figure 4: Loss -Accuracy Curves for both Training and Validation Sets during 100 Epochs and CNN Output Distribution



Sonuç: Eğitim seti için doğruluk %100'e ulaşırken, test örneği için doğruluk %93,1 ile platoya ulaşıyor. Hem normal görüntüler hem de pnömoni görüntüleri için eğitim ve test örneklerinden elde edilen dağılımlar arasında anlamlı bir fark gözlemlemiyoruz. Test örneği için elde edilen Karışıklık Matrisi: TN, TP, FN, FP sırasıyla Gerçek Negatif, Doğru Pozitif, Yanlış Negatif, Yanlış Pozitif anlamına gelir (Figure-3, sol). CNN (Convolutional Neural Network) modelinin ROC eğrisi ve bu eğrinin altındaki alan ise AUC puanını verir (Figure-3, sağ)

Figure 3: Normalized Confusion Matrix and ROC Curve



Karaciğer Sbrt Planlamada Vmat Ve Dcat Tekniklerinin Karşılaştırılması

Yaprak Erözmen[1]

[1]Yeni Yüzyıl Üniversitesi Gaziosmanpaşa Hastanesi

Yaprak Erözmen / Yeni Yüzyıl Üniversitesi Gaziosmanpaşa Hastanesi

Amaç: Çalışmamızda karaciğer SBRT hastalarının DCAT ve VMAT tekniğine göre dozimetrik karşılaştırması amaçlandı..

Amaç

Çalışmamızda karaciğer SBRT hastalarının DCAT ve VMAT tekniğine göre dozimetrik karşılaştırması amaçlandı.

Yöntem: Kliniğimizde daha önce tedavi edilmiş 10 karaciğer SBRT hastasının tomografi görüntüleri kullanıldı. Her bir hastaya non-koplanar düzlemde 6MV-FFF veya 10MV-FFF enerjilerinden biri kullanılarak Monaco planlama sisteminde planlar hazırlandı. Hedefin bulunduğu segmente bağlı olarak tam ark veya yarım rotasyonel alanlar tek tur olarak kullanıldı.

Yöntem

Kliniğimizde daha önce tedavi edilmiş 10 karaciğer SBRT hastasının tomografi görüntüleri kullanıldı. Her bir hastaya non-koplanar düzlemde 6MV-FFF veya 10MV-FFF enerjilerinden biri kullanılarak Monaco planlama sisteminde planlar hazırlandı. Hedefin bulunduğu segmente bağlı olarak tam ark veya yarım rotasyonel alanlar tek tur olarak kullanıldı.

Bulgu: VMAT tekniği uzun süredir SBRT tedavilerinde kullanılmaktadır. DCAT tekniği Monaco planlama sisteminde segment shape optimizasyonu, değişken doz hızı sayesinde hedefi VMAT yakın kapsama sağlamaktadır. Ayrıca DCAT tekniği optimizasyon sayesinde kritik organları MLC ile blokaj ederek hedefe yakın kritik organlarının dozunu azaltılabilmektedir. VMAT yerine DCAT tekniği ile karaciğer SBRT de %50'nin üzerinde tedavi zamanı ve MU azaltılarak VMAT'a yakın doz dağılımları elde edilebilmektedir.

Bulgu

VMAT tekniği uzun süredir SBRT tedavilerinde kullanılmaktadır. DCAT tekniği Monaco planlama sisteminde segment shape optimizasyonu, değişken doz hızı sayesinde hedefi VMAT yakın kapsama sağlamaktadır. Ayrıca DCAT tekniği optimizasyon sayesinde kritik organları MLC ile blokaj ederek hedefe yakın kritik organlarının dozunu azaltılabilmektedir. VMAT yerine DCAT tekniği ile karaciğer SBRT de %50'nin üzerinde tedavi zamanı ve MU azaltılarak VMAT'a yakın doz dağılımları elde edilebilmektedir.

Tablo 1 GTV ve PTV Doz Değerleri

		VMAT	DCAT
GTV	Dmin (cGy)	4419,4	4421,83
	Dmaksimum (cGy)	5242,6	5251,12
	Dmaksimum ortalama (cGy)	5068,12	5096,12
	Dmean (cGy)	5024,7	5046,05
	GI	5,4	5,006
PTV	Dmaksimum (cGy)	5511,7	5510,74
	Dmaksimum ortalama (cGy)	5446,7	5514,74
	Dmean (cGy)	4787,7	5065,14
	HI	1,498	1,392
	CI	0,910	0,9238
	EI	3,355	3,545

Tablo 2 Body ve Karaciğer-PTV Doz Değerleri

Sonuç: GTV de iki planlama tekniği ile benzer sonuçlar elde edildi. PTV de özellikle VMAT ile GI değerinde %5,4 daha düşük sonuçlar elde edildi (Tablo 1). Vücudun V2 doz yüzdesinde ile VMAT daha düşük değerler elde edilirken, V5 ve V10 doz yüzde değerlerinde benzer sonuçlar elde edildi (Tablo 2). PTV hariç karaciğer volümünün mean doz değerinde VMAT ile 371cGy elde edilirken, DCAT ile 389cGy elde edildi. 10Gy alan volümde ise benzer sonuçlar elde edildi (Tablo 2). DCAT planlama tekniği ile segment sayısında %46,8, tedavi uygulama zamanında %51,5 ve MU değerinde %57,9 oranında VMAT tekniğinden daha düşük değerler elde edildi.

Sonuç

GTV de iki planlama tekniği ile benzer sonuçlar elde edildi. PTV de özellikle VMAT ile GI değerinde %5,4 daha düşük sonuçlar elde edildi (Tablo 1). Vücudun V2 doz yüzdesinde ile VMAT daha düşük değerler elde edilirken, V5 ve V10 doz yüzde değerlerinde benzer sonuçlar elde edildi (Tablo 2). PTV hariç karaciğer volümünün mean doz değerinde VMAT ile 371cGy elde edilirken, DCAT ile 389cGy elde edildi. 10Gy alan volümde ise benzer sonuçlar elde edildi (Tablo 2). DCAT planlama tekniği ile segment sayısında %46,8, tedavi uygulama zamanında %51,5 ve MU değerinde %57,9 oranında VMAT tekniğinden daha düşük değerler elde edildi.

Radyasyondan Korunmada Mesafe ve Zırhlamanın Çalışanların Aldığı Radyasyon Dozu Üzerinde Etkisi

Gamze Berk[1], Pelin Arıcan1, Kenan Budak[1]

[1]Şişli Hamidiye Etfal Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Nükleer Tıp Bölümü, İstanbul

Gamze Berk / Şişli Hamidiye Etfal Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Nükleer Tıp Bölümü, İstanbul

Amaç: Hastaların radyofarmasötik enjeksiyonu ve sintigrafik görüntüleme sırasında SPECT/BT Ünitesi'nde çalışan hemşire ve teknikerlerin aldığı radyasyon dozuna zırhlama, zaman ve mesafenin etkisini kantitatif veriler ile göstermek ve radyasyondan korunmadaki önemini vurgulamaktır.

Yöntem: Çalışmamıza Tc99m ile işaretli radyofarmasötiklerin kullanıldığı miyokardperfüzyon sintigrafisi, kemik sintigrafisi, işaretli lökosit sintigrafileri için ünitemize gelen,1-24 mCi arasında intravenözradyofarmasötik enjeksiyonu yapılmış toplam 40 hastadan elde edilen 536 radyasyon ölçüm verileri dahil edildi. Enjeksiyon sonrası 0., 5., 60., 120. ve 180. dakikada, 0, 1 ve 4 metre uzaklıktan hastanın abdomen orta hizasından, önce koruyucusuz ve hemen ardından aynı mesafeden 2 mm kurşun koruyucu engel (tiroid koruyucu) konularak Geiger-Müller dahili dedektörlü radyasyon ölçer (TAEK marka NEB.250.D1 model)ile doz ölçümleri mikroSievert/saat olarak alındı.Elde edilen sayısal veriler Tc-99m in fiziksel ve biyolojik yarılanma süreleri göz ardı edilerek değerlendirilmiştir. Radyasyondan korunmada temel prensip olan mesafe için ters kareler yasası ve zırhlama için HVL yöntemi formülleri ile elde edilen değerlerin kontrolü sağlanmıştır.

Bulgu: Hastalarımızdan alınan doz hızı ölçümlerinde, maruz kalınan radyasyon şiddetinde aynı zaman ve mesafede koruyucusuz/2 mm Pb koruyucu ile ölçüm sonuçları oranları ortalamasına göre radyasyon şiddeti 3,73±1,51kat azalma ve %70,33±9,22 korunma sağlanmış olduğu görülmüştür. Koyucusuz ve 2 mm Pb koruyucu ile farklı mesafelerde alınan ölçüm sonuçları oranları ortalamalarına göre; 0m-1m için; 12,87±6,72 kat azalma ve %89,81±6,80 korunma, 0m-4m için; 212,25±294,38 kat azalma ve %99,1±0,88 korunma, 1m-4m için; 12,41±16,62 kat azalma ve %93,46±6,46 korunma sağlandığı görülmüştür.(Resim1.Hastalarımızdan alınan radyasyon doz hızı ölçümleri tablosu örneği)

Resim 1.a) Hastalarımızdan alınan radyasyon doz hızı ölçümleri tablosu örneği

1) hasta; adı soyadı				
zaman				
enjeksiyon anı	mesafe (m)	boş (µSv)	2 mm kurşun (µSv)	enjeksiyon yeri (µSv)
	0	101	31,2	220 (sağ el)
	1 m	7,4	3,14	
5. dk	mesafe	boş	kurşun (2 mm)	enjeksiyon yeri
	0	207	51,7	225
	1 m	10,3	3,35	
1. saat	mesafe	boş	kurşun (2 mm)	enjeksiyon yeri
	0	142	21,3	271
	1 m	5,77	2,3	
2. saat	mesafe	boş	kurşun (2 mm)	enjeksiyon yeri
rest dozu yap. Sonra	0	943	255	295
	1 m	43	13,8	
	4 m	7,2	1,83	
3. saat	mesafe	boş	kurşun (2 mm)	enjeksiyon yeri
	0	1260	314	315
	1 m	60,6	21,3	
	4 m	4,56	1,31	

Resim 1.b) Hastalarımızdan alınan radyasyon doz hızı ölçümleri tablosu örneği

	boş	pb	boş	pb	boş	pb
boş/pb	0 m /1 m	0 m /1 m	0 m/ 4 m	0 m/ 4 m	1 m / 4 m	1 m / 4 m
3,24	13,65	9,94				
2,36						
4,00	20,10	15,43				
3,02						
6,67	24,61	9,26				
2,51						
3,70	21,93	18,48	130,97	139,34	5,97	7,54
3,12						
3,93						
4,03	20,79	14,74	276,32	259,69	13,29	16,26
2,85						
3,48						

Resim 1.c) Hastalarımızdan alınan radyasyon doz hızı ölçümleri tablosu örneği

% KORUYUCLUK						
	boş	pb	boş	pb	boş	pb
boş/pb	0 m /1 m	0 m /1 m	0 m/ 4 m	0 m/ 4 m	1 m / 4 m	1 m / 4 m
69,11	92,67	89,94				
57,57						
75,02	95,02	93,52				
67,48						
85,00	95,94	89,20				
60,14						
72,96	95,44	94,59	99,24	99,28	83,26	99,28
67,91						
74,58						
75,08	95,19	93,22	99,64	99,58	92,48	99,58
64,85						
71,27						

Sonuç: Çalışmamızda hastalardan elde edilen radyasyon doz hızı ölçüm sonuçları, hacimsel kaynak kullanılması ve randominasyonun tamamen sağlanamamasından dolayı, radyasyondan korunmada temel prensip yasalarına göre hesaplanan formalizasyon sonuçları ile tamamen uymasa da benzerlik göstermektedir. Nükleer Tıp Kliniği'nde özellikle hasta ile yakın temasta bulunan hemşire ve teknisyenler için zırhlama, zaman ve mesafenin radyasyon güvenliğinde önemi sayısal veriler ve kantitatif sonuçlar ile tekrar vurgulanmıştır.(Resim 2. Ölçülen radyasyon doz hızı ölçümleri sonuçları)

Resim 2. Ölçülen radyasyon doz hızı ölçümleri sonuçları

RADYASYON ŞİDDETİNDEKİ AZALMA		% koruyuculuk
koruyucusuz/ kurşun 2mm	3,73±1,51 kat	%70,33±9,22
mesafe		
0m / 1m	12,87±6,72 kat	%89,81±6,80
0m / 4m	212,25±294,38 kat	%99,1±0,88
1m / 4m	12,41±16,62 kat	%93,46±6,46

Nazofarenks Kanserinde AAA ve Acuros XB Agoritmalarının Foton Optimizer ve Progressive Resoluiton Optimizer Kullanılarak Dozimetrik Olarak Karşılaştırılması

Burak Başlangıç[1], Sezen Emek[2]

[1]Acıbadem Eskişehir Hastanesi
[2]Acıbadem Atakent Hastanesi

Burak Başlangıç / Acıbadem Eskişehir Hastanesi

Amaç: Nazofarengeal karsinom (NPC), nazofarenks yüzeyini kaplayan epitel hücrelerinden köken alan bir tümördür. Nazofarenks, konumu nedeniyle medulla oblongata, omurilik, gözler, orta ve iç kulak, parotis bezi, dahil olmak üzere son derece radyosensitif olan bir dizi anatomik öğe ile çevrilidir. NPC'nin iyi bilinen özelliği, komşu yapılara hızla yayılması ve bu nedenle hedef hacimlerin düzensiz yapıda olmalarıdır. Radyoduyarlılık, NPC ve komşuluğunda bulunan organlar için çok önemlidir. Gelişen VMAT gibi tekniklere ek olarak, AAA,AXB gibi algoritmalarda PRO ve PO gibi çözümleyiciler tedavilerin daha başarılı ve doğru olmasına katkı sağlamaktalar. Çalışma, NPC'nin radyoterapi planlamasında AXB, AAA algoritmalarının PRO, PO kullanılarak karşılaştırmasını amaçlamaktadır.

Yöntem: Çalışmada retrospektif olarak 15 nazofarenks hastası incelenmiş olup. Planlar 56/60/69,9 Gy, 212cGy/33frk doz şeması 10,350 ve 90 kolimatör açısı ile VMAT tekniği kullanılarak yapılmıştır .AAA ve PRO kullanılarak yapılan ilk plan daha sonra AAA-PO, AXB-PRO, AXB-PO ile hesaplanmış olup, oral kavite, parotis bezleri, larenks ve özefagus ortalama doz, spinal kord, beyin sapı toplam plan dozu doz maksimum olarak incelenmiştir. Toplam MU, hesaplama süresi ve V40,20Gy değerleride değerlendirilmiştir. Veriler, istatistiksel olarak Wilcoxon testi ile incelenmiştir.

Bulgu: AXB, PRO optize edici ile AAA'ya kıyasla bazı farklılıklar ortaya çıkardı. Mandibula dmaks. (ort.%1,81) spinal kordd maks. (ort.%0,91), larenks dort. (ort. %1,12), sağ ve sol parotisler (ort.%2,36, %1,48), V40Gy (ort. %1.8), hesaplama süresi (15'in 11'i, ort. %20) ve MU (%3,97). Beyin sapı dmaks (ortalama %0,44) ve plan dmaks. (11/15, ort.%0,5) için daha yüksek değerler gösterirken, Oral kavite, özefagus, V20Gy değerleri anlamlı değildir.Optimize edici olarak PO kullanıldığındaAXB, AAA'e göre daha iyi sonuçlar ortaya koymuştur. Mandibula dmaks. (ort. %1.91) spinal kord dmaks. (ort. %1,4), larenks dort.(ort. 1,45), sağ ve sol parotis (ortalama %2,66 ila %2,33), Beyin sapı dmaks.(ort. %0,5), özefagus dort. (ort. %0,78), V20Gy (ort.a %0,83) ve MU (ort. %7,07) daha düşük değerlere sahipken. Oral Kavite dort. ve plan dmaks. daha yüksek değerler göstermiştir (ort. %1,15 ve %0,6). V40Gy doz dağılımı ve hesaplama süresi değerleri anlamlı değildir.AXB algoritması kullanılarak PO ve PRO optimize edicileri kıyaslandığında belirleyici farklar elde edilememiştir. PO, Larenks dort. (ort. %1,1), sağ parotis bezi dort. (ort. %1,44), MU (ort. %8,35) için daha düşük değerlere sahipken mandibula dmaks. (ort. %1,1) PRO için daha iyi sonuç vermiştir.. Diğer parametreler çok benzer değerlere sahip olup anlamlı sonuçlara sahip değillerdir.AAA algoritması kullanıldığında ise PO, PRO'ya kıyasla daha iyi veriler sunmuştur.PO, Mandibula dmaks. (ort. %1), Oral kavite dort. (ort.%1), larenks dort. (ort.%0,87), özefagus dort. (ort.% 1), plan dmaks. (ort. %0,5), hesaplama süresi (ort.%7,6), MU (ort.% 6,15) için daha iyi değerler sunarken. Beyin sapı dmaks.(ort.%0,46), sol parotis (ort.%0,74), V40Gy (ort. %1) ise PRO lehinedir. Vertebra dmaks., sağ parotis, V20Gy ise benzer değerler göstermektedir.

PRO kullanılarak yapılan AAA ve AXB algoritmalarının istatistiksel değerleri

P< 0.05 Statistical significance	PRO / AAA-AXB
Mandible dmax.	P=0,001(AXB)
Spinal cord dmax.	P=0,005(AXB)
Oral cavity dmean dose	P=1,000 non statical significance
Larynx dmean dose	P=0,001(AXB)
Brain stem dmax.	P=0,020 (AAA)
esophagus dmean dose	P=0,124 non statical significance
Right parotid glad	P=0,001(AXB)
left parotid glad	P=0,002(AXB)
Plan Dmax.	P=0,006 (AAA)
V20Gy	P=0,790 non statical significance
V40Gy	P=0,013(AXB)
Calculation time	P=0,001(AXB)
MU	P=0,017(AXB)

PO kullanılarak yapılan AAA ve AXB algoritmalarının istatistiksel değerleri

P< 0.05 Statistical significance	PO / AAA vs AXB
Mandible dmax.	P=0,001 (AXB)
Spinal cord dmax.	P=0,001(AXB)
Oral cavity dmean dose	P=0,011 (AAA)
Larynx dmean dose	P=0,012 (AXB)
Brain stem dmax.	P=0,027(AXB)
esophagus dmean dose	P=0,020 (AXB)
Right parotid glad	P=0,001 (AXB)
left parotid glad	P=0,001(AXB)
Plan Dmax.	P=0,002 (AAA)
V20Gy	P=0,001 (AXB)
V40Gy	P=0,100 non statical significance
Calculation time	P=0,125 non statical significance
MU	P=0,001 (AXB)

Acuros XB algoritması kullanılarak yapılan PRO ve PO optimizer planlarının istatistiksel değerleri

P< 0.05 Statistical significance	AXB / PO-PRO
Mandible dmax	P=0,001(PRO)
Spinal cord dmax.	P=0,132 non significance
Oral cavity dmean dose	P=0,865 non significance
Larynx dmean dose	P=0,031 (PO)
Brain stem dmax.	P=0,065 non significance
esophagus dmean dose	P=0,158 non significance
Right parotid glad	p=0,001(PO)
left parotid glad	P=0,798 non siginificance
Plan Dmax.	P=0,109 non significance
V20Gy	P=0,100 non significance
V40Gy	P=0,112 non significance
Calculation time	P=0,394 non significance
MU	P=0,001 (PO)

AAA algoritması kullanılarak yapılan PRO ve PO optimizer planlarının istatistiksel değerleri

P< 0.05 Statistical significance	*AAA / PO-PRO*
Mandible dmax.	*P=0,0002(PO)*
Spinal cord dmax.	*P=0,191 non significance*
Oral cavity dmean dose	*P=0,028(PO)*
Larynx dmean dose	*P=0,011(PO)*
Brain stem dmax.	*P=0,001 (PRO)*
esophagus dmean dose	*P=0,41 (PO)*
Right parotid gland	*P=0,054non significance*
left parotid gland	*P=0,044 (PRO)*
Plan Dmax.	*P=0,0010 (PO)*
V20Gy	*P=0,755 non significance*
V40Gy	*P=0,004 (PRO)*
Calculation time	*P=0,0006 (PO)*
MU	*P=0,001 (PO)*

Sonuç: Çalışmada, algoritmalar ve optimize edicilerin olası klinik sonuçlarını araştırmaya çalıştık. DVH parametreleri, özellikle kemik yapılarda mandibula ve spinal kord gibi kemik yapılarda önemli farklılıklar ortaya koymuştur.. Sonuç olarak, AXB algoritması hem PO hem de PRO kullanıldığında AAA algoritmasına göre daha iyi sonuçlar vermiştir. PO ve PRO AXB algoritmasında fark yaratmazken, PO, AAA algoritmasında daha iyi veriler sunmuştur. Sonuç olarak, AXB algoritmasının kullanımı, klinikler için veri tutarlılığını artırarak hasta doz tahminini, daha az MU ve hesaplama süresi yönünde iyileştirebilir.

HDR Vajinal Brakiterapi Hastalarında Çok Kanallı Aplikatör ile Tek Kanallı Aplikatör'ün Forward Optimizasyon Ve İnvers Optimizasyon IPSA (Inverse Planning Simulated Annealing) Tekniklerinin Dozimetrik Karşılaştırılması

Sevecen Seyhun Nasır Can[1], Melike Pekyürek Varan[1], Makbule Doğan Eren[1], Özlem Yetmen Doğan[1]

[1]Kartal Dr. Lütfi Kırdar Şehir Hastanesi

Sevecen Seyhun Nasır Can / Kartal Dr. Lütfi Kırdar Şehir Hastanesi

Amaç: Brakiterapi,kanserli hücrelerin bulunduğu yere doğrudan ışın verebilmek için vücudun içine küçük radyoaktif kaynakların yerleştirilmesidir. Bu yöntemle hedef volüme yüksek doz verilirken normal dokular korunabilmektedir. Tek başına veya eksternal radyoterapi sonrası uygulanabilmektedir. Brakiterapi en sık jinekolojik kanserlerin tedavisinde kullanılmaktadır. Bu çalışmanın amacı, HDR vajinal brakiterapi'deçok kanallı aplikatör (multi-channel) ile tek kanallı aplikatör (single-channel)kullanılarak forward optimizasyon (manuel) ve invers optimizasyon (IPSA) teknikleri ile yapılan planlara ait doz-volüm histogram(DVH) değerlerinin hedef hacim ve normal dokular açısından dozimetrik olarak karşılaştırılmasıdır.

Yöntem: Çalışmaya 2020- 2023 tarihleri arasında SBÜ Kartal Dr. Lütfi Kırdar Eğitim ve Araştırma Hastanesi Radyasyon Onkolojisi Kliniği'ne başvuran ve eksternal radyoterapi sonrası brakiterapi uygulaması için çok kanallı aplikatör yerleştirilen endometriyum ve serviks tanılı toplam 9 hasta dahil edilmiştir. Hastaların çok kanallı aplikatör yerleştirilerek çekilen BT görüntülerinde, radyasyon onkoloğu tarafından riskli organlar ve hedef hacim tanımlamaları yapılmıştır. 9 hastanın toplam 30 fraksiyon tedavisi öncesinde BT çekimi yapılarak yeni tedavi planlaması yapılmıştır. Her BT çekimi sonrasında Nucletron cihazı Oncentra planlama sisteminde; çok kanallı aplikatör ile tek kanallı aplikatörün forward optimizasyon (manuel) ve invers optimizasyon (IPSA) teknikleri ile dört farklı plan tasarımı yapılmıştır. Elde edilen DVH üzerinden Planlanan Hedef Volüm (PTV) için,D2cc (2 cc'nin aldığı doz) ilevolümün %90 ve %95'nin aldığı doz (D90 ve D95) değerleri;riskli organlarda mesane için D0,1cc(Gy), D1cc(Gy), D2cc(Gy) ve V80(cc), rektum için D0,1cc(Gy), D1cc(Gy), D2cc(Gy) ve V70(cc), sigmoid kolon için D0,1cc(Gy), D1cc(Gy), D2cc(Gy) değerleri veri kayıt formuna işlenmiştir.Planlamalara verileri SPSS sürüm 20 üzerine kaydedilerek analizler yapılmıştır. Plan verilerinin karşılaştırmasında Friedman analizi uygulanmış, p değeri <0.05 olan sonuçlar anlamlı kabul edilmiştir. Friedman analizinde anlamlı farklılık tespit edilen parametrelerde farka sebep olan plan türünün tespiti için post-hocpairwise analiz yapılmıştır.

Bulgu: Yapılan analiz sonucunda, çok kanallı aplikatör ile tek kanallı aplikatörün forward optimizasyon (manuel) ve invers optimizasyon (IPSA) planları arasında PTV'nin D2cc, D90 ve D95 değerleri arasında anlamlı farkbulunamadı. Riskli organların analizinde, rektum için D0,1cc(Gy), D1cc(Gy), D2cc(Gy) ve V70(cc), sigmoid için D0,1cc(Gy), D1cc(Gy), D2cc(Gy) değerleri için yapılan analizlerde kullanılan applikatör anlamlı fark yaratmış olup çok kanallı applikatör planları ile daha düşük dozlar elde edilebilmiştir. Ancak aynı applikatör (çok kanallı) ile yapılan manuel ve IPSA planları arasında anlamlı farklılık saptanmamıştır. MesaneD0,1cc(Gy)için çok kanallı IPSA tekniği, tek kanallı manuel planlamadan; V80(cc) için çok kanallı manuel planlama, tek kanallı manuel planlamadan üstün bulunmuştur. Öte yandan, mesane D1cc(Gy), D2cc(Gy) için tek kanallı applikatör ile manuel planlama, diğer üç planlama tekniğine göre anlamlı daha yüksek dozlara sebep olmuştur.Analiz sonuçlarında anlamlı çıkan sonuçlar Tablo 1'de özetlenmiştir.

Tablo 1

Sonuç: Çok kanallı uygulama, tek kanallı uygulamaya göre rektum ve sigmoid kolon dozlarında düşüş sağlamaktadır, bu düşüş klinik olarak daha az ve daha hafif gastrointestinal toksisite avantajı sağlayabilir. Mesane dozları için ise çok kanallı applikatör ve/veya IPSA planlama yapılması daha iyi organ koruması sağlamaktadır.

Akciğer Adaptif Planların Dozimetrik Değerlendirilmesi

Yaprak Erözmen[1]

[1]Yeni Yüzyıl Üniversitesi Gaziosmanpaşa Hastanesi

Yaprak Erözmen / Yeni Yüzyıl Üniversitesi Gaziosmanpaşa Hastanesi

Amaç: Çalışmamızda adaptif radyoterapi uygulanmış 20 akciğer kanserli hastanın, ilk CT üzerine yapılan planları ve adaptif CT üzerine yapılan planlarının dozimetrik karşılaştırılması yapıldı. Ayrıca ilk planlar adaptif CT üzerine aktarılarak ve tekrar hesaplatılarak dozimetrik farklılıklar araştırıldı.

Amaç

Çalışmamızda adaptif radyoterapi uygulanmış 20 akciğer kanserli hastanın, ilk CT üzerine yapılan planları ve adaptif CT üzerine yapılan planlarının dozimetrik karşılaştırılması yapıldı. Ayrıca ilk planlar adaptif CT üzerine aktarılarak ve tekrar hesaplatılarak dozimetrik farklılıklar araştırıldı.

Yöntem: Kliniğimizde tedaviye görmüş 20 akciğer kanserli hastanın planları retrospektif olarak değerlendirildi. İlk ve adaptif planlar, 60Gy 30 fraksiyon olacak şekilde VMAT tekniği ile hazırlandı. Karşılaştırmada önce ilk plan ve adaptif plan GTV ve PTV dozları karşılaştırıldı. Kritik organ olarak da özofagus, kalp, spinal kord ve aort dozları karşılaştırıldı. Ayrıca Adaptif CT üzerine ilk plan aktarılıp hesaplatılarak hedef volüm ve kritik organlarda olası doz farkları belirlendi. Eğer bu hastalara adaptif tedavi kararı verilmeyip tedavi devam edilseydi doz dağılımının olası hedef ve kritik organ doz değerleri gösterildi.

Yöntem

Kliniğimizde tedaviye görmüş 20 akciğer kanserli hastanın planları retrospektif olarak değerlendirildi. İlk ve adaptif planlar, 60Gy 30 fraksiyon olacak şekilde VMAT tekniği ile hazırlandı. Karşılaştırmada önce ilk plan ve adaptif plan GTV ve PTV dozları karşılaştırıldı. Kritik organ olarak da özofagus, kalp, spinal kord ve aort dozları karşılaştırıldı. Ayrıca Adaptif CT üzerine ilk plan aktarılıp hesaplatılarak hedef volüm ve kritik organlarda olası doz farkları belirlendi. Eğer bu hastalara adaptif tedavi kararı verilmeyip tedavi devam edilseydi doz dağılımının olası hedef ve kritik organ doz değerleri gösterildi.

Bulgu: Akciğer Radyoterapisinde hedef volüm küçülmesi, akciğer volümündeki anatomik değişiklikler doz dağılımını önemli derecede etkilemektedir. Özellikle inhomojen doku geçişlerinin fazla olması hedef ve kritik organ dozlarında büyük değişikliklere yol açabilmektedir. Çalışmamızda hedef volümde %16'ya varan doz kapsamasında azalma hedef volümde etkin dozun yok olmasına, spinal kord maksimum dozun %16 artması komplikasyon riskini arttırmaktadır. Tedavinin her fraksiyon CBCT ile uygulanması, gerektiğinde adaptif kararı verilmesi kritik önemi vardır.

Bulgu

Akciğer Radyoterapisinde hedef volüm küçülmesi, akciğer volümündeki anatomik değişiklikler doz dağılımını önemli derecede etkilemektedir. Özellikle inhomojen doku geçişlerinin fazla olması hedef ve kritik organ dozlarında büyük değişikliklere yol açabilmektedir. Çalışmamızda hedef volümde %16'ya varan doz kapsamasında azalma hedef volümde etkin dozun yok olmasına, spinal kord maksimum dozun %16 artması komplikasyon riskini arttırmaktadır. Tedavinin her fraksiyon CBCT ile uygulanması, gerektiğinde adaptif kararı verilmesi kritik önemi vardır.

Tablo 1 GTV ve PTV Doz Değerleri

	GTV			PTV			
	D95 (Gy)	Dmean (Gy)	Dmax (Gy)	D95 (Gy)	Dmean (Gy)	Dmax (Gy)	HI
İLK PLAN	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
ADAPTİF PLAN	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
ADAPTİF OLMAYAN	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

Tablo 2 Kritik Organ Doz Değerleri

	Özofagus		Kalp		Spinal Kord	Aort
	Dmean (Gy)	Dmax (Gy)	Dmean (Gy)	Dmax (Gy)	Dmax (Gy)	Dmax (Gy)
İLK PLAN	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
ADAPTİF PLAN	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
ADAPTİF OLMAYAN	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

Sonuç: İlk planlama ve adaptif planlamada hedef volüm ve kritik organ dozları açısından benzer sonuçlar elde edildi. İlk planın adaptif CT üzerine atılarak hesaplatıldığında özellikle GTV'nin D95 doz kapsaması değeri 60Gy den 55Gy'e düşmektedir, PTV'nin D95 doz kapsama değeri de 60Gy den 50Gy'e düşmektedir. Minimum doz değeri ortalama %30 düşmekte, maksimum doz değeri de ortalama %5 artmaktadır. Özofagusun mean dozu ortalama 28,98Gy den 32,55Gy'e, kalbin mean dozu ortalama 11,11Gy den 12,51Gy'e artmış olduğu görüldü. Spinal kordun maksimum dozu da %16, aortun maksimum dozu ortalama %3,94 artmış olduğu görüldü.

Sonuç

İlk planlama ve adaptif planlamada hedef volüm ve kritik organ dozları açısından benzer sonuçlar elde edildi. İlk planın adaptif CT üzerine atılarak hesaplatıldığında özellikle GTV'nin D95 doz kapsaması değeri 60Gy den 55Gy'e düşmektedir, PTV'nin D95 doz kapsama değeri de 60Gy den 50Gy'e düşmektedir. Minimum doz değeri ortalama %30 düşmekte, maksimum doz değeri de ortalama %5 artmaktadır. Özofagusun mean dozu ortalama 28,98Gy den 32,55Gy'e, kalbin mean dozu ortalama 11,11Gy den 12,51Gy'e artmış olduğu görüldü. Spinal kordun maksimum dozu da %16, aortun maksimum dozu ortalama %3,94 artmış olduğu görüldü.

Akciğer Kanserli Hastalarda Stereotaktik Vücut Radyoterapisinde Adaptif Marj Uygulanarak Farklı Tedavi Tekniklerinin Karşılaştırılması

Osman Öztürk[1], Füsun Çetin[2], Vildan Kaya[1], Melek Asan[1], Ayşen Yeşim Yalçın[1]

[1]Medstar Antalya Hst Radyasyon Onkolojisi Kliniği-Memorial Sağlık Grubu
[2]İstanbul Aydın Üniversitesi, Sağlık Fiziği Anabilim Dalı

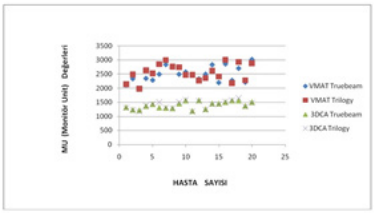
Osman Öztürk / Medstar Antalya Hst Radyasyon Onkolojisi Kliniği-Memorial Sağlık Grubu

Amaç: Bu çalışmada, akciğer kanserli hastaların tedavisinde kullanılan volümetrik ark terapi (VMAT) ve adaptif marj verilerek uygulanan üç boyutlu konformal ark radyoterapi (3DCA)'nin, Varian Trilogy ve Varian Trubeam cihazlarında dozimetrik olarak karşılaştırılması amaçlandı.

Yöntem: Araştırmaya, 2017-2019 yılları arasında, Medstar Antalya Hastanesinde, histopatolojik olarak tanısı doğrulanmış küçük hücreli dışı akciğer kanserli (KHDAK), stereotaktik vücut radyoterapisi (SBRT) uygulanan 20 hasta dahil edildi. Hastalara tedavi pozisyonunda 3 fazlı bilgisayarlı tomografi (BT) görüntüleri alınarak, hedef hacim ve riskli organlar konturlandı. Tedavi planı Varian Truebeam 2.0 model ve Varian Trilogy cihazlarında, sırası ile version 13.0.26 ve 10.0.28, Eclipse tedavi planlama sisteminde, analitik anizotropik algoritma (AAA) ile tüm hastalarda 6 Mv foton enerjisi, doz hızı 600 olacak şekilde SRS-Ark modu seçildi. Hasta etrafında iki tam ark (3600) rotasyonel, ark açıları saat yönünde (CW) 00 ile 1800 ve saat yönünün tersinde (CCW) 1790 ile 00 arasında tedavi planları oluşturuldu. Hasta etrafında iki tam ark (3600) rotasyonel, ark açıları CW yönünde 00 ile 1800 ve CCW yönünde 1790 ile 00 arasında tedavi planları, her iki derecede (20), bir kontrol noktası oluşturularak optimizasyon yapılmadan hesaplama yapıldı.

Bulgu: Çalışmamızda, KHDAK'li hastaların SBRT tedavilerinde, farklı tedavi cihazlarında, MU açısından Truebeam cihazında ve 3DCA tedavi methodu ile anlamlı ilişki olduğu gözlemlendi. Sonuç olarak, KHDAK'li hastaların SBRT'sinde 3DCA tedavi tekniğinin, VMAT'a göre tedavi planlama süresi, planlama tekniği açısından daha faydalı olduğu için tercih edilebileceğini düşünmekteyiz.

Sonuç: Küçük hücreli dışı akciğer kanseri tanısı konulmuş hastaların, her iki tedavi cihazında yapılan, VMAT ve 3DCA tedavi planlama methodları arasında, kritik organ dozları ve MU (Monitör Unit) açısından aralarında istatiksel olarak anlamlı bir ilişki gözlemlendi (Tablo 1, Şekil 1).



Şekil 1. Dört farklı planlama için monitör unit (MU) değerleri açısından elde edilen grafik

Tablo 1

Parametre	VMAT Truebeam	VMAT Trilogy	3DCA Truebeam	3DCA Trilogy
MU	2473,65(1958-3011)	2550,50(1980-3004)	1392,90(1188-1567)	1402,25(1168-1646)

Tablo 1. Dört farklı planlama için monitör unit (MU) değerleri

Sol Meme Kanseri Radyoterapisinde LAD ve LV Kardiyak Altyapılarının Plan Optimizasyonuna Dahil Edilmesinin Araştırılması

Aykut Oğuz KONUK[1], Umut DİREMSİZOĞLU[1], Ayşegül ÜNAL KARABEY[1], Gülşah ÖZKAN[1], İbrahim Halil SUYUSAL[1], Berna TIRPANCI[1], Nezihan ATEŞ[1], Ayşegül ÜCÜNCÜ KEFELİ[1]

[1]Kocaeli Üniversitesi Hastanesi Radyasyon Onkolojisi

Aykut Oğuz KONUK / Kocaeli Üniversitesi Hastanesi Radyasyon Onkolojisi

Amaç: Bu çalışmanın amacı, sol meme kanseri radyoterapisinde plan optimizasyonuna sol ventrikül (LV) ve sol ön inen koroner arter (LAD) kalp altyapılarının eklenmesinin dozimetrik değerlendirilmesi.

Yöntem: Merkezimizde radyoterapi alan 53 sol meme kanserli hasta retrospektif olarak değerlendirildi. Her hastaya bilgisayarlı tomografi görüntüleri üzerinden radyasyon onkoloğu ile LV ve LAD kardiyak alt yapıları da dahil edildi. Bu görüntüler üzerinden Eclipse V13.6 tedavi planlama sistemi (TPS) kullanılarak iki parçalı hacimsel ayarlı ark tekniğiyle radyoterapi planları oluşturuldu. Oluşturulan planlarda sol akciğer, kalp, LAD ve LV kritik organlar olarak kabul edildi. Plan kabul kriteri ise hedef hacmin %95'i tanımlanan dozun (50 Gy) tamamını alacak şekilde kabul edilmiştir. Konvansiyonel planlar LV ve LAD koruma planları ile dozimetrik olarak karşılaştırılmıştır.

Bulgu: Sonuç olarak bu çalışmada sol meme radyoterapisinde hacimsel ayarlı ark terapi tekniğiyle yapılan tedavi planlamasının optimizasyonunda LV ve LAD koruyuculuğun etkileri gösterilmiştir.

Sonuç: Konvansiyonel planlar ile koruyucu planlar karşılaştırıldığında hedef hacim parametrelerinde ve kritik yapılara ilişkin değerlerde istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamadı ($p>0,05$). Ancak kalp (Dmean ve V5), lung (Dmean ve V20) ve kardiyak alt yapıları (LADmean, V15, D2 ve LVmean, V5, V23, D2) değerlendirildiğinde, LV ve LAD koruyucu planın anlamlı derecede daha iyi sonuçlar verdiği görüldü ($p<0,05$) .

Anahtar Kelimeler: Sol Meme Kanseri, Sol Ventrikül, Sol Ön İnen Koroner Arter

Tüm Meme Radyoterapisinde Farklı Foton Enerji Düzeylerinin Alan İçi Alan Tekniğine Etkisinin Araştırılması: Hasta Çalışması

Hande Ünal[1], Nina Tunçel[1], Timur Koca[1], Aylin Fidan Korcum Şahin[1]

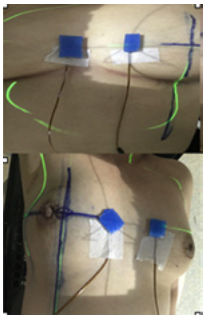
[1]Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı

Hande Ünal / Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı

Amaç: Bu çalışmanın amacı tüm meme radyoterapisinde alan-içi-alan (FIF) tekniğine farklı foton enerji düzeylerinin etkisinin planlama ve doz ölçümüyle araştırılmasıdır.

Yöntem: Kliniğimizde bulunan lineer hızlandırıcılar 4 MV ve 6 MV enerjili fotonlar sağlamaktadırlar. Böylece tüm meme tedavileri, tanjansiyel alan içi alan (tFIF) tekniği ile farklı enerjili fotonlar kullanarak MONACO tedavi planlama sistemi (TPS)'de tasarlanabilmektedir. Çalışmaya yeni tanılı 10 meme kanseri kadın hasta dahil edildi. Hastaların BT görüntüleri üzerinde hedef hacim (PTV) ve risk altındaki organ (OAR)'lar konturlandı. Tüm meme tFIF planları fraksiyon dozu 200 cGy olmak üzere 50 Gy için 4 MV ve 6 MV foton enerji düzeyleri ile tasarlandı. Tasarlanan tüm planların Dose-Volüme Histogram (DVH) verileri, Konformite İndeks (CI) ve Homojenite İndeks (HI) parametreleri istatistiksel açıdan değerlendirildi. Tedaviler klinik tarafından uygun görülen şekilde 4 hastada 4 MV ve 6 hastada 6 MV foton enerjisiyle uygulandı. Tedavisi onaylanan 10 hastanın ancak 9'unda in-vivo doz ölçümü Metal Oksit Alan Etkili Transistör (MOSFET) dozimetreler ile gerçekleştirilebildi. PTV' yi temsil eden medial alan merkezinde ve karşı memeyi temsil eden medial alan kenarından 2 cm uzaklıkta ölçüm konumları 5mm derinlikte olacak şekilde TPS'te belirlendi. Bu konumlara denk olmak üzere 5mm bolus kullanarak in-vivo doz ölçümleri hastalarda gerçekleştirildi ve ölçümler her hasta için 3 kez tekrarlandı. Seçilen konumların doz ölçüm sonuçları TPS hesaplamalarıyla karşılaştırıldı.

in-vivo doz ölçümleri



Bulgu: Çalışmaya dâhil edilen 10 hastanın tFIF planlarının enerjiye bağlı dozimetrik parametrelerinin değerlendirmesinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamadı. PTV dozunu temsil eden noktada gerçekleştirilen in-vivo ölçümlerde, TPS hesaplamaları ile ölçüm sonuçları arasında her iki enerjide de ortalama %0,01 fark (4 MV için % 1,5 ve 6 MV için % 0,8) görüldü. Karşı memeyi temsilen seçilen konumda 200 cGy fraksiyon dozu için ortalama ölçülen dozlar 4 MV için 17,07 cGy (15,48-18,62 cGy) iken 6 MV için 16,90 cGy (13,86-19,37 cGy) idi. Bu noktada elde edilen ölçüm doz sonuçları TPS hesaplamalarıyla karşılaştırıldığında 4 MV için ortalama %27,62 ve 6MV için % 25,95 fark bulunup, TPS' in eksik doz hesapladığı belirlendi.

Sonuç: Çalışmaya alınan 10 hastanın tFIF planlarında enerji düzeyine bağlı bir fark bulunamadı. Ölçülen karşı meme nokta dozları her iki enerjide de tedavi dozunun ortalama %8,5'i olarak tespit edildi. TPS' in alan dışı dozları düşük hesapladığı görüldü. Alan dışı dozun doğru bir şekilde belirlenmesi için in-vivo ölçümlerin yapılması tavsiye edilir.

Küçük Alanların Dozimetrik Parametrelerinin Gafkromik Film ile Ölçülmesi

Gül Taşkın[1], Hilal Acar Demir[2]

[1]Karadeniz Teknik Üniversitesi Radyasyon Onkolojisi AD
[2]Medipol Mega Üniversite Hastanesi Radyasyon Onkolojisi AD
Gül Taşkın / Karadeniz Teknik Üniversitesi Radyasyon Onkolojisi AD

Amaç: Bu çalışmada küçük alanlarda farklı hesaplama algoritmaları ile tedavi planlama sisteminde hesaplanan doz dağılımları ile gafkromik film kullanılarak ölçülen doz dağılımlarının karşılaştırılması amaçlanmıştır.

Yöntem: Çalışmamızda tedavi planlama sisteminde 6FF, 6FFF, 10FF, 10FFF foton enerjilerinde, 0.6x0.6, 1x1, 2x2, 3x3, 5x5, ve 10x10 cm2 alan boyutlarında, gantri ve kolimatör açıları 0° , SSD 100 cm olacak şekilde, Analytical Anisotropic Algorithm (AAA), AcurosXB Dm ve AcurosXB Dw hesaplama algoritmaları kullanılarak doz dağılımları hesaplatıldı. Oluşturulan doz dağılımları için daha sonra Truebeam STx 2.0 lineer hızlandırıcı cihazında RW3 katı su fantomları ve EBT3 gafkromik filmler kullanılarak ışınlamalar yapıldı. Profil ışınlamaları, her bir enerji için dmax, 5 cm ve 10 cm olmak üzere üç farklı derinlikte yapıldı.

Bulgu: Hesaplamalar ve ölçümler sonucunda yapılan rölatif doz gamma analizleri incelendiğinde, profil sonuçlarımızda en düşük uyum 10 cm derinlikte 10FFF enerjisinde 0.6x0.6 cm2 alan boyutunda AAA algoritmasında %93.9, yüzde derin doz (PDD) sonuçlarımızda 10FFF enerjisinde 0.6x0.6 cm2 alan boyutunda AAA algoritmasında % 93 olarak bulunmuştur. Output ölçümlerinde ise alan merkezinde nokta doz okumaları yapılıp algoritmalarla yüzdelik farkları hesaplanmış olup, en yüksek fark 6MV foton enerjisinde 0.6x0.6 cm2 alan boyutunda AAA algoritmasında %10.69 olarak bulunmuştur. Algoritmalar arasında en büyük fark, profil sonuçlarımızda dmax derinliğinde 10MV enerjide 1x1 cm2 alan boyutunda %1.5, yüzde derin doz sonuçlarımızda 10FFF enerjide 5x5 cm2 alan boyutunda %2 ve output absolute doz ölçüm sonuçlarımız da ise 6MV enerjide 0.6x0.6 cm2 alan boyutunda %10.7 bulunmuştur. Yapılan analizler sonucunda doz profil, yüzde derin doz ve output verileri bize radyasyon alanı küçüldükçe doz hesaplama algoritmasının alınan ölçümlerle uyumunun düştüğünü göstermektedir. Çalışmamızda Eclipse TPS algoritmaları arasında en doğru sonuçları AXB Dw göstermiş olup, AAA algoritması AXB algoritmasına göre düşük uyumlar vermiştir.

Sonuç: Çalışmamızın sonuçları, Eclipse tedavi planlama siteminde kullanılan 3 farklı doz hesaplama algoritması kullanılarak hesaplanan doz dağılımları için analiz edilen output, PDD ve doz profilleri için hesaplanan ve ölçülen dozlar arasındaki uyumun, ışınlama alanı küçüldükçe azaldığı görülmüştür. Doz hesaplama algoritmaları arasında, ölçüm sonuçları ile en uyumlu sonuçlar AXB Dw hesaplama algoritması için hesaplanan doz dağılımları için elde edilmiştir.

Cheesefantom Hu(Hounsfield Unit) Değerinin Hu Değeri-Mass Density Tablosunaeklenmesinin Tomotherapy Absolute Doz Ölçümüne Etkisi

Nazan Dede Karakoc[1], Betul Kahraman[1], Emriye Algul[1], Doc. Dr. Gokhan Yaprak[1]

[1]Dr Lutfi Kirdar Sehir Hastanesi

Nazan Dede Karakoc / Dr Lutfi Kirdar Sehir Hastanesi

Amaç: Yakın zamanda yayınlanan AAPM (AmericanAssociation of Physical in Medicine) TaskGroup 306 (TG 306) raporuna göre;Tomotherapy sistemlerinde absolut doz ölçümleri için,cheese fantomun Bilgisayarlı Tomografi (BT) HU değerinin, tedavi planlama sistemine (TPS) tanımlanan BT HU değeri-massdensity tablosuna (IVDT) eklenmesi tavsiye edildi. (1)Bu çalışmada amaç, önerilen BT HU değerini IVDT'yeeklemenin klinik uygulamada ne kadar fark getireceğini ölçmektir.Standart lineer hızlandırıcılarda absolute doz ölçümleri 10x10(cm)^2sabit açık alanda su fantomu ile alınmaktadır (2),Tomotherapy için 10x10 cm alan açıklığı mümkün değildir ancak kendi limitleri içerisinde Machine QA bölümü kullanılarak bir sabit açık alan ölçümü almak, statik output kalibrasyonu yapmak mümkündür. Her ne kadar Tomotherapykullanıcıya sabit statik alan ışınlama imkanı sunsa da;bu şekilde yapılan absolute doz ölçümü, tedavi TPS'den gelen doz datalarını hesaba katmak için kullanılamaz.(3)Absolute doz ölçümü;cheesefantomun bilgisayarlı tomografisi üzerine,TG 148'de tarif edildiği şekilde yapılan TomoPhantom planlarının, cihazda iyon odası ile ölçülmesi ile yapılır.(3)Bu noktada TG306 raporuna göre;IVDT grafiğinde bir değerin %2 yanlış tanımlanması, 15cm derinlikte %1'lik doz hatası getirmektedir. Absolute doz kalibrasyonundaki sistematik hatayı azaltmak için, cheesefantom BT değerine karşılık gelen massdensity değerinin IDVT'ye1.013 g / (cm)^3 olarak tanımlanması gerekmektedir.(1)

Yöntem: Absolute doz ölçümü için TomotherapyPrecise Tedavi Planlama Sisteminde(TPS) oluşturulanTomoPhant IMRT QA planlarından Plan3_25mm_NonRSSs planı kullanılmıştır.Klinikte kullanılan planlamaIVDT'sikopyalalanarak önerilen 35HU≡1.013 g/(cm)^-3değeri grafiğe eklendi. Yeni IVDT kullanılarak plan tekrar çalıştırıldı. Ölçüm için beklenen değer, eski plan ve yeni plan için not edildi. Tomotherapy HDA cihazında her iki plan için, klinik rutininde kullanılan Standart ImagingExtradin A1SL iyon odası ve TomoElektrometerelektrometre ile absolute doz ölçümü alındı.Başınç-sıcaklık düzeltmesi ve NDW hesaba katılarak absolute doz hesaplandı.

Cheese Phantom

Cheese Phantom

Bulgu: TaskGroup 306 raporunda tavsiye edilen IVDT düzeltmesini yapmanın, Tomotherapy cihazı absolute doz verimi doğruluğuna katkısı görülmüştür.

Sonuç: IVDT'sinecheesefantom BT HU değeri tanımlanmış olan ve tanımlanmamış olan planlarda sırası ile, TPS'den gelen doz verisi ve ölçüm ile elde edilen absolute doz arasında aynı yönde %0,2'lik ve %1,1'lik fark olduğu görülmüştür.Planlama Değeri (Gy)Ölçüm Değeri (Gy)Fark (%)Cheese FantomBT değeri yok2,02682,02260,2Cheese FantomBT değeri var2,02552,00211,1

1IVDT'sinecheese fantom BT HU değeri tanımlanmış olan ve tanımlanmamış olan planların absolute ölçüm verileri

Prostat Kanseri Tedavisi Gören Hastaların Mesane Hacimlerinin İncelenmesi

Aslı Sabah[1], Burak Baturalp Çontu[2], Yiğit Ali Üncü[3], Hüseyin Ordu[1], Serap Akyürek[2], Cengiz Kurtman[2]

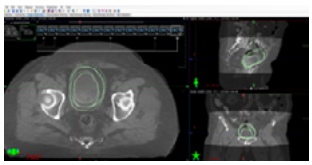
[1]Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyasyon Onkolojisi, Denizli Onkomer
[2]Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyasyon Onkolojisi, Ankara
[3]Akdeniz Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Antalya

Aslı Sabah / Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyasyon Onkolojisi, Denizli Onkomer

Amaç: Abdominopelvik radyoterapi (RT) uygulamalarında akut ve kronik genitoüriner yan etkiler önemlidir. Prostat kanserinde IMRT, mesane doldurma ve IGRT uygulamaları riskli organ dozlarını düşürmekte yararlıdır. Bu araştırmada mesane doluluğunun plan ve tedaviye uyumu incelendi.

Yöntem: 2020 yılı sonrası 50 prostat vakası için toplamda 500 CBCT yapıldı ve karşılaştırıldı. Hastalara 1 litre su içirilip yarım saat beklemeleri için eğitim verildi. Mesane hacimleri, referans CT ve CBCT arasında kıyaslandı. Veriler GraphPAdPrism 8 programı ile analiz edildi. Hastaların doluluk hissinin günden güne değişkenlik göstermesi nedeniyle bir güven aralığı hesaplandı.

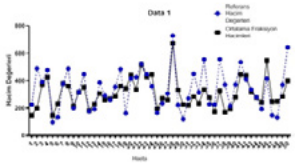
Referans CT üzerinde Mesane Hacimleri



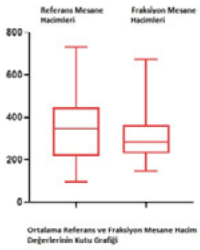
Bulgu: Prostat kanserinde; IMRT, VMAT ve IGRT teknikleri kullanılarak uygulanan tedavilerde, yan etkilerin önlenmesi için, mesane doldurma protokolü ile her fraksiyonda tutarlı mesane volümü elde edilerek tedavi marjlarını dar tutmak ve riskli organ dozlarını düşürmek hedeftir. Bu araştırmada da tedavi edilen hastaların protokole uygun hazırlanıp tedavi edildiği gözlendi.

Sonuç: 50 vakanın planlama CT mean mesane volümü 433.9cc (96.4-739.3 cc) ve 500 CBCT mean mesane volümü 308.31 cc (147.3-670.3 cc) dir ($p<0.05$). Güven aralığı standart sapma kullanılarak hesaplandı, standart sapma miktarı azaldıkça güven aralığı daralmaktadır .Çalışmadaki mesane hacimlerinin referans değerlerdeki güven aralığı 296.5 – 379.6 cc, fraksiyonlar arası güven aralığı 277.6 – 339.0 cc saptandı.

Mean Mesane Volümlerinin Değişimleri



Mean Mesane Volümlerinin Kutu Grafiği



Gamma Plan Doz Optimizasyon Aracı Yeterince Verimli Mi?

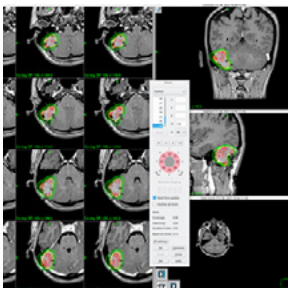
Mehmet Orbay ASKEROĞLU[1], Selçuk Peker[1], Mustafa Yavuz Samancı[1], Ali Haluk Düzkalır[1]

[1]Koç Üniversitesi Hastanesi

Mehmet Orbay ASKEROĞLU / Koç Üniversitesi Hastanesi

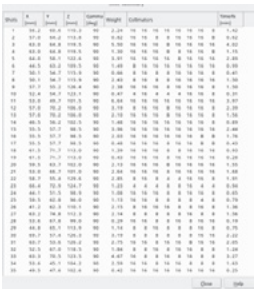
Amaç: Leksell Gamma Knife (LGK) Gamma Plan' ın inverse planning için kullandığı Lightning Dose Optimizer ın (LDO) izomerkez (shot) kullanımı veriminin büyük hacimli menenjiyom (MNG) planlamalarında incelenmesi.

Büyük hacimli MNG planlaması

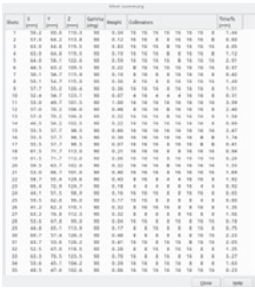


Yöntem: Daha önce manuel forward planning ile tedavi edilen 17 MNG hastası için LDO algoritması kullanılarak 4 ayrı inverse planlama yapıldı. Bu planlamalar için hacimleri 8,00 cm3 ile 15,00 cm3 arası değişen MNGs seçildi. Başlangıçta her bir hedef için LDO kullanılarak orjinal planlar yapıldı (PO). Orjinal planların izomerkez (shot) ağırlıklarının birden farklı olması sebebi ile orjinal planlar üzerinden bire normalize edilmiş planlar oluşturuldu (PN). Normalize edilmiş bu planlardan da sırasıyla önce 10% ve altındaki ağırlıktaki shotlar (PS 10%) ve sonra 20% ve altındaki ağırlıktaki shotlar kaldırıldı (PS 20%). Her bir hedef için LDO kullanılarak oluşturulan 3 (PN, PS 10%, PS 20%) tedavi planında coverage, gradient index (GI), Paddick's conformity index (PCI), selectivity, number of shots, beam on time kalite indexleri ile V2Gy , V5Gy düşük dozları karşılaştırıldı.

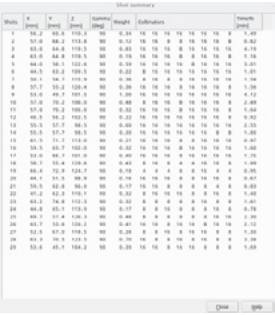
shot listesi



shot listesi



shot listesi



Shot summary

Shots	X [mm]	Y [mm]	Z [mm]	Gamma [deg]	Weight	Collimators							Time/fx [min]
1	56.2	60.6	110.3	90	0.34	16	16	16	16	16	16	8	1.49
2	57.0	66.2	113.8	90	0.12	16	16	8	8	16	16	8	0.82
3	63.0	64.8	119.5	90	0.83	16	16	16	8	16	16	16	4.19
4	63.0	64.8	119.5	90	0.19	16	16	16	8	8	16	8	1.16
5	64.0	58.1	122.4	90	0.39	16	16	16	16	8	16	16	3.01
6	66.5	63.2	109.5	90	0.22	8	16	16	16	16	16	16	1.61
7	56.1	54.7	115.9	90	0.36	8	16	8	8	16	16	16	1.94
8	57.7	35.2	126.8	90	0.36	16	16	16	8	16	16	8	1.36
9	53.0	49.7	101.5	90	1.00	16	16	16	16	16	16	16	4.12
10	57.0	70.2	108.0	90	0.48	8	16	16	8	16	16	8	2.69
11	57.0	70.2	108.0	90	0.32	16	16	16	8	16	16	8	1.64
12	46.5	56.2	102.5	90	0.22	16	16	16	16	16	16	8	0.92
13	55.5	57.7	98.5	90	0.60	16	16	16	16	16	16	16	2.55
14	55.5	57.7	98.5	90	0.30	16	16	16	16	16	8	8	1.80
15	61.5	71.7	113.0	90	0.21	16	16	16	8	16	16	16	0.97
16	59.5	63.7	102.0	90	0.32	16	16	16	8	16	16	16	1.60
17	59.0	66.3	101.0	90	0.40	16	16	16	8	16	16	16	1.70
18	56.7	55.4	124.6	90	0.43	8	16	8	8	8	16	16	1.99
19	66.4	72.9	124.7	90	0.16	4	8	4	8	8	16	4	0.95
20	44.1	51.5	96.9	90	0.16	16	16	16	8	8	16	8	0.67
21	59.5	62.8	96.0	90	0.17	16	16	8	8	8	8	4	0.83
22	41.2	62.3	110.1	90	0.32	8	16	16	16	8	8	16	1.40
23	43.2	74.8	112.1	90	0.32	8	8	8	8	8	16	8	1.41
24	44.8	65.1	113.3	90	0.17	8	8	16	8	8	16	8	0.78
25	44.7	51.4	126.3	90	0.44	8	8	8	8	8	16	16	2.30
26	63.7	50.6	126.2	90	0.41	16	16	8	16	16	8	16	2.12
27	52.5	67.0	119.5	90	0.28	8	8	16	8	16	16	8	1.39
28	63.3	70.5	115.5	90	0.70	16	8	8	16	8	16	8	3.38
29	53.6	45.1	104.2	90	0.39	16	16	8	16	16	8	8	1.69

Close Help

Bulgu: Leksell GammaKnife Gamma Plan tarafından kullanılan Lightning Dose Optimizer alışılmıştan daha fazla sayıda shot kullanmakta fakat bu shotları gayet uygun şekilde kullanmaktadır. LDO nun bu başarısı hem tedavi planlama sürelerini kısaltmakta hem de hasta tedavi sürelerini kısaltarak hasta konforunu azaltırken klinik iş yükünün azalmasında da yardımcı olmaktadır. LDO ile oluşturulan yüksek kaliteli bu planlar tedavi sürelerinin düşürülmesinde büyük katkıda bulunmaktadır.

Sonuç: MNGs için yapılan planlarda PN, PS 10% için coveragelar arasında anlamlı bir fark yok iken PS 20% için coverage de anlamlı bir düşüş gözlendi. Plan kalite indexleri için 3 ayrı LDO planlaması için de GI, PCI, selectivity, number of shots, arasında bir fark bulunamadı. Bu planlamaların V2Gy , V5Gy düşük doz hacimleri arasında da anlamlı bir fark yoktu. Çalışmanın çıkış amacını oluşturan beam on time değerleri için de anlamlı bir fark bulunamadı.

Çoklu Beyin Metastazlarının Stereotaktik Radyocerrahi (SRS) Tedavi Planları İçin "Progressive Resolutıon Optimizer" (Pro) Ve "Photon Optimizer" (Po) Algoritmalarının Karşılaştırılması

Gülhan Çavdar[1], Mehmet Sıddık Cebe[2], Mustafa Büyükköse[1], Gökhan Poyraz[1]

[1]Medipol Mega Üniversite Hastanesi
[2]İstanbul Medipol Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü

Gülhan Çavdar / Medipol Mega Üniversite Hastanesi

Amaç: Gelişmekte olan teknolojiler, her alanda olduğu gibi radyasyon onkolojisi alanında da birçok yenilikle karşımıza çıkarmaktadır. Bu yeniliklerden biri olan Photon Optimizer (PO) optimizasyon algoritması, sahip olduğu üstün özellikleri ile Progressive Resolution Optimizer (PRO) optimizasyon algoritmasına alternatif olarak eclipse tedavi planlama sisteminde kullanılmak üzere geliştirilmiştir. PO algoritması, IMRT için kullanılan "Dose Volume Optimizer" DVO ile VMAT planları için kullanılan PRO'yu birleştirmektedir. Bu çalışma, PRO ile güncellenmiş yeni bir optimizasyon algoritması olan PO karşılaştırılarak avantajları, sınırlamaları ve benzerlikleri hakkında rehberlik sağlamayı amaçlamıştır.

Yöntem: Çoklu beyin metastazı tanısı ile kliniğimizde tedavi görmüş sekiz (8) hasta çalışmaya dahil edilmiştir. Bu hastaların tedavi planlamaları Volümetrik Ayarlı Ark Tedavi (VMAT) tekniği kullanılarak Eclipse 13.0. PRO ve Eclipse 16.0 PO optimizasyon algoritmaları ile optimize edilmiştir. Ayrıca, PO ve PRO ile optimize edilen planlar, Anizotropik Analitik Algoritma (AAA)'sı ve aynı grid çözünürlüğü (1 mm) ile hesaplanmıştır. Her iki algoritmada da tüm planlar planlanan hedef volüm (PTV)'ün %95'i, dozun tamamını alacak şekilde normalize edilmiş ve her plan için aynı optimizasyon kriterlerini içeren bir şablon, müdahale olmaksızın kullanılmıştır. Yapılan planlara ait absolute doz dağılım değerlendirmesi için geçme kriteri gamma (3.0%, 3.0 mm) ve gamma (2.0%, 2.0mm) olarak belirlenen gamma index analiz sonuçlarına bakılmıştır.

Orijinal PRO ve yeniden optimize edilmiş PO planları, kritik organ dozları, toplam Monitör Unit (MU), PTV için hesaplanan Paddick Conformity indeksi (CI) ve gradyan indeksi (GI) klinik protokole uygun olarak karşılaştırılmıştır.

Bulgu: Hem PO hem de PRO optimizasyon algoritmaları ile optimize edilen planların tüm hastalar için kalite metrikleri elde edilmiştir. PO ve PRO optimizasyon algoritmaları toplam MU sayısı, CI ve GI index açısından anlamlı bir fark görülmemiştir. Fakat PO algoritması ile optimize edilen planlarda kritik organ (OAR) dozlarını klinik planlara göre % 0,4-132,88 oranında önemli ölçüde azaltmıştır.

Tablo1

	Doz (cGy)	L Lens	R Lens	Kiasma	Brainstem	L Optik Nerve	R Optik Nerve	Total MU	Gamma (3.0 %, 3.0 mm)	Gamma (2.0 %, 2.0mm)	GI Index	CI Index
1.HASTA	PRO 16.0	2.08	1.69	5.56	18.61	4.16	2.58	2675	99.9	99	2.65	0.8
	PO 16.0	1.19	1.17	2.55	17.45	2.02	1.88	2001	99.8	99.4	2.98	0.81
	%Fark	**74.78**	**44.64**	**118**	**66.47**	**105.94**	**36.71**	**33.68**			**1.51**	**10.13**
2.HASTA	PRO 16.0	3.47	1.46	4.23	11.36	4.47	3.75	1879	100	92	3.02	0.87
	PO 16.0	1.49	1.45	2.34	11.41	3.06	3.25	1575	100	99.8	2.98	0.8
	%Fark	**132.88**	**0.69**	**80.76**	**0.4**	**52.61**	**22.22**	**16.45**			**1.34**	**8.75**
3.HASTA	PRO 16.0	2.15	1.7	5.53	22.95	3.19	3.16	1848	100	99.9	2.96	0.85
	PO 16.0	1.93	1.42	4.28	20.18	2.87	3	1818	100	99.9	2.94	0.88
	%Fark	**11.39**	**4.94**	**29.2**	**13.73**	**11.15**	**5.33**	**14.45**			**0.68**	**7.06**
4.HASTA	PRO 16.0	7.66	6.32	14.76	24.84	13.76	9.45	3256	99.3	97	3.3	0.92
	PO 16.0	6.95	5.42	13.62	27.45	17.39	9.3	4050	99.3	97.5	3.4	0.88
	%Fark	**10.25**	**15.46**	**8.59**	**9.55**	**34.46**	**6.99**	**19.4**			**0.97**	**6.97**
5.HASTA	PRO 16.0	2.4	1.18	3.41	3.84	3.41	3.41	2430	99.8	98	3.16	0.87
	PO 16.0	2.38	1.19	3.39	3.11	3.39	3.39	2931	98.9	97.8	3.25	0.88
	%Fark	**0.84**	**5.08**	**0.59**	**6.08**	**0.59**	**0.59**	**4.25**			**0.97**	**10.23**
6.HASTA	PRO 16.0	2.19	2.19	8.37	16.34	6.08	6.36	3161	98.5	97	3.11	0.87
	PO 16.0	2.05	2.19	8.73	16.11	5.64	5.69	3038	99.8	98	3.28	0.85
	%Fark	**6.83**	**0.78**	**4.12**	**1.37**	**7.8**	**11.77**	**4.06**			**0.96**	**2.35**
7.HASTA	PRO 16.0	1.89	3.65	7.06	11.39	4.14	10.62	2959	99.9	99.4	2.78	0.85
	PO 16.0	1.23	2.49	5.55	9.18	3.02	7.98	2984	99.9	98.9	2.75	0.9
	%Fark	**53.65**	**46.58**	**27.21**	**23.98**	**37.08**	**30.04**	**7.06**			**1.09**	**5.55**
8.HASTA	PRO 16.0	3.41	2.94	5.2	23.33	4.41	4.57	1472	99.9	99.3	3.4	0.86
	PO 16.0	3.31	2.82	5	22.42	4.47	4.02	1515	99.9	99.3	3.36	0.88
	%Fark	**3.02**	**4.25**	**4**	**4.05**	**1.34**	**13.68**	**2.84**			**1.19**	**3.41**

PO ve PRO optimizasyon algoritmaları ile optimize edilen planların tüm hastalar için kalite metrikleri

Sonuç: Bu çalışmada iki farklı optimizasyon algoritması (PO ve PRO) verisi kullanılarak birbirine benzer yapılan tedavi planlarının sayısal değerleri analiz edilmiştir. Kritik organların aldığı maksimum dozlar ele alındığında bütün hastalar için iki optimizasyon algoritması (PO ve PRO) arasında istatiksel olarak anlamlı farklar bulunmuştur ($p<0.05$). Üç-boyutlu (3D) uzayı farklı şekilde modelleyen iki optimizasyon algoritması (PO ve PRO) için planlar karşılaştırıldığında PO'nun PRO'ya kıyasla, hedef volümde benzer derecede bir doz konformitesi ile normal dokuları daha fazla koruyabilen VMAT tedavi planları hazırlayabildiği görülmüştür.

Prostat Radyoterapisinde Gantry Dönüş Hızının Ve Doz Hızının Mesane Hacmine Etkisinin Araştırılması

Esra Serin[1], Kudret Akçay[1], Süheyl Bağcı[2], Evrim Metcalfe[3]

[1]İstanbul Medipol Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Sağlık Fiziği Anabilim Dalı
[2]Medipol Bahçelievler Hastanesi Radyasyon Onkolojisi Kliniği
[3]Medipol Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı

Esra Serin / İstanbul Medipol Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Sağlık Fiziği Anabilim Dalı

Amaç: Prostat radyoterapi tedavilerinde mesane doluluğu hastanın tedavi yan etkisi ve tedavi plan doğruluğu için önemli bir kriterdir. Hastanın cihazda bulunduğu süreye bağlı olarak mesane doluluğu hastanın tedavisi devam ederken hızla değişmektedir. Bu durum tedavi plan kalitesini ve hasta yan etkisini doğrudan etkilediği için hastanın tedavide kalma süresi önemlidir. Bu çalışmanın amacı cihaz gantry dönüş hızı ve doz hızının tedavisi süresine etkisini belirleyerek bunun hasta mesane doluluk değişimi ve hasta konforuna etkisinin incelenmesi.

Yöntem: Çalışma için kliniğimizde tedavi görmüş 3 prostat hastası seçilmiştir. Tüm hastalara supine pozisyonda 2 mm kesitlerle tedavi öncesi planlama CT'si çekildi. Hastaların hepsine eşit miktarda su verilerek mesane hazırlığı yaptırıldı. Görüntüler Eclipse 16 tedavi planlama sistemine aktarıldı. Tüm kritik organlar aynı dozimetrist tarafından çizildi. Hastaların planlaması için kliniğimizde bulunan Varian marka iki cihaz kullanıldı. Varian marka Truebeam STx cihazında ganty dönüş hızı 1 rpm Halcyon cihazında gantry dönüş hızı 4 rpm dir. 2 hastanın tedavisi Varian Truebeam STx cihazında 6 MV foton enerjisi 600 doz hızı kullanılarak 2 tam ARC tekniği ile yapıldı. 1 hastanın tedavisi ise Varian Halcyon cihazında 6FFF foton enerjisi 800 doz hızı kullanılarak 4 tam ARC tekniği ile yapıldı. PTV'lerin %95'inin reçetelendirilmiş tedavi dozunun tamamını kapsaması sağlanacak şekilde normalizasyon yapıldı.
Tüm hastalara tedavi öncesi CBCT (Cone Beam CT) görüntüsü alındı. Kabul edilebilir mesane doluluğuna ulaşan ve tedavi verilen hastalara hastaların belirlenen tedavi günlerinde tedavi alanları ışınlandıktan sonra tekrar CBCT çekilerek sisteme kaydedildi. Tedavi öncesi ve sonrası olmak üzere sisteme kaydedilen 2 CBCT görüntüsü üzerine kliniğimizde bulunan dozimetrist tarafından mesane çizilerek mesane hacimleri karşılaştırıldı.

Bulgu: Seçilen 3 hastanın ilk tedavi planlama CT'sine çizilen mesane hacimleri ile tedavi öncesi ve sonrası alınan CBCT görüntülerine çizilen mesane hacimleri karşılaştırıldı. Truebeam cihazında tedaviye giren ilk hasta için 5 fraksiyon boyunca ortalama tedavi süresi 3dakika 2saniye, CBCT mesane farkları karşılaştırıldığında ise iki mesane arası ortalama fark %22.70, aynı cihazda tedaviye giren ikinci hasta için 4 fraksiyon boyunca ortalama tedavi süresi 3dakika 10saniye CBCT görüntülerindeki mesane farkı ise %9.83 olarak bulundu. Halcyon cihazında tedaviye giren hasta için 5 fraksiyon boyunca tedavi süresi ortalama 2dakika 43saniye, CBCT görüntülerindeki mesane farkı ise ortalama %19.95 olarak hesaplandı.

Sonuç: Bu çalışmada, prostat radyoterapisinde, hastanın tedavisi boyunca modern görüntüleme tekniklerinden yararlanarak hasta mesane hacmindeki değişimin fark edilmesi ile hasta tedavi süresinin, tedavi doğruluğuna etkisi ortaya konmak istenmiştir. Sonuç olarak, iki cihaz arasındaki Gantry dönüş hızındaki fark ve doz hızındaki fark tedavi süresine yansımıştır. Truebeam cihazında 1rpm hızında 2 ARC kullanılarak yapılan planların tedavi süreleri ile Halcyon cihazında 4rpm hızında 4ARC kullanılarak yapılan planlardaki tedavi süreleri yaklaşık olarak benzer bulunmuş, tedavi süresi boyunca mesane hacmindeki değişimi oranları da aynı şekilde benzer olarak bulunmuştur. Bu benzerlik göz önünde bulundurulduğunda tedavi planları için eşit ARC sayıları kullanılması durumunda Halcyon cihazında tedaviye giren hastanın cihazdaki tedavi süresi yarı yarıya azalacaktır. Bu durum mesane hacminin değişimi de benzer oranda düşüreceği için hastanın tedavide kalma süresi ve tedavi kalitesi artacaktır. Çalışmamızın devamında aynı ARC sayısına sahip hastalara ait mesane hacimler arasında bir değerlendirme yapılarak cihaz dönüş hızı ve doz hızının etkisi daha net ortaya konacaktır.

Yeni Bir Normoksik Polimer Jel Dozimetre Geliştirilmesi

Türkan Alkan[2], Şeyda Kınay[2], Yoldaş Seki[3], Ayşegül Yurt[4]

[1]İzmir Ekonomi Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu
[2]Dokuz Eylül Üniversitesi, Medikal Fizik Anabilim Dalı
[3]Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Fakültesi, Kimya Bölümü
[4]Dokuz Eylül Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu

Türkan Alkan / Dokuz Eylül Üniversitesi, Medikal Fizik Anabilim Dalı

Amaç: Radyoterapi teknolojisindeki gelişmeler ile sağlıklı dokuları en iyi şekilde koruyarak tümöre yönelik doz değerlendirmesi yapmak mümkün olmuştur. Bu nedenle, yüksek hassasiyetli dozimetrik sistemlerin geliştirilmesi, geleneksel dozimetrelerin sınırlamalarının aşılmasında önemli bir rol oynar. Bu bağlamda, 3 boyutlu (3D) yüksek uzaysal çözünürlüklü doz dağılımlarının değerlendirilmesinde en umut verici araçlardan biri olan jel dozimetrinin geliştirilmesi büyük önem taşır. Bu çalışmanın amacı, yeni bir normoksik polimer jel dozimetre üretmektir.

Yöntem: Üretilen polimer jel dozimetrelerde, jel matriks olarak jelatin, monomer olarak 2-Hydroxyethyl Methacrylate (HEMA), çapraz bağlayıcı olarak 1-Vinyl-2-Pyrrolidinone (VP) ve Di(ethylene glycol) dimethacrylate (DEGDMA) ve antioksidan olarak Tetrakis (hydroxymethyl) phosphonium chloride (THPC) kullanıldı. Jel dozimetreler lineer hızlandırıcıda 6 MV X-ışını enerjisi kullanarak 11 Gy'e kadar 0.5 Gy aralıklarla ışınlandı. Jel dozimetrelerinin doz yanıtı, manyetik rezonans görüntüleme (MRI) kullanarak, su molekülü içindeki hidrojen protonlarının spin-spin gevşeme hızının (R2=1/T2) hesaplanması ile değerlendirildi.

Bulgu: Üretilen narmoksil polimer jel dozimetrelerde daha iyi doz yanıtı elde edilmesi için HEMA monomerine eşit oranlarda DEGDMA çapraz bağlayıcısı eklenebileceği, böylece jellerin stabilite ve doz duyarlılığının da arttığı bulunmuştur.

Sonuç: Sonuçlar, % 12 HEMA monomeri içeren jellerin % 10 ve % 14'e göre daha iyi doz yanıtına sahip (r2=0,81) olduğunu, HEMA'ya çapraz bağlayıcı olarak DEGDMA eklenmesiyle lineer bir doz yanıtı (r2=0,96) elde edildiğini göstermiştir. HEMA+VP'nin % 10, % 12 ve % 14'lük eşit oranda monomer içeren yüzdelerinde doz hassassiyeti 0.00003-0.0001 s-1Gy-1 aralığında değişirken, HEMA+DEGDMA'nın farklı oranlarındaki doz hassasiyeti 0.0002 s-1Gy-1 değerindedir.

Beyin Metastazlı Hastaların Tedavi Planlarının Gamma Knife ve Linac Tabanlı Radyocerrahi Teknikleri ile Dozimetrik Karşılaştırılması

Özlem Dağlı[1], Esil Kara[2], Yeliz Yalçın[3]

[1]1. Gazi Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Ana Bilim Dalı., Gamma Knife Ünitesi
[2]2. ONKO Ankara Onkoloji Merkezi
[3]3. Denizli Onkomer Özel Onkoloji Merkezi

Özlem Dağlı / 1. Gazi Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Ana Bilim Dalı., Gamma Knife Ünitesi

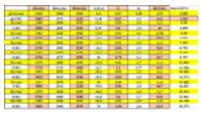
Amaç: Stereotaktik Radyocerrahi (SRS), beyin metastazı tedavisinde lokal kontrol oranı yüksek bir tedavi seçeneğidir. Gelişen teknoloji ile beraber SRS cihazlarında ve hesaplama tekniklerinde de gelişmeler kaydedilmiştir. Bu çalışmada beyin tümörlerinin SRS tedavilerinde iki farklı teknik ile tedavi planlarının dozimetrik özelliklerinin ve tedavi plan kalitelerinin karşılaştırılması amaçlanmıştır.

Yöntem: Bu çalışmada farklı hacimlerde beyin tümörlü hastalara Gamma Knife Perfexion ve Linac tabanlı SRS planlamaları için Monaco planlama sisteminde 1 coplanar, 3 noncoplanar demet ve 4 er arc ile VMAT SRS teknikleri ile tedavi planlamaları yapılmıştır. Tedavi planları tüm beyin için 12 Gy (V12) alan doku hacmi, Paddick konformalite indeksi (PCI), Gradient indeksi (GI) ve ışınlama süreleri (BOT) açısından karşılaştırılmıştır. Çalışmada farklı tümör hacimlerine sahip 10 hastaya her iki teknikle tedavi planlaması yapılmıştır. GK tedavi planlamalarında reçetelendirilmiş doz; tek fraksiyonda % 50 ısodoz hacmi kapsayacak ve 20 Gy doz verilcek şekilde planlama yapılmıştır. Daha sonra aynı hacimlere GK planlarına uygun tümör dozu elde edilecek şekilde Linac tabanlı VMAT SRS planları yapılmıştır. Tümör hacimleri Tablo1'de verilmiştir. Optimizasyon ve hesap işlemlerinden sonra her bir planlanan hedefin ve tüm beynin aldığı dozlar doz volüm histogramı (DVH) yardımıyla incelenmiştir. Plan kalite değerlendirmesinde Paddick (PCI) ve Gradient Index (GI) indeksleri kullanılmıştır. Bütün SRS planları için GI aralığı literatüre uygun olması için 2,9-5,9 arasında olması sağlanmıştır. PCI için alt limit 0,7 olarak belirlenmiştir.

Bulgu: Gamma Knife tedavi planlama sistemi ile yapılan planlamaların genelinde linac tabanlı SRS' e göre sağlam beyin dokusunda daha net periferik doz düşmesi olduğu bulundu. Tümör hacmi arttıkça belli hacimlere kadar Gamma Knife ile yapılan planlamalarda Linac tabanlı SRS' e göre tüm beyinin aldığı dozun daha düşük olduğu gözlendi. Tümör büyüklüğü 9,5-10 cm3 ün üstündeki hacimlerde Gamma Knife ile yapılan planlamada tüm beyinin aldığı dozlarda artış olduğu görüldü. Işınlama süreleri açısından ise; Linac ile yapılan planlamalarda tedavinin daha kısa sürede bittiği gözlendi. Tüm planların CI ve GI indeksleri arasında istatistiksel anlamlı fark bulunamamıştır ($p>0,05$).

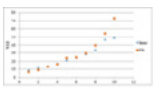
Sonuç: Küçük hacimli tümörlerde (9,5-10 cm3 altında) Gamma Knife SRS' in sağlam doku komplikasyonu açısından daha uygun olabileceği, hacim arttıkça fraksiyone radyoterapi yapılaması gelişebilecek komplikasyonları azaltmak açısından daha uyun olabileceği düşünülmektedir.

Tablo1



Tablo1. Gamma Knife ve Linac tabanlı Radyocerrahi teknikleri ile farklı hacimlerde tedavi planlamaları yapılan hastaların dozimetrik parametrelerinin karşılaştırılması

Grafik 1



Gamma Knife ve Linac tabanlı Radyocerrahi İle tedavi edilen hastaların tüm beyin 12 Gy (V12) alan doku hacimlerinin karşılaştırılması

Grafik 2

Grafik 2. Gamma Knife ve Linac tabanlı Radyocerrahi ile tedavi edilen hastaların tedavi sürelerinin karşılaştırılması

Cbct Tabanlı Adaptif Radyoterapi Deneyimlerimiz

İrem AYDIN[1], Öznur ŞENKESEN[2], Emine Burçin İSPİR[1]

[1]Acıbadem Ataşehir Hastanesi
[2]Acıbadem Mehmet Ali Aydınlar Üniversitesi

İrem AYDIN / Acıbadem Ataşehir Hastanesi

Amaç: Çalışmamızda kliniğimizin, çevrim içi CBCT tabanlı adaptif radyoterapi (ART) uygulamaları ile ilgili deneyimlerini paylaşmayı amaçladık.

Yöntem: Kliniğimizde Ekim 2022- Ekim 2023 tarihleri arasında ETHOS (versiyon 3.1, Varian Medical System, Inc., Palo Alto, CA) ART sistemi ile 22 hastanın 536 Fraksiyon tedavisi için çevrimiçi ART uygulanmıştır.Tedavi bölgelerine göre hasta sayılarımız;3 endometrium,3 Rektum,10 Prostat,3 Mesane,2 Serviks,1 SBRT Lenf Nodu.Adaptif RT uygulanan hastaların tedavi bölgelerine göre dağılımı şekil 1 de sunulmaktadır.Bu hastalarda planlama sürecinin başlangıç aşaması konvansiyonel radyoterapi planlama süreci ile benzerdir. Hastanın BT simülasyonu yapıldıktan sonra hedef hacim ve risk altındaki organlar (RAO) çizilmiştir.Bu aşamalar için Ethos tedavi planlama sistemi kullanılmıştır.Konturlama sonrasında tedavi planı hazırlama aşamasında hedef ve kritik organlar için adaptif plan optimizasyonu ve değerlendirmesi için kullanılacak olan amaçlar,sınırlamalar tanımlanmıştır.Optimizasyon sonrasında İstenen doz dağılımı ve dvh parametreleri elde edilecek şekilde hedefler ve öncelik sıralamaları değiştirilerek optimum plan elde edilmiştir.16 Hastada 1 hedef belirlenirken,6 hastada SIB dozu olacak şekilde iki farklı doz için hedef hacimler belirlenmiştir.Başlangıç aşamasında 9 alan IMRT planı yapılırken sonraki aşamada Ethos,belirlenen kriterleri kullanarak 7,9,12 alanlı IMRT ve 2-3 tam ark VMAT planı oluşturmaktadır.İstenen kriterlere göre optimum plan referans olarak seçilerek ve adaptif tedavide kullanılmak üzere kabul edilmiştir.Çevrimiçi ART uygulamasında,tedaviden hemen önce yapılan CBCT görüntülemede konturlar yapay zeka tarafından otomatik olarak oluşturulmuştur.Hedef hacim ve RAO konturları hekimin kontrolunden sonra,referans planın planlama hedefleri ve kısıtlamalarına göre optimizasyon ve hesaplama sonucunda ETHOS tarafından iki plan (schedule-adaptive) oluşturulmuştur.
Hedef hacim ve RAO geometrisinin değişmediği varsayılarak o günkü CBCT görüntülemede referans plan doz dağılımı (Schedule) ile hedef hacim ve riskli organ geometrisine göre yeniden optimize ve hesaplama yapılan (adaptive) plan doz dağılımları ve DVH değerleri karşılaştırmalı olarak ekranda görülmektedir. Adaptif planın istenen hedefi sağlayıp sağlamadığı kontrol edilerek uygun bulunması sonrasında,geçen süre içinde hasta set up pozisyon doğruluğunun ve intrafraksiyon pozisyon değişimini düzeltmek amacıyla ikinci CBCT çekilerek set up düzeltmesi yapıldıktan sonra tedavinin uygulanması gerçekleştirilmiştir.Çevrimiçi optimizasyon sürecinde optimizasyona müdahale edilememektedir.Tedavi öncesi hastaya özel kalite kontrol yanı sıra,çevrim içi adaptif planın kalite kontrolü,bu amaçla geliştirilmiş olan MLC log file analizi ile sonuç bildiren Mobius (Versiyon 4.0.2) yazılımı ile yapılmıştır.

Şekil 1.Adaptif RT uygulanan hastaların tedavi bölgelerine göre dağılımı

TEDAVİ ALANI	HASTA SAYISI
PROSTAT	10
ENDOMETRIUM	3
MESANE	3
SERVIKS	2
REKTUM	3
LENF NODU	1

Bulgu: Hastalarımıza ait 536 Fraksiyonda adaptif planlama sürecini belirlemek amacıyla 2 CBCT arasında geçen süre incelendiğinde prostat hastaları için ortalama 18 dakika,mesane hastaları için ortalama 15 dakika,serviks hastaları için ortalama 18 dakika,rektum hastaları için ortalama 16 dakika,endometrium hastaları için ortalama 21 dakika olduğu bulunmuştur.İkinci CBCT çekildiğinde set up düzeltmesinin yetersiz kaldığı organ hareketleri (mesane doluluğunun hedefin yerleşimini değiştirdiği ya da rektumda gaz birikmesi)olması tedavinin uygulanmasının mümkün olmadığı hastalar olması dikkat çekici bulunmuştur.6 hastada planlanan SIB dozu uygulamalarının planlama sırasında uygun şekilde tanımlandığında, adaptif plan optimizasyonun sonucunun başarıyla hesaplandığı tespit edilmiştir.ART hastalarının 2'sinde referans plan diğerlerinde adaptif plan uygulanmıştır.Referans plan uygulanan hastaların 1'inde tüm tedavi referans plan,diğerinde 1 fraksiyon referans plan diğer günler adaptif plan tercih edilmiştir.Başlangıçta 3 hastada VMAT tekniği (3 tam arc) tercih edilmiştir ancak VMAT'ın çevrimiçi adaptif plan oluşturulmasının zaman alması nedeniyle daha sonra tüm adaptif planlamalarda IMRT tekniği kullanılmıştır.

Sonuç: Kliniğimizde uygulanan çevrimiçi adaptif radyoterapinin hastaların tedavi kalitelerini önemli ölçüde iyileştirdiği,özellikle pelvik bölgede intrafraksiyon organ hareketlerini kompanse edecek şekilde tedavi planlarının adapte edilmesinin tedavi başarısını artırdığı tespit edilmiştir.

3D Yüzey Tarayıcı ile Düzleştirici Filtrenin Modellenmesi ve Monte Carlo Simülasyonu ile Geometrisinin Doğrulanması

Recep Kandemir[1,2]**,** Kadir Akgüngör3

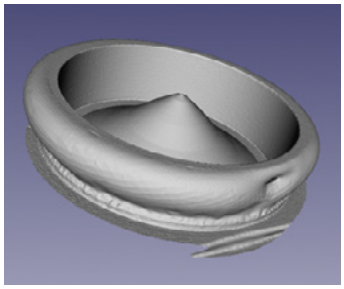
[1]Dokuz Eylül Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Radyoterapi Programı, İzmir
[2]Dokuz Eylül Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Medikal Fizik Anabilim Dalı, İzmir
[3]Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Fakültesi, Fizik Bölümü, İzmir

Recep Kandemir / Dokuz Eylül Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Radyoterapi Programı, İzmir

Amaç: Üç boyutlu yüzey tarama sistemleri tıbbın ve endüstrinin farklı alanlarında gerçek bir nesnenin geometrisini sayısallaştırarak dijital ortama aktarılmasını yüksek hassasiyetle sağlayan cihazlardır. Bu çalışmada, enerji ve doz dağılımı üzerine önemli etkisi olan düzleştirici filtre geometrisinin 3B tarayıcı ile taratılması, sayısallaştırılması ve Monte Carlo simülasyonu hesaplamaları ile modelin doğrulanması amaçlanmıştır.

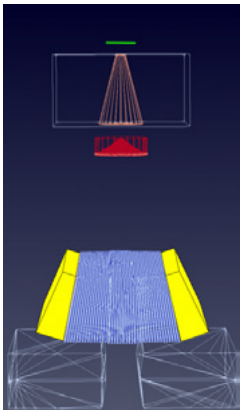
Yöntem: Elekta Synergy cihaz kafasında yer alan 6MV foton enerjisi için kullanılan düzleştirici filtre Artec3D marka Space Spider model 3 Boyutlu tarayıcı ile yüzey taraması yapıldı ve elde edilen model STL formatında kayıt edildi (Resim 1) . Elde edilen stl modeli Blender (v2.82) yazılımı kullanılarak gerçek boyutları belirlendi. Monte Carlo simülasyon hesaplamaları için Gamos 6.2.0 yazılımı kullanıldı. Monte Carlo geometrik modeline lineer hızlandırıcının hedef, primer kolimatör, düzleştirici filtre, Agility çok yapraklı kolimatör ve diyafram (jaw) geometrileri yaratılarak eklendi (Resim 2). Filtre geometrisinin enerji ve doz dağılımı üzerine etkisinin ölçümler ile karşılaştırılabilmesi için sanal su fantomu 90 cm SSD ile modellenerek Monte Carlo hesaplamaları yapıldı. Farklı alan boyutlarında (3x3,10x10, 30x30), 10 cm derinlikte profil ve merkez eksende yüzde derin doz karşılaştırmaları "Trapezoidal Rule (Yamuk)" yöntemi ile yapıldı.

Resim 1



Artec3D Space Spider ile sayısallaştırılan düzleştirici filtre geometrisi

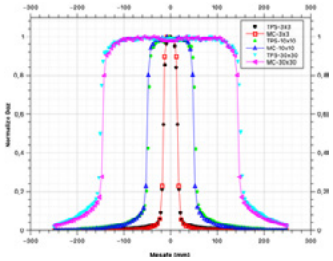
Resim 2



Elekta Synergy lineer hızlandırıcı cihazının GAMOS Monte Carlo modeli.

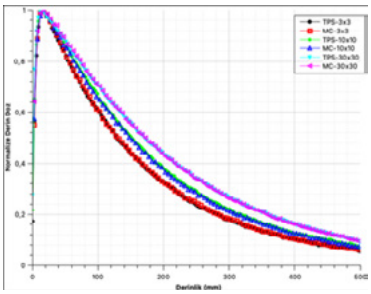
Bulgu: Sanal su fantomunda 10 cm derinlikte ve Cross-plane'de ; 3x3 ve 30x30 cm^2 alan boyutlarında doz profilleri (Resim 3) ile 10x10 cm^2 alan boyutunda merkez eksende alınan derin doz eğrileri (Resim 4) karşılaştırmalı analiz edildiğinde Monte Carlo hesaplamalarıyla ölçüm değerleri arasında sırasıyla %1.2, %1.1 ve %0.9 farklar elde edilmiştir.

Resim 3



Farklı alan boyutlarında Cross-plane'de profil karşılaştırılması

Resim 4

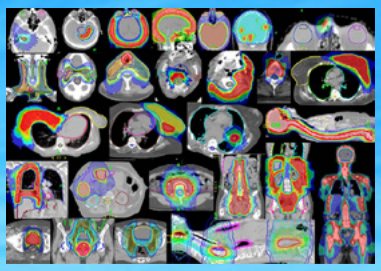


Farklı alan boyutlarında merkez eksende PDD karşılaştırması

Sonuç: Bu çalışma ile, lineer hızlandırıcı cihazlarında foton ışınlarının yüzey dağılımını düzleştirmek amacıyla kullanılan düzleştirici filtre geometrisi üç boyutlu hassas tarayıcı ile elde edilerek Monte Carlo simülasyonu ile geometrisi modellendi. Sanal fantom üzerinde yapılan Monte Carlo simülasyon hesaplamaları ile ölçüm sonuçları analiz edilerek karşılaştırıldığında %2'in altında farklar bulunarak üç boyutlu tarayıcı ile elde edilen geometrilerin Monte Carlo hesaplamalarında kullanılmasının uygun olacağı sonucuna varıldı.

Radyoterapi'de Üstün Teknoloji
TomoTherapy Tedavisi

Radixact®
by TomoTherapy



TomoTherapy
Tedavi Spektrumu

Yüksek Hassasiyette Hızlı Planlama, Hızlı Konturlama & Hızlı Tedavi

- ✓ **Helical Motion Synchrony;** Aktif Harekete Duyarlı Online Adaptif Radyoterapi opsiyonu
- ✓ **VOLO Ultra;** Premium düzey optimizasyon, tedavi hızlandırma ve tedavi geliştirme opsiyonu
- ✓ **Clear RT;** Helikal Fan Beam KVCT teşhis kalitesinde görüntüleme opsiyonu
- ✓ **Precision;** Tam entegre gelişmiş Planlama ve Konturlama opsiyonu
- ✓ **IDMS;** Entegre data yönetim sistemi, Entegre BT (Bilgisayarlı Tomografi) dedektörü sayesinde gerçek 3 Boyutlu görüntü alıp, Helikal yapısı sayesinde kusursuz tedavi sunar.
- ✓ Gold Standart IG-IMRT (Görüntü Rehberliğinde Yoğunluk Ayarlı Radyoterapi)
- ✓ Adaptif Radyoterapi, Radyocerrahi, SRS, SBRT ve SIB (Simultane Entegre Boost)
- ✓ Radyocerrahi, IG-IMRT, IMRT, 3D-CRT ve IG-RT tedavi tekniklerinin rutin olarak kullanıldığı en gelişmiş tedavi sistemlerindendir
- ✓ Radyoterapi ışın demetlerinin TomoTherapy CT dedektörü tarafından görüntülenerek, planlanan tedavinin nasıl gerçekleştiğini değerlendirir ve ayrıca QA yapma imkanı sunar.
- ✓ Tek seansta izo-merkez ihtiyacı duymadan 40x135 cm^2 alanda sınırsız sayıda tümörü ışınlayabilen dünyadaki tek cihazdır
- ✓ 1000MU doz hızı, 10 rpm gantry hızı, Precise ART adaptif adyoterapi ve Precise RTX retreatment opsiyonu
- ✓ Motion management (Sycnhrony) FDA ve CE onaylı.

MEDITEL HEALTHCARE RADYOTERAPİ ÜRÜNLERİ

PTW THE DOSIMETRY COMPANY | CQ MEDICAL Formerly CIVCO RT™ and Qfix® | CIVCO Radiotherapy a better way | Ashland always solving | visionrt

Horizon™
AlignRT®
MapRT®
DoseRT™
Postural Video™

"Since 1984" meditel HEALTHCARE GROUP

Merkez: Molla Gürani Mah. Halıcılar Köşkü Sok. No:26 Fatih 34093 Istanbul
Tel:+90 212 444 63 85 Faks:+90 212 635 81 43
www.meditelhealthcare.com / www.meditel.com.tr

Şube: Sağlık Sok. Çetin Apt. No:30 Kat:1 D:3 Yenişehir 06410 Ankara
Tel:+90 312 433 75 20 Faks:+90 312 433 80 92

www.ajansfocus.com