

Medikal Fizik Derneği'nin Katkılarıyla

MedFiz@Online

e-DERGİ

OCAK – ŞUBAT 2022

medfizonline@gmail.com

www.medikalfizik.org

SAYI: 37



BU SAYININ ÖNE ÇIKAN KONULARI

- COVID-19'UN GETİRDİĞİ ZORLUKLARIN ÜSTESİNDEN GELMEK: ESTRO RADYASYON TERAPİSTİ KOMİTESİ (RTTC) REHBERLİK BELGESİ
- MONTE CARLO DOZ HESAPLAMA TABANLI RADYASYON TEDAVİSİ TEDAVİ PLANLAMASI İÇİN IŞIN MODELLEME VE IŞIN MODELİ
- NÜKLEER VEYA RADYOLOJİK ACİL DURUMDA MÜDAHALE EDEN MEDİKAL FİZİKÇİLER İÇİN KILAVUZ
- TÜM VÜCUT IŞINLAMASI VE TÜM CİLT IŞINLAMASI TEKNİKLERİ: BELÇİKA VE HOLLANDA KLİNİK DENEYLERİ

BAŞ EDITÖR**Haluk Orhun**

orhun.haluk@gmail.com

EDITÖR GRUBU**Boran M. Güngör**

borgun@gmail.com

Ertuğrul Ertürk

mehmet.ertugrul@mnt.com.tr

Fadime Alkaya

alkayafadime@hotmail.com

Halil Küçükçuk

halilkucucuk@gmail.com

Mertay Güner

mertayguner@gmail.com

Nadir Küçük

nadir.kucuk@anadolusaglik.org

Tuğba Hacıosmanoğlu

tubiki76@yahoo.com.tr

Abdullah Yeşil

asyesil@gmail.com

DERGİ TASARIM VE YAZI**Ebru Oruç Bakır****Esra Küçükorkoç****Mustafa Çağlar****BU SAYIDAKİ YAZARLAR**

Aydın Çakır

Berna Savaş

Boran Güngör

Bülent Yapıcı

Durmuş Etiz

Duygu Tunçman

Emine Burçin İspir Aydınöğlu

Evren Üzümlü

Fadime Alkaya

Hatice Bilge Becerir

Kadir Yaray

Kerem Duruer

Mehmet Ertuğrul Ertürk

Özge Atilla

Salih Gürdallı

Sümeyra Can

Tamer Oğuz Gürsoy

Tuğba Hacıosmanoğlu

(Yazarlar harf sıralamasına göre sıralanmıştır.)

SOSYAL MEDYA**Aykut Oğuz Konuk****Yılmaz Şahin**

İÇİNDEKİLER

- **MERHABA: 4 ŞUBAT 2022: DÜNYA KANSER GÜNÜ**
- **MedFiz@Online 7. YILA YANSIYAN SAYILAR**
- **NEOLIFE MEDICAL CENTER İAŞI**
- **MEDİKAL FİZİK DERNEĞİ BAŞKANI DOÇ. DR. AYDIN ÇAKIR İLE RÖPORTAJ**
- **T.C. ESKİŞEHİR OSMANGAZİ ÜNİVERSİTESİ SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ RADYASYON ONKOLOJİSİ ANABİLİM DALI SAĞLIK FİZİĞİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**
- **COVID-19'UN GETİRDİĞİ ZORLUKLARIN ÜSTESİNDEN GELMEK ESTRO RADYASYON TERAPİSTİ KOMİTESİ (RTTC) REHBERLİK BELGESİ**
- **TÜRKİYE'DE RADYOTERAPİ CİHAZ DONANIMI VE İNSAN GÜCÜ**
- **RADYASYON RİSKİNİ HASTALARA İLETMEK: NORVEÇ'TEKİ RADYOGRAFLARIN DENEYİMLERİ**
- **BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ (BT) 50 YAŞINDA**
- **MONTE CARLO DOZ HESAPLAMA TABANLI RADYASYON TEDAVİSİ TEDAVİ PLANLAMASI İÇİN IŞIN MODELLEME VE IŞIN MODELİ DEVREYE ALMA: AAPM GÖREV GRUBU RAPORU 157**
- **NÜKLEER VEYA RADYOLOJİK ACİL DURUMDA MÜDAHALE EDEN MEDİKAL FİZİKÇİLER İÇİN KILAVUZ**
- **RT SON GELİŞMELER**
- **ATA TÜRER ile SSDL ÜZERİNE**
- **TÜM VÜCUT IŞINLAMASI VE TÜM CİLT IŞINLAMASI TEKNİKLERİ: BELÇİKA VE HOLLANDA KLİNİK DENEYLERİ**
- **HOBİ KÖŞESİ**

e-posta: medfizonline@gmail.com

web: www.medikalfizik.org**BASIM**

e-kopya

Medikal Fizik Derneği'nin katkılarıyla

MedFiz@Online DERGİSİNDE YAYINLANAN YAZILAR
YAZARIN SORUMLULUĞUNDADIR.

MERHABA: 4 ŞUBAT 2022: DÜNYA KANSER GÜNÜ



"4 Şubat 2022: Bu Dünya Kanser Günü'nde, bilginin gücünün farkındayız.

Teker teker her birimizin büyük ya da küçük olsun bir fark yaratma yeteneğine sahip olduğunu ve birlikte kanserin küresel etkisini azaltmada gerçek bir ilerleme kaydedebileceğimizi biliyoruz.

Bu 4 Şubat'ta, kim ve nerede olursanız olun sizi kanserden arınmış bir dünya yaratmak için üzerinize düşeni yapmaya çağırıyoruz."

Yukardaki çağrı, **UICC (Union for International Cancer Control)** örgütü tarafından 2022 yılı Dünya Kanser Günü nedeniyle yapılmıştır. Ek olarak bu güne ait bir de tema belirlenmiştir:

"Close the Care Gap"

Bu kısa temayı, daha uzun cümlelerle Türkçeye çevirmeye çalışalım; **Dünyadaki kanser tedavileri arasındaki açığı/farkı kapatalım.** Bu temanın hedefi yalnızca 2022 yılına ait olmayıp 2022-2024 yıllarını da kapsamaktadır. Yani 3 yıllık bir hedefi vardır.

2022 yılı Dünya Kanser Günü'nde, kanser tedavileri arasındaki açıklık/farklılık hakkında öğrenilecek çok şey olduğu vurgulanmaktadır ve planlanan 3 yıllık bir kampanyanın nedeni şöyle açıklanmaktadır;

Dünya Kanser Günü kampanyası, bir gün ile sınırlı değildir. Bu nedenle kampanyamız, değişime ilham vermek ve harekete geçmek için oluşturulmuştur. Çok

yılı içeren bir kampanya, daha fazla maruz kalma ve etkileşim, küresel farkındalık oluşturmak için daha fazla fırsat ve nihayetinde daha fazla etki anlamına gelmektedir.

Yıllara göre kampanyanın içeriği aşağıdaki gibi planlanmıştır;

2022 Yılı: Sorunun farkına varılması; Kampanyanın ilk yılı, tüm dünyada kanser tedavisindeki eşitsizlikleri anlamak ve tanımakla ve acı gerçekleri görmek ile ilgilidir. Bu aşamada, aşağıdaki sorunlara dikkat çekmek gereklidir;

- Kanser tedavisindeki eşitsizlik hayatlara mal olur.
- Kanser tedavisi bekleyen insanlar her fırsatta engellerle karşılaşmaktadırlar.
- Etnik köken, cinsiyet, cinsel yönelim, yaş, engellilik ve yaşam tarzına dayalı gelir, eğitim, konum ve ayrımcılık, tedaviyi olumsuz etkileyebilecek faktörlerden sadece birkaçıdır.
- Tedavi farklılığı ve aradaki açık , siz ve sevdikleriniz de dahil olmak üzere herkesi etkiler. Bu engeller taştan yapılmamıştır.
- Değiştirilebilirler.

Kanserle yaşayan insanların ve topluluklarının bakış açılarını dinlemek ve bu yaşanan deneyimlerin düşüncelerimizi ve eylemlerimizi yönlendirmesine izin vermek gerekir. Bu şekilde, işleri yapmanın daha iyi bir yolunu hayal etmeye ve gelecek için daha adil bir vizyon oluşturmaya başlayabiliriz. Nerede doğdukları, nerede büyüdükları, yaşları ne olursa olsun, insanların daha sağlıklı hayatlar yaşadığı, sağlık ve kanser

hizmetlerine daha iyi erişebildiği bir gelecek için çalışalım ve yaşayalım.

2023: Sesimizi birleştirmek ve harekete geçmek;

Kampanyamız devam ederken, kanseri önleme mücadelesinde benzer düşünen insanlarla bir araya geleceğiz çünkü birleştiğimizde daha güçlü olduğumuzu biliyoruz.



2024: Birlikte, yöneticilere meydan

okuyoruz; Kampanyamızın son yılı, dikkati tam anlamıyla daha yüksek bir düzeye çekmekle ilgili. Birlikte, liderlerimizle kanseri önceliklendirme, eşitsizlikle yüzleşme için yenilikçi stratejiler oluşturma ve adil ve kanserden arınmış bir dünya elde etmek için yatırım yapma taahhüdü talep ettiğimizi bilmelerini isteyeceğiz.

Medikal Fizik alanında, kanserle mücadelede ön saflarda yer alan bizler, uluslararası düzeyde kanser tedavisinde oluşan farklılıkları, meydana gelen eşitsizlikleri gidermede de ön saflarda yer alacağız.

MedFiz@Online Dergisindeki Editör Değişikliği:

Editör listemizde yer alan ve değerli katkılarıyla bizlere destek olan, Mertay Güner ve Turgay Toklu arkadaşlarımız yoğun işleri nedeniyle editör grubundan ayrıldılar. Bir anlamda görev ve nöbet

değişikliği gerçekleşti. Kendilerine şükranlarımızı sunuyoruz. İki arkadaşımızın yerlerine Tuğba Haciosmanoğlu ve Abdullah Yeşil arkadaşlarımız bizim davetimizi kırmadan editör grubuna katıldılar. Kendilerine başarılar diliyoruz.



ESTRO Başkanlığı seçimlerine ülkemizden aday;

Prof. Dr. Yavuz Anacak: Sn. Hocamız ESTRO Başkanlığı ile ilgili olarak bir mektup hazırlayıp Radyasyon Onkolojisi camiasına ulaştırdı ve mektubun sonunda şu görüşlere yer verdi: *"ESTRO dünyada radyasyon onkolojisi bilimi ve politikalarına yön veren en önemli onkoloji kurumlarından birisidir. Türk radyasyon onkolojisi camiası kuruluşundan beri ESTRO ile yakın ilişki içerisinde olmuştur. 1990-2000 yıllarında Prof. Münir Kınay ve Prof. Lale Atahan hocalarımız ESTRO yönetim kurulunda yer almışlardır, ancak sonraki yıllarda ESTRO üst yönetiminde yer alan üyemiz olmamıştır. ESTRO başkanlığı için bir Türk radyasyon onkoloğunun aday gösterilmesinin camiamız için önemli bir kazanç olduğunu düşünüyorum ve bu pozisyona aday gösterilmekten kıvanç duyuyorum. Başkan seçilmem durumunda eğitim, bilimsel ve donanım yönünden üst düzeyde bulunan Türk radyasyon onkolojisi camiasının Avrupa'da hak ettiği yeri bulacağını ve çok daha iyi noktalarda temsil edileceğinden kuşku duymamanızı belirtmek istiyorum."* MedFiz@Online e-dergisi olarak,

biz de aynı inancı paylaşıyoruz.

Bu arada, ESTRO seçimlerinde Medikal Fizik alanında da bir üye seçiminin olduğunu hatırlamakda yarar var. Adaylardan ilki **Nuria Jornet**, İspanya/Barselona'daki Sant Pau Hospital Hastanesi'nde Klinik Medikal Fizik ve Radyasyon Korunma alanında görev yapıyor. İkinci aday ise **Stine Sofia Korreman**, Danimarka, Aartus Üniversitesi, Onkoloji Bölümünde Profesör olarak çalışıyor. Aynı zamanda, Aartus Üniversitesindeki Parçacık merkezinde görevi var.

Gelecek sayıda görüşmek üzere.

Saygılarımızla.

Haluk Orhun

MedFiz@Online**7. YILA YANSIYAN SAYILAR**

MedFiz@Online

- ♦ MedFiz@Online e- dergisi hiçbir yerden ekonomik destek almayan ve tamamen gönüllülük esasına göre (kâr amacı gütmeyen) oluşturulmuş bir çalışma grubudur. Dergi ilgili kişilere ücretsiz ulaştırılmaktadır.
- ♦ 6 yılda 36 sayı yayınlandı ve hiç aksatılmadı.
- ♦ Tüm dergilerin toplam sayfa sayısı 2052'dir. Bu da dergi başına ortalama 56,4 sayfa düştüğünü gösteriyor. Bir sayıda en fazla dergi sayfası ise 85'tir.
- ♦ Yazılarda imzası olan yazar sayısı (Merhaba dahil) 340 iken, bu yazarların 111'i iki veya daha fazla yazı yazdı. Dergi başına düşen ortalama yazar sayısı 9,45'tir.
- ♦ Yayınlanan yazı sayısı (Merhaba yazısı hariç) 408'tir. 36 adet Merhaba yazısıyla birlikte toplam 444 yazı yer aldı.
- ♦ 40 adet radyasyon onkolojisi bölümü tanıtımı yayınlandı. Bazı dergilerde birden fazla tanıtıma yer verildi. Anlaşıldığı kadarıyla tüm bölümlere ulaşmak için epey zamana ihtiyaç olacaktır.
- ♦ Tüm süreçte 14 editör görev aldı. Halen editör grubu 8 kişiden oluşuyor.
- ♦ Toplam 10 kişi teknik tasarım ve düzenleme grubunda bulundu.
- ♦ Sosyal Medya grubunda 10 kişi görev aldı. Bu grup hali hazırda 2 kişiden oluşuyor.
- ♦ Derginin hazırlanmasında gönüllü olarak katkı veren toplam kişi sayısı 14'tür.
- ♦ Dergimiz, Facebook ve Instagram gibi sosyal medyada platformlarında da yerini alıyor.
- ♦ e-Dergi, Medikal Fizik Derneği tarafından destekleniyor ve her sayısı Dernek Yönetim Kurulu tarafından üyelerine ücretsiz olarak yollanıyor. Dergi, Medikal Fizik Derneği dışındakilere e posta listesi aracılığı ile ulaştırılıyor.
- ♦ Derginin tüm sayılarına Dernek Web sitesinden ulaşmak mümkündür.

e-posta: medfizonline@gmail.com.

web: www.medikalfizik.org

NEOLIFE MEDICAL CENTER IAŞI



Med. Fiz. Uzm. Evren Üzümlü

Neolife Medical Center Iaşı, MNT Healthcare Europe SRL bünyesinde Bükreş'ten sonra Romanya'da kurulmuş olan ikinci Neolife kliniğidir. 2016 yılında açılmış olup 2018 yılından itibaren Radyoterapi departmanı da hizmet vermeye başlamıştır. Bugün itibariyle Romanya'da toplam 4 Neolife kliniği bulunmaktadır.



Iaşı, Bükreş'ten sonra Romanya'nın en büyük ikinci şehridir. Eski tarihlerde Romanya'nın başkenti de

olmuş olan Iaşı, Romanya'nın en eski üniversitesine ve ilk mühendislik okuluna da ev sahipliği yapmaktadır.



Neolife Medical Center Iaşı bünyesinde CT, PET-CT, Sintigrafi ve MR görüntüleme hizmetleri yanı sıra kemoterapi ve radyoterapi tedavi hizmetleri de sağlanmaktadır. CNAS (Ulusal

Sağlık Sigortası Kurumu) ile anlaşmamız olup Romanya vatandaşları ücretsiz olarak hizmetlerimizden faydalanabilmektedir. Ayrıca çevre illerde bulunan hastalarımızın hizmetlerimize kolayca ulaşabilmesi adına kliniğimiz tarafından her gün ücretsiz ulaşım servisi de organize edilmektedir.



Radyoterapi departmanımızda üç tam zamanlı üç de yarı zamanlı çalışan olmak üzere toplam altı radyasyon onkoloğu, dört medikal fizik uzmanı ve yedi adet radyoterapi teknikeri görev yapmaktadır. Simülasyonlar için PET-CT cihazımız kullanılmakta olup tedaviler için bir adet lineer hızlandırıcımız bulunmaktadır.

Varian TrueBeamSTx:

- 120 adet HD MLC (merkezde 60 adet 2,5 mm kalınlıkta; dışta 60 adet 5 mm kalınlıkta)
- 6 MV (FF), 6 MV (FFF), 10 MV (FF), 10 MV (FFF), 15 MV (FF) foton enerjileri
- 6 MeV, 9 MeV, 12 MeV, 15 MeV elektron enerjileri
- 3D-CRT, IMRT, IGRT, SRS, SBRT tedavi teknikleri

Dozimetrik Ekipmanlar:

- SNC 3D Scanner su fantomu
- SNC IC Profiler
- SNC MapCHECK
- SNC Daily QA
- SNC PC ElektrometreSNC ve PTW iyon odaları (Farmer, Roos, Pinpoint, Edge, Semiflex)
- RW3 katı fantomlar, Gammex CT elektron

yoğunluğu fantomu, Catphan fantom



Med. Fiz. Uzm. Evren Üzümlü

1983 yılında İzmir'de doğmuştur. Yıldız Teknik Üniversitesi Fizik Lisans ve İstanbul Üniversitesi Sağlık Fiziği Yüksek Lisans programlarından mezun

olmuştur. 2012 yılında Medicana International İstanbul Hastanesi, Radyasyon Onkolojisi Bölümü'nde başladığı meslek hayatına sırasıyla; Sakarya Üniversitesi, Aktif Çare Tıbbi Cih. Tic. Ltd. Şti. hizmet alımı; Aydın Atatürk Devlet Hastanesi, Onkomer Özel Onk. Mrk. hizmet alımı ve Bağcılar Eğitim ve Araştırma Hastanesi; Medideal Medikal Projeler ve Çözümler San. Tic. A.Ş. bünyesinde Hudut ve Sahiller projesinde çalışmıştır. 2018 yılından beri Romanya'da; MNT Helathcare Europe SRL, Neolife Medikal Center Iaşi Radyasyon Onkolojisi Departmanı'nda çalışmaktadır.

MEDİKAL FİZİK DERNEĞİ BAŞKANI DOÇ. DR. AYDIN ÇAKIR İLE RÖPORTAJ

Med. Fiz. Uzm. Fadime Alkaya

Derneğimizin kurucu üyelerinden büyük hocalarımız Doç.Dr. Seyfettin Kuter ve Doç. Dr. İsmail Özbay ile birlikte görev yapmış olmamın da bana katmış olduğu pek çok deneyim ve birikim oldu.

Medikal Fizik Derneği üyeleri Kasım 2021 tarihinde toplanmış ve yeni yönetim kurulunu iki yıllığına seçmiştir. Bu seçim sonucunda başkanlığına seçilen Aydın Çakır ile dergimiz adına Fadime Alkaya'nın organize ettiği bir söyleşi gerçekleştirdik. Bu keyifli söyleşiyi aşağıda sunuyoruz.



Med. Fiz. Derneği Başkanı, Doç. Dr. Aydın Çakır

FA: Aydın bey merhabalar öncelikle Medikal Fizik Derneği yeni yönetim kurulunu tebrik ederim. Yönetim kurulu kimlerden oluşuyor ve görev dağılımı ile ilgili bilgi verir misiniz?

Dernek yönetimimiz 21 Kasım 2021 tarihinde yapılan olağan genel kurul toplantısı ile iki yıl geçerli olmak üzere 2021-2023 yılı dönemim aşağıdaki arkadaşlarımız görev aldılar.

Aydın Çakır MFD Yönetim Kurulu Başkanı, Bülent Yapıcı Y.Kurulu Başkan Yardımcısı, Hilal Acar Demir Genel Sekreter, Murat Okutan Muhasip Üye , Emel Hacıslamoğlu, Murat Köylü ve Tamer Başer Yönetim Kurulu üyemiz olarak görev aldılar.



FA: Aydın bey siz dernek yönetim kurullarının biraz vazgeçilmezi gibisiniz.. Aslında dernek tarihinin karakutusu diyebiliriz. Seyfettin hocamdan bugünlere neler söylemek istersiniz?

Derneğimizde uzun zamandır görev aldığım doğrudur. Bu bana derneğin organik yapısını ve üyelerimizin genel yapısını ve eğilimlerini tanıma imkanı verdi. Derneğimizin kurucu üyelerinden büyük hocalarımız Doç.Dr. Seyfettin Kuter ve Doç. Dr. İsmail Özbay ile birlikte görev yapmış olmamın da bana katmış olduğu pek çok deneyim ve birikim oldu. Derneğimizin geçmişi çok sağlam temellere dayanmaktadır. Medikal Fizik alanında dünyanın pek çok ülkesinde var olan mesleki derneklere göre çok daha sağlam geçmişe sahip. Derneğimiz 1988 yılında Radyoterapi ağırlıklı olarak kurulurken bugün Radyoloji ve Nükleer tıp çalışanlarını da bünyesinde barındıran 600'e yakın üyesi bulunan mesleki bir

dernektir. Üye sayımız geçmişle kıyaslandığında astronomik bir şekilde artmaktadır. Üyelerimiz, Üniversitede aldıkları Fizik, Fizik Mühendisi, Nükleer Enerji Mühendisleri lisans eğitimleri üzerine yüksek lisans eğitimini alıp sağlık alanında çalışma imkanı bulabilmektedir. Son zamanlarda sağlık sektöründe artan istihdamla birlikte Medikal Fizikçi açığı üyelerimiz tarafından karşılanmaktadır.

FA: Yeni yönetim kurulu olarak özellikle eğitim konusundaki hedefleriniz nelerdir?

Medikal Fizik Derneği Yönetim Kurulu olarak 2022 yılı içerisinde yapmayı planladığımız eğitimleri beş ana başlık altında topladık:

1. Aylık bilgi paylaşım günleri
2. Yeni başlayanlar için temel kurslar
3. Ayın konusu
4. Workshoplar
5. Bölgesel toplantılar

Aylık bilgi paylaşımları günlerinde her ayın son perşembe günü Saat 20:00 de yılda dokuz kez online düzenlemeyi planladığımız toplantıda konularımız güncel konuları ve tedavi tekniklerini içerecek şekilde aşağıdaki gibi bir planlama yaptık

1.Toplantı: 27 Ocak 2022 günü "Radyoterapide ikincil ışınlamalar" ki bu toplantıyı geniş bir katılım ile gerçekleştirmiş bulunuyoruz.

2.Toplantı: 24 Şubat 2022 günü "Linak tabanlı SRS/SRT/SBRT öncesi cihazların kalite kontrol testleri ve belirsizlikler"

3.Toplantı: 31 Mart 2022 günü "Tek ve Çok Lezyonlu SRS/SBRT Planlama Teknikleri ve Kalite Kontrol"

4.Toplantı: 28 Nisan 2022 günü "Konvansiyonel ve

Modern TBI Teknikleri"

5.Toplantı: 26 Mayıs 2022 günü "Küçük alan dozimetrisi: Teori ve Pratiği"

6.Toplantı: 29 Eylül 2022 günü "MR Linaklarda Adaptif Radyoterapi ve Kalite Kontrol"

7.Toplantı: 27 Ekim 2022 günü "Biyolojik tabanlı radyoterapi"

8.Toplantı: 28 Kasım 2022 günü "Tumor Treated Field (TTF) ve Uygulamaları"

9.Toplantı: 29 Aralık 2022 günü "Flash Radyoterapi: Tarihi ve Geleceği"

Yeni başlayanlar için temel kurslardaki amacımız mesleğe yeni başlayan ya da yüksek lisans eğitimi almakta olan meslektaşlarımıza yönelik temel kurs niteliğinde kurslar düzenleyip bu alandaki talebe cevap vermek istiyoruz. Temel düzeyde olan bu kurslarımızı üç aylık periyotlar halinde on-line olarak yapmayı planlıyoruz. Bu kurslardaki temel konu başlıklarımız:

- Doz kalibrasyonları
- Cihaz kalite kontrolleri
- Plan değerlendirme

Ayın konuğunda yılın her hangi bir zamanı yurtiçi veya yurt dışında bulunan farklı deneyim ve tecrübelerini bize aktaracak meslektaşlarımızı dinleyeceğimiz renkli bir toplantı olacağını düşünmekteyiz.

Workshopları paydaşlarımız olan Medikal cihaz firmalarının destekleriyle düzenleyeceğimiz bu toplantıların ana teması Tedavi cihazları- Dozimetrik ekipmanlar- Tedavi planlama yazılımları ve benzer software tanıtımları üzerine olacaktır.

Bölgesel toplantılarda yıl içerisinde iki farklı bölgede yapmayı planladığımız bu toplantılardaki meslektaşlarımızla bir günlük bir bilimsel toplantı ve akabinde çevrede yapacağımız sosyal bir programla biraraya gelerek iletişimimizi ve paylaşımlarımızı artırmak ana amacımızdır.

Medikal Fizik Derneğimizin toplantılarına derneğimizin www.medikalfizik.org internet adresinden "Etkinlik takvimi" kısmından ulaşabileceğiniz gibi derneğimizin sosyal medya hesaplarından da takip edebilirsiniz.

FA: Oldukça kapsamlı ve keyifli bir program. Aydın bey Medikal Fizik Deneği olarak seçildikten sonra Radyasyon Onkolojisi Derneği ile bir toplantı gerçekleştirdiniz. Bu toplantının ayrıntıları ve konuları üzerine bilgilendirme yapmanızı istesek;

Derneğimiz, Radyasyon Onkolojisi Derneği ile uzun zamandır iş birliği yapmaktadır. Son ziyaretimizde birlikte bölgesel işbirliği fırsatları ile birlikte eğitim komisyonlarının oluşturulması, kongre takvimi konularında karşılıklı paylaşımlar yaptık. Dernek olarak radyasyon onkolojisi asistanlarının Medikal Fizik eğitimlerine her zaman destek olduk olmaya devam edeceğiz.

FA: Yurtdışı üyelikleri ile ilgili varolan veya yeni çalışmalar yapılacak mı?

Derneğimizin, yurtdışında bulunan benzer kökenli temeli sağlam derneklerle her zaman işbirliği olmuştur. Pandemi sebebiyle pek çok alanda olduğu gibi bu alandaki ilişkilerimiz biraz önceliğini yitirdi. Derneğimiz, Uluslararası Medikal Fizik Birliği (IOMP) ve Avrupa Medikal Fizik Birliği (EFOMP) üyesidir. Bu kuruluşlar ülkemizde yurtdışına giden meslektaş-

larımıza burs ve çalışma imkanı vermektedir. Pek çok meslektaşımız bunun farkında değildir ama bu kuruluşlar ülkemizden bir üyemiz çalışma amacıyla yurtdışını çıktığında derneğimizden üyemizin mesleki yeterliliği hakkında bilgi istemektedir. Derneğimizin bilinirliği sayesinde üyeliği karşılığında bu imkanları sağlamaktadır. Her kongrede hemen hemen EFOMP üyesi yada AAPM üyesi bir davetli konuşmacı çağırmaya özen gösteriyoruz.

FA: Radyoterapinin olmazsa olmazı cihaz firmaları ile ilgili işbirliği çalışmaları var mıdır?

Medikal Cihaz firmaları ile her zaman iş birliği içinde olduk. Medikal Fizik, dinamik bir bilim dalıdır. Dünyada pek çok alandaki gelişmeleri bünyesinde barındıran az sayıda alandan biridir. Durum böyle olunca yazılımdan donanıma kadar pek çok alanda faaliyet gösteren firmalar ilgi alanımıza girmektedir. Bu dönemde Medikal cihaz firmalarımızla birlikte pek çok workshop düzenleyeceğiz ve üyelerimizle bu bilgiyi yakın zamanda paylaşacağız.

FA: Yeni hazırlanmakta olan DİAGNOSTİK RADYOLOJİ, NÜKLEER TIP VE RADYOTERAPİ GRUBU TIBBİ CİHAZLARIN KALİTE UYGUNLUK VE KALİTE KONTROL TESTLERİ HAKKINDA YÖNETMELİK ile ilgili yapılan çalışma ile ilgili derneğin görüşü nedir?

Bu konu ile ilgili olarak geçen ay içinde Türkiye Tıbbi Cihaz ve ilaç kurumu (TTİK) yetkilileri ile bir on-line toplantı yaptık. Konuya dair görüşlerimizi kendileri ile paylaştık. Şu an yeni bir taslak hazırlanmakta ve taslağın yapılması içinde katkı sunmaya hazır olduğumuzu ilettik, olumlu bir görüşme oldu. Bu konuyu hep birlikte takip edeceğiz.

FA: Nükleer Tıp ve Radyoloji alanında dernek olarak ne gibi yenilikler olacaktır?

Nükleer Tıp tarafı her zaman biraz geride kaldı, bunun farkındayım. Derneğimiz yapısında Nükleer tıp alanında çalışan üyelerimizin de kendi üzerine düşen görevlerini yapması gerektiğini düşünüyorum. Bu arada şunu belirtmek isterim yani hazırlanmakta olan "DİAGNOSTİK RADYOLOJİ, NÜKLEER TIP VE RADYOTERAPİ GRUBU TIBBİ CİHAZLARIN KALİTE UYGUNLUK VE KALİTE KONTROL TESTLERİ HAKKINDA YÖNETMELİK" e göre daha fazla nükleer tıp uzmanına ihtiyaç vardır. Ülkemizdeki mevcut sayı hazırlanmakta olan yönetmelikte yeterliliği karşılayacak miktarda değildir. Bu bağlamda dernek olarak eğitim veren kurumlarla bir toplantı yaparak eğitim programlarının revizyonunu istemeyi düşünmekteyiz.

FA: Verdiğiniz bilgiler ve söyleşi için dergi Editör Grubu adına çok teşekkür ederim. Son olarak üyelerimize ne gibi mesajlarınız olacaktır ve MedFiz@Online dergisi için görüşlerinizi bizimle paylaşır mısınız?

Ülkemizde bir üyemizin başı sıkıştığında örneğin, çalıştığı kurumla mahkemelik olunca ya da iş için yurtdışına çıktığında dernek üyesi olmanın faydalı bir konu olduğunu anlıyor. Genç meslektaşlarımızın pek çoğu derneğimizden habersiz, bir kısmı da üyelik ücreti daimi olarak üzerime kalır korkusuyla üye olmak istemiyor.

Derneğimiz daha da kalkınmalı elbette gençlerin fikirlerini bizlere iletmesi ve dernek organlarında görev almasıyla mümkün olacaktır. Bu bağlamda onları on-line eğitim toplantılarımızla görmek istiyoruz.

Batılı toplumlarda, Sivil toplum kuruluşları (STK)'ların

daha etkin olduğunu görmekteyim. Bu bağlamda dernek olarak daha etkin olmak için üyelerimizle eğitsel ve sosyal amaçlı toplantılarla sık sık bir araya gelip paylaşımlar yapmak kanaatindeyiz.

Medfiz@Online dergisi editör ekibini tebrik ediyorum, üyelerimizle iyi bir iletişim içinde olduklarını düşünüyorum.



Med. Fiz. Uzm. Fadime Alkaya

T.C. ESKİŞEHİR OSMANGAZİ ÜNİVERSİTESİ

SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

RADYASYON ONKOLOJİSİ ANABİLİM DALI

SAĞLIK FİZİĞİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

Prof. Dr. Durmuş Etiz

Med. Fiz. Uzm. Öğr. Gör. Dr. Kerem Duruer

Radyasyon Onkolojisi, Radyoloji ve Nükleer Tıp bölümleri tıbbın gelişmelere en açık ve teknolojik yeniliklerden en çok etkilenen bölümlerinin başında gelmektedir. Ayrıca ülkemizde ve tüm dünyada, hastalıkların tanı ve tedavisinde kullanılan bu bölümlere olan talep giderek artmaktadır. Bu talebin artması bu alanda istihdam edilen personel ihtiyacını da arttırmaktadır. Radyoterapi, Radyoloji ve Nükleer Tıp bilimlerindeki bu hızlı gelişmeler, yenilikleri yakından takip edecek ve uygulayacak araştırmacıların yetişmesini ve bu araştırmacıların eğitilmesini sağlayacak programların açılmasını bir zorunluluk haline getirmiştir. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü (SBE) Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı bu ihtiyaç doğrultusunda, bilim ve teknolojinin yol göstericiliği altında, bu talebe uygun bilim insanları yetiştirmeyi amaçlamaktadır. Bu amaç doğrultusunda, Ekim 2020 tarihinde yurtdışı ve yurtiçindeki benzer programların incelenmesi ile ön çalışmalarına başlanmış olan "Tezli Sağlık Fiziği Yüksek Lisans Programı" Şubat 2021 tarihinde Yüksek Öğretim Kurumu'ndan (YÖK) onay olarak resmi olarak açılmıştır.

Bu programda ana amaç "Radyasyonun insan sağlığı ve çevre üzerindeki etkilerine hâkim, radyasyon güvenliği ve radyasyondan korunma ve zırlama

prensiplerini bilen, uygulayan ve bu konuda kişileri bilgilendiren, radyoterapi cihazlarının uygulamasının her basamağını bizzat tecrübe eden, radyasyonu ve radyasyon ölçüm cihazlarını tıbbi ve çevresel uygulamalarda güvenli olarak kullanabilen, radyobiyojoloji, radyoloji ve nükleer tıp fiziği bilen, profesyonel Sağlık Fiziği Bilim Uzmanları yetiştirmektir.

T.C. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Sağlık Bilimleri Enstitüsü
Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı'nda
Sağlık Fiziği Yüksek Lisans Programı açılmıştır.

2021-2022 Yılı Bahar Döneminde yüksek lisans öğrencisi alımı yapılacaktır.

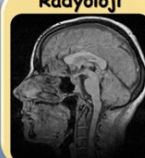
Fizik, Fizik Mühendisliği, Nükleer Mühendislik, Nükleer Enerji Mühendisliği, Nükleer Fizik Mühendisliği Lisans Mezunları için:
Basvuru Şartları: ALES (SAY): 55
 Yabancı Dil: 50
 Lisans Not Ortalaması: 2,0

Web: <https://sbe.ogu.edu.tr/>
 Tel: 0 (222) 239 37 50 / 1250
 İletişim: kduruer@sbe.ogu.edu.tr
detiz@sbe.ogu.edu.tr
 @esogu_saglik_fizigi

Radyoterapi



Radyoloji



Nükleer Tıp



Radyasyondan Korunma



Yurtdışında ve yurtiçinde uzun yıllardır birçok üniversitede sürdürülmekte olan bu programlar, klinik ve temel bilimlerde özelleşmiş öğretim üyelerinin iş birliği ile yeni gelişmeleri takip edecek vizyon sahibi araştırmacılar yetiştirmeyi amaçlamaktadır. Sağlık Bilimleri Enstitümüz radyasyon onkolojisi, radyoloji, nükleer tıp, anatomi, biyofizik ve biyoistatistik gibi interdisipliner alanda yeterli eğitim deneyimi olan klinik, temel bilim ve tıp alanlarındaki öğretim üyeleri ile gerekli donanım ve alt yapıya sahiptir. Sağlık fizikçisi yetiştirmede en büyük maliyetlerden birini teşkil eden radyasyon onkolojisi klinik eğitimi,

Üniversitemiz bünyesindeki Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı'nda gerçekleştirilecektir. Program içeriğinde teorik derslerin yanı sıra öğrencilerin uygulama yapıp tecrübe edinebilecekleri uygulamalı dersler de önemli bir yer tutmaktadır.

2022 yılı Bahar döneminde ilk yüksek lisans öğrencilerini alacak olan program, başlangıç olarak yılda 3 adet öğrenci alacaktır. Tezlerini başarı ile savunup programdan mezun olacak olan öğrenciler, gerek kamu kurumlarında (Sağlık Bakanlığı, Üniversiteler...), gerekse özel sektörde ve araştırma merkezlerinde görev alabileceklerdir.



Radyasyon Onkolojisi

Anabilim Dalı Başkanı

Prof. Dr. Durmuş Etiz

1998 yılında Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesinde Radyasyon Onkolojisi Uzmanlığını aldı. 1999 yılında ABD Duke Üniversitesi'nde 4 ay gözlemci olarak çalıştı. 2001 yılında Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyasyon Onkolojisi Bölümünün kurulmasında görev aldı. 2008 yılında doçent, 2014 yılında profesör oldu. SCI ve diğer uluslararası indekslerde yayınlanan 64 yayını vardır. Halen radyasyon onkolojisinde yapay zeka uygulamaları üzerine çalışmaktadır.



Medikal Fizik Uzmanı

Öğr. Gör. Dr. Kerem Duruer

2008 yılında Ankara Üniversitesi Fizik Mühendisliği lisans programından, 2010 yılında Ankara Üniversitesi Nükleer Bilimler Enstitüsü Medikal Fizik Anabilim Dalı Yüksek Lisans programından ve 2021 yılında da Ankara Üniversitesi Nükleer Bilimler

Enstitüsü Medikal Fizik Anabilim Dalı doktora programından mezun oldu. 2011 yılında Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı'nda Uzman kadrosunda göreve başladı ve halen bu kurumda Öğretim Görevlisi kadrosunda çalışmaktadır.

COVID-19'UN GETİRDİĞİ ZORLUKLARIN ÜSTESİNDEN GELMEK: ESTRO RADYASYON TERAPİSTİ KOMİTESİ (RTTC) REHBERLİK BELGESİ

(Bu yazı ESTRO'nun "Meeting the challenges imposed by COVID-19: Guidance document by the ESTRO Radiation Therapist Committee (RTTC)" belgesinin özet tercümesidir.)

Med. Fiz. Uzm. Özge Atilla

CCOVID-19 – koronavirüs ilk olarak Aralık 2019'da rapor edildi. COVID-19 tarafından uygulanan tehditlere yanıt olarak Avrupa Radyoterapi ve Onkoloji Derneği Radyasyon Terapisti Komitesi (ESTRO RTTC) bu belgeyi dört ana başlık altında hazırladı: hasta bakımı, RTT iş akışı, uzaktan çalışma ve RT uygulaması.

Mevcut COVID-19 pandemisi bağlamında, RTT'ler, hastalara, sağlık çalışanlarına ve genel halka potansiyel viral maruziyeti sınırlandırarak güvenli bir radyoterapi hizmeti sağlamak için uygun rehberlik ve kişisel koruma ekipmanı ile güçlendirilmelidir.

Önsöz

Avrupa'da her yıl yaklaşık 3,7 milyon kişiye yeni kanser tanısı konmakta ve 1,9 milyondan fazla kişi kanser nedeni ile ölmektedir. Radyoterapi (RT), kanser hastalarının %50'sinden fazlası için tedavinin bir parçası olarak önerilir ve kanser yönetiminde anahtar bir rol oynar. İdeal olarak, bir RT kürü kesilmemelidir. Daha uzun bir genel tedavi süresi ile RT'ye telafi edilmeyen kesintiler, daha yüksek lokal hastalık nüksü riskine ve daha kötü tedavi sonuçlarına neden olabilir.

COVID-19 – Koronavirüs ilk olarak Aralık 2019'da

rapor edildi ve daha sonra Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından uluslararası bir salgın olarak tanındı. Nisan 2020 itibariyle, dünya çapında 2,5 milyon üzerinde onaylanmış COVID-19 vakası vardı ve Avrupa'da 110.000'den fazla ölüme neden oldu. COVID-19'un insandan insana bulaşan, solunum damlacıkları yoluyla yayılan veya virüs bulaşmış bir yüzeye dokunma ile bulaşan oldukça bulaşıcı bir virüs olduğu öne sürülmüştür. Yüksek bulaşıcılığı göz önüne alındığında, hastalığın yayılma riskini azaltmak için çeşitli stratejiler benimsenmiştir bu bağlamda sağlık hizmetlerinin virüsün neden olduğu olası ciddi akciğer enfeksiyonları ile başa çıkabilmesi için COVID-19 enfeksiyon hızının yavaşlatılması gerekmektedir.

COVID-19'un etkileri altında radyasyon onkolojisi de dahil olmak üzere genel tıbbi bakım uygulamalarına zorluklar getirildi. Bu, bu pandemi ile başa çıkmak için mevcut sınırlı kaynakların en iyi şekilde tahsis edilmesine ilişkin kararları içerir [8]. Hızlı çoğalan hastalıkları olan veya RT tedavilerine başlamış olan kanser hastaları için etkin ve sürekli bir RT hizmeti sağlanmalıdır. Genel popülasyonla karşılaştırıldığında, COVID-19'a yakalanan kanser hastalarının, ölüme yol açan kritik semptomlar geliştirme riski daha yüksektir.

Avrupa Radyoterapi ve Onkoloji Derneği (ESTRO), kanserin çok yönlü tedavisinde hastaların bakımını iyileştirmek için Avrupa'da radyasyon onkolojisinin rolünü destekleyen bilimsel bir organizasyondur. ESTRO Radyasyon Terapisti Komitesi (RTTC), RTT'lerin

çok çeşitli ESTRO faaliyetlerinde uygun şekilde temsil edilmesini sağlamada etkili olmuştur. RTTC, klinik ve akademik enstitülerde RTT uzmanları ve liderleri olarak çalışan 14 temsilciden (RTT ittifakının seçilmiş iki üyesi dahil) oluşur. RTTC, klinik ve akademik enstitülerde RTT uzmanları ve liderleri olarak çalışan 14 temsilciden (RTT ittifakının seçilmiş 2 üyesi dahil) oluşur.

Mevcut COVID-19 pandemisinin dayattığı tehditlere ve virüsle RTT uygulamasına uyarlamaların bir süreliğine mevcut olma olasılığına yanıt olarak, ESTRO RTTC bu belgeyi Şekil 1'de gösterildiği gibi bir infografik ile birlikte hazırladı. Infografik, rutin klinik RTT pratiğinde alınması gereken önlemler konusunda rehberlik sağlamak amacıyla dört alanda öneriler sundu: hasta bakımı, RTT iş akışı, uzaktan çalışma ve RT uygulaması.

Hasta bakımı

Virüsün yayılmasını en aza indirmek amacıyla, COVID-19 semptomları ile başvuran genel halka genellikle sosyal mesafe ve kendi kendini karantinaya alma gibi öneriler verilmektedir. Kansere olmanın ağır psikolojik yüküne ek olarak, hastalar şu anda ya hayatlarını kurtarmak için küratif RT tedavileri alma ya da RT departmanına yapılan ziyaretler sırasında virüs bulaşma risklerini artırma ikilemini yaşıyorlar. Günlük RT'nin gerekli olduğu hastalar için, RTT'ler hastayla etkili iletişim kanalları sağlamalı ve onlara ekstra güvenlik önlemlerinin alındığına dair güvence vermelidir.

Hasta bakımında aşağıdaki kilit noktalar dikkate alınmalıdır:

- Hastalara, iyi kişisel hijyen ve kapsamlı el yıkamanın önemini vurgulayan COVID-19 ile ilgili eğitimler verilmelidir. Hastalara COVID-19 semptomlarına dikkat etmeleri ve herhangi bir semptomatik biriyle yaşıyorlarsa bunu açıklamaları sağlanmalıdır.
- Hastalar, RT bölümüne girerken (veya farklıysa hastane girişinde) ateşleri kontrol edilerek ve herhangi bir COVID-19 semptomu olup olmadığı sorularak taranabilir ve triyaj yapılabilir. COVID-19 semptomları olan hastalar için test, değerlendirme ve yönetim planı tartışmasına yönelik acil triyaj protokolleri yürürlükte olmalıdır. RTT'ler, hastaların RT'ye devam etme uygunluğunu sorumlu radyasyon onkologları ile tartışmalıdır. RT tedavilerinin semptomlar düzelene kadar ertelenmesi gerekebilir veya yerinde uygun önlemlerle tedaviye devam edilebilir.
- Hastalar semptomları olmasa bile kendi kişisel yüz maskelerini takarlar. Hem hastalara hem de personele, maruz kalma riskini en aza indirmek amacıyla evrensel hasta maskelemesi düşünülebilir. Hastalara, bazı RT uygulamaları için yüz maskelerini çıkarmalarının gerekli olabileceği konusunda bilgi verilmelidir; örneğin baş ve boyun radyoterapisi gibi.
- Hastalardan zorunlu olmadıkça refakatçilerini RT bölümüne getirmemeleri istenmelidir. Bu, RT bölümünün bekleme alanındaki insan sayısını azaltmaya yardımcı olacaktır.

ESTRO – RTT’ler için Covid-19 önerileri

Hasta bakımı

- Hastalara, herhangi bir Covid-19 semptomunu veya semptomları olan biriyle yaşıyorlarsa bu semptomları açıklamalarını isteyen net bilgiler sağlayın.
- RT birimine girerken hastaların triyajını yapın (ateş ölçün ve Covid-19 semptomlarını sorun).
- Hastalar semptomları yoksa kendi kişisel yüz maskelerini takabilirler.
- Kesinlikle gerekli olmadıkça refakatçilerin departmana girmesine izin vermeyin.

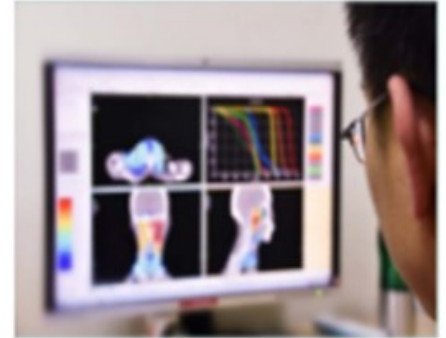


RTT iş akışı

- Tedaviye ihtiyacı olan Covid-19 şüpheli veya teyitli hastalar, mümkünse ayrı bir girişi olan ayrı bir linac cihazında mümkün değilse gün sonunda tedavi edilmelidir.
- RTTler, bir ekipten diğerine personel geçişi olmayacak şekilde ekiplere ayrılmalıdır.
- RTT’ler yüz maskeleri takmalı ve departmandaki tüm hastaları ayarlamak için uygun el hijyenine kesinlikle uymalıdır.
- Tedavi edilmesi gereken Covid-19 şüphelisi veya teyitli hastalar için, ulusal veya WHO tavsiyelerine göre tam KKD giyilmelidir.
- KKD’nin bir kısmının veya tamamının çıkarılmasından önce ve sonra sıkı el hijyeni izlenmelidir.

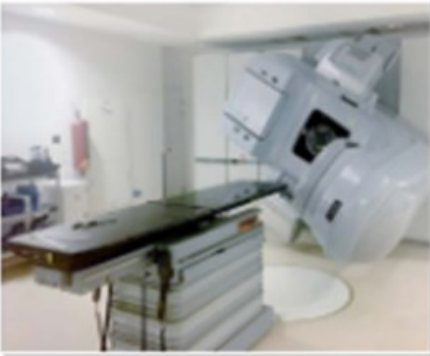
Uzaktan çalışma

- Tedavi planlamasına dahil olan RTT’ler mümkünse uzaktan çalışmalıdır.
- Linac ve simülasyon için yedek personel, ihtiyaç duyulana kadar evden çalışmalıdır. Bu tür personelin idari görevleri için AR-GE sistemine uzaktan erişimi olmalıdır.
- RTT liderliğindeki klinik inceleme ve takip randevuları, radyasyon onkologları ile fikir birliği içinde telefon görüşmeleri/sanal toplantılar formatında değerlendirilmelidir.
- Klinik RTT’ler ile uzaktan çalışanlar arasındaki ekip toplantıları online olarak yapılmalıdır.



RT uygulaması

- Linaclar ve simülasyon cihazında minimum personel çalışmalı (en az 2 RTT) ve hasta ile iletişim en aza indirilmelidir.
- RTT’lerin hastalarla konuşabilmesi için tedavi konsoluna bir perspeks kalkan kurulmalıdır.
- Covid-19 şüphesi olan veya teyit edilen hastalardan sonra özel temizlik gereklidir.
- Ek olarak online IGRT kararları için personel gerekirse uzak bir istasyonda görüntüleme/onaylama yapmalıdır.
- Belirsizlik için yeterli kapsamanın korunmasını sağlarken günlük online görüntülemenin mümkün olmadığı durumlarda e-NAL gibi tanınan çevrim dışı protokoller kullanılmalıdır.



Şekil-1: ESTRO RTT komitesi tarafından radyasyon terapistleri (RTT’ler) için COVID-19 tavsiyeleri bilgi grafiği

RTT iş akışı

RTT'ler, kanser hastalarının RT sürecinde önemli bir rol oynar. Hastalarla tedaviyi planlamanın ve uygulamanın yanı sıra “yüz yüze” bir temas sağlarlar ve hastaların korkmuş ve savunmasız oldukları bir zamanda RT'nin tüm yönleri hakkında hastalara tavsiyelerde bulunurlar. Bu bağlamda RTT'ler, COVID-19'a maruz kalma riski taşıyan ön saflardaki sağlık çalışanları arasındadır. Özellikle RT tedavi cihazlarında günde çok sayıda hasta teması göz önüne alındığında, RTT'lerin bulaşıcı hastalığı hastalara ve meslektaşlarına bulaştırma riskini en aza indirmek için hijyen protokollerine kesinlikle uyulmalıdır.

Aşağıdaki tavsiyeler RTT iş akışında kabul edilecektir:

- RTT'ler yüz maskeleri takmalı ve tüm RT hastalarını alırken uygun el hijyenine kesinlikle uymalıdır. Yüz maskesi bulunabilirliğinin ülkeler arasında farklılık gösterdiği belirtilmektedir. Kaynakların önceliklendirilmesi ve paylaştırılması, kısıtlamaların uygulanması ve protokol geliştirme sürekli olarak gözden geçirilmektedir. Yüz maskesi takılması sadece RTT'lerin korunması için değil, öncelikle hasta güvenliği için düşünülmelidir.

- RTT'lere, COVID-19 durumu şüpheli veya onaylanmış hastaları tedavi etmek için ulusal veya WHO tavsiyelerine göre kişisel koruma ekipmanı (KKD) sağlanmalıdır. Damlacık bulaşma olasılığının daha yüksek olduğu tedaviler ve prosedürler için gözlük ve yüz siperleri düşünülmelidir. KKD tavsiyelerinin örnekleri Tablo 1'de verilmiştir. KKD'yi çıkarmadan önce ve sonra sıkı el hijyeni izlenmelidir.
- COVID-19 durumu şüpheli veya onaylanmış hastalar, mümkünse kendi girişi olan ayrı bir tedavi cihazında tedavi edilmelidir. Alternatif olarak, bu hastalar ile diğer COVID-19 negatif hastalar arasındaki gereksiz teması en aza indirmek için bu hastalar günün sonunda tedavi edilebilir.
- RTT'ler, bir ekipten diğerine personel geçişi olmayacak şekilde ekiplere bölünmelidir. Ayrıca, bir ekibin karantinaya alınması gerektiğinde, hasta teması olmayan ayrı bir ekip bulunmalı ve bu ekip RT hizmetini sağlamak için göreve getirilebilmelidir. Klinik dışı alanlarda çalışmanın, gerekli klinik rotasyonlarla koordine edilmesini sağlamak için stratejiler oluşturulmalıdır.

Tablo-1: Hem aerosol olmayan hem de aerosol oluşturan prosedürler için kişisel koruyucu ekipman önerileri

Öneri kaynakları	Aerosol oluşturmeyen prosedürler	Aerosol oluşturan prosedürler
Dünya Sağlık Örgütü (WHO)	Medikal (cerrahi) maske	Solunum cihazı (N95 veya FFP2
	Önlük	standartı veya eş değer)
	Eldiven	Önlük
	Gözlük veya yüz siperi	Eldiven
		Gözlük veya yüz siperi
		Koruyucu önlük

Öneri kaynakları	Aerosol oluşturmeyan prosedürler	Aerosol oluşturan prosedürler
Hastalık Kontrol ve Önleme Merkezleri	Tercih edilen: solunum cihazı (N95 veya üstü) Kabul edilebilir: cerrahi maske Uzun kollu izolasyon önlüğü Yüz siperi veya gözlük	Tercih edilen: solunum cihazı (N95 veya üstü) Uzun kollu izolasyon önlüğü Yüz siperi veya gözlük
Avrupa Hastalık Kontrol ve Önleme Merkezleri (ECDC)	Cerrahi maske veya varsa solunum cihazı (FFP2) Uzun kollu elbise veya koruyucu önlük Siperlik veya gözlük Eldiven	Solunum cihazı (FFP2 veya 3) Uzun kollu su geçirmez önlük Siperlik veya gözlük Eldiven
İngiltere Halk Sağlığı (PHE)	Cerrahi maske Koruyucu önlük Uzun kollu önlük Göz koruyucu Eldiven	Solunum cihazı (FFP3) Uzun kollu önlük Tam yüz kalkanı veya siperlik Eldiven
Robert Koch Enstitüsü (RKI)	Uzun kollu önlük Eldiven Solunum cihazı (FFP2) veya FFP2 mevcut değil en azından sıkı oturan cerrahi maske Gözlük	Uzun kollu önlük Eldiven Solunum cihazı (FFP2 veya üstü) Gözlük

Uzaktan çalışma

Telesağlık, elektronik bilgi ve telekomünikasyon teknolojileri aracılığıyla bir klinik RT hizmetinde uzaktan çalışmayı kolaylaştırır.

Sağlık çalışanları ile hastalar ve diğer sağlık çalışanları arasındaki uzun mesafeli sanal toplantılar, bu bulaşıcı COVID-19 salgını bağlamında son derece değerli hale geliyor.

Aşağıdakiler, RTT uzaktan çalışma kılavuzu için önemli noktalar.

- Tedavi planlamasına dahil olan RTT'ler

mümkünse uzaktan çalışmalıdır. Kalite güvencesi ve eğitim faaliyetleri mümkünse uzaktan yürütülmelidir. RT ön tedavi simülasyonu ve tedavi makineleri için yedek personel, gerekli olana kadar evden çalışmalıdır. Bu tür personelin, idari görevler için ana RT departmanına uzaktan erişimi olmalıdır. RT departmanı ve uzaktan erişim istasyonları arasında verimli ve güvenilir bir telekomünikasyon sistemi sağlamak için RT departmanlarının, ilgili verilerin elektronik ve güvenli bir şekilde nasıl saklanacağını yollarını

optimize etmesi gerekir. Gizli hasta verilerinin değişimi sırasında dikkatli olunmalıdır.

- Klinik inceleme ve takip randevularının RTT tarafından yönetildiği durumlarda, bunlar radyasyon onkologları ile fikir birliğine varılarak telefon görüşmeleri/sanal toplantılar yoluyla yapılmalıdır.
- Üst yönetimden klinik RTT'lere sürekli iletişim sağlamak için bir iç iletişim planı oluşturulmalıdır. Fiziksel olarak RT departmanında bulunan RTT'ler ile uzaktan çalışan RTT'ler arasında çevrimiçi olarak düzenli ekip toplantıları yapılmalıdır.

RT uygulaması

RTT'ler, kanser hastalarının RT planlamasından ve tedavisinden sorumludur ve uzmanlık becerileri tipik hastane yeniden düzenleme modellerinde değiştirilemez. COVID-19 hastasıyla temasın hastalık izniyle sonuçlandığı senaryoda, bir izolasyon protokolü izlenmeli ve enfeksiyon önleme ve kontrol ekipleri tarafından kapsamlı izleme çalışmaları yapılmalıdır. Hizmetin sürekliliğini sağlayan yeterli RTT insan gücünü sağlamak için hükümler ve politikalar yürürlükte olmalıdır.

RTT'ler, doğru RT tedavisi için tanısal görüntüleri değerlendirmek amacıyla radyasyondan korunma, anatomi, fizyoloji ve patoloji konusundaki uzmanlık bilgilerini kullanır. Hastalar semptomatik olsa bile, RT planlama ve tedavi doğrulama görüntülerinde COVID-19 tarafından pulmoner komplikasyonların kanıtı gösterilebilir. RTT'ler, bu görüntüleri incelerken herhangi bir şüpheli bulguyu sorumlu radyasyon onkoloğuna iletmelidir. Aşağıda, COVID-19'a yanıt

olarak RT uygulamasında gerekli uyarlamalar için yönergeler bulunmaktadır.

- Gelişen COVID-19 salgını ile hizmet sürekliliği kilit önem taşımaktadır. Buna izin vermek ve hastalık nedeniyle personel eksikliğinin neden olduğu etkiyi en aza indirmek için departman hükümlerinin olası bir yeniden organizasyonu olmalıdır. RT tedavi öncesi simülasyon cihazı ve tedavi cihazlarında en az iki RTT çalışmalıdır.
- Tedavi konsolunda bir Perspex kalkan kurulmalıdır. Böylece RTT'ler, hastalarla gereksiz fiziksel temasları en aza indirirken hastalarla sohbet edebilir. Ayrıca Perspex kalkanlar, öngörülen sosyal mesafe önlemlerinden daha yakın olabilecek personel ve hasta arasındaki her temas noktasına yerleştirilebilir.
- RT sırasında çapraz enfeksiyon olasılığını en aza indirmek için, bir RT bölümünde potansiyel olarak COVID-19 olanları belirlemek ve derhal izole etmek çok önemlidir. Pirometri tabanlı nefes tutmalı RT ekipmanının kullanılması durumunda, hastaları ekipmanla tedavi etmek için hijyen kurallarının uyarlanması gerekir. enfeksiyon kontrol etmek için enfeksiyon önleme ve kontrol ekiplerine danışılmalıdır. COVID-19 şüphesi veya durumu teyit edilmiş hastalara RT uygulamasından sonra tüm RT ekipmanının ve tedavi odalarının uzman temizliği gereklidir.
- Görüntü kılavuzluğunda RT (IGRT) kararları için ek personel gerektiğinde, örneğin karmaşık vakalar, büyük anatomi değişiklikleri, tümörün yer değiştirmesi vs. bunlar uzak bir istasyonda görülmeli ve onaylanmalıdır.
- Belirsizlik için yeterli kapsamın korunmasını

sağlarken, günlük çevrimiçi görüntülemenin mümkün olmadığı durumlarda tanınan çevrimdışı IGRT düzeltme protokolleri kullanılmalıdır.

COVID-19 döneminde RTT uygulamasının düzeltilmesi

COVID-19'a karşı aşı yaygın olarak kullanılana kadar, RT uygulaması geliştirilmeye ve bazı değişikliklere tabi tutulmaya devam edecektir. RT departmanlarının öngörülebilir gelecek için güvenli ve verimli bir hizmet vermeye devam etmesini sağlamak için, yukarıdaki önerilerde açıklandığı gibi mevcut pandemi çözümlerini analiz etmeye ihtiyaç vardır. Her açıdan zorunlu ölçümler, örneğin hipofraksiyonasyon kullanımının artması, tedavinin ertelenmesi, artan hijyen ve güvenlik düzenlemeleri mevcut duruma ve bilgilere göre yeniden değerlendirilmeli ve uyarlanmalıdır. Salgına daha çok tepki vermenin yeni yollarını keşfetmek, uzun vadeli planlamada bir ön koşuldur. RTT'ler ile ortaklaşa, bireysel sağlık kuruluşları içinde durumun sürekli olarak izlenmesi gerekir. COVID-19 protokolleri, stereotaktik vücut radyoterapisi ile ultra hipofraksiyone RT tedavi programları gerektirebilir [13,14]. RTT'leri tedavileri güvenli ve doğru bir şekilde verecek şekilde donatmak için, RTT ileri uygulama eğitimi ve yetkinlik konularını ele almak çok önemlidir.

Genel popülasyonla karşılaştırıldığında RTT'lerin kanser hastalarına duygusal destek sağlamadaki birincil konuları nedeniyle, duygusal tükenme ile mesleki tükenmişlik riskinin yüksek olduğu öne sürülmüştür. COVID-19'a karşı kanıtlanmış ve geliştirilmiş bir aşı olmadan, doğrulanmış ve şüpheli

COVID-19 vakalarının sayısının öngörülebilir gelecekte hala mevcut olacağı, kesin sayılar ve dinamiklerin neredeyse hiç tahmin edilemediği varsayılabilir. Bu sayıların hızlı bir şekilde artması, yetersiz KKD sağlama ve pandemiyle ilgili medyada geniş yer bulan olumsuz haberler sağlık çalışanları için ezici bir iş yüküne yol açabilir. RTT'ler üzerindeki yük, ciddi psikolojik sıkıntıya neden olabilir. Bu meslek, hastalara optimum bakımı sağlamak için çalışanları baskı altına alıyor ve çalışanların uzun süre KKD giymeleri gerekiyor. RTT'ler, işyerinde ve evde enfekte olacakları ve virüsü başkalarına bulaştıracakları konusunda endişe duyabilirler. COVID-19 ile devam eden mücadeleye yanıt olarak, RTT'lerin telefon ve uygulama tabanlı danışmanlık gibi psikolojik yardım hizmetleri için gerekirse yerel ve ulusal ruh sağlığı kurumlarından yardım almaları şiddetle tavsiye edilir.

Sonuç

Mevcut COVID-19 salgını bağlamında, normal yaşam büyük ölçüde etkilendi ve salgın muhtemelen bir süre daha yakın geleceğin bir parçası olacak. Hastalara, sağlık çalışanlarına ve genel halka olası viral maruziyeti sınırlayarak güvenli bir RT hizmeti sağlamak için RTT'ler uygun rehberlik ve KKD ile güçlendirilmelidir. COVID-19 salgınının getirdiği kaynak kısıtlamaları ve eksikliği açısından, radyasyon onkolojisi topluluğu içinde birbirimizi öğrenmeye, uyum sağlamaya ve desteklemeye devam etmemiz çok önemlidir.

**Med. Fiz. Uzm. Özge Atilla**

1988 yılında İstanbul'da doğdu. 2011 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi Fizik Bölümü'nden mezun oldu. Yüksek Lisans öğrenimini 2019 yılında İstanbul

Üniversitesi Çapa Onkoloji Enstitüsü'nde tamamladı. İlk olarak Bakırköy Dr. Sadi Konuk Eğitim ve Araştırma Hastanesi Radyasyon Onkolojisi Kliniği'nde Medikal Fizik Uzmanı olarak meslek hayatına başladı. 2020 Mayıs itibarıyla Başakşehir Çam ve Sakura Şehir Hastanesi Radyasyon Onkolojisi Kliniği'nde Medikal Fizik Uzmanı olarak görev yapmaktadır

TÜRKİYE'DE RADYOTERAPİ CİHAZ DONANIMI VE İNSAN GÜCÜ

Hatice Bilge Becerir, Salih Gürdallı, Bülent Yapıcı, Fadime Alkaya, Aydın Çakır, Kadir Yaray, Tamer Oğuz Gürsoy

Editörün Notu:

Bu çalışma 2017-2019 yılları arasında Medikal Fizik Derneği yönetim kurulu tarafından yapılmıştır. Radyoterapi tesislerinin güncel durumu, cihazların çeşitliliği, bu konuda çalışan medikal fizikçilerin sayısı ve bunların diğer ülkelerin durumu ile karşılaştırılması gelecek ile ilgili planların oluşturulması açısından önemlidir. Bu çalışmada amaçlanan, radyoterapi alanında ülkemizdeki cihaz sayısının, cihazların teknik özelliklerinin, radyoterapi alanında çalışan medikal fizikçi (sağlık fizikçisi) sayısının belirlenmesi ve ülkemizin mevcut durumunun dünya ülkelerindeki durumla karşılaştırılması ve ileride yapılacak çalışmalara yardımcı olmaktır. Çalışma öncelikle 17. Ulusal Medikal Fizik Kongresinde sözel olarak sunulmuş daha sonra Turkish Journal of Oncology dergisinde 2021 yılında (Volume: 36 No: 4) yayınlanmıştır. Çalışmanın yazarları 2017-2019 Medikal Fizik Derneği yönetim kurulu üyeleridir.



Med. Fiz. Uzm. Fadime Alkaya

Radyoterapi, insan gücü ve finansal kaynakların doğru kullanılmasının gerektiği yüksek maliyetli bir tedavidir. Bir ülkede radyoterapi tedavilerinin sağlıklı bir şekilde gerçekleşmesi ve kaynakların doğru kullanılması için radyoterapi cihaz donanımı ve insan gücünün iyi planlanması gerekir. İyi bir planlama yapılabilmesi için mevcut durumun tespit edilip ulaşılmak istenen hedefler doğrultusunda planlama yapılmalıdır. Medikal Fizik Derneği tarafından yapılan bu çalışmanın amacı, ülkemizde bulunan radyoterapi cihazlarının ve insan gücünün güncel durumunu tespit etmek ve dünyadaki diğer ülkelerin durumlarıyla karşılaştırmaktır.

Ülkemizde bulunan 141 merkeze sorular gönderilmiş, cihaz sayıları, teknik özellikleri, cihazların alınış

tarihleri, merkezlerde bulunan radyasyon onkoloğu, medikal fizik uzmanı ve radyoterapi tekniker sayıları sorulmuştur. Merkezlerden gelen cevaplar bölgelere göre analiz edilmiş ve diğer ülkelerin durumu ile karşılaştırılmıştır.

Çalışmada toplanan veriler Aralık 2019 yılına aittir. Türkiye'de radyoterapi cihazlarının nüfusa göre oranının 1 milyon kişi başına 3.14 megavoltaj (MV) eksternal cihaz olduğu tahmin edilmektedir. Dağılım tüm bölgelerde homojen değildir. En yüksek değer 4.59 ile İç Anadolu bölgesinde, en düşük değer 0.78 ile Doğu Anadolu bölgesindedir. Her bir MV cihazı için ortalama olarak tıbbi fizik alanında 1.58 uzman bulunmaktadır.

Çalışmamız, son on yılda ülkemizde radyoterapi cihaz donanımları ve insan gücü bakımından çok yol

alındığını, ancak gelir düzeyi yüksek Avrupa ülkelerinin standartlarına yaklaşmakla birlikte yetişemediği, orta gelir düzeyine sahip ülkelerin içinde oldukça iyi durumda olduğunu göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Türkiye, Radyoterapi cihazları, İnsan gücü

GİRİŞ

Kanıtı dayalı tedavi protokollerinin uygulanması ve yeni yüksek hassasiyetli teknoloji, radyoterapinin kanser yönetimindeki önemli rolünü güçlendirmiştir. Literatürdeki mevcut verilere dayanarak tüm kanserlerin %60'ından fazlasında radyoterapi uygulanmaktadır⁽¹⁾. Son yıllarda, radyoterapinin hızla değişen teknolojik ilerlemesi karşısında radyasyon tedavisinin kritik rolünü ve konumunu desteklemek için objektif verileri ortaya koyma ihtiyacı vardır.

1982 yılından beri *European Organisation for Research and Treatment of Cancer Radiation Oncology Group (EORTC- RTOG)* üye merkezlerinin radyoterapiyi içeren klinik araştırmalara katılmasında standart oluşturabilmek ve verilerin tutarlılığını kontrol etmek için bir Kalite Güvencesi (QA) programı başlattı. 1989 yılında bir anket oluşturdu ve bu anketi yıllar içinde geliştirdi. Aralık 2005 ile Ekim 2007 tarihleri arasında, 19 ülkeden 98 aktif EORTC- RTOG üyesi kurum tarafından çevrimiçi olarak tamamlanarak anket sonuçlarını rapor halinde sundu. Bu çalışmanın sonucuna göre, 98 merkezde yıllık toplam 197 000 hasta (yıllık ortalama 2016 hasta), tedavi edilmiştir. Bir radyasyon onkoloğu, medikal fizikçi ve tedavi teknikerine düşen hasta sayısı sırasıyla 258, 420, 107 idi. Bir tedavi cihazı için yıllık hasta sayısı 488, bir BT SIM/Klasik Simülatör için ise 1117 olarak rapor edilmiştir⁽²⁾.

ESTRO-QUARTS Radiation Therapy for Cancer tarafından *QU Anification of RadioTherapy Infrastructure and Staffing Needs* isimli proje 2003 yılında başlatıldı. Projenin amacı Avrupa genelinde altyapı ve personel için mevcut bilgileri toplamak ve genel rehberler oluşturmaktır. Bu çalışmada ülkeler yıllık milli gelir düzeylerine göre düşük (3000\$'den az), orta (3000\$-10000\$) ve yüksek (10000\$'den fazla) olarak üç gruba ayrıldı. Bütün ülkelere anket soruları gönderildi ve bu sorulara gelen cevaplar ülkelerin gelir gurubuna göre değerlendirildi. Avrupa nüfusunun %99'unu temsil eden 41 ülke (%93,2) ankete cevap verdi. Lineer hızlandırıcı ve personel sayısının ilkeleri ülkelerin yaklaşık %40'ında mevcuttu. Hızlandırıcı sayısı için ortalama, yüksek gelir gurubundaki ülkelere 183.000 kişi başına 1, orta gelir gurubundaki ülkelere 284.000 kişi başına 1 ve düşük gelir gurubu ülkelerinde 500.000 kişi başına 1 idi. İnsan gücü değerlendirildiğinde bir radyasyon onkologu için 150-400 hasta (ortalama: 250) arasında değişmekteydi ve yüksek, orta ve düşük gelir düzeyli ülkeler arasında net bir fark yoktu. Bir medikal fizikçi için yıllık, milli geliri yüksek ülkelere ortalama 530 hasta, gelir düzeyi orta ve düşük olan ülkelere 610 idi. Ülkelerin gelir durumuyla fizikçi başına düşen hasta sayısı arasında ilişki vardı, gelir düzeyi düşük olan ülkelere bir medikal fizikçiye düşen hasta sayısı artmaktaydı. Diğer ekipman ve personel için rehber ilkeler, yerel alışkanlıklara ve tedavilerin uygunluğuna oldukça bağlıydı⁽³⁾.

ESTRO, Avrupa düzeyinde radyasyon tedavilerinin sağlık, ekonomik değerlendirmesi için bir bilgi tabanı ve bir model geliştirmek amacıyla *HERO* projesini (*Health Economics in Radiation Oncology*) başlattı. *HERO* projesi ile radyoterapinin ihtiyaçlarını,

erişilebilirliğini, maliyetini ve maliyet etkinliğini ele alarak rehberler hazırlanması düşünülmektedir. Ancak rehberlerin oluşturulması kolay değildir. Örneğin metastatik kemik ışınlamasında hastayı tek fraksiyon ile olduğu gibi çoklu fraksiyonla da tedavi etmek mümkündür. Dahası, klinik belirsizlik ve algılanan risk ile ilgilenen hekimin kişisel özellikleri, geçerli görüş, bölüm politikasına ve geçmiş öğretime uyma eğilimi de karar vermede rol oynayabilir. Ek olarak, sosyo-ekonomik faktörlerin seçilen ve verilen tedaviyi etkilediği bilinmektedir. Kaynak yetersizliği tipik olarak, daha az karmaşık, daha az maliyetli ve potansiyel olarak daha az nitel tedavilerin kullanımını teşvik etse de tersine kaynakların bol olduğu durumda gerekmediği halde yüksek teknolojinin kullanılması gibi durumlar söz konusu olabilir. Rehber oluşturmak ve bu rehberlerin kullanılmasını sağlamak kolay değildir. Bunun başarılması uzun yıllar alabilir, ilk adım kalifiye insan gücü yetiştirmektir. Personel maaşlarının milli gelire göre ayarlanması maliyet üzerinde etkili olmazken radyoterapi cihazlarının maliyeti milli gelir düzeyinden bağımsızdır. Bu nedenle milli geliri düşük ülkelerde cihaz donanımının optimum seviyeye gelmesi kolay olmaz. *ESTRO-QUARTS* çalışmasında önerilen rehberlere dayanarak, her bir yılda 200-250 hasta için bir radyasyon onkoloğunun mevcut olması ve bir lineer hızlandırıcının 450 hastaya hizmet etmesi gerekliliği her Avrupa ülkesi için geçerli olmayabilir. Ayrıca kullanılan teknolojilerin gelişmişliği de bu sayıları etkilemektedir. Bu nedenlerden dolayı daha gelişmiş rehberlere ihtiyaç vardır^(3,4).

QUARTS'ta sunulan veriler, ulusal sağlık hizmetleri planlamaları için çok önemli bir kaynaktır. Ancak bu verilerin sadece mevcut durumun tespiti olduğunu

unutmamak gerekir⁽⁴⁾. Değişen kanser insidansı ve demografik bilgilerin sürekli düzeltilmesi gerekmemekle birlikte gelecekteki radyoterapi kaynaklarının doğru tahmini için değişen endikasyonlar ve bu endikasyonların kullanımı dikkate alınmalıdır. Günümüzde sürekli artan tedavi maliyetleri karşısında maliyet ve maliyet etkinliği hakkındaki objektif verilere de ihtiyaç vardır. Bu nedenle *ESTRO*, Avrupa düzeyinde radyasyon tedavilerinin sağlık ve ekonomik açıdan değerlendirilmesi ve veri tabanı oluşturulması amacıyla *HERO* projesini (Radyasyon Onkolojisinde Sağlık Ekonomisi) başlatmıştır.

HERO projesi beş farklı boyuta hitap edecektir;

- Avrupa'da kanser insidansından ve kanıta dayalı rehberlerden elde edilen optimum radyoterapi kullanımının tanımlanması ile radyoterapiye olan ihtiyaç değerlendirilecektir.
- Bu tanımlanmış optimum bakım seviyesini sağlamak için gereken kaynaklar belirlenecektir.
- Karşılaştırma ve erişilebilirlik, kıyaslandığında, altyapı ve personel seviyeleri ile ilgili ulusal öneriler incelenerek ele alınacaktır.
- *QUARTS* metodolojisini kullanarak Avrupa ülkelerindeki mevcut kaynaklar ve tahmini ihtiyaç belirlenecektir.
- Farklı ülkeler içinde verilen gerçek radyoterapi tedavi kombinasyonları belgelenecektir.

HERO projesinde son bir adım olarak, tanımlanan ana rakamlar ve maliyet (etkililik) verileri, global kanser yönetimi bağlamında radyoterapinin profilini

çıkarmak ve ülkelerin önceliklerinin belirlenmesine yardımcı olmak için kullanılacaktır. Bu projenin sonunda elde edilen veriler hükümetlerin sağlık harcamaları planlamasına katkıda bulunacaktır (4,5,6).

Avrupa gibi yıllık gelir düzeyi yüksek ülkelerde istatistik bilgileri elde etmek kolay olsa da gelir düzeyi düşük ve orta olan ülkelerde istatistiğe dayanan bilgileri elde etmek o kadar da kolay değildir. *Grover ve arkadaşları* yıllık milli geliri düşük ve orta olan ülkelerde radyoterapi tesislerin durumunu ortaya koymak için konuyla ilgili 49 makaleyi değerlendirerek radyoterapi donanımları ile ilgili bir model oluşturmaya çalışmışlardır⁽⁷⁾. Ülkeleri Afrika, Asya, Doğu Avrupa ve Güney Amerika olmak üzere dört bölgeye ayırarak değerlendirmişlerdir. Dağılım tahmin edilebileceği gibi çok heterojendir. Radyoterapi cihazlarının %60 gibi çok önemli bir kısmı Mısır'da bulunurken çok az kısmı Afrika ülkelerindedir ve yaşı 20'nin üstündedir^(8,9). Bu makalede Türkiye Asya ülkesi olarak değerlendirmeye alınmıştır. Bu makalede kullanılan veriler *Göksel ve arkadaşlarının* 2011 yılında *Radiation Oncology Facilities in Turkey: Current Status and Future Perspectives* başlığı ile *Asian Pac J Cancer Prev* isimli dergide yayınlanan makaleden alınmıştır⁽¹⁰⁾.

Radyoterapi tesislerinin güncel durumu, cihazların çeşitliliği, bu konuda çalışan medikal fizikçilerin sayısı ve bunların diğer ülkelerin durumu ile karşılaştırılması gelecek ile ilgili planların oluşturulması için önemlidir. Medikal Fizik Derneği tarafından yapılan bu çalışmada, radyoterapi alanında ülkemizdeki cihaz sayısının, cihazların teknik özelliklerinin, radyoterapi alanında çalışan medikal fizikçi (sağlık fizikçisi)

sayısının belirlenmesi ve ülkemizin mevcut durumunu dünya ülkelerindeki durumla karşılaştırılması amaçlanmıştır.

YÖNTEM

Türkiye'de bulunan 141 radyoterapi merkezinde çalışan sorumlu medikal fizik uzmanlarına Medikal Fizik Derneği adına anket soruları gönderilmiş ve cevaplanması istenmiştir. Ankette, merkezlerinde bulunan cihazların teknik özellikleri, hangi yılda kuruldukları, medikal fizik uzmanı, radyasyon onkologları ve radyoterapi teknikerlerinin sayıları sorulmuştur. Tüm merkezlerden cevaplar gelmiş bu cevaplara göre veriler analiz edilerek çalışma yapılmıştır. Gelen cevapların analizinde Türkiye yedi bölgeye ayrılarak ve nüfus bakımından en yoğun olan ilk altı şehir de ayrıca değerlendirilmiştir. Bölgelere ait nüfus bilgileri *Türkiye İstatistik Kurumu* verilerinden alınmıştır. Türkiye için yapılan analizlere Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti (KKTC) verileri dahil edilmemiştir (ayrıca değerlendirilmiştir). Bölgelere göre ülkemizde bulunan merkez sayıları, Lineer Hızlandırıcı, Tohomotherapy, Cyberknife, Gammaknife, Intraoperative cihazları, Brakiterapi ve BT-Simülatör sayıları ve bu sayılar kullanılarak radyoterapi cihazlarının sayılarını belirlemek için kullanılan 1 000 000 (1 milyon) nüfus için sahip olunan MV cihaz sayısı ve 450 yeni hasta için 1 MV cihaz gerekliliği referans alınarak karşılaştırma yapılmıştır. Ülkenizdeki mevcut durum uluslararası literatürler ile karşılaştırılmıştır.

141 merkezden gelen cevaplar doğrultusunda Radyoterapide insan gücü radyasyon onkologu (RO), medikal fizik uzmanı (MF) ve radyoterapi teknikeri (RTT) sayıları tespit edilmiş ve uluslararası literatür ile

karşılaştırılmıştır.

BULGULAR

Türkiye’de bulunan 141 radyoterapi merkezlerinin % 35,8’i özel hastaneler ,% 32,8’ü Sağlık Bakanlığı hastaneleri ve % 31,4’ü Üniversite hastaneleri bünyesinde bulunmaktadır. Son yıllarda Sağlık Bakanlığı’na bağlı Sağlık Bilimleri Üniversitelerinin açılması, Özel hastanelerinin Üniversitelere dönüşmesiyle bu ayrımı yapmak önümüzdeki yıllarda zorlaşacaktır.

Bölgelere göre ülkemizde bulunan merkez sayıları,

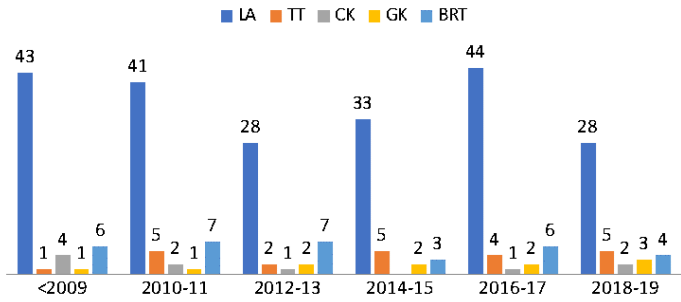
Lineer Hızlandırıcı, Tomotherapy, Cyberknife, Gammaknife, Intraoperative cihazlar, Brakiterapi ve BT -Simülatör sayıları ve bu sayılar kullanılarak radyoterapi cihazlarının sayılarını belirlemek için kullanılan 1 000 000 (1 milyon) nüfus için sahip olunan MV cihaz sayısı (MV/1 M) **Tablo 1’de** gösterilmiştir. Ülkemizde 2 adet Co-60 (Kobalt 60) cihazı vardır. Bunlardan bir tanesi aktif olarak kullanılmaktadır. Hesaplamalara Lineer Hızlandırıcı, Tomotherapy, Cyberknife, Gammaknife gibi eksternal cihazları dahil edilmiş Intraoperatif cihazlar dahil edilmemiştir.

Tablo 1: Türkiye’nin bölgelerine göre radyoterapi cihazlarının dağılımı, MS; merkez sayısını, MV; Megavoltaj cihaz sayısını, LH; lineer hızlandırıcı sayısını, TT;Tomotherapy sayısını, CK; Cyberknife sayısını, GK; Gammaknife sayısını, IORT; Intraoperative cihazları sayısını, BRT; Brakiterapi cihaz sayısını, BT; Bilgisayarlı simülatör sayısını göstermektedir MR:Manyetik Rezonans Co60; Kobalt 60; KKTC; Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti, KKTC toplam sayıya dahil edilmemiştir.

BÖLGELER	MS	MV (LH/Co-60)	TT	CK	GK	BRT	IORT	BT	NUFUS	MV/1M (BRT ve IORT hariç)
Akdeniz	19	27	4	-	1	6	-	20	10 627 530	3,01
Doğu Anadolu	8	9	2	-	-	-	-	7	6 045 786	1,82
Ege	18	23	3	1	1	5	-	21	10 618 433	2,64
GD Anadolu	7	6	1	-	-	1	-	6	8 975 618	0,78
İç Anadolu	28	54	2	3	2	5	1	28	13 273 751	4,59
Karadeniz	10	14	1	1	-	1	-	10	7 963 476	2,01
Marmara	51	83	9	7	7	16	5	55	25 650 403	4,13
KKTC	2	2	-	-	-	1	-	2	350 000	5,7
TOPLAM	141	216	22	12	11	35	6	147	83 154 997	3,14

Türkiye’nin nüfus bakımından en fazla olan ilk 6 şehri MV dir. Nüfus yoğunluğu bakımından en fazla olan ilk sırasıyla İstanbul, Ankara, İzmir, Bursa, Antalya ve 6 ilimizin nüfusu ülke nüfusunun %37’sini Adana’dır. 1 000 000 nüfus için cihazlanma nüfus oluşturmaktadır. Cihazların alındığı yıllara göre yoğunluğuna göre 5,1 ; 7,07; 4,12; 4,25; 3,58 ve 4,91 dağılımı **Grafik 1’de** görülmektedir.

Türkiye'de radyoterapi cihazlarının kuruluş yıllarına göre dağılımı



Grafik 1: Türkiye'deki lineer hızlandırıcıların kuruluş yılına göre dağılımı

Radyoterapide, radyasyon onkoloğu (RO), medikal fizikçi (MF) ve radyoterapi teknikeri (RTT) temel insan gücünü oluşturmaktadır. Türkiye'deki insan gücünü **Tablo 2'de** özetlenmiştir.

Tablo 2: Radyoterapide mevcut medikal fizik uzmanı sayısı, gerekli medikal fizik uzmanı sayıları hesaplaması radyoterapi görmesi olası 170000 -185000 kanser hastası beklentisine dayandırılarak hesaplanmıştır.

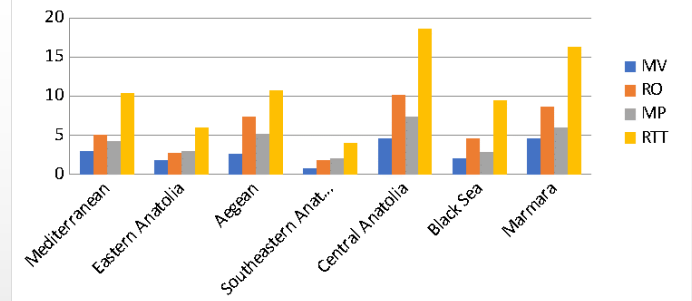
BÖLGELER	MS	MV	MF	MF/ MV	Olması gerek MF/400 hasta (BRT hariç)	Olması gerek LH/450 hasta
Akdeniz	19	32	47	1,47	54 - 59	48 - 53
Doğu Anadolu	8	11	18	1,63	30 - 33	27 - 30
Ege	18	28	55	1,96	53 - 58	47 - 52
Güneydoğu	7	7	18	2,57	46 - 50	41 - 44
İç Anadolu	28	61+	99	1,6	65 - 71	58 - 63
Karadeniz	10	16	23	1,43	39 - 43	35 - 38
Marmara	51	106	155	1,46	126- 137	112 - 122
TOPLAM	141	262	415	1,58	425- 462	378 - 411

Merkezlerden gelen cevaplar doğrultusunda ülkemizde 2019 yılındaki radyoterapide mevcut insan gücü **Tablo 3'de** gösterilmiştir. Olası radyoterapi alması gereken kanser hastası sayısına göre Türkiye'de Aralık 2019 tarihinde 1 milyon kişiye düşen lineer hızlandırıcı, radyasyon onkoloğu, medikal fizik uzmanı ve radyoterapi teknikeri sayıları **Grafik 2'de** gösterilmiştir.

Tablo 3: Türkiye'de Aralık 2018 tarihinde mevcut insan gücü ve olması gereken sayılar

Meslek Grubu	Sayısı	Olması gereken
Radyasyon Onkoloğu	596	680-740 (1RO/250 hasta)
Medikal Fizik Uzmanı	415	425-462 (1 MF/400 hasta)
Radyoterapi Teknikeri	1100	1700-1850 (1RTT/100 hasta)

Türkiye'de 1 milyon kişiye düşen megavoltaj cihaz ve iş gücü



Grafik 2: Türkiye'de Aralık 2019'de tarihinde bölgelere göre 1 milyon kişiye düşen cihaz (MV), radyasyon onkoloğu(RO), medikal fizik uzmanı(MF) ve radyoterapi teknikeri(RTT) sayıları

TARTIŞMA

Bir ülkede radyoterapi tedavilerinin sağlıklı bir şekilde gerçekleşmesi için radyoterapi cihaz donanımı ve insan gücünün doğru planlanması gerekir. Radyoterapi cihaz donanımı ve insan gücünü

belirlemek için birden fazla yöntem vardır. En önemli yöntem *IAEA*'ın önerisi olan 1 000 000 kişiye 4 adet MV cihazının olmasıdır. Türkiye'nin nüfusu İçişleri Bakanlığı verilerine göre 83 154 997 dir. *IAEA* yaklaşımına göre Türkiye ortalaması 1 000 000 kişiye 3,14 MV cihazdır. Akdeniz, Doğu Anadolu, Ege, Güneydoğu Anadolu, İç Anadolu, Karadeniz ve Marmara bölgesinde bu ortalama sırasıyla 3,01, 1,82, 2,64, 0,78, 4,59, 2,01 ve 4,13 adet MV cihaz şeklindedir. İç Anadolu bölgesi 4,59 MV cihaz ile en yüksek orana sahipken Güneydoğu Anadolu bölgesi 0,78 MV cihaz ile en düşük orana sahiptir. KKTC'de bu oran 5,7 dir.

Dünya genelinde, Mega voltaj cihazların %26'sı Kuzey Amerika'da, %34'ü Avrupa'da ve %40'ı da dünyanın diğer ülkelerindedir. Avrupa ülkelerinde 1 000 000 nüfus için 6, Afrika ülkelerinde 1, düşük ve orta gelir düzeyine sahip Asya ülkelerinde 2 adet MV cihazı şeklindedir⁽²⁾.

Türkiye'de ışın tedavisi cihaz donanımı ve insan gücünü tespit eden ilk çalışma 2004 yılında Seyfettin Kuter tarafından yapılmıştır. Bu çalışmanın sonucuna göre, 2002 yılında, merkez sayısı 50, lineer hızlandırıcı 40, Co-60 cihazı 48, brakiterapi cihazı 19, simülatör 53 adettir. İnsan gücü açısından da, radyasyon onkoloğu 351, medikal fizikçi 98, radyoterapi teknikeri sayısı 271'dir⁽¹¹⁾.

Türkiye'de radyoterapi cihazlarının durumunu tespit eden ve ileriye dönük bir perspektif oluşturan ilk çalışma *Göksel ve arkadaşlarının* yaptığı *Asian Pacific J Cancer Prev* dergisinde 2011 yılında yayınlanan çalışmadır. Bu çalışmadaki bilgiler anket yolu ile elde edilmiş ve Türkiye Atom Enerji Kurumu verileri ile

doğrulanmış verilerdir. Bu çalışmanın verilerine göre 2010 yılında Türkiye'de 1 000 000 kişiye 1,8 adet MV cihazı düşmektedir.

Medikal Fizik Derneği'nin yapmış olduğu çalışmaya göre 2019 yılında içinde 1 adet MR Lineer Hızlandırıcı olan toplam 216 Lineer Hızlandırıcı, 1 Co-60 cihazı, 22 Tomotherapy, 12 adet Cyberknife, 11 adet Gammaknife olmak üzere toplam 262 mega voltaj eksternal tedavi cihazı ve 6 adet intraoperaif radyoterapi cihazı bulunmaktadır. 1 000 000 kişiye 3,14 adet MV cihazı düşmektedir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlara göre geçtiğimiz 9 yıl içinde radyoterapi cihazlarının sayısının oldukça arttığı görülmekle beraber *IAEA*'nin önerisi olan 1 000 000 nüfus için 4 adet MV cihazı kriterine sadece İç Anadolu ve Marmara bölgesinde ulaşılmıştır. Diğer beş bölge bu kritere ulaşamadığı gibi yüksek gelir gurubundaki ülkelerin sahip olduğu 1 000 000 nüfus için 6 adet MV cihaz ortalamasından uzaktır.

Türkiye genel ortalaması 1 000 000 nüfus için 3,14 MV cihazdır. Ancak en çok nüfusa sahip ilk 6 şehirdeki durum değerlendirildiğinde sonuç farklıdır. Türkiye'nin nüfus bakımından en fazla olan ilk 6 şehri sırasıyla İstanbul, Ankara, İzmir, Bursa, Antalya ve Adana'dır. 1 000 000 nüfus için cihazlanma nüfus yoğunluğuna göre 5,1 ; 7,07; 4,12; 4,25; 3,58 ve 4,91 MV'dir. Nüfus yoğunluğu bakımından en fazla olan ilk 6 ilimizin nüfusu ülke nüfusunun %37'sini oluşturmaktadır. Radyoterapi merkezlerin %52'si, Lineer Hızlandırıcıların %62,2'si özel cihazların (TT, CK, GK, IORT) hemen hemen tamamı bu şehirlerimizde bulunmaktadır. Bu şehirler önerilen ortalama kritere ulaşmış görünmektedir. Değerlendirme yaparken bu şehirlere yakın illerden ve yabancı ülkelere tedavi

amaçlı gelen hastaların varlığını unutmamak gerekir. Sadece bu şehirlerin nüfuslarını dikkate alarak bulduğumuz sayı Radyoterapi cihaz donanımında standardı belirleyen tek yöntem nüfus sayısı değildir. Yıllık yeni kanser hastasına göre ihtiyacı belirleyen yöntem de vardır. Her 200-500 yeni hasta için bir MV cihaz gerekliliği belirtilmektedir. *EORTC Radiation Oncology Group*, 450 yeni hasta için bir MV cihaz gerekliliğini benimsemiştir ve 600 hastanın aşılmasını önermektedir⁽²⁾. *Göksel ve arkadaşlarının* 2011 yılında yayınladıkları çalışmada ülkemizde nüfusun 2023 yılında 82 293 000 olacağını, kanser insidansının 1000'de 3-3,2 olacağını buna göre 245000 - 265000 yeni kanser hastasının olacağını *Karakaya (2009)* ve *Türkiye İstatistik Kurumu* verilerine dayanarak belirtmişlerdir. Kanser hastalarının %60'ına radyoterapi uygulanmaktadır ve bu hastaların %25'ine yakın metastaz, rekürrens gibi nedenlerden dolayı tekrar radyoterapi uygulanması gerekmektedir. Bu da radyoterapi tedavisi olması gereken hasta sayısının yıllık 170000 –185000 olmasının beklendiğini gösterir^(10,12,13). Her 450 hasta için 1 MV cihaz gerektiğini kabul edersek ülkemizde 377-411 MV cihaz olması gerekmektedir. Ülkemizdeki cihaz sayısı 262 (LH+TT+CK+GK+IORT)'dir. Bu şekilde değerlendirildiğinde her yeni 450 hasta için 1 adet MV kriterinden uzaktır.

Radyoterapi cihazları için gerekli olan donanımın nüfus yoğunluğuna veya yeni hasta sayısına göre hesaplarken sadece sayıları yakalamak için çaba göstermek yeterli değildir. Radyoterapi merkezlerinin tek cihazla çalışmaması en az iki cihaz ile hizmet vermeye başlaması gerektiği önerisini unutmamak gerekir. Ülkemizde 141 radyoterapi merkezi olduğuna

göre minimum 274 eksternal radyoterapi cihazı olması gerekirken, bu sayı 262'dir. CK, GK gibi özel cihazlarda her hastanın ışınlanmayacağı düşünüldüğünde cihaz sayısının yeterli olmadığını söylemek mümkündür.

Radyoterapide kullanılan cihazlar teknolojinin özellikle bilgisayar teknolojisinin hızlı gelişimine paralel olarak değişmektedir. *IAEA*, *ESTRO* gibi uluslararası kuruluşların oluşturduğu kriterler zaman içinde değişmektedir. Sayı olarak bu kriterlere uymak yeterli olmayabilir, sahip olunan cihazların teknik özellikleri de önemlidir. Türkiye'de bulunan lineer hızlandırıcın 43 tanesi 2009 yılı ve öncesi, 41 tanesi 2010-11 yıllarında, 28 tanesi 2012-13 yıllarında, 33 tanesi 2014 -15 yılında, 44 tanesi 2016-17, 28 tanesi 2018-19 yılında alınmıştır. **Toplam 216** lineer hızlandırıcı cihazı mevcuttur. Mevcut cihazların hemen hemen tamamı portal görüntüleme yapabilmektedir. Ülkemizde **2 adet Co-60** radyoterapi cihazı vardır ancak 1 tanesi tedavi amacıyla kullanılmaktadır. Radyoterapide kullanılan cihazların 10 yaşından küçük olması önerilmektedir⁽²⁾. 2009 yılı ve öncesi 48 lineer hızlandırıcının 2019 yılında ekonomik ömrünü dolduracağı düşünüldüğünde önümüzdeki yıllarda ihtiyaç artacaktır. Radyoterapide tedavinin başarılı olabilmesi için ilk adım hedef organ ve kritik yapıların doğru belirlenmesidir. Bu ancak 3 boyutlu BT ile simülasyon yapıldığında mümkün olabilir. Ülkemizde **147 adet BT simülasyon** ünitesi bulunmaktadır, radyoterapi merkezi sayısının 141 olduğunu düşündüğümüz zaman BT simülasyon ünitesinin olmadığı merkezimiz yoktur. Bazı merkezlerimizde birden fazla BT simülatör mevcuttur. *IAEA* ve *ESTRO* kılavuzlarında önerilen her merkeze 1 BT Simülatördür

ancak 3 veya daha fazla lineer hızlandırıcının olduğu merkezlerin 2 BT simülatör bulundurması önerilmektedir. Ülkemizde BT simülatör sayısının yeterli olduğu görülmektedir. BT simülatör kullanıldığında hasta sayısı 2400'ü geçmemelidir ^(14,15) eğer geçiyorsa bir BT simulator ilave edilmelidir önerisinde bulunulmuştur.

Türkiye'de Brakiterapi cihazı sayısı 2010 yılında 35 iken bu sayı bugün de aynıdır, bir artış olmamıştır. Brakiterapi özel eğitim ve beceri gerektiren bir uygulamadır. Günümüzde yoğunluk ayarlı ark tedaviler ve sterotaktik beden radyoterapisi uygulamaları ile küçük hedef bölgeye yüksek dozların verilebilmesi daha zahmetli olan Brakiterapinin yerini bu tür uygulamalara bırakması Brakiterapi cihaz sayısının artmamasının nedeni olabilir.

Radyoterapide, radyasyon onkoloğu, medikal fizik uzmanı ve radyoterapi teknikeri temel insan gücünü oluşturmaktadır. Radyasyon tedavisinin başarılı olabilmesi cihaz donanımının yanında yetişmiş insan gücünün de ihtiyaca cevap vermesi gerekir. Radyoterapi cihazları için ihtiyacı belirlerken nüfus, hasta sayısı, fraksiyon sayısı gibi parametreler dikkate alınarak belirlenen farklı yöntemler olduğu gibi gerekli insan gücünü belirlerken de farklı yöntemler vardır.

Radyasyon onkologları (RO); her 150-400 hastaya bir radyasyon onkoloğu olması şeklindedir. Limit aralığı çok geniştir. Ülkeler kendi durumlarına göre bu sayıyı belirlemektedirler. Ortalama 250 hastaya bir radyasyon onkoloğu kabul gören kriterdir ^(5,6,14,15). Türkiye 250 hastaya bir radyasyon onkoloğu olmasını benimsemiştir. Buna göre 680-740 radyasyon onkoloğu olmalıdır. Mevcut durumda radyasyon

onkoloğu sayısı 596'dır.

Radyoterapi teknikerleri (RTT); Radyoterapi teknikerleri için olması gereken sayıyı belirlemek, radyasyon onkologları ve medikal fizikçi sayısı belirlemekten daha karmaşıktır. Hasta sayısına göre veya cihaz sayısına göre belirlenen sayılar günümüzde anlamını yitirmektedir. Radyoterapide gelişmiş teknolojilerin kullanılması cihaz başına alınan hasta sayısını azaltmıştır. Hasta set up ve tedavi süresi görüntüleme sürelerinin de ilavesiyle eski yıllara oranla artmıştır. Cihaz sayısına göre RTT sayısının tespiti oldukça yaygın bir yöntemdir. Cihaz sayısına göre tespit yapılırken cihazın çalışma saatleri dikkate alınmalıdır. Bir cihaz için minimum 2 RTT olmalıdır. 50 hasta ve üzerinde hasta tedavi edilen cihazlarda bu sayı 4'tür. Eğer QA programında, kritik organların tanımlanmasında yer alıyorsa bu sayı tanımlanan iş yüküne göre de değişebilir. Türkiye'de 600 RTT varken ⁽¹⁰⁾ çalışmamızda 1100 olduğu tespit edilmiştir. Çalışmakta olan RTT sayısı olması gerekenden az görünmektedir. Oysa ülkemizde mezun olmuş RTT teknikeri sayısı fazladır (yılda yaklaşık 3000 mezun). **ESTRO-HERO** çalışmasında belirtildiği gibi teknisyen sayıları ülkelerin gelir düzeyiyle ilgilidir ve bu sayının Avrupa ülkelerinde daha fazla olduğu görülmektedir ^(5,6,14,15).

Medikal fizikçi ihtiyacı için (MF); Mevcut medikal fizikçi sayısı 415'tür. EFOMP yıllık 400-750 hastaya bir medikal fizikçinin hizmet vermesini, ortalama 400 hastanın uygun olduğunu ve 500 hastanın geçilmemesini önermektedir. Resmi verilere göre 2019 yılı Aralık itibarı ile Türkiye'nin nüfusu 83 300 997 kişidir. Radyoterapi alması beklenen 170000 – 185 000 yeni hasta için 425-462 medikal fizikçiye ihtiyaç

vardır. Ülkemizde dozimetrist, teknolojist gibi tedavi planlama yapan yardımcı meslek gurubu olmadığı düşünüldüğünde bu sayının daha da fazla olması gerekir. Mevcut durumda bu sayı, özellikli cihaz kullanılıyorsa BR, IORT, CK gibi cihaz özelliğine göre sayı ilaveleri yapılmalıdır.

Her lineer hızlandırıcı için 2 medikal fizikçi önerisi de yaygın kabul gören bir öneridir. Ülkemizde lineer hızlandırıcı başına düşen medikal fizikçi sayısı 1,62'dir.

IPEM 2002⁽¹⁵⁾ yılında Radyoterapi alanında minimum medikal fizikçi sayısını belirlemek için önerilerde bulunan bir rapor yayınlamıştır. Bu rapora göre gerekli fizikçi sayısı kullanılan cihazın kompleksliğine, yapılan tedavilerin kompleksliğine ve bölümün işleyişine bağlıdır. Medikal fizikçilerin yapmaları gereken işlerin her birine ağırlık puanı verip yapılan işleri toplayarak gerekli fizikçi sayısının belirlenmesini önermektedir. Bu raporda iki MV enerjili bir lineer hızlandırıcı için 0,8 akademik, 0,4 uygulayıcı, bu cihazın IGRT özelliği varsa 0,1 akademik, 0,1 uygulayıcı, her 100 hastanın 3 boyutlu planlanması için 0,1 akademik, 0,3 uygulayıcı, her 100 brakiterapi hastası 0,3 akademik, 0,5 uygulayıcı, her 100 spesifik teknik için 0,3 akademik 0,5 uygulayıcı, BT simülatör için 0,2 akademik, 0,2 uygulayıcı, radyasyondan korunma için 0,1, kalite programları için 0,5 akademik fizikçi ihtiyacı belirlenmiştir. Bizim ülkemizde akademik ve uygulayıcı ayrımı yoktur. Klinikler iş yüküne göre, yapılan işleri toplayarak ihtiyacın belirlenmesini önermektedir. Bu yöntem karışık gibi görünse de doğru bir yöntemdir. Klasik karşılıklı iki alan planlanan 100 hastanın planlama süresi ile yoğunluk ayarlı 100 hastanın planlama süresi aynı değildir. **Sadece hasta**

sayısına veya lineer hızlandırıcı sayısına göre medikal fizikçi sayısını belirlemek gerçekçi değildir⁽¹²⁾.

Uluslararası adı Medikal Fizik olan tıp içinde uzmanlaşmış fizikçileri tanımlayan meslek gurubu, *T.C. Sağlık Bakanlığı* tarafından *Sağlık Fizikçisi* adıyla tanımlanmıştır. Sağlık Fizikçisi olabilmek için fizik lisans, fizik mühendisliği ve nükleer enerji mühendisliği mezuniyetinden sonra sağlık fiziği alanında yüksek lisans yapması zorunludur. Yüksek lisans programlarının klinik donanımı olmayan üniversitelerde açılmamasını engelleyen bir durum yoktur. Bazı programlardan mezun olan öğrenciler gerekli pratik eğitimi almadan mezun olabilmektedirler. Ayrıca yeni mezun bir kişinin tecrübeli uzman kişinin yanında gerekli deneyim elde etmeden doğrudan tek başına çalışmaya başlaması sakıncalıdır. *EFOMP*'un önerisi yeni mezun bir medikal fizikçinin beş yıl tecrübeli bir medikal fizikçi yanında çalışması gerektiği şeklindedir. Radyoterapideki meslek gurupları için gerekli sayıya ulaşmaya çalışırken mesleki eğitimin kalitesini de göz ardı etmemek gerekir.

ESTRO-HERO araştırması, ülkelerin ekonomik durumlarının radyasyon onkologlarının sayıları ile ilgili olmadığı, medikal fizik uzmanı ve radyoterapi teknikeri sayılarının ülkenin ekonomik durumuyla ilgili olduğunu bu sayıların kişi başı yıllık milli geliri düşük olan ülkelerde daha az olduğunu ortaya koymuştur⁽⁶⁾

T.C. Sağlık Bakanlığı 2010 yılında *Türkiye Onkoloji Hizmetleri Yeniden Yapılanma Programı* kapsamında 2023 yılı için hedefler yayınlamış ve bu hedefler doğrultusunda planlama yapmıştır. Bu programda belirlenen hedefler 2023 yılında olası nüfus sayısına

göre ortaya konmuştur. 2023 yılında beklenen nüfus 82 293 000'dir. Aralık 2019'da Türk İstatistik Kurumunun verilerine göre nüfusumuz 83 154 997'dir. Ülkemize diğer ülkelerden gelen göçler 2023 yılında beklediğimiz nüfus sayısına 2019'da ulaştığımızı göstermektedir. İhtiyaçların bu gerçeklik dikkate alınarak belirlenmesinde fayda vardır.

Kaynaklar

1. Delaney GP, Jacob S, Featherstone C, Barton MB.:The role of radiotherapy in cancer care: estimating optimal utilization from a review of evidence based clinical guidelines. *Cancer* 2005;104:1129–37.
2. Budiharto T, Musat E, Poortmans P, et al.: Profile of European radiotherapy departments contributing to the EORTC Radiation Oncology Group (ROG) in the 21st century. *Radiother Oncol* 2008;88:403–10.
3. Slotman B, Cottier B, Bentzen S, et al.: Overview of national guidelines for infrastructure and staffing of radiotherapy. ESTRO-QUARTS: work package 1. *Radiother Oncol* 2005;75:349–54.
4. Lievens Y, Grau C. : Health Economics in Radiation Oncology: Introducing the ESTRO HERO Project. *Radiother and Oncol* 2012;103: 109–112
5. Dunscombe P, Grau C, Defourny N, Malicki J, Borrás JM, Coffey M, Bogusz M, Chiara G, Slotman B, Lievens Y.; on behalf of the HERO consortium. Guidelines for equipment and staffing of radiotherapy facilities in the European countries: Final results of the ESTRO-HERO survey. *Radiotherapy and Oncology*. 2014;112: 165–177
6. Lievens Y,Defourny N,Coffey M, Borrás JM, Dunscombe P,Slotman B, Malicki J, Bogusz M, Gasparotto C, Grau C, : on behalf of the HERO consortium. Radiotherapy staffing in the European countries: Final results from the ESTRO-HERO survey. *Radiotherapy and Oncology*. 2014;112: 178–186
7. Grover S, Xu MJ, Yeager A, Rosman L, Groen R, Chackungal S. Et al.: A systematic review of radiotherapy capacity in low and middle income countries. *Front Oncol*. 2015;4:380
8. Abdel-Wahab M, Bourgue J, Pynde Y, Izewsk J, Van der Merwe D, Zubzarreta E et al.: Status of radiotherapy resources in Africa: an international atomic energy agency analysis. *Lancet Oncol*. 2013; 14(4): 168-175
9. Levin CV, El Gueddari B, Meghzifene A.: Radiation therapy in Afrika distribution and equipment. *Radiother Oncol* 1999;52(1):79-83.
10. Göksel F, Koc O, Ozgul N. Gultekin M, Abacioglu M, Tuncer M, et al.: Radiation oncology facilities in Turkey: current status and future perspectives. *Asian Pac J Cancer Prev*. 2011; 12 (9): 2157-62.
11. Kuter S, Cakır A.: Survey of radiation oncology centers, equipment and manpower. *Turkish Journal of Oncology*. 2004;19(3): 84-96
12. Karakaya MD.: Provincial and regional population projections for the centenary of the

Republic of Turkey [dissertation]. [Ankara]:
Hacettepe University; 2009. 416

13. Türkiye’de özellikli planlama gerektiren sağlık hizmetleri 1011-1023. Sağlık bakanlığı 836. ISBN No:978-975-590-373-6
14. Institute of Physics & Engineering in Medicine. Guidelines for the provision of a physics service to radiotherapy. London: IPEM, 2002
15. International Atomic Energy Agency. Planning national radiotherapy services: a practical tool. IAEA human health series no. 14. Vienna: International Atomic Energy Agency; 2010, ISBN 978-92-0-105910-9.

RADYASYON RİSKİNİ HASTALARA İLETMEK: NORVEÇ'TEKİ RADYOGRAFLARIN DENEYİMLERİ

Öğr.Gör. (PhD Cand.) Duygu Tunçman

ÖZET

Giriş: Radyasyonla ilgili risk iletişimi son on yılda daha önemli hale gelmiştir. Hastaları faydalar, riskler ve alternatif görüntüleme yöntemleri hakkında bilgilendirmek, bilinçli kararlar vermek için gereklidir.

Bu çalışmanın amacı, radyografların radyasyon dozu ve riski hakkındaki bilgilerini ve radyasyon riski iletişimi konusundaki deneyimlerini araştırmaktır.

Yöntem: Bu çalışmada, klinik radyograflarla yarı yapılandırılmış görüşmeler kullanılarak nitel bir yaklaşım kullanılmıştır. Katılımcılara, risk iletişiminin gerekli olduğu durumları anlatan üç özgün vaka sunulmuştur. Görüşmeler ses kaydına alınmış, yazıya dökülmüştür. Görüşmeler kodlanmadan ve anlamlı temalar halinde toplanmadan önce dört adımda analiz edilmiştir. Çalışmaya katılım gönüllü olup katılımcılar bilgilendirilmiş onam formu imzalamışlardır.

Bulgular: Çalışmaya iki hastaneden altı radyograf katılmıştır. Radyografların ortalama yaşı 34, radyograf olarak iş deneyimleri ise 3.5 ila 30 yıl arasında değişmektedir. Çalışmada eşit sayıda kadın ve erkek bulunmaktadır. Katılımcılar vakalar, hastaların bilgi ihtiyacını nasıl yönettikleri ve ilgili hastalarla nasıl ilgilendikleri hakkında fikir verdiler. Ayrıca risk iletişiminden emin olmak için gereken bilgi ve becerileri de yansıttılar. **Tartışma:** Çalışmadaki katılımcılar radyasyon dozu ve riski konusundaki bilgilerinden emin değillerdir. Çalışmadaki radyograflar, hastalar arasında gereksiz endişeler

yaratmadan hastaları radyasyon riski konusunda bilgilendirmenin zorluklarını dile getirmektedirler. Tüm katılımcılar radyasyon riski iletişimde gerekçelendirme ilkesini kullanmaktadır. **Sonuç:** Bu çalışma, radyograflar arasında risk iletişiminin zor olduğunu ve temel zorluğun radyasyon dozları hakkında bilgi eksikliği ve risk iletişimde deneyim eksikliği olduğunu göstermektedir. Klinik uygulamada çalışan radyograflar arasında radyasyon dozu ve riskine ve radyasyon riski iletişimine daha fazla odaklanmaya ve bilgiye ihtiyaç vardır. Çözüm olarak, radyografların eğitiminde, yansıtma ve eleştirel düşünme gibi teorik bilgi ve becerilere odaklanarak güçlendirilmelidir. Bu durum, radyografların kendilerine güvenmelerine ve hastalara yeterli doz ve risk bilgilerini sunabilmelerine neden olabilir, böylece hastalar bilinçli bir karar verebilir.

Giriş

Son on yılda tıbbi görüntülemede radyasyon kullanımı ile ilgili risk iletişimi daha önemli hale gelmiştir ve konuyla ilgili yayınlar yapılmıştır.¹⁻⁴ Risk iletişimi; önerilen tetkikler, faydalar ve riskler ile alternatif görüntüleme yöntemleri hakkında bilgi olarak tanımlanabilir.⁵ Hastaların bilinçli bir karar verebilmeleri için bu durumun hastalar tarafından bilinmesi ve ayrıca muayeneye katılmama kararı almaları durumunda ortaya çıkabilecek risklerin bilinmesi gerekir.⁴ Hastaların kendileri de tanısal röntgen muayeneleri ile ilgili radyasyon dozları ve potansiyel riskler hakkında bilgi isteyebilirler.^{2,4}

Çalışmalar, radyografların hastalara dozlar ve riskler hakkında yeterli bilgi vermediğini göstermiştir.^{2,3,6} Bir çalışma, radyografi uzmanlarının yaklaşık %60'ının (103/174) hastaları dozlar hakkında bilgilendirmediğini ve %53'ünün potansiyel riskler hakkında bilgi vermediğini gösterirken, bir başka çalışma ise sadece %23'ünün potansiyel riskler hakkında bilgi verdiğini göstermektedir. Bazı radyograflar, spesifik bir yanıt vermek yerine, dozlar ve risklerle ilgili sorulara hastaya yanıt olarak gerekçelendirmeyi de kullanır.⁶ Radyografların hastalara yeterli bilgi vermemesinin birkaç nedeni olabilmektedir. Radyograflar hastalar için gereksiz endişe yaratmaktan korkarlar ve hastaların muayeneleri reddedebileceklerinden endişe duyarlar.^{2,3} Ayrıca radyografların radyasyon dozları ve riskleri konusunda yeterli bilgiye sahip olmaması durumunda yeterli bilgiyi sağlayamaması, bu da hastalarla riskleri tartışmada isteksizliğe yol açabilir.^{3,6} Bazı radyograflar, bilginin sevk eden tarafından zaten sağlandığını ve bu nedenle radyasyon dozları ve riskleri hakkında bilgi verilmesine gerek olmadığını varsayarken,^{2,6} bazı radyograflar ise bu bilgilerin verilmesine gerek olmadığını düşünmektedir. Hastaların radyasyon hakkında bekledikleri bilgiler ile radyograflar tarafından sağlanan bilgiler arasında bir farklılık vardır.² Hastalar doz ve potansiyel riskler hakkında bilgi sahibi olmak isterler.⁷ Eksik bilgi, hastaların bilinçli kararlar almasının zor olduğu anlamına gelmektedir. Norveç mevzuatı, hastaların tıbbi görüntülemeyle ilgili hem riskler hem de potansiyel zararlar⁸ ve dozlar ve riskler hakkında bilgi sahibi olması gerektiğini belirler.⁹ Norveç'te çalışan radyograflar radyasyon dozları ve riskleri hakkında bilgi sahibi olmalı ve bu bilgiyi hastalara

verebilmelidir. Bu çalışmanın amacı, tanısallık radyografların radyasyon dozu ve riski hakkındaki bilgilerini ve radyasyon riski iletişimi konusundaki deneyimlerini araştırmaktır.

Yöntem

Nitel araştırma, bir olguyu sayılarla¹⁰ değil, sözcüklerle tanımlar ve fenomenoloji, belirli bir olguyu anlamayı ve bu olguya ilişkin içgörüler sağlamayı amaçlar. Fenomenoloji, davranış, anlama ve yorumlara odaklanarak bir bağlamda bir fenomenle, insanların deneyimlerini araştırır ve tanımlar.¹⁰ Röportaj, anlamları, tutumları ve deneyimleri keşfetmeyi amaçlayan çalışmalarda uygun bir yaklaşımdır. Röportaj, katılımcıların farklı temalar hakkında görüşlerini almayı ve gerçek anlamlarını ve karmaşıklığını anlamak için yanıtlarının altını çizmeyi amaçlar.¹⁰ Bu çalışmada, radyografların tıbbi görüntüleme muayenelerinden geçen hastalarla bağlantılı olarak risk iletişimiyle ilgili deneyimlerini araştırmak için görüşmeleri kullanan nitel bir yaklaşım kullanılmıştır. OsloMet'teki Veri Koruma Görevlisi çalışmayı onaylamıştır (referans 647523). Norveç'teki iki hastanenin Radyoloji departmanına çalışma hakkında bilgi ve katılım daveti içeren bir e-posta gönderildi. Radyoloji bölümündeki bölüm başkanı, bu çalışma için katılımcıları işe aldı. Katılımcı alımı amaçlı örnekleme yoluyla yapıldı ve bölüm başkanına farklı yaş ve deneyimlere sahip radyografları işe alması talimatı verildi. Görüşmenin başında katılımcılara katılımın gönüllü olduğu, sonuçlarda anonim hale getirileceği bilgisi verilmiş ve onam formu imzalatılmıştır. Görüşmeler, bu amaçla hazırlanmış bir görüşme rehberine göre yapılmıştır ve sorular daha önceki çalışmalardan güncel temalara

dayanmaktadır.^{2,6,7} Vakalar, radyografların risk iletişimiyle ilgili deneyimlerine dayanmaktadır ve hastalarla gerçek durumlardan türetilmiştir. Katılımcılara önce vaka sunuldu ve ardından “Bu durumu nasıl yönetiyorsunuz?” ve “Böyle bir durumu yönetmek için hangi bilgilere ihtiyacınız var?” gibi soruları yanıtlamaları istendi (Bkz. Tablo 1).

Tablo1: Röportajda kullanılan vakalar

Case 1:	A patient undergoes a CT abdomen scan and after the examination asks how dangerous the examination was. How do you manage such a situation? What do you answer? What knowledge do you need to manage such a situation? What skills do you need (care, communication, ethics)? What are your reflections on the situation?
Case 2:	A young woman gets a CT abdomen scan and calls you the next day. She informs you she has discovered that she is pregnant and is now clearly upset with the situation. She is particularly concerned about the fetus. How do you manage this situation? What do you answer? How will you deal with her fear of fetal damage? What knowledge and skills do you need to manage the situation?
Case 3:	A patient will contact you and want a dose estimate of all x-ray examinations he has undergone during the previous 10 years. He is afraid of the increased risk of cancer. How do you manage this situation? And how would you communicate the answer to the patient? What knowledge do you require for this situation?

Katılımcılar ayrıca, “Dozları ve riski hastalara nasıl iletirsiniz?” ve “Dozlar ve risk hakkında bilginize ne kadar güveniyorsunuz?” gibi daha genel sorular da aldılar. Görüşmeler ses kaydına alınmış ve daha sonra kelimesi kelimesine yazıya geçirilmiş ve analiz edilmiştir. Analiz anlamlı içeriğin özeti, kodlama, yoğunlaştırma ve yeniden bağlama olarak dört adımda gerçekleştirilmiştir. Analiz tematiktir ve temalar görüşmelerin sonuçlarından elde edilmiştir. Tüm görüşme dökümleri analiz edilip kodlanmış ve katılımcıların gerçek anlamları farklı temalarda toplanmıştır. (bkz. Tablo 3).

Tablo 3: Veri analizinden elde edilen ana temalar

Risk communication
Radiation dose
Justification
Risks

Bulgular

Tüm katılımcılar radyografıdır ve çalışmada eşit sayıda kadın ve erkek bulunmaktadır. Çalışmaya katılanların ortalama yaş 34 (29-60 arası) ve radyograf olarak iş deneyimleri 3.5 ila 30 yıl arasında değişmektedir (Tablo 2). Bu çalışmaya dahil edilen iki hastanenin her birinden üç katılımcı vardı ve geleneksel radyografi, BT ve girişimsel vasküler radyografi gibi farklı yöntemlerle çalışma deneyimine sahiptiler. Her görüşme 40 dakika ile 1 saat arasında sürmüştür. Katılımcılar sunulan vakalar üzerine düşüncelerini aktardılar ve hastaların bilgi ihtiyacını nasıl yönettiklerini ve ilgili hastalarla nasıl ilgilendiklerini anlattılar. Ayrıca, risk iletişiminde kendinden emin olmak için gereken bilgi ve becerileri yansıttılar. Veriler, katılımcıların deneyimlerinden, anlamlarından ve bilgilerinden elde edilen dört ana temada kategorize edilmiştir (Tablo 3). Ayrıca, gereksiz endişeye neden olmadan hastalara doz ve risk iletmek için iletişim becerilerine sahip olmaları gerekir.

Tartışma

Risk iletişimini başarılı bir şekilde gerçekleştirmek için radyografların doz seviyeleri, dozu etkileyen faktörler ve dozla ilişkili risk dahil olmak üzere radyasyon dozu hakkında bilgi sahibi olmaları gerekir.

Tema 1: Risk İletişimi

Radyograflar, hastalarla yalnızca kısa bir süre içinde tanışır, bu da risk iletişimini daha da zorlaştırır. Kısa bir süre içinde radyografi uzmanı hastayı gözlemlemeli ve hastaya ne kadar ve nasıl bilgi vereceğine karar vermeli ve hastanın ne kadarını anladığını değerlendirmelidir.⁶

"Hastaya neden bu muayeneye girmesi gerektiğini açıkladım ve doktorunun önerdiği şeyin bu olduğunu söyledim. Ona doz bilgisini vermezdim, değerleri anladığını düşünmüyorum." Örnek bir yanıt,

Tıbbi görüntülemede doğru ve olgusal risk iletişimi, dozlar ve riskler hakkında hastalara, yakınlarına ve sağlık profesyonellerine iyi ve güvenli bir iletişim sağlamak için önemlidir. Sağlık profesyonellerinin empati kurmayı, aktif dinleme stratejilerini kullanmayı ve hastanın endişelerine saygı göstermeyi öğrenebilmeleri için kişiler arası iletişim konusunda eğitim almış olmaları gerekir. Bu çalışmadaki radyograflar, hastaların radyasyon konusundaki endişelerinin farkındadır. Radyograflardan biri, ne kadar bilgi verilmesi gerektiğine ilişkin hastaların duygularını okumanın önemli olduğuna dikkat çekti:

"Hastaları ve bilgi ihtiyaçlarını, gerçekten ne tür bilgiler istediklerini okumalısınız. İnsanlar farklıdır ve çok fazla bilgi vermemelisiniz. Pek çok hasta bunu korkutucu olarak deneyimliyor." Örnek bir yanıt

Bu, tıbbi görüntülemede hastaları anlama ve tedavi etme becerilerine ve hastaların kendilerini güvende hissedecekleri şekilde bilgilendirme ve iletişim kurma yetkinliğine sahip olmanın ne kadar önemli olduğunu göstermektedir. Radyografi uzmanının hastalarla geçirdiği kısa süre, yalnızca soruları yanıtlamaktan ibaret değildir. Risk iletişimi aynı zamanda hasta bakımıyla da ilgilidir.

"Bununla ilgili bir şey; çok fazla şey söylemek istemiyorsunuz, bilginin nasıl alındığı duruma düştüğünüzde bir his var. Hastalar eve geldiklerinde olduğundan daha fazla soruyla eve gitmemelidir." Örnek bir yanıt

Bu, risk iletişiminin ne kadar zor olabileceğini göstermektedir. Dozlar ve riskler hakkında iletişimin belirli zorlukları vardır. Bu hastaların genel olarak radyasyon dozları ve doz değerleri hakkında bilgi eksikliği olmasından kaynaklıdır. Ayrıca bilgi ve iletişim becerilerine sahip olmak için hastanın bilgiye nasıl tepki verdiği ve bireyselleştirilmiş bilgilerin nasıl verileceği gibi hastayı anlamak önemlidir.

Tema 2: Radyasyon Dozları

Radyasyon dozları farklı şekillerde iletilebilir.⁷ Bu çalışmadaki altı radyograftan beşi uçuşları karşılaştırma olarak kullanmış ancak bunlardan yalnızca biri uçuşun mesafesini netleştirmiştir. Çalışmada uçuş karşılaştırmaları en çok göğüs röntgeni ile ilgilidir. Radyasyon dozlarını uçuşlarla karşılaştırmak için, hastaların uçuşların kendilerine artan bir radyasyon dozu verdiğini bilmeleri gerekir. Bazı hastalar için bu bilgi yenidir ve uçuş korkusuna neden olabilir. Radyografların ayrıca, farklı uçuş mesafeleriyle ilgili farklı dozlar hakkında bir genel bakışa sahip olması gerekir, bu da bu karşılaştırmada bir soruna neden olur. Farklı uçuşlar farklı dozlar verdiğinden, bu karşılaştırma belirsiz hale gelir ve radyograflar hastaları yanlış bilgilendirme riskiyle karşı karşıya kalabilir. Göğüs röntgeni sayısı, hastalara dozları açıklamanın başka bir yoludur. Bu çalışmada iki radyograf bu yöntemi kullandı. Bu yöntem, radyografların göğüs röntgenleri ile diğer muayeneler arasındaki oranı bildiğini ve hastaların doğrudan bir cevap yerine sadece farklı röntgen muayenelerine kıyasla bir cevapla tatmin edilmesi gerektiğini varsayar. Bu yöntem aynı zamanda hastanın göğüs röntgenlerinin doz düzeyini de bilmesini bekler. Radyograflardan dördü, dozları arka plan

radasyonunun eşdeğerinde sundu. Bu, dozları ifade etmenin yaygın bir yoludur. Radyograflardan biri genel olarak arka plan radyasyonunu kullandı ve hastalara günlük olarak radyasyona maruz kaldığınızı söyledi; bir diğeri göğüs röntgeninin 3-5 günlük arka plan radyasyonuna eşdeğer olduğunu açıklamaktadır. Bu yöntemle ilgili zorluk, arka plan radyasyon doz oranlarının değişken olabilmesi ve hastaların arka plan radyasyonu kavramını anlaması gerektiğidir. Bu çalışmada radyograflar tarafından kullanılan son karşılaştırma yöntemi kalite güvencesidir. Radyograf, kalite güvencesine atıfta bulunarak, incelemeyi onaylamak için ekipmanın durumunu kullanır. Bununla birlikte, kalite güvenceleri, tıbbi radyasyon içinde ölçülebilir şekillerde yararları veya riskleri ele almaz. Bu çalışmada "Bu cihaz yeni ve eskisinden daha az doz veriyor" gibi terimler kullanılmıştır. Bu çalışmada üç radyograf bu yöntemi kullanmaktadır. Optimizasyon kullanılarak dozların netleştirilmesi bu çalışmada yaygın olarak kullanılmamıştır. Radyograflardan sadece biri hastaları bu konuda bilgilendirmeyi seçiyor. Altı radyografin tümü, zaman, mesafe ve zırhlanma gibi pratik radyasyondan korunma hakkında iyi bilgiye sahiptir ancak radyasyon dozları ve radyasyonun insan dokusunu nasıl etkilediği konusunda daha derin bilgi eksiklikleri vardır.

Tema 3: Gerekçelendirme

Gerekçelendirme hem dozlar hem de riskler hakkındaki soruları yanıtlamanın yaygın bir yoludur.⁶ Gerekçelendirme, radyolojik korumanın üç temel ilkesinden biridir ve muayeneyi gerçekleştirme riskine karşı yararları tartmakla ilgilidir. Radyasyona maruz kalma zarardan çok fayda sağlamalıdır. Hastalar,

dozlar ve risklerle ilgili soruları yanıtsız kalsa da genellikle gerekçelendirmeyi bir yanıt olarak kabul ederler. Bu çalışmadaki tüm radyograflar, hastalar radyasyon dozu ve ilgili riskler hakkında endişe duyduklarında yanıt olarak gerekçelendirmeyi kullandılar.

Vaka 1'de, radyografin ilgili bir hastaya abdominal BT incelemesinin ne kadar tehlikeli olduğunu açıklaması gerekiyordu ve hepsi riski açıklamak için muayenenin gerekçesini ve önemini kullandı. Radyografların hiçbirisi, hastalara verilen yanıtta gerekçe göstermeden dozları ve riskleri tek başına açıklayamazdı çünkü gerekçelendirme, incelemeyi yapmak için kilit bir faktördür. Radyograflar hastalara, sevk eden doktorların yararları ve riskleri düşündüğünü söyledi. Bu nedenle, sevk edenler muayeneyi talep ettiği için muayene haklı olarak kabul edildi ve hastaların doz ve potansiyel riskler konusunda endişelenmesine gerek olmadığı söylendi. Çalışmada, doktorun risklere karşı faydaları gözden geçirmesine atıfta bulundular ve bu nedenle dozları ve riskleri açıklamaktan kaçındılar. Doktorlar tıbbi kararlardan sorumludur ve bu nedenle gerekçelendirmede kilit bir role sahiptir.

Ek olarak, radyograflar hastaya verilen bilgiden sorumludur ve gerekçelendirme ile bilgi arasındaki bu ilişki, radyografların neden doğrudan hastaya dozları ve ilgili riski anlatmak yerine gerekçeyi bir cevap olarak kullandığını açıklayabilir. Bu çalışmadaki tüm radyograflar, hastaların cevap olarak gerekçelendirmeden memnun olduklarını deneyimlediler. Radyografların hastaya yanıt olarak gerekçelendirmeyi kullanmalarının birkaç nedeni olabilir. Bunun bir nedeni, dozlar ve radyasyonun vücudu nasıl etkilediği hakkında yeterli bilgiye sahip

olmamaları olabilir. Bu nedenle, dozları ve riskleri açıklamak yerine gerekçeleri kullanarak, radyograflar bilgi eksikliklerini gizleyebilirler. Bu çalışmadaki radyograflar risk iletişimini zor buldular. Gerekçelendirmeyi açıklama olarak kullanarak risk iletişimini kullanmaktan kaçındılar. Radyografin bilgisi varsa, ancak bunu iletmekten rahatsızsa, gerekçelendirme bir "kaçış yolu" gibi olabilir. Aksine, radyasyon dozları ve riskleri hakkında bilgi sahibi değilseniz, risk iletişimi becerisine sahip olmak yeterli değildir. Bu çalışmada, radyografların hastalarla iletişim kurmanın zor olduğunu düşünmelerinin nedeni değişiyordu. Bir durumda, bilgi eksikliği yaşarken, diğer durumlarda bunu iletmekten rahatsız oldular. Gerekçelendirmeyi bir cevap olarak kullanmanın da bazı faydaları olabilir. Hastalar gerekçeyi bir cevap olarak kabul ederse, gerekçeli muayeneye katılmak için hasta kendini güvende ve rahat hissedecektir. Radyografin yanıt olarak gerekçelendirmeyi kullanmasının bir nedeni, hastaların gerekçeli muayeneler yapmamasına yol açan gereksiz endişe ve korkudan kaçınmaktır. Böylece gerekçelendirmeyi de cevap olarak kullanarak gerekli tetkikleri yaptırabilir ve hastaların rahat edebileceği durumlar sağlanabilir. Çalışmadaki bazı radyograflar, endişelerden kaçınmak için bilgileri sakladıklarının bilincindedir.

Tema 4: Riskler

Bu çalışmada, radyograflar hastaları riskler hakkında bilgilendirirken çoğunlukla gerekçe kullanmışlardır. Hastalar tarafından tercih edilen iki yöntem olan sözel veya sayısal bir ölçek kullanmadılar.⁷Bu çalışmadaki radyograflar, riskleri ifade etmekte zorlandılar ve farklı röntgen muayeneleri ve modaliteleriyle ilgili riskler

hakkında daha fazla bilgiye ihtiyaç duyduklarını hissettiler. Risk iletişimini zorlayıcı olarak deneyimlediler. Bu zorluk, radyografların hastaları riskler hakkında bilgilendirmekten kaçınmasına ve ardından yanıt olarak gerekçelendirmeyi kullanmasına önemli ölçüde katkıda bulunabilir.

Radyograflar arasında risk iletişimini geliştirmeye yönelik klinik uygulama/öneriler için çıkarımlar

Gelecekte, radyografların risk iletişimi konusunda kendilerini daha rahat hissetmeleri önemlidir. Radyograflar, hastayla Radyoloji bölümlerinde buluştukları için bu konuda kritik bir konuma sahiptirler. Radyograflar ve radyografçı öğrenciler arasındaki risk iletişimde yetkinliği artırmak için, radyasyon dozları ve riskleri hakkındaki bilgilerini arttırmalı ve iletişim becerilerini uygulanmalıdır. Dijital eğitimi, grup tartışması ve probleme dayalı öğrenme gibi pratik alıştırmalarla işbirliği içinde kullanarak, yetkinlik artacaktır. Radyograflar iletişim konusunda bilgi ve uygulama becerileri kazanacak ve tıbbi görüntüleme kapsamında risk iletişimini gerçekleştirmek için daha hazırlıklı olacaklardır.

Sınırlama

Bu çalışmada sadece iki hastaneden çok az katılımcı vardır ve bu durum sonuçları etkileyebilir, ancak deneyimlerimize göre yeni bir bilginin eklenmediği bir doygunluk noktasına ulaşılmıştır. Ancak, bu küçük örneklem göz önüne alındığında, çalışmanın bulguları genellenemez. Katılımcılar bölüm başkanı tarafından seçilmiştir ve bu bir yanlılık yaratabilir. Çeşitliliği sağlayabilmek için liderlerden radyograf olarak farklı yaş, cinsiyet ve farklı deneyimlere sahip radyografları seçmeleri istenmiştir. Bu çalışma, risk ve radyasyon

dozu ile ilgili iletişimin zor olduğunu göstermektedir. Bu, çalışmanın güvenilirliğini sınırlayabilir. Bununla birlikte, bu çalışmanın yazarlarının radyasyondan korunma ve radyasyon bilimi temasıyla ilgili kapsamlı deneyimleri vardır ve bu, çalışmanın güvenilirliğini güçlendirmektedir. Güvenilirlik ayrıca açık bir yaklaşımın kullanılması, kendi varsayımlarının farkındalığı ve ilk yazarın görüşmeleri ve görüşme materyaline uygun bir içgörü sağlayan görüşmeleri ve dökümleri yürütmesi ile desteklenir. Bu çalışmanın sonuçları genellenebilir olmadığı için aynı konuda daha büyük bir örneklemi araştırmayı ileri bir çalışma olarak değerlendirilmektedir. Bölümlerde ve üniversitelerde risk iletişimine odaklanmanın radyografin risk iletişimine olan güvenini nasıl etkileyebileceğini de araştırmayı da düşünülmektedir.

Sonuç

Bu çalışmadaki radyograflar, hastaları dozlar ve potansiyel riskler hakkında bilgilendirmeyi zor bulmuşlardır. Dozlar hakkında bilgi eksikliği ve risk iletişimde deneyim eksikliği, risk iletişimindeki ana zorluklardır. Gerekçelendirme, yaygın olarak dozlar ve riskler hakkındaki sorulara yanıt olarak kullanılmıştır. Radyograflar, Radyolojibölümlerinde hastalarla tanıştıkları için risk iletişimde kilit bir role sahiptir ve radyografların risk iletişimde daha emin olmaları gerekir. Hastaların bilinçli kararlar verebilmeleri için hastalara doz ve risk hakkında yeterli bilgi sağlayabilecek radyograflara sahip olmak için bölümlerde ve üniversitelerde risk iletişimine daha fazla odaklanılmalıdır.

Kaynaklar

1. Lam DL, Larson DB, Eisenberg JD, Forman HP,

Lee CI. Communicating potential radiation-induced cancer risks from medical imaging directly to patients. *Am J Roentgenol.* 2015;205(5):962–970. <https://doi.org/10.2214/AJR.15.15057>.

2. Ukkola L, Kyng as H, Henner A, Oikarinen H. Barriers to not informing patients about radiation in connection with radiological examinations: radiographers opinion. *Radiography.* 2019;26(2):e114–e119. <https://doi.org/10.1016/j.radi.2019.12.005>.
3. Newman S. Informing patients about the cancer induction risk of undergoing computed tomography imaging; the radiographers perspective. *J Med Imag Radiat Sci.* 2016;47(4):337–348. <https://doi.org/10.1016/j.jmir.2016.07.008>.
4. Ribeiro A, Husson O, Drey N, et al. Ionising radiation exposure from medical imaging – a review of patient’s (Un) awareness. *Radiography.* 2019;26(2):e25–e30. <https://doi.org/10.1016/j.radi.2019.10.002>.
5. Ukkola L, Oikarinen H, Henner A, Haapea M, Tervonen O. Patient information regarding medical radiation exposure is inadequate: patients’ experience in a university hospital. *Radiography.* 2017;23(4):114–119. <https://doi.org/10.1016/j.radi.2017.04.001>.
6. Hadley LC, Watson T. The radiographers role in information giving prior to consent for computed tomography scans: a cross-sectional survey. *Radiography.* 2016;22(4):252–257.

<https://doi.org/10.1016/j.radi.2016.06.005>.

7. Ukkola L, Oikarinen H, Henner A, Honkanen H, Haapea M, Tervonen O. Information about radiation dose and risks in connection with radiological examinations: what patients would like to know. Eur Radiol. 2016;26(2):436–443. <https://doi.org/10.1007/s00330-015-3838-5>.
8. The Patients Rights Act. Oslo: Helse- og omsorgsdepartementet; 2001. <https://app.uio.no/ub/ujur/oversatte-lover/data/lov-19990702-063-eng.pdf>.
9. Regulations on Radiological Protection and Use of Radiation. Oslo: Helse- og omsorgsdepartementet; 2016. <https://www.dsa.no/filer/236f5a3710.pdf>.
10. Bowling A. Research Methods in Health: Investigating Health and Health Services. fourth ed. Berkshire: McGraw-Hill Education; 2014.

Altınbaş Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksek Okulu Radyoterapi Programında görev alan Duygu Tunçman, 2020 yılı Kasım ayından itibaren İstanbul Üniversitesi – Cerrahpaşa, Sağlık Hizmetleri MYO, Radyoterapi programında görev yapmaktadır.



**Öğr. Gör. (PhD Cand.)
Duygu Tunçman**

1992 yılında doğan Duygu Tunçman, 2014 yılında İstanbul Üniversitesi Fizik bölümünü bölüm 2.liği ile bitirmiş, 2016 yılında İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Nükleer Fizik Tezli Yüksek Lisans bölümünü, 2018 yılında İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Sağlık Fiziği Tezli Yüksek Lisansını tamamladıktan sonra aynı yıl İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Nükleer Fizik programında doktora eğitimine başlamış olup, 2021 yılında doktora yeterliliğini almıştır. 2016 - 2020 yılları arasında

BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ (BT) 50 YAŞINDA



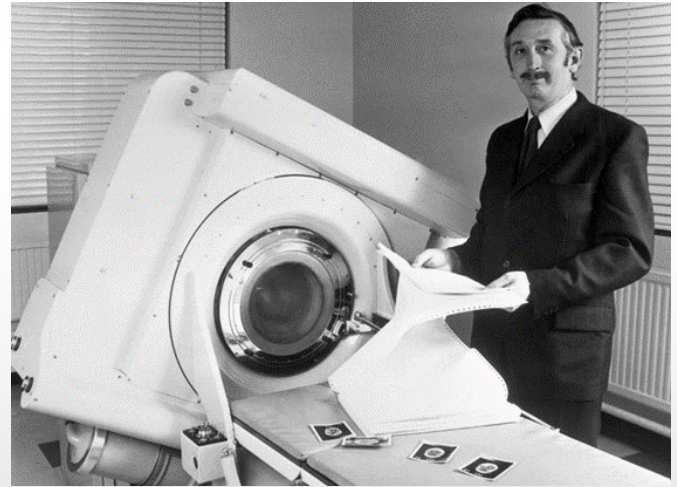
Öğr. Gör. Yılmaz Şahin

Bilgisayarlı tomografi (BT) insan vücudunun 3 boyutlu görüntülerini elde etmek için hasta etrafında farklı açılardan X-ışını iletimi ve ölçümü prensibine dayanır. BT'nin klinik radyolojiye entegrasyonundan önce doktorlar birçok ciddi hasta semptomunu teşhis etmek için cerrahiye güvenip, ondan faydalanıyordu. Neyse ki bu artık geçmişte kaldı. Şu anda ABD'de her yıl tıbbi muayene için 90 milyondan fazla BT çekimi yapılmaktadır. BT'nin hem teşhis hem de tedavi planlaması için sağladığı bilgilerin değeri gerçekten çok kıymetlidir.

Bilgisayarlı Tomografi (BT) görüntüleme aynı zamanda "CAT taraması" (Bilgisayarlı Eksenel Tomografi) olarak da bilinir. Tomografi, Yunanca "dilim" veya "kesit" anlamına gelen "tomos" ve "tanımlama" anlamına gelen "graphia" sözcüklerinden türetilmiştir.

BT, 1972'de EMI (Elektrik ve Müzik Endüstrileri) Laboratuvarlarında, İngiltere'den İngiliz mühendis Godfrey Hounsfield ve Massachusetts Tufts Üniversitesi'nden Güney Afrika doğumlu fizikçi Allan

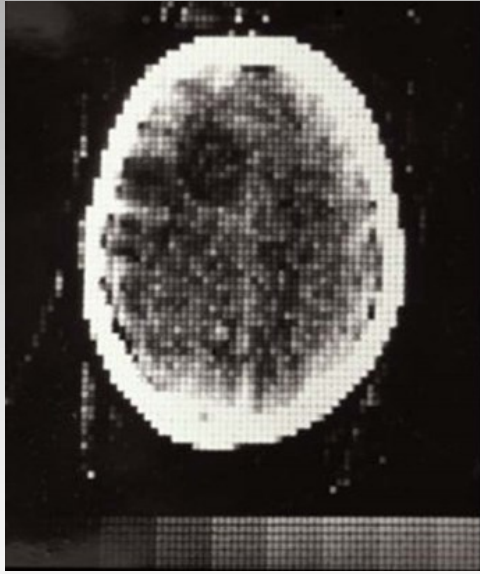
Cormack tarafından icat edildi. Hounsfield ve Cormack daha sonra tıp ve bilime katkılarından dolayı Nobel Barış Ödülü'ne layık görüldü.



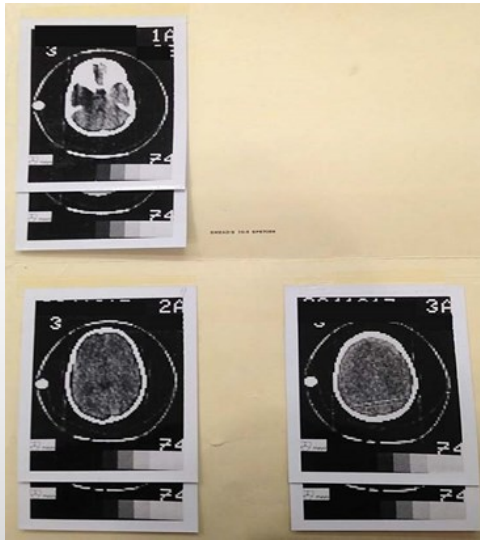
Resim 1: Godfrey Hounsfield ilk prototip BT ile çalışırken

İlk klinik BT tarayıcıları 1974 ve 1976 yılları arasında kuruldu. Orijinal sistemler yalnızca kafa görüntülemeye ayrılmıştı, ancak daha geniş hasta açıklıklarına sahip "tüm vücut" sistemleri 1976'da kullanılabilir hale geldi. BT, yaklaşık 1980'de yaygın olarak gündeme gelme başladı. Resim 2 ve 3'de ilk hasta görüntüleri yer almaktadır.

⇒ Bir beynin gri tonlu bir görüntüsü, bilimi ve tıbbı sonsuza dek değiştirdi.



Resim 2: 1 Ekim 1971’de radyolog James Ambrose, Londra ve İngiltere’deki Atkinson Morley Hastanesinde ilk hasta CAT taramasını gerçekleştirdi. Hasta frontal lob tümörü şüphesi olan bir kadındı.



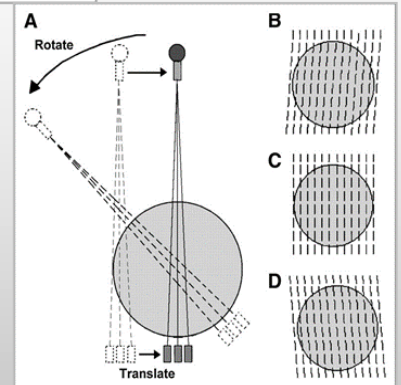
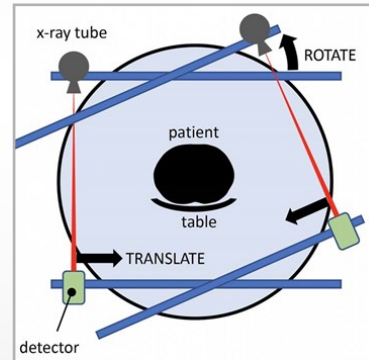
Resim 3: Mayo Klinikte taranan bir hastadan görüntüler

Şekilde görülen tam bir kafa incelemesi. Bir Polaroid kamera kullanılarak kaydedilen altı eksenel görüntüden oluşuyordu.



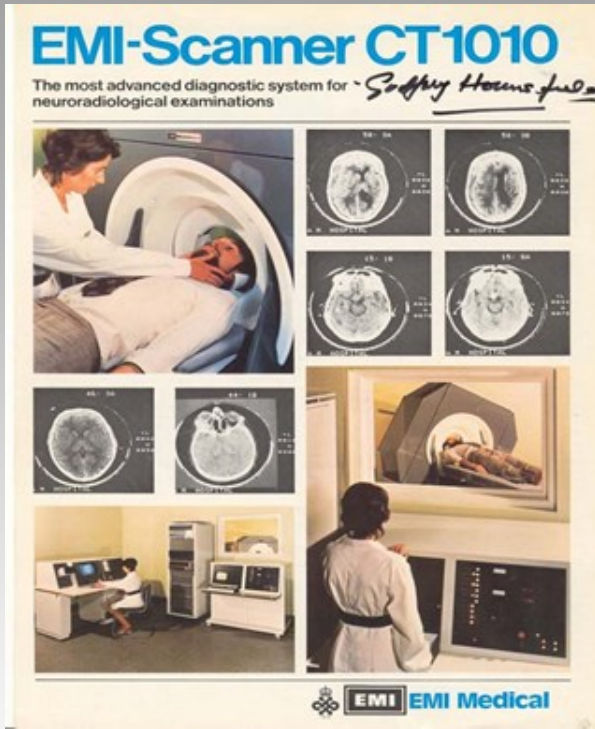
Resim 4: Atkinson Morley Hastanesine Kurulan EMI Tarayıcısı (EMI tarayıcı şimdi British Science Museum’da sergileniyor)

⇒ EMI tarayıcıda, bir çevir-döndür geometri sistemi kullanıldı. **Bu ilk nesil BT tarayıcıları olarak tanındı (Resim 5).** Tipik olarak beyin altı aksiyel görüntüsünün bu teknolojiyle oluşturulması yaklaşık 30 dakika sürdü.



Resim 5: Çevirme-döndürme geometrisinde X-ışını tüpü ve dedektör (1971)

Tarama süresini azaltmak için, kalem ışını, portalın daha büyük açısal dönüşüne izin vererek küçük bir fana genişletildi. Bu çevir-döndür geometrisi, **ikinci nesil BT tarayıcıları** olarak kabul edilir.

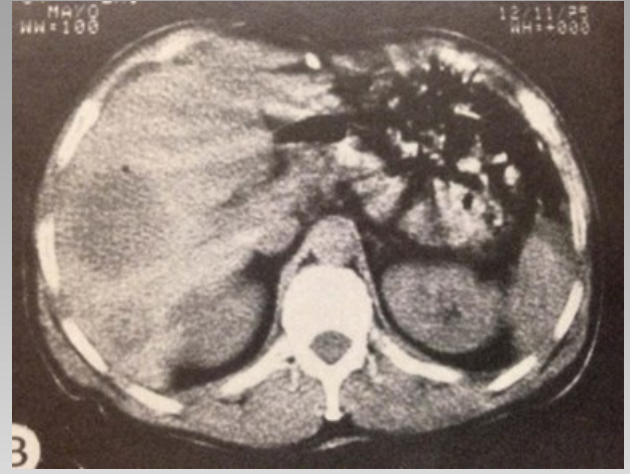


Resim 6: İkinci nesil Tarayıcı için bir broşür

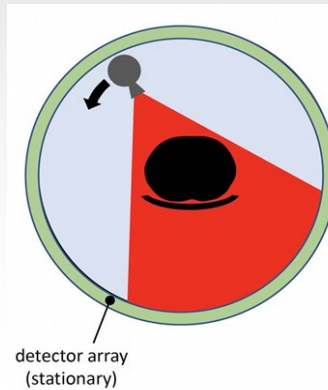


Resim 7: Godfrey Hounsfield ve James Ambrose, EMI BT

15 Şubat'ta Robert S.Ledley, ACTA (Automated, Computerized, Transverse Axial) tarayıcı için bir patent başvurunda bulundu. Pfizer daha sonra bu üniteyi üretme hakkını Georgetown Üniversitesi'nden aldı. Resim 8'de de ilk batin BT kesit görüntüsü yer almaktadır.



Resim 8: İlk EMI Vücut BT tarayıcısı kullanılarak elde edilen karın BT taraması (1975)

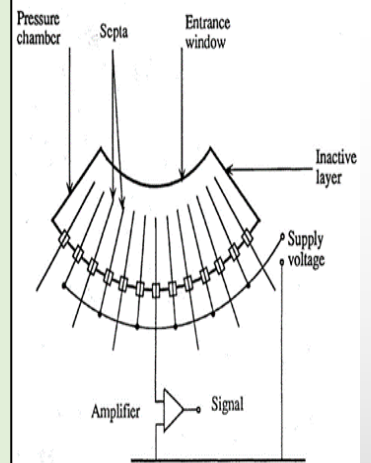


Resim 9: Döndür-döndür geometrisinde, bir dizi dedektör.

Dördüncü Nesil, döner-sabit geometri, sabit halka şeklindeki röntgen ışını hastanın etrafında dönüyordu. Pahalı dedektör dizisi, daha az doz etkinliği, geometri ve saçılan radyasyonu engelleme yeteneğinin sınırlı olması bu geometrinin terk edilmesine yol açtı.

Resim 10: Ksenon iyonizasyon odalarının kullanılması

3.Nesil tarayıcılarda ortak olan halka artefaktlarına bir çözüm sağlamıştır. Ksenon dedektör dizisi yüksek basınçlı (10-25 atm) ksenon gazı ile doldurulmuş ve septa adı verilen ince metal plakalarla birçok küçük yük toplama hacmine ayrılmış büyük bir odadan oluşuyordu.



Beşinci Nesil BT

tarayıcılarında ise sabit bir X-ışını dedektörü ve hastanın etrafında bir yay oluşturan sabit biçimli tungsten anot kullanıldı. X-ışınları bir tarama elektron ışını kullanılarak üretildi. Sistem hiçbir mekanik harekete ihtiyaç duymadı ve sol ventrikülün tamamını 50 milisaniyede tarayarak kardiyak BT'nin klinik kullanımını mümkün kıldı. Elektron ışını BT'si ayrıca koroner arter kalsifikasyonun gelecekteki kardiyak

olaylar için bağımsız bir risk öngörücüsü olduğunu göstermek için kullanıldı. Bu 'ultra hızlı' BT teknolojisi aynı zamanda tek bir nefes tutmada tüm göğüs veya karın bölgesini tarayan ilk teknolojiydi (1979).

1979 Nobel Fizyolojisi ve Tıp Ödülü, 'Bilgisayar Destekli Tomografinin Geliştirilmesi' ile Allen M.Cormack ve Godfrey N.Hounsfield'a verildi.



Born in 1924, Allen Cormack was a South African particle physicist. He studied at the University of Cape Town and later at Cambridge University. He was a professor at Tufts University at the time of his work that led to his Nobel Prize. His papers on the subject generated little interest until Hounsfield's invention of the scanner technology. He was an honorary member of the AAPM and passed away in 1998.



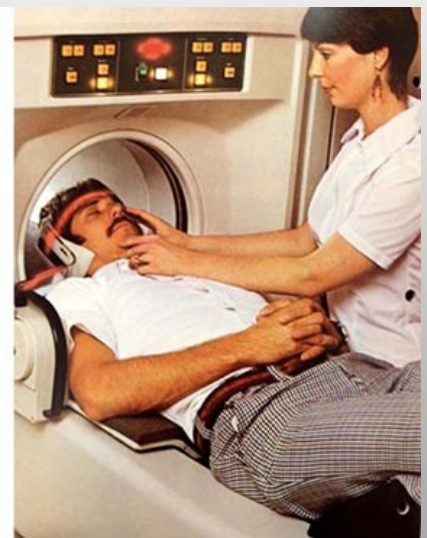
Born in 1919, Godfrey Hounsfield was a British radar mechanic, instructor, and engineer. He studied at the Faraday House Electrical Engineering College. He was working at the EMI Central Research Laboratory at the time of his work that led to his Nobel Prize. He was knighted by the Queen of England in 1981 and passed away in 2004.

1982'de Simpson ve arkadaşları, bir terapi hızlandırıcıya bağlı BT sisteminin gelişimini açıklayan çalışmalarını yayınladılar. Yazarlar, portalın karşı ağırlık ucuna cıvatalı bir çerçeveye bir dizi dedektör monte ederek bir Varian 4 MV izosentrik tedavi hızlandırıcısını değiştirdiler.

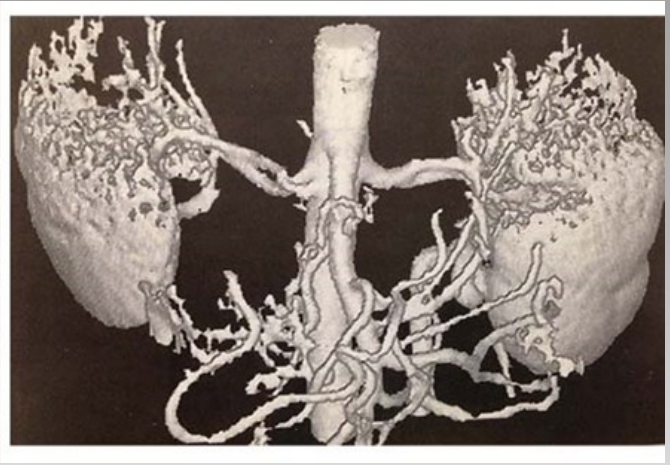
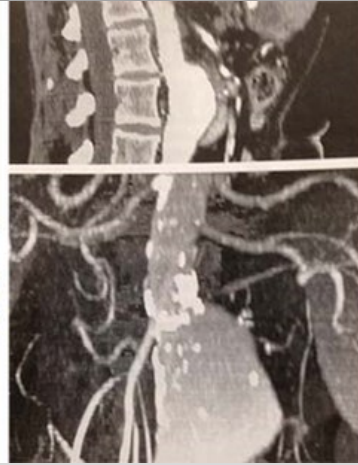
1984 yılında Imatron, Inc., San Francisco'daki California Üniversitesi'nde ticari bir elektron ışını, ultra hızlı (5.nesil) BT sistemi kurdu. Sistem öncelikle kalbin görüntülenmesi ve sol ventrikül hacmini hesaplamak ve koroner arter kalsifikasyon miktarını ölçmek için kullanıldı. 1986'da akciğer, batın ve pelvisin görüntülenmesini kolaylaştırmak için daha geleneksel bir tarama modu eklendi.

Spiral BT, hacimsel görüntü işlemeyi mümkün kıldı ve BT anjiyografi alanını hızla ilerleterek tanısal invaziv anjiografinin yerini aldı. Spiral BT'nin ilk günlerinde, z eksenı boyunca hacim kapsamı yaklaşık 6-8 cm ile sınırlıydı. Karşılaştırma için 2015 yılı baş boyun BT anjiogramının renk hacmi oluşturma ekranı gösterilmektedir. Z eksenı kapsamı artık bir sınırlama değildir ve tek bir tarama göğüs, batın, pelvis, bacaklar ve ayakları kapsayabilir.

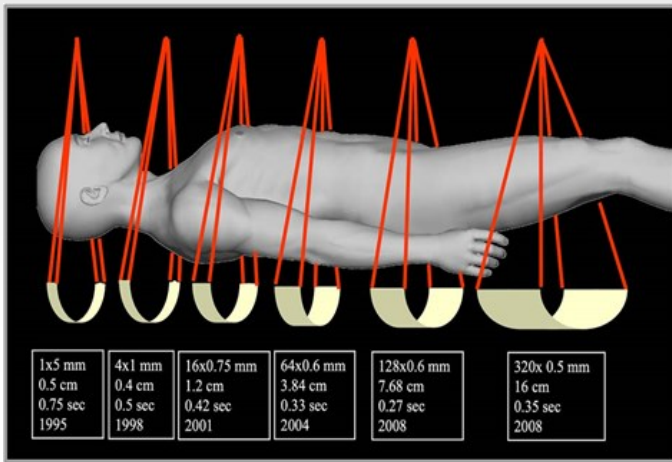
⇒ **Spiral veri kümeleri içindeki 3 boyutlu ilişkileri görselleştirmek için gelişmiş görüntü teknikleri geliştirildi (1992).**



Resim 11: Soldan sağa Picker operatör konsolunun fotoğrafı, CRT ekranının önüne monte edilmiş Polaroid kamera, Picker BT sisteminin ana bileşenleri, bir hastayı portalda konumlandıran radyoloji uzmanı

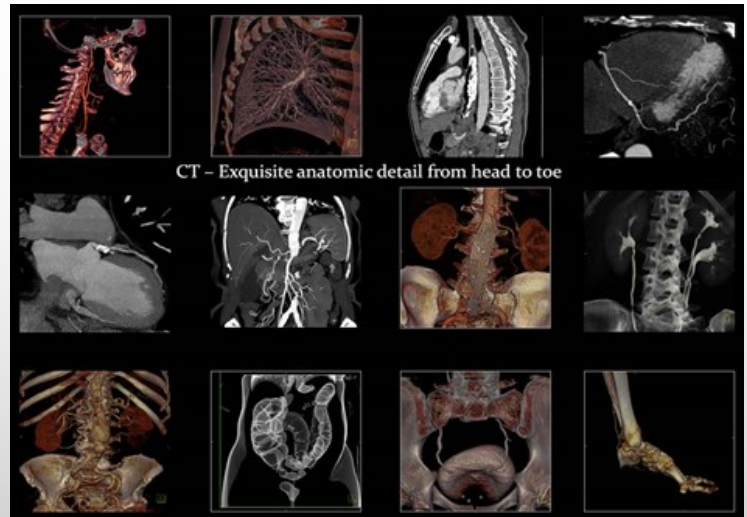


Resim 13: Soldan sağa Diagnostic Imaging'in spiral BT'ye ayrılmış özel sayısının kapağı, Bir aort anevrizmasının sagittal görüntüsü, ağır kalsifiye bir aort ve renal arterlerin gölgeli yüzey görüntüsü, böbreklerin ve renal arterlerin bir bölümünün hacimsel gösterimi (1992).

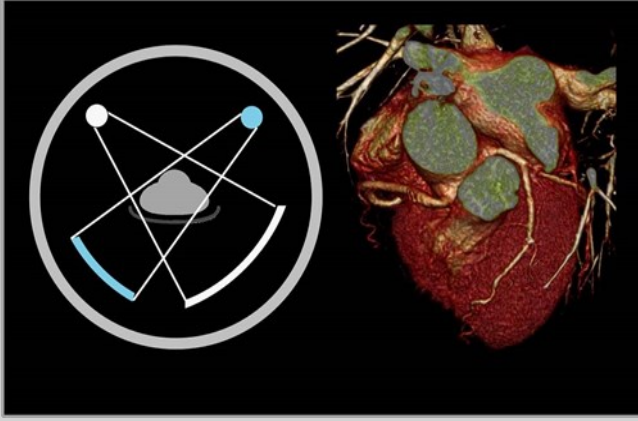


Resim 14: 1998'de 4 kesitli multi-slice BT'nin piyasaya sürülmesinden sonra üreticiler sistemlerine giderek daha fazla dedektör eklemeye başladılar ve 'kesit yarışı' olarak adlandırılan süreci başlattılar.

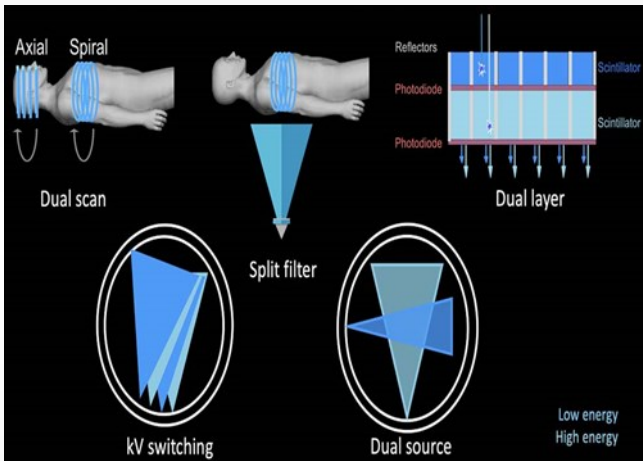
Resim 15: 64 kesit BT teknolojisi kullanılarak elde edilen izotropik veri kümelerinde yer alan bilgileri izleyicilere iletmek için çeşitli görüntü oluşturma yöntemleri kullanır.



Çift kaynaklı BT: Döndürme başına z eksenini kapsamının artırılması bir taramanın toplam süresini azalttı. Ancak herhangi bir görüntü için zamansal çözünürlüğü iyileştirmede. Artan gantri dönüş hızı, giderek azalan getirilerde zamansal çözünürlüğü iyileştirdi. Zamansal çözünürlük 85 msn'ye yükseldi ve elektron ışını BT'de (50 msn) kardiyak modunkine yaklaştı.



Resim 16: Hounsfield'in BT'yi tanıtan 1973 BJR makalesinde, iki farklı X-ışını spektrumu kullanarak, zayıflama verileri toplayarak, foton enerjisinin bir fonksiyonu olarak zayıflamalardaki değişiklikler ile kalsiyum ve iyot gibi malzemelerin ayırt edebileceğini gösterdi.

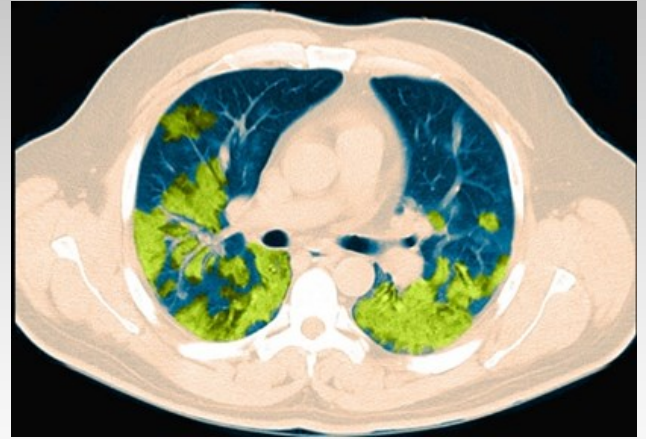


Resim 17: 2006 yılında çift kaynaklı BT'nin tanıtılması, iki kaynağı farklı tüp potansiyellerinde çalıştırarak çift enerji verilerinin elde edilmesini sağladı. Kısa süre sonra diğer üreticiler, çift enerjili veriler elde etmek için çeşitli teknik yaklaşımlar kullanan ürünler

ÖNÜMÜZDEKİ 50 YIL

Tüm bu ilerlemelere rağmen, bazı araştırmacılar, doktorların BT ile olan aşk ilişkisinin, en azından taramaların diğer birçok ülkeden daha sık kullanıldığı Amerika Birleşik Devletleri'nde, çok ileri gittiğine dikkat çekiyor. Gereksiz BT taramalarının dezavantajları olabilir: İlgili görünen ancak

muhtemelen iyi huylu olan ilgisiz bulguları ortaya çıkarabilir, bu da pahalı ve endişe uyandıran ek testlere yol açabilir. Ancak, yukarıdaki BT taramalarının, hızlı bir şekilde tedavi edilirse en iyi şekilde çözülen rahatsızlıkların teşhisini yavaşlatarak olumsuz etkileri de olabilir.



Resim 18: COVID-19'lu hastalarda, BT taramaları, göğüs kesitinin bu renklendirilmiş görüntüsünde yeşil renkle gösterilen akciğerlerin hasarlı bölgelerini ortaya çıkarabilir.

Kaynaklar

1. Cormack AM. Representation of a function by its line integrals, with some radiological applications. J Appl Phys. 1963;34:2722
2. Beckman EC. CT scanning the early days. The British journal of radiology. 2006 Jan;79(937):5-8
3. ESSR_Pub_Godfrey-Hpunsfield. Pdf
4. <http://www.impactscan.org/CThistory.htm>
5. Cynthia McCollough, Mayo Clinic,
6. <https://collection.sciencemuseumgroup.org.uk/objects/co134790/emi-ct-brain-scanner-ct-scanner>
7. Boone J, McCollough, CH. Computed Tomography Turns. 50. Physics Today. 2021; 74 (9):34.
8. EMI Scanner sales brochure from Department of Radiology, Mayo Clinic

9. Goldman LW. Principles of CT and CT technology. J Nucl Med Technol.2007 Sep;35 (3):115-28.
10. M.Yaffe, HE Johns, 'An experimental Computed Tomographic (CT) Scanner, ' Proc.SPIE 0173, Application of Optical Instrumentation in Medicine VII,(6 July 1979)
11. <https://www.nobelprize.org/prizes/medicine/1979/summary/>
12. Simpson RG, Chen CT, Grubbs EA, Swindell W. 4 MV CT scanner for Radiation therapy: the prototype system. Med Phys. 1982 Jul-Aug; 9 (4):574-9
13. Imatron C-100 sales brochure from Department of Radiology, Mayo Clinic
14. Kalender WA, Seissler W, Koltz E, Vock P. Spiral Volumetric CT with single- breath-hold technique, continuous transport, and continuous scanner rotation. Radiology. 1990 Jul; 176 (1):181-3.
15. Napel S, Marks MP, Rubin GD, Dake MD, McDonnell CH, Song SM, Enzmann DR, Jeffrey RB Jr. CT angiography with spiral CT and maximum intensity projection. Radiology. 1992 Nov; 185(2):607-10
16. Johns TR, Krauss B, Sedlmair M, Grasruck M, Bruder H, Morhard D, Fink C, Weckbach S, Lenhard M, Schmidt B, Flohr T, Reiser MF, Becker CR. Material differentiation by dual energy CT:initial experience. Eur Radiol. 2007 Jun;17(6):1510-7
17. <https://www.sciencenews.org/article/ct-scan-50-years-anniversary-first-imagemedicinephysics?fbclid=IwAR0v0N0OPZH3qpMelGld4e1jaQcH2YIXfxwtou4i2NuQecdIgc4GIBWRw>



Öğr. Gör. Yılmaz Şahin

2010 yılında Atatürk Üniversitesi Fizik Bölümünden mezun oldu. 2013 yılında yüksek lisansını tamamladı. 2009-2011 yılları arasında Atatürk Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyasyon Onkolojisi AD'da stajyer fizikçi olarak çalıştı. 2015 yılında Öğretim Görevlisi olarak atandı. 2019 yılına kadar Atatürk Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyasyon Onkolojisi AD'da Öğretim Görevlisi olarak çalıştı. Şu anda Atatürk Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu'nda görevine devam eden ve alanında dersler veren Yılmaz Şahin'in ulusal ve uluslararası dergilerde yayınlanmış 50'den fazla makale, bildiri, kitap bölüm yazarlığı, teknik rapor ve bilimsel araştırma projesi bulunmaktadır. Ayrıca; İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlığı ve adli bilirkişi uzmanlığı da yapmaktadır. Doktora eğitimi tez aşamasında olan Yılmaz Şahin; 2020 yılında atandığı Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu Müdür Yardımcılığı görevine devam etmektedir.

MONTE CARLO DOZ HESAPLAMA TABANLI RADYASYON TEDAVİSİ TEDAVİ PLANLAMASI İÇİN IŞIN MODELLEME VE IŞIN MODELİ DEVREYE ALMA: AAPM GÖREV GRUBU RAPORU 157

Dr. Emine Burçin İspir Aydınlioğlu

Dr. Mehmet Ertuğrul Ertürk

Monte Carlo (MC) yöntemi istatistiksel bir benzeşim yöntemidir. Bu yöntem, İyonlaştırıcı radyasyon taşınım problemleri için bağımsız fiziksel süreçleri yöneten olasılık dağılımlarıyla parçacıkların güzergahını bilgisayarla üretilmiş rasgele sayıları kullanarak yeterli miktarda örneklemeyle benzeştirir. Parçacık akısı, enerji spektrumu ve soğurulan doz dağılımı gibi makroskopik niceliklerin ortalama değerleri, çok sayıda parçacığın benzeşimi ile hesaplanabilir. MC benzeşiminin radyoterapi fiziği problemlerine uygulanması bir dizi yayında tartışılmıştır. Radyoterapi tedavisi planlaması için MC'nun klinik uygulaması ve ileri radyoterapi teknikleri için doz hesaplaması ve dozimetri doğrulaması birkaç araştırma grubu tarafından rapor edilmiştir. MC, varyans azaltma teknikleri ve düşük maliyetli çok çekirdekli CPU'ların veya Grafik İşlem Birimlerinin (GPU'lar) kullanımıyla sağlanan hesaplama verimliliği iyileştirmeleri sayesinde rutin klinik uygulamalar için radyasyon tedavisi planlaması doz hesaplamasında giderek daha fazla kullanılmaktadır. Ticari elektron ve foton sistemlerinin işletmeye alınması ve klinik onayı farklı klinik merkezlerde gerçekleştirilmiş olup, MC'nin radyoterapi tedavisi planlaması için en doğru doz hesaplama yöntemlerinden biri olduğunu göstermiştir.

Eksternal radyoterapi doz hesaplaması için MC kullanan bir radyoterapi tedavi planlama sistemi (TPS), bu parçacıkların hastadan geçişini benzeştirmek ve soğurulan dozu kaydetmek için hasta üzerindeki radyasyon ışını olayı hakkında ayrıntılı bilgiye ihtiyaç duyar. Hasta yüzeyine (veya ışın değiştiricilere) yönelik radyasyon parçacıklarının minimum enerjisini, konumunu, yönünü ve tipini (örneğin elektron, foton ve pozitron) içeren faz uzayı (PS) bilgisi parçacıkların hasta yüzeyinde veya yukarısında taşınmasını başlatmak için gereklidir. Bir ışın için bu bilginin doğrudan ölçülmesi, linak çıkış penceresindeki yüksek radyasyon yoğunlukları ve ölçümü gerçekleştirmek için uygun dedektörlerin mevcudiyeti gibi birçok sınırlayıcı faktör nedeniyle zordur. Bu nedenle MC tabanlı TPS, hasta doz hesaplamaları için gerekli PS bilgilerini sağlamak için ışın modellerine muhtaçtır.

1.A. Motivasyon

AAPM Görev Grubu TG-105 raporu, rutin klinik ortamda MC'nun uygulanması ve yaygın kullanımı için merkezi alanlar olarak ışın modelleme ve ışın modelinin devreye alınmasını tanımladı. Aynı tedavi cihazı özelliklerine ve kaynak geometrisine (örn. nominal enerji, doz hızı ve alan boyutu) sahip farklı kullanıcıların tedavi cihazlarının verimindeki birimi başına doz) ve doz dağılımlarındaki değişkenlik nedeniyle zorluklar ortaya çıkmaktadır. Işın modeli, klinik olarak makul bir tolerans ile kullanıcının cihazıyla eşleşmelidir. Farklı ışın modelleri, en son hedef olan hesaplanan doz ile ölçülen dozu

eşleştirmek için farklı ayarlamalara ihtiyaç duyar. Bir ışın modelinin doğruluğu, hasta doz hesaplamalarının doğruluğu üzerinde doğrudan bir etkiye sahiptir. Işın modelleme ve devreye alma prosedürlerine ilişkin kılavuzlara duyulan ihtiyaç bu raporun motivasyon kaynağı olarak belirtilmiştir. Klinik radyoterapide elektronlar, gama ışınları, x ışınları, nötronlar ve diğer ağır iyonlar kullanılmış olmasına rağmen, bu rapor temel olarak klinik foton (düzleştirici filtreli veya filtresiz) ve lineer hızlandırıcılardan (linaklar) elektron için ışın modellerini ele almaktadır. Işın modelleme yönteminin ve kabul testi ile devreye alma prosedürlerine ilişkin kılavuzların, gama ışınları, protonlar ve karbon iyonları ile radyasyon tedavisi için MC tabanlı doz hesaplamaları için de faydalı olması beklenmektedir.

1.B. Hedefler

Bu raporun amaçları aşağıdaki şekilde belirtilmiştir :

(a) farklı ışın modellerine ve uygulamalarına genel bir bakış sağlamak; (b) MC tabanlı ışın modellerinin kabul testi ve devreye alınması için gereken minimum bir dizi test hakkında öneriler sunmak; (c) MC tabanlı klinik doz hesaplaması için kullanılacak ışın modellerinin kabul testi ve devreye alınması için tolerans kriterleri için kılavuzlar sağlar.

1.C. Terminoloji

Bu raporda kullanılan ışın modellemeye özgü terimler Tablo I'de tanımlanmıştır.

2. Radyoterapi Cihazları için Işın Benzeşimi

Radyoterapi cihazlarının tedavi kafasının doğrudan

MC modellemesi ("ışın benzeşimi" olarak adlandırılır), hem MC hem de analitik doz hesaplama algoritmaları için ışın modellerinin geliştirilmesine rehberlik etmiştir. Işın benzeşimi 1970'lerin sonlarından beri literatürde yer alıp ve birçok incelemeye konu olmuştur. Bu bölümde kısaca foton ışını benzeşimine ve ardından elektron ışını benzeşimine genel bir bakış yapılmıştır.

2.A. Foton ışını Benzeşimi

Kaynak ve tedavi kafasının tanımlanmasında artan özen ve radyasyon taşınımındaki iyileştirmeler ile ışın benzeşimlerinin sonuçlarının doğruluğu artmıştır. Bir lineer hızlandırıcıdaki bileşenler çoğunlukla çıkış penceresi, hedef, birincil kolimatör, düzleştirme filtresi, monitör odası, ayna, çeneler (jaws), çok yapraklı kolimatör (MLC), retikül ve takozlar, bloklar ve bolus gibi ışın değiştiricilerden oluşur. Işın benzeşimi için elektron kaynağı parametreleri parçacık enerjisi, uzaysal (odak noktası boyutu ve şekli) ve açısal dağılımları içerir. Doğrudan ölçümlemediklerinde, kaynak parametreleri genellikle verim faktörü ve suda ölçülen doz dağılımları kullanılarak belirlenir. Işın benzeşimi için BEAM/EGS4, PENELOPE ve GEANT4 gibi çeşitli MC sistemleri kullanılmıştır. Hastaya özgü, ışın değiştirici cihazların (örneğin, MLC, bloklar, kesikler ve takozlar) çeşitli uygulamaları literatürde tartışılmış ve BEAM, PENELOPE ve diğer paketlerin bir parçası haline getirilmiştir. Işın benzeşimindeki gelişmeler, benzeşimin verimliliğini artırmak, yani benzeşimin fiziğini değiştirmeden aynı istatistiksel belirsizliğe daha kısa sürede ulaşmak için etkin varyans azaltma tekniklerinin geliştirilmesini de içermektedir. Raporda bunlara foton etkileşimi zorlaması 'photon interaction forcing' ve

bremsstrahlung bölünmesi örnek olarak verilmiştir.

Foton ışınının özelliklerini etkileyen faktörler; hedef üzerine gelen elektronların enerjisi, uzaysal ve açısal dağılımları veya bir linak'ın dalga kılavuzundan çıkan ve ışın ile etkileşen tüm bileşenlerin boyutları, malzemeleri ve yoğunluklarıdır. Sheikh-Bagheri ve Rogers hedefteki elektron ışını olayının parametreleri için tahminleri türetmek ve değerlendirmek için "havada" eksen dışı faktörlerin ve derinlik doz eğrilerinin MC tabanlı hesaplamalarını gerçekleştirdi (ve bunları ölçümlerle karşılaştırdı), ve bazı mekanik parametrelerin (hedef kalınlık, primer kolimatör açıklığı, düzleştirici filtre malzemesi ve yoğunluk gibi) etkilerini incelediler. Çalışmaları, çeşitli üreticiler (Varian, Siemens ve Elekta) tarafından üretilen birkaç farklı foton ışını enerjisini ve linak'ını içeriyordu. Raporda bulgu olarak aşağıdaki detaylar verilmiştir:

- Işın enerjisindeki 0.2 MeV'lik bir değişiklik, hem eksen dışı faktörler hem de derinlik dozu üzerinde gözlemlenebilir bir etki yarattı;
- Asimetrik bir enerji dağılımının eksen dışı faktörler üzerinde küçük bir etkisi olmasına ve 18 MV'lik bir foton ışını için build-up bölgesindeki dozu %1,5'e kadar etkilemesine rağmen; Gauss elektron enerjisi dağılımının genişliği (%0-20 değişimle), 6 MV'lik bir ışın için eksen dışı faktörler üzerinde hiçbir etki göstermez.
- Radyal yoğunluk dağılımı, eksen dışı faktörleri büyük ölçüde etkiler; derinlik dozu üzerinde hiçbir etkisi olmamasına rağmen radyal yayılma ile ikinci dereceden bir azalma gözlemlendi, ve elektron kaynağının sapmasının eksen dışı

faktörler ve derinlik dozları üzerindeki etkisi 1.0°'ye kadar sapmalar için küçüktür

- Primer kolimatörün, yukarı yönde açılması eksen dışı faktörleri güçlü bir şekilde etkiler, çünkü bu, daha aşağı yönde eksen dışı noktalara ulaşmış saçılan fotonların akışına katkıda bulunabilecek hedeften kaynaklanan bremsstrahlung fotonlarının akışını kısıtlayabilir ve hesaplamalarda, eksen dışı faktörleri eşleştirirken primer kolimatörün tam açıklığının 0,01 cm'den daha iyi bilinmesi gerektiği sonucuna vardılar;
- Eksen dışı oranlar, düzleştirme filtresinin bileşimine ve yoğunluğuna oldukça duyarlıdır; 1 g/cm³ tungsten yoğunluğundaki bir değişiklik, 15 MV'lik bir ışın için eksen dışı oranda %6'lık bir değişikliğe neden olur.

Bu sonuçlar, Schreiber ve ark. tarafından asimetrisinin etkilerini ölçen duyarlılık çalışmaları ile geliştirildi.

2.B. Elektron ışını benzeşimi

Ayrıntılı özelliklerini belirlemek için bir elektron demetinin linak tedavi kafasındaki izlediği yolların tüm bileşenleri ile doğru bir şekilde benzeştirmek çok önemlidir. Bunun nedeni, elektron ışınlarının kolayca saçılması ve ayrıca tedavi kafasındaki çeşitli bileşenlerle etkileşime girerek x ışınları oluşturmaktır. Aplikatör içindeki hava sütunu da dahil olmak üzere birçok linak bileşeni, PS elektron demetini önemli ölçüde etkileyebilir ve bu nedenle elektron demetleri modellenirken dikkat edilmelidir. Model parametrelerini türetmek için ölçülen verilere ihtiyaç duyan diğer kaynak modelleri için, doğru linak

Tablo 1: Işın modeli terminolojisi

Terim	Tanım
Faz uzay (PS) verileri	Genellikle tedavi kafasının içinde veya altında bir radyasyon demetindeki parçacıklar hakkındaki bilgileri içerir. Kolimatör dönme eksenine dik bir düzlemde: parçacık tipi, enerjisi, konumu, yönü, yükü ve muhtemelen doz hesaplamasında kullanılan parçacığın istatistiksel ağırlığı gibi diğer isteğe bağlı bilgiler, parçacık tarafından belirli bölgelerin geçip geçmediği, ve parçacık üretimi veya saçılma bölgesi.
Işın benzeşimi	Çeşitli ışın kolimasyonu ve izleme bileşenlerinden oluşan bir radyoterapi cihazının tedavi kafasından geçen radyasyon parçacıklarının MC benzeşimi. Tedavi kafası benzeşimi olarak da bilinir.
Işın modeli	Doz hesaplamasında kullanılan ilk PS verilerini tam olarak tanımlamak için kullanılır. Bu, tedavi kafası geometrisi, kaynak konumu, parçacıkların enerjisi ve açısal dağılımı gibi fiziksel özellikleri ve ışını karakterize etme ve PS verilerini üretme yöntemlerini içerir.
Faz uzay oluşturulması	Işın gösteriminden ilk PS verilerini oluşturmak için kullanılan yöntem
Duyarlılık analizi	Sonucun bağımlılığının değerlendirilmesi
Kabul testleri	Tedavi planlama sisteminin (TPS) spesifikasyonlarına göre çalıştığını doğrulamak için süreç veya bir dizi prosedür
Devreye alma işlemi (Commissioning)	Bir TPS'nin devreye alınması, ışın verisi girişi ve doz dağılımlarının, çıktı faktörlerinin ve hasta tedavisine yönelik tüm geometriler için hesaplanan diğer miktarların doğruluğunun test edilmesini içerir.

benzeşimine dayalı elektron ışını özelliklerinin iyi anlaşılması model tasarımı için çok önemlidir.

Ma ve Jiang elektron ışını benzeşimi üzerine yapılan erken çalışmaları gözden geçirmiştir. Linak elektron ışınlarını simüle etmek için BEAM kodunun doğruluğu, hesaplanan doz dağılımları ve çıktı faktörleri açısından çeşitli yayınlarla gösterilmiştir. O zamandan beri, BEAM kodu ışın benzeşimi için yaygın olarak kullanılmaktadır ve MC benzeşim sistemleri arasında yaygın olarak altın standart olarak kabul edilmektedir.

PENELOPE kodu, elektron ışınlarını simüle etmek için

de kullanılmıştır. Bu kod, linak bileşen benzeşimi için karmaşık dörtgen geometrilerin tanımlanmasına izin veren bir geometri paketine sahiptir. Rodriguez linak benzeşimine adanmış PENELOPE kodunu temel alan PENLINAC adlı bir kod paketi geliştirdi. BEAM'e benzer şekilde, PENLINAC, temel geometrik gövdelerden linak tedavi kafası bileşenlerinin modellenmesine ve bunların PENELOPE tarafından ele alınan ikinci dereceden fonksiyonlara dayalı yapıya dönüştürülmesine izin verir. Böylece kod, linak benzeşimi için tedavi kafası geometrisinin oluşturulmasını büyük ölçüde basitleştirebilir. BEAM

kodu ile PENELOPE kodu arasındaki bir karşılaştırma, bu iki kod tarafından simüle edilen linaktan çıkan elektronların ve fotonların açısal ve enerji dağılımlarının genel olarak benzer olduğunu gösterdi. Ancak, bazı durumlarda, küçük farklılıkların önemli farklılıklar ortaya çıkardığı da raporca belirtilmiştir.

Elektron demeti doz hesaplaması için simüle edilecek ana bileşenler; çıkış penceresi, primer saçıcı foil, primer kolimatör, sekonder saçıcı foil, monitör odası, ayna (bazı makineler için), çeneler (jaws), elektron aplikatörü ve cutout'ları içerir. Bu parçaların cihazlara göre yapısal farklılıklar gösterdiği raporda ifade edilmiştir. Elektron ışınları, tedavi kafası bileşenlerinin malzemelerine ve geometrisine daha duyarlıdır. Bieda ve ark, saçıcı foil geometrisi üzerinde elektron ışınlarının duyarlılık çalışması yürütmüş ve yüksek enerjili ışınlar ile geniş alan boyutları için MC benzeşimlerinin saçıcı foil geometrisine en duyarlı olduğunu tespit etmiştir. Spesifik olarak, 20 MeV elektron ışınının özelliklerinin (a) saçılan foiller arasındaki mesafeye, (b) şekillendirilmiş sekonder saçılan foillerin genişliğine ve (c) primer veya sekonder foil kalınlığına duyarlı olduğunu bulmuşlardır. Bu grup tarafından yürütülen daha sonraki bir çalışmada, büyük elektron alanlarını doğru bir şekilde modellemenin zorluğunu bir kez daha gösterdiler.

Schreiber ve Faddegon, çeneler tamamen açıkken ve aplikatör çıkarılmış haldeyken büyük elektron alanlarının kaynak ve geometri parametrelerine duyarlı olduğunu ve bu nedenle doğru ışın modellemesi için bilgi sağlayabileceğini öne süren başka bir çalışma yürütmüştür. Daha yakın zamanlarda, Faddegon ve ark, büyük elektron

alanlarını simüle etmek için hem EGSnrc hem de GEANT4'ü kullandılar. Paralel plakalı iyon odası ölçümleriyle karşılaştırıldığında, build up bölgesinde hala büyük farklılıklar vardı ve bu da hassas yüzey dozu belirlemeyle ilgili olası sorunları yansıtabilirdi. Ancak, Bremsstrahlung kuyruk hesaplamasındaki doğruluk, EGS4 yerine EGSnrc kullanılarak geliştirildi.

Özetle, elektron ışınlarının, özellikle büyük alanlar için, yüksek doğrulukta simüle edilmesi foton ışınlarından daha zordur, çünkü esas olarak elektron ışınları, linak kafa bileşenlerinin malzemelerine ve geometrilerine ve ölçüm teknikleriyle ilgili olası problemlere karşı çok hassastır. Bu nedenle elektron ışınlarının doğru benzeşimi için ışın yolundaki tüm bileşenlerin ayrıntılı ve doğru geometrik tanımları ve doğru doz ölçümleri gereklidir. Ne yazık ki, bu tür bilgiler medikal fizik topluluğu için her zaman mevcut değildir. Bu konu aşağıda Bölüm 3.A'da daha ayrıntılı olarak tartışılacaktır.

3. MC DOZ HESAPLAMASI İÇİN IŞIN MODELLEME

Işın modellemesinin amacı klinik tedavi ışınlarında radyasyon parçacıklarının doğru PS'sini MC doz hesaplaması için sağlamaktır. MC tabanlı bir TPS'deki ışın modeli, fantom veya hastaya özgü geometride MC radyasyon taşınmasını başlatmak için PS verilerini sağlamak için kullanılır. Bu, fiziksel özellikleri (tedavi kafasının geometrisi, kaynak konumu, enerji ve açısal dağılım gibi) ve ışını karakterize etme ve PS'yi oluşturma yöntemlerini içerir.

Bir ışın modelini belirlemek için üç olası yöntem, AAPM TG-105 raporunda belirtilmektedir. Tedarikçiler bu yöntemleri farklı şekillerde uygulayabilirler. Bu üç

ışın modellemesindeki yaklaşımlara ait temel bakış açısı Tablo 2 de özetlenerek karşılaştırılmıştır.

alma testleri geleneksel TPS'ler için yapılanlara bezerdir.

Tablo 2: Üç ışın modelleme yaklaşımına temel bakış

ışın Modeli	Doğrudan Benzeşim	Çok Kaynaklı- Benzeşim etkin	Çok Kaynaklı- Ölçüm etkin
Genel Tanım	PS geometrik ve fiziksel özellikleri detaylı bir şekilde bilinen kafasının MC modellemesi ile üretilir	Doğrudan ışın benzeşiminden üretilmiş PS verisinden türetilen parametreleri kullanarak çok kaynaklı PS verisinin üretilmesi	Ölçümler ve analitik yöntemler ile türetilen parametreleri kullanarak çok kaynaklı PS verisinin üretilmesi
Foton örnekleri	Referanslar*	Referanslar*	Referanslar*
Elekta örnekleri	Referanslar*	Referanslar*	Referanslar*
Avantajları	Detaylı ve yüksek doğrulukta radyasyon kaynağı sisteminin modeller	Hassasiyet kaybı yaşamadan hastaya özgü MC hesabı için PS üretimini sağlar, bu doğrudan modellemeye göre daha etkindir.	MC olmayan TPS'lere benzer şekilde PS üretir. Hastaya özgü PS verileri üreterek doğrudan modellemeye göre daha etkin hesaplama sağlar
Dezavantajları	Detaylı tedavi kafası bilgisine ihtiyaç duyar, hesaplama süresi uzundur	Hassas tedavi kafası bilgisine ihtiyaç duyar. Ayar sürecine ihtiyaç duyar.	Diğer yöntemlere göre güvenilir ölçüme daha fazla ihtiyaç duyar. Model parametrelerinin doğruluğu doğrudan modele göre azdır.

* Rapor konu ile ilgili referanslar bölümündeki hangi kaynaklara bakılması gerektiğini yazmaktadır.

3. A. Doğrudan ışın Benzeşimi

Doğrudan benzeşim hastaya özgü MC doz hesabı için en düz yolla PS sağlar. Belirli bir cihaz için PS verisi üretilip MC doz hesabı yazılımı için kabul ve devreye alma işlemleri yapıldıktan sonra hasta bazlı doz hesapları için kaydedilerek saklanır. Kabul ve devreye

Bazı nedenlerden ötürü doğrudan ışın benzeşimi sadece kurum içi MC yazılımları ile sınırlıdır. Bunun nedeni linakla ilgili detaylı verilere ihtiyaç duyulmasıdır. Ayrıca, hesaplanan PS son kullanıcı tarafından tespiti zor olan kaynak parametrelerine duyarlıdır. Bu yüzden parametreler, tecrübeli MC kullanıcıları tarafından deneme yanılma yoluyla MC ile

hesaplanan doz dağılımı ile ölçülen uygun gelecek şekilde ayarlanır. Daha doğru benzeşim ayarlamasının hassasiyeti ile doğrudan ilişkilidir. Raporda, Uluslararası Atom Enerji Ajansının kliniklerde kullanılan birçok linaka ait PS verilerinin bulunduğu bir veri tabanı yayınladığı belirtilmektedir.

Raporda, PS verileri büyük veriler olduğu ve çok alan işgal ettiği belirtilmiştir. Bu büyük veriler ile hastaya özgü doz hesaplaması esnasında darboğaz oluşacağı belirtilmiştir. Bu yüzden, tam modelleme yapmaktansa tekrar türetilen PS ile VMC++ gibi yazılımlarla %1 BEAMnrc ye göre hata payı ile 15 kat daha hızlı doz dağılımı hesaplanabildiği belirtilmiştir. Varyans azaltma tekniklerine değinilmiş bu tekniklerin doğru kullanılmasının önemini vurgulayan çalışmalar aktarılmıştır.

3.B. Faz Uzay Etkin Modeller

Işın modelinin amacı yeterli tanıma sahip PS bilgisi ve MC doz hesabı için doğrudan ışın benzeşimine göre daha etkin PS verisi üretmektir. Faz uzay etkin modeller iki aşamada üretilir. İlk adım kafanın detaylı modellenmesine ve sabit linak bileşenleri arasından PS bilgisinin tespitine ihtiyaç duyar. Bu adım doğrudan ışın benzeşimi ile aynıdır. PS bilgisi uzaysal, enerji ve açısal bilgileri içeren fluens dağılımı şeklinde tanımlanır. İkinci adım PS verisinin hassas ve etkin bir şekilde azaltılarak tekrar oluşturulmasıdır. Raporda modellemenin nasıl geliştirildiğinde literatürden referanslar verilerek anlatılmaktadır.

3.C. Ölçüm Etkin modeller

Kabul edilebilir ve standart ölçüm kümelerinden türetilen ölçüm etkin modeller özel bir model sınıfına

karşılık gelir. Fluens dağılımı ölçümle hesaplanan arasındaki farkı en aza indiren parametrelere sahip analitik modellerden başlayarak geliştirilir. Modelin bilgisi ölçümden ters evirilmeyle (deconvolution) konvansiyonel doz algoritmalarına benzer şekilde elde edilir.

Deneyisel yöntemler ışın modellemesi içinde kullanılmıştır. X-ışını kaynak boyutu ölçümü için kullanılan yöntemler aynı zamanda elektron ışını kaynağı içinde kullanılabilir. Kafa saçılması ölçümü ve modele dahil edilmesi gerektiği görülmüştür. Enerji dağılımı spektral yeniden oluşturma algoritması kullanılarak tespit edilmektedir. Bu yöntem mono enerjistik derin dozlardan ölçülen derin dozun elde edilmesine dayanır.

Konu üzerindeki erken dönem çalışmalar PS etkin modelin ürünü olarak ortaya çıkmıştır. Rapor modelin gelişimindeki önemli çalışmaları ve literatüre katkılarını aktarmaktadır. Bu yöntem genişletilerek sanal kaynak içeren çok parametrelili yöntemleri ortaya çıkarmıştır.

3.D. Ticari TPS'lerde Işın Modellemesi

Tüm ticari TPS'lerin MC kod sistemlerinin özeti ve MC ile doz hesaplama yaklaşımları Ek A'da ki tabloda verilmektedir.

3.D.1. Elektron Işın Modelleri

MC algoritmasının ticari TPS'lerde ilk uygulaması Oncentra MasterPlan'da elektron doz hesabıdır. VMC++ kodunda çoklu kaynak ışın modeli kullanılmıştır. Doz hesaplaması için gereken bazı öğelerde EGSnrc kullanılarak kernel oluşturulmuştur. Spektrum parametreleri derin doz eğrilerinden elde

edilmiştir. RayStation sistemi bazı farklılıkları olsa da elektron doz hesabı için benzer bir yol izlemektedir.

Eclipse planlama sistemi makro MC (MMC) yöntemini kullanarak elektron dozu hesaplamaktadır. Bu yöntem, EGSnrc ile daha önceden hesaplanmış elektron taşınım bilgisini kullanarak hesaplama yapmaktadır.

3.D.2. Foton Işın Modelleri

Hem iPlan hem de Monaco XVMC sistemini Fippel ve arkadaşları tarafından geliştirilen ve sanal enerji fluensini (VEF) modelini kullanmaktadır. VEF yöntemi birincil, ikincil ve elektron kontaminasyonu kaynağı olmak üzere üç alt kayantan oluşmaktadır. Birincil ve ikincil kaynaklar Gaussian dağılıma sahipken elektron kaynağı düz bir dağılıma sahiptir. Enerji spektrumu suda hesaplanan monoenerjistik derin doz eğrilerinden ölçülen veri süperpozisyon yöntemi kullanılarak ile arasındaki fark en az olacak şekilde üretilmektedir. Raystation sistemi Collapsed Cone dose hesabında kullanılan analitik ışın modelini kullanmaktadır. Bu model iki foton ve bir elektron kaynağı kullanmaktadır. Multiplan sistemi silindirik simetrik olduğu varsayılan tek foton kaynağı kullanmaktadır. Enerji spektrumu ölçülen yüzde derin doz eğrilerinden türetilmektedir. Rapor ayrıca bu yöntemlere ait benchmark sonuçları da yayınlamıştır.

3.E. Işın Modifiye Ediciler

Tüm ticari TPS'ler PS verilerini ışın modifiye edicilerin üzerindeki düzlemde tanımlamaktadırlar. Bu yaklaşım her hastada MC doz hesabında aynı ışın modelinin kullanılmasına imkan vermektedir. Bu durum, ışın modifiye ediciler ve hastada için MC benzeşimi ile

detaylı hesaplama yapılabilmesini sağlamaktadır. MLC geometrisinin doğru modellenmesi doğru bir doz hesaplaması için şarttır. Bu doğrultuda var olan farklı yaklaşım bazılarında raporda değinilmektedir.

4. MC TABANLI TPS'LERİN KABUL TESTİNE YÖNELİK KILAVUZLAR

Raporun bu bölümünde kabul testlerinin amacı ve kabul testleri için hangi protokollerin izlenebileceğinden söz edilmiştir.

Kabul testinin amacı, bir TPS'nin ölçülebilir ve test edilebilir veya ölçülebilir kısıtlamaları (toleransları) karşılaması gereken spesifikasyonlarına göre çalıştığını doğrulamaktır. Kurulumdan sonra ancak klinik kullanımdan önce yapılmalıdır. Rapora göre, yapılan bu testler belgelendirilerek TPS klinik olarak kullanımda olduğu sürece saklanmalıdır.

TPS kabul testleri için ilk tavsiyeler AAPM TG-53 raporunda yayınlamış olup IAEA TRS-430 raporunda bu testleri uyarlamıştır ve bazı ek tavsiyelerde bulunmuştur. Ayrıca, temel tedavi planlama sistemleri için (2D ve/veya 3D) IAEA TECDOC-1540'ın kullanılabileceğinden bahsedilmiştir. Yazıda, her ne kadar çoğu testin ışın modeli ve doz hesaplaması ile ilişkili olsa da modern TPS'lerin kabulünde hala kullanılışlı olduğu ifade edilmiştir. Ancak yazıda, mevcut raporların öngördüğü toleransların MC algoritması için uygun olmadığına değinilmiş ve MC-temelli TPS'ler için kabul testleri ve toleranslar tanımlanmıştır. Raporda tablo 3'te verilen testlerin özeti aşağıda verilmektedir. Bu testlerin kapsamlı bir kabul testi ve kalite temini süre programının bir parçası olması gerektiği belirtilmiştir.

Doz Hesap Testleri: Bu bölümde önerilen testler AAPM TG-53 ve IAEA-430'un içerdiği testlerdir. Foton enerjileri için doz hesabının doğruluğu kontrol için yapılması tavsiye edilen testler farklı SSD'lerde açık alan, bloklu alan, MLC ile şekillendirilmiş alan, heterojen yapılar, yüzey düzensizliği düzeltme vb. durumları içermelidir. Bu testler için önerdikleri tolerans değerleri doz değişiminin az olduğu bölgelerde % 2 ve doz değişiminin yüksek olduğu bölgelerde 2 mm'dir.

Benzer şekilde elektron enerjilerinde de farklı SSD'lerde, açık alanlarda, şekillendirilmiş alanlarda, heterojen ortamlarda, yüzey düzensizliklerinde vb. şartlar için testlerin yapılmasıdır.

Hız Benchmarkları: Üreticinin benchmark için kullandığı SSD, vokselle boyutu, hesap hacmi, alan boyutu ve istatistiki hassasiyette (belirsizlik seviyesi) her enerji için hesap süresinin ölçülmesi ve üreticinin benchmark sonucuyla karşılaştırılmasını önerilmektedir. Eğer benchmark yapılan bilgisayarın donanımı ile TPS in donanımı aynı ya da benzerse hesaplama süresinin üreticinin beyan ettiği sonuçlara göre %10'dan az değişmesi beklenmelidir.

İstatistiki Testler: Yazılımın farklı istatistiki belirsizliklerde (%2, %1, 0.5% vb.) hesap yapıp yamadığını kontrol edilmesini önermektedir. Bu ön tanımlı değerler üretici firma tarafından sağlanan dokümanlarda bulunan değerler olmalıdır.

Tüm enerji ve ışın modalitelerinde, homojen ortamda standart alanların içinde ve dışında tanımlı her bir istatistiki belirsizlik değerinin doğrulanmasını önermektedir. Bu test için önerilen tolerans değeri eğer istatistiki belirsizlik bağımsız bir şekilde

hesaplanıyorsa uygunluk %30'un içinde olmalıdır veya gözlemlenen istatistiki belirsizlik %30'un içinde olmalıdır.

Sistemden alınan belirsizliğin $1/\sqrt{N}$ davranışını en fazla %10 sapma ile takip ediyor olması gerekir.

Gürültü giderme (denoising) seçeneğinin doğruluğunu kontrol edin. Eğer mümkünse bunu farklı vokseller için homojen ortamlarda alan içinde ve dışında gerçekleştirin. Gürültü giderme işlemi 3σ fazla değişime neden olmamalıdır.

Hız ve istatistiki testler MC temelli algoritmalar için tasarlanmıştır doz hesap testlerinin yanı sıra yapılması tavsiye edilmektedir. Rapor, TPS kullanıcısı üreticilerle TPS özellikleri ve kabul testleri konusunda birlikte çalışma hususunda cesaretlendirmek istemektedir. Bu kapsamda yeni kabul testlerin geliştirilmesi için kullanıcılara görev düştüğü açıklanmaktadır.

5. MC TABANLI TPS İÇİN IŞIN DEVREYE ALMA HAKKINDA ÖNERİLER

Bu bölümde MC temelli doz hesap algoritmalarının kabulünde uygulanabilecek en temel dozimetrik testleri vermiştir.

5.A. TPS Kullanımları İçin Öneriler

Bu rapor, radyoterapi tedavi planlamalarında MC tabanlı bir doz hesaplama algoritmasını devreye alma için gereken temel dozimetrik testleri ortaya koymaktadır. Tablo 4'te verilen dozimetrik testler TG53 ve TG244'ten derlenmiştir. Testlerin toleranslar ise MC'nin hassasiyeti göz önünde bulundurularak tekrar tanımlanmıştır. Tablo 4 özetle aşağıdaki testleri içermektedir.

Doz dağılımları: Planlama sistemine dozun tanımlandığı referans şartında hesaplanan doz ile tanımlanan doz arasındaki farkın 0.5 %'den küçük olması istenmektedir.

Modellemede kullanılan profil ile hesaplama elde edilen profillerin uyumu % 2 ve 2 mm içinde olmalıdır.

Verim Faktörleri: Fotonlarda farklı alanlarda, açık alan, asimetrik alan, korumalı alanlarda farklı SSD'lerde hesaplanan ve tanımlanan verim faktörleri arasındaki fark %2'den küçük olmalıdır.

Elektron demetleri için, farklı aplikatör boyutlarında ve farklı cut-outlarda ölçülen ve hesaplanan verim % 2'den küçük olmalıdır.

Işın ayarlayıcı uygulamaları: Işın ayarlayıcı (MLC, blok, wedge, kompensatör veya bolus) olan alanlarda hesaplanan doz ile ölçülen doz arasındaki fark her enerjide 2 mm'ye % 2 içinde olmalıdır.

Hasta dozu hesabı: Homojen veya heterojen fantomlarda plandaki alanların ışınlanması ile elde edilen nokta doz ile ölçülen nokta doz arasındaki fark %2'den küçük olmalıdır.

Düzlemsel/hacimsel dozimetrik sistemler ile yapılan doz dağılımı ölçümü ile hesaplanan doz dağılımı 2%-2 mm kriteri ile hesaplanmalıdır. Bu karşılaştırma için bir geçme eşiği veya toleransı yoktur. Ancak kalan noktalar incelenmelidir. MC algoritması elektron dengesinin olmadığı alanlarda da etkin bir şekilde çalışmaktadır. Bu nedenle, TPS devreye alma ölçümlerindeki kriterlerin TG53 ve TG244'de tavsiye edilenlere göre daha sıkı olması gerektiği savunulmaktadır.

Tablo IV, devreye alma testlerini dört kategoride özetlemektedir: (a) açık alan doz dağılımları, (b) çıktı faktörleri, (c) ışın değiştirici uygulaması ve (d) hasta dozu hesaplaması. Işın modellemesi iteratif bir işlemdir ve model parametreleri, ölçülen ile hesaplanan dozun uyumu en iyi olacak şekilde ayarlanır. Ek A'da, MC tabanlı TPS'lerde ışın modellemesi ve devreye alım için hangi verilere ihtiyaç duyulduğu bilgisi aktarılmaktadır. Burada da görülebileceği gibi ışın modeli parametrelerinin türetiminde genellikle açık alan ve verim faktörlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu parametreler, linak kafasından gelen parçacıkların enerjilerini, uzaysal ve açısal dağılımlarını ölçülen verilerle en uyumlu hale getirecek şekilde ayarlanır. Ancak, kaynak karakterizasyonu standart olmayan alanlardaki doz dağılımı üzerinde etkiye sahiptir. Bu yüzden, açık alanlar için yapılacak devreye alma testlerinin yanı sıra kompleks alanlar ve gelişmiş tedavi yöntemleri ile yapılan planların doz dağılımları fantomlar üzerinde incelenmelidir.

Bu kapsamda, ışın modeli için temel devreye alma işlemi su fantomunda ölçülen doz ile hesaplanan dozun karşılaştırılmasıyla başlar. Hesaplanan verim faktörleri ölçülenler ile uyumlu olmalıdır. Kama filtre, tepsi, asimetrik alan, bloklu alan, mlc, cutout, bolus gibi farklı senaryolardaki doz dağılımlarının hesaplama doğruluğu incelenmelidir. Gelişmiş tedavi yöntemleri ile hastaya özgü yapılan planlar test edilmelidir. Farklı yoğunluklar sahip fantomların bu testlerde kullanılması yararlıdır.

Doz profilleri doz gradyentinden daha küçük boyutta biz detektör ile ölçülmelidir veya gerçek doz dağılımı dekonvolusyon ile elde edilebilir. Derin doz ölçerken

detektörün etkin ölçüm noktası dikkate alınarak detektör düzeneği hassas bir şekilde kurulmalıdır. TPS in özelliğine göre suda doz veya ortamda doz dönüşümü detektör için doğru durdurma gücü oranları seçilerek yapılmalıdır. Detektörler için buildup, penumbra gibi doz ölçümünün zor olduğu durumlarda düzeltme faktörü kullanılmalıdır. Özellikle ölçüm temelli sistemlerde FFF ışınlarının modellenme sürecine çok dikkat edilmelidir. MC hesaplamalarının istatistik hassasiyeti karşılaştırmalarda kullanılan tolerans doz farkına göre yeterli olmalıdır. (1σ doz farkı toleransın $1/3$ 'den küçük olmalıdır). Doz hesaplamasında seçilen vokselle boyutu detektörün aktif hacmine yakın olmalıdır. Ancak, doz hesaplamasındaki vokselle boyut ile istatistik belirsizliğin ters orantılı olduğu unutulmamalıdır. MC doz tanımlaması linakın kalibre edildiği referans şartlara (MU/cGy, derinlik alan) göre tanımlanmalıdır.

5.B. TPS Üreticileri İçin Öneriler

Rapor, gelişim için üreticiler ile kullanıcıların iş birliği içinde olmasını önermektedir. Üreticilerin kullanıcılara gerekli detaylı teknik bilgileri vermesi gerektiğini belirtmektedir. Varsa koddaki veya donamdaki deterministik yapılan kullanıcıya bildirilmelidir. Tolerans dışı sistematik sapmalar belirtilmelidir ve diğer detaylar açıklanmalıdır.

5.C. Ek Öneriler

Görev grubu linak üreticilerinin tedavi kafası doğrudan MC benzeşimi için gerekli tüm bilgilerin TPS üreticileri, araştırmacılar ve geliştiriciler ile paylaşılması gerektiğini bildirmektedir. Ayrıca, medikal fizik toplulukları tarafından linak ve TPS üreticileri ile işbirliği içinde klinik ışın türleri için benchmark geliştirilmesi gerektiğini savunmaktadır.

Ekler

Tablo 1.A aşağıda verilmektedir.

Tablo 1.A.TPSlerdeki MC temelli doz hesapları için foton ve electron ışın modelleri

Firma	Accuray Inc	BrainLAB AG, Oncology Solutions	Elekta	Nucletron B. V.	Varian Medical Systems	RaySearch Laboratories AB
TPS	Multiplan	iPlan	Monaco	Oncentra MasterPlan	Eclipse	RayStation
Modalite (Tedavi Işını)	Foton	Foton	Foton/elektron	Elektron	Elektron	Foton, Elektron
MC kod sistemi	EGS4/MCSIM	XVMC	VMC	VMC++	MMC	elektronlar için VMC++; Foton için kurumiçi MC
Bragg-Gray Kavite malzemesi	-	Su	-	Su	-	Özel Malzeme

Firma	Accuray Inc	BrainLAB AG, Oncology Solutions	Elekta	Nucletron B. V.	Varian Medical Systems	RaySearch Laboratories AB
Işın Modeli İçin Kaynaklar		Modifiye edilmiş	Modifiye edilmiş	Kullanım Klavuzu		Kullanım klavuzu
Işın modeli tarafından üretilen parçacık tipleri	Foton, sadece kontemine elektron	Foton, elektron	Foton, elektron	Elektron, sadece foton dozu hastada analitik olarak hesaplanır	Foton, elektron	Elektron Işını: elektronlar; foton kontrminasyon dozu analitik olarak hesaplanır Foton ışını: Foton ve elektron
Sabit linak bileşenlerinden nasıl taşınım yapılmaktadır	Uygulanabilir değil	Uygulanabilir değil	Analitik method	Uygulanabilir değil	Uygulanabilir değil	Elektron ışını: MC simülasyonu; Foton ışını: Analitik metod
Hastaya özel linak bileşenlerinin nasıl taşınım yapılmaktadır	Analitik metod	MLC için MC simülasyonu	Analitik metod	Analitik metod	Analitik metod	Elektron ışını: MC simülasyonu; Foton ışını: Analitik metod
Bloklar ve Wedgeler	Uygulanabilir değil	Evet	Hayır	Uygulanabilir değil	Uygulanabilir değil	Evet

Firma	Accuray Inc	BrainLAB AG, Oncology Solutions	Elekta	Nucletron B. V.	Varian Medical Systems	RaySearch Laboratories AB
Üreticiler tarafından ışın modellenmesinde tavsiye edilen Işın karakterizasyonu ölçümleri	En büyük kolimatörde PDD, Kolime edilmemiş profil, her kolimatör için havada verim. Işın modeli onayı: TPR, profiller, heterojen fantomda doz	PDD, profiller, verim, tüm alan boyutlarını kapsayacak şekilde	Fotonlar için: tüm alan boyutlarını kapsayacak şekilde PDD, profiller, verimler. Elektronlar için: En büyük alanda PDD, verim, hava da aplikatörsüz profil; her aplikatör için PDD, verim, yüzeye yakın ve pratik mesafenin ötesindeki derinliklerde profiller	En büyük alanda PDD, verim, havada aplikatörsüz profil; her aplikatör için PDD, verim, yüzeye yakın ve pratik mesafenin ötesindeki derinliklerde profiller	En büyük alanda PDD, verim, havada aplikatörsü z profil ölçümü; PDD, her aplikatör için verim	Elektron: En büyük alanda PDD, verim, havada aplikatörsüz profil ölçümü; PDD, verim, yüzeye yakın kısımda ve pratik mesafenin ötesinde her aplikatör için profil ölçümü. Foton: PDD, profiller, tüm alanları kapsayacak şekilde verim
Parametre Ayarlanması	Müşteri	İmalatçı	İmalatçı	İmalatçı	Müşteri	Müşteri
İmalatçı kabul kriterleri	Özgün Sonuçlar	Özel bir tavsiye yok	TG-53	% 3 / 3 mm gama kriteri	Referansda tanımlandığı gibi	% 3 / 3 mm gama kriteri



Dr. Emine Burçin İspir Aydınlioğlu

2004 yılında Gaziantep Üniversitesi Fizik Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. 2004-2007 yılları

arasında Gaziantep Üniversitesi Fizik Mühendisliği Genel Fizik bölümünde yüksek lisans yaptı. 2005 yılında aynı üniversitenin Radyasyon Onkolojisi bölümünde Fizik Mühendisi olarak çalışmaya başladı. 2007-2010 yılları arasında Hacettepe Üniversitesi'nde Radyoterapi Fiziği programında yüksek lisans yaptı. 2022 yılında Çukurova Üniversitesi Fizik Bölümünde doktorasını tamamladı. 2009 yılından bu yana Acıbadem Adana Hastanesinde Medikal Fizik Uzmanı olarak çalışmaktadır. Hayatındaki en büyük tutkusu dünyayı gezerek farklı kültürleri ve insanları tanımaktır.

Hizmetleri AŞ.'de Medikal Fizik Uzmanı olarak çalışmaktadır.



Dr. Mehmet Ertuğrul Ertürk

1980 Artvin doğumludur. 1998 yılında Ankara Gazi Anadolu Lisesinden 2004 yılında Hacettepe Nükleer Enerji Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. Hacettepe

Üniversitesi Kanser Enstitüsü Radyoterapi Fiziği Bilim Uzmanlığı Yüksek Lisans Programından 2008 yılında Hacettepe Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü Nükleer Enerji Mühendisliği Bölümünde doktora programını 2019 yılında tamamlamıştır. Hacettepe Üniversitesi Radyasyon Onkoloji Bölümünde Araştırma Görevlisi olarak çalışmıştır. 2011'den günümüze MNT Sağlık

NÜKLEER VEYA RADYOLOJİK ACİL DURUMDA MÜDAHALE EDEN MEDİKAL FİZİKÇİLER İÇİN KILAVUZ

Dr. Fizik Mühendisi Tuğba Hacısmanoğlu

Guidance for Medical Physicists Responding to a Nuclear or Radiological Emergency 'den düzenlenmiştir.

Nükleer veya radyolojik bir acil durumun etkisini azaltmak için, ilgili uzmanların düzenli aralıklarla yeterli ve sürekli eğitim alması gerekir. Normal görevlerine ek olarak, hastanelerde çalışan medikal fizikçiler, nükleer veya radyolojik acil durumlara müdahaleye destek ve radyasyondan korunma konularından sorumludurlar. Bu amaçla, IAEA'nın himayesinde, klinik olarak nitelikli tıbbi fizikçilerin (clinically qualified medical physicists ;CQMP) belirli gereksinimlerine, rollerine ve sorumluluklarına odaklanan Medikal Fizikçiler için özel bir eğitim programı geliştirilmiştir [1]. Ancak, nükleer veya radyolojik acil durumlara karşı acil duruma hazırlık ve müdahale (emergency preparedness and response ;EPR) alanında medikal fizikçiler için özel eğitim eksikliği vardır. Bu eksikliği gidermek amacıyla, IAEA, deneyim paylaşmak ve acil durumlara müdahaleyi destekleyen medikal fizikçilerin katılımına katkıda bulunmak için çalıştaylar düzenlemektedir [2].

1.1. AMAÇ:

Yerel ve ulusal koşullara bağlı olarak, medikal fizikçiden farklı işlevsel roller üstlenmesini gerektirebilecek acil müdahale ekibinin bir üyesi olarak görev yapması istenecektir. Bu yayının amacı, eğitilmiş ve klinik olarak nitelikli tıbbi fizikçilerin nükleer veya radyolojik bir acil durumda uygun şekilde hareket etmesi için rehberlik etmek ve böyle bir acil durumun yönetimine verimli ve koordineli bir

katkı yapılmasını sağlamaktır.

1.2. KAPSAM:

Bu yayın, radyolojik acil durumlar sırasında operasyonel koşullar uygulamakla sorumlu medikal fizikçilere rehberlik etmeye odaklanmaktadır. Hızlı yanıt vermeyi kolaylaştırmak için, bu yayında sunulan kavramların çoğunu özetleyen bir 'cep kılavuzu' (Medikal Fizikçiler için EPR-Cep Rehberi 2020 [3]) hazırlanmıştır.

3. YAPI:

Bu yayın, işlevsel bir acil duruma hazırlık ve müdahale yapısına dayalı olarak bölümler halinde düzenlenmiştir. Bölümlerde; temel kavramları, radyasyondan korunma kavramları, tesislerin hazırlanmasında medikal fizikçinin belirli rolleriyle ilgili faaliyetler, doz değerlendirmesi; ve etkili iletişim ile ilgili kavramlar hazırlanmıştır.

2.TANIMLAR VE TEMEL KAVRAMLAR

2.1 NÜKLEER VE RADYOLOJİK ACİL DURUMLAR İLE İLGİLİ TANIMLAR:

IAEA 'ya ait Safety Series 'de acil durum şu şekilde tanımlanmıştır: "Öncelikle insan hayatı, sağlığı, mülkü veya çevre için bir tehlikeyi, olumsuz sonuçları azaltmak için acil eylem gerektiren rutin olmayan bir durum veya olay." Nükleer veya radyolojik acil durum ise şu şekilde tanımlanmıştır;

- Bir nükleer zincirleme reaksiyondan veya bir zincirleme reaksiyon ürünü bozunmasından kaynaklanan enerji.

b. Radyasyona maruz kalma.

NÜKLEER VEYA RADYOLOJİK BİR ACİL DURUMDA MEDİKAL FİZİKÇİNİN ROLÜ:

Nitelikli medikal fizikçiler radyasyondan korunma konusunda eğitimlerini tamamlamış olmalıdır. Doz değerlendirmesi, radyoaktif malzeme kullanımı ve hastane ortamında maruziyetin değerlendirilmesi konusundaki deneyimleri sayesinde bu alanda uzman olarak katkıda bulunabilecektir. IAEA Güvenlik Standartları (IAEA Safety Series) Bölüm3, Radyasyondan Korunma ve Radyasyon Kaynaklarının Güvenliği: Uluslararası Temel Güvenlik Standartları [4] , nükleer veya radyolojik bir acil duruma hazırlık konusunda medikal fizikçilerin özel eğitime ihtiyacı olduğundan bahseder. Nükleer veya radyolojik bir acil durumda,medikal fizikçi atanan rolleri ve sorumlulukları izleyerek acil durum müdahale ekiplerine katılabilir. Uzmanlık düzeyine bağlı olarak, aşağıdaki bir veya birkaç rolü yerine getirmesi gerekecektir:

- a. Radyolojik değerlendirici: Medikal fizikçi radyasyon dozimetrisinde kalifiye bir uzman olarak değerlendirmeler yapmalıdır.
- b. Bilimsel ve teknik danışman: Medikal fizikçi genellikle radyasyondan korunma görevlisi olarak çalıştığından, nükleer veya radyolojik bir acil durumda tavsiyeler vermelidir.
- c. Radyasyondan korunma eğitmeni: Medikal fizikçi kendi klinik ortamında düzenli eğitim sağlamalıdır. Ayrıca, nükleer veya radyolojik acil durumlar konusunda özel olarak eğitilmiş olmalı, hastanelerinin içinde ve dışında eğitim verebilmelidir [5]. Acil durum sırasında ekipler için radyasyondan korunma hakkında hızlı

brifingler verebilmelidir.

Ayrıca klinik ortamda hızlandırıcılar veya X ışın tüpleri gibi radyasyon üreten cihazlarda ve iç ve dış ışınlamaya sebep olan radyoaktif maddelerden oluşabilecek kazalara müdahale etmeli,klinik dışında nükleer tesisler,depolama tesisleri ve radyofarmasötik üretim tesisi gibi bölgelerde de müdahale konusunda bilgi sahibi olmalıdır.

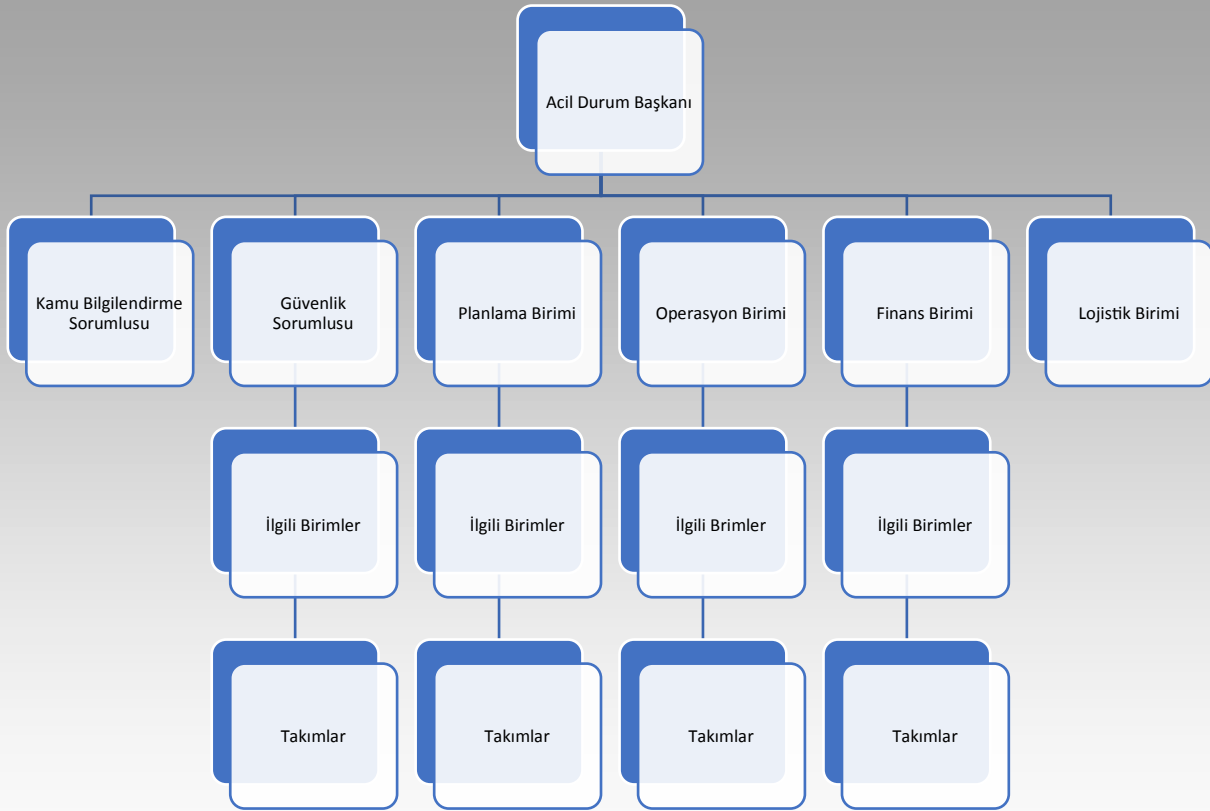
2.3 İŞ BİRLİĞİ ÇERÇEVESİNE GENEL BAKIŞ:

Radyasyon ölçümü ve doz değerlendirmesi gibi kendi uzmanlık alanlarındaki acil durumlara müdahale etmek için özel olarak eğitilmiş medikal fizikçiler, bu tür acil durumlar için ulusal plana göre bir nükleer veya radyolojik acil müdahale ekibine entegre edilirler.

Medikal fizikçi kaza anında özellikle triyaj ekiplerini ve dekontaminasyon eylemlerini destekleyen bir rol oynamalıdır. Nükleer veya radyolojik bir acil duruma müdahale yerel, bölgesel, ulusal ve uluslararası kuruluşların katılımını gerektirir. Acil durumlarda hastane yönetiminin yanı sıra diğer sağlık profesyonelleri ve teknik personel tarafından iyi anlaşılmalı ve desteklenmelidir. Medikal fizikçiden nükleer veya radyolojik acil durumlar hakkında bilgi vermesi ve hastanenin çeşitli bölümlerindeki tüm tıbbi personele - örneğin, acil tıp, cerrahi, hematoloji, anesteziyoloji - ve ayrıca destekleyici personele (örn. idari personel, güvenlik ve temizlik hizmetleri personeli) bilgi vermesi ve yönlendirmesi beklenir.

3. ACİL DURUM İLETİŞİM SİSTEMİ VE KOORDİNASYON:

Küçük bir acil durumda tüm çalışanların görevlendirilmesine gerek olmayacağı gibi iletişimin



Şekil 1: Acil Durum Koordinasyon şeması(9).

sağlanması ve tek bir noktada bildirimlerin toplanması konusunda medikal fizikçi farklı disiplinler arası koordinasyonu sağlar. Örneğin, bir nükleer santralin karıştığı bir kaza sırasında, halkı bilgilendirme grubu çevre bakanlığı, sağlık bakanlığı ve sivil korumanın yanı sıra düzenleyici otoriteden temsilciler içerebilir. Olay komuta sistemi ,tek bir bilgi ekibi olarak birlikte çalışarak, yanıt veren kuruluşlar arasındaki bilgi ve iletişim faaliyetlerini koordine etmeye yardımcı olur (Şekil 1).

Hastanenin nükleer veya radyolojik acil durumları için acil müdahale planı varsa, medikal fizikçilerin rolü ve acil durum kapsamında izlenecek adımlar belirtilmelidir. Eğer acil durum planı yoksa medikal fizikçinin kime rapor vereceği ve kimlerden sorumlu olacağı açık olmalıdır.

Nükleer veya radyolojik acil durumlara etkili bir tıbbi müdahale için, eylem dizisinin acil durumun potansiyel sonuçlarıyla uyumlu olması gerekir [6]. Bu

nedenle, hazırlık aşamasında yanıt verilebilecek potansiyel risklerin ve yanıt verme kapasitelerinin belirlenmesi esastır. Hastanede yetkili medikal fizikçi tarafından günlük olarak gerçekleştirilen faaliyetlerden bazıları nükleer veya radyolojik acil durumlara müdahale sırasında önemli olabilir. Bu faaliyetler şunları içerir:

- Doz değerlendirme
- Hastane ortamında radyasyon dedektörü kullanılarak yapılan radyolojik araştırmalar
- Kontaminasyon ölçümleri (özellikle nükleer tıp medikal fizikçileri)
- Diğer personelin radyasyon korunması eğitimleri

Ancak medikal fizikçinin ana görevi, hastane düzeyinde tıbbi müdahale ve radyasyondan korunma faaliyetlerini düzenlemek olacaktır.

4.EĞİTİM:

Başarılı bir acil durum müdahalesi, hazırlık aşamasında başarılı bir ekip eğitime bağlıdır. Tıbbi müdahaleyi desteklemekten sorumlu medikal fizikçi, müdahaleyi desteklemek için yeterli kaynaklara sahip eğitilmiş bir ekibe ihtiyaç duyar. Tatbikatlarda alınan eğitimin yanı sıra, katılımcıların herhangi bir acil durumda beklenen belirli tehlikeler hakkında ek eğitime ihtiyaçları olacaktır. Medikal fizikçinin becerileri, uygun bir sistem kurmak ve planlama etkinliğini sürdürmek için gereklidir. Eğitim radyasyondan korunma kavramlarıyla sınırlı kalmamalıdır. Rutin tatbikatlar yoluyla ekiplere koruyucu ekipmanların ne zaman ve nasıl kullanılacağı (gerekirse nasıl dekontamine edileceği ve temizleneceği) konusunda da eğitim verilmelidir(7). Ayrıca, hatalı ekipmanı ve ekipmanın kullanımından kaynaklanabilecek tehlikeleri de tanımak zorunda kalacaklardır [7]. Eğitim, radyasyon ölçüm cihazlarının doğru kullanımını ve ekipmanın planlandığı gibi yanıt vermesini nasıl sağlayacağını anlatılmasını da içermelidir.

4.1. IŞINLAMA KRİTERLERİ:

Nükleer veya radyolojik bir acil durum için koruma stratejisinin gerekçelendirilmesi ve optimizasyonunun sonuçlandırılması esas olacaktır. Bu şekilde; alınan ve öngörülen doz , doz cinsinden ifade edilen sonuçlar ile koruyucu ve diğer müdahale ekipmanlarının tehlike durum planında hayata geçirilmesi için genel kriterler dikkate alınarak ulusal genel kriterler geliştirilmelidir. [4]. Bu kriterler, iyonlaştırıcı radyasyona iç ve dış maruziyetlerden kaynaklanan durumlardan alınabilecek dozların tahminine dayanmaktadır:

a. Dış ışınlama: bir kişi vücudun dışındaki bir kaynaktan radyasyona maruz kaldığında

meydana gelir. Bir acil durumun hafifletilmesine dahil olan personel veya genel halk, ölümcül dozlar da dahil olmak üzere değişen seviyelerde harici dozlar alabilir. Dış maruziyet, tüm vücut için, kısmi veya bölgesel olabilir. Lokalize dış maruziyetin en sık görülen sonuçlarından biri, radyasyon çalışanının bir kaynağı yanlış kullanmasından veya kayıp veya çalınmış mühürlü bir kaynağa sahip olan genel halktan bir üyenin bacağında veya elinde lokal radyasyon yanığı oluşmasıdır (6).

b. İç ışınlama: Vücut içindeki bir radyasyon kaynağından radyasyona dahili maruziyet ise radyoaktif materyalin inhalasyon, yutma veya sağlam cilt ya da açık yaralar tarafından absorpsiyon (iç kontaminasyon) yoluyla meydana gelir. Radyonüklidlerin vücuda giren miktarı, in vitro ve in vivo biyoanaliz teknikleri ile belirlenebilir

Kişilerin dış kontaminasyonu, cildi, saç, tırnakları ve kıyafetleriyle radyoaktif maddeye temas ettiğinde meydana gelebilir. Kişilerin kontaminasyonu, radyoaktif madde (katı, sıvı veya gaz) çevreye salındığında ve bunlarla temas ettiğinde meydana gelebilir. İşçiler, müdahale personeli ve genel halk, böyle bir radyoaktif madde salınımının ardından harici veya dahili olarak kontamine olabilir. Gerçekçi olarak beklenen kontaminasyon örnekleri çok az akut tıbbi sonuçla sonuçlanmasına veya hiç olmamasına rağmen, beta radyonüklidlerle yüksek düzeyde harici kontaminasyon ciddi radyasyon yanıklarına yol açabilir. Yüksek düzeyde iç kontaminasyon, ölümcül bir doza ve kişinin ölümüne neden olabilir [6]. Uygun önlemleri almak için net kriterler oluşturulmalıdır.

IAEA genel kriterleri, koruyucu ve diğer müdahale önlemlerinin alınması gereken öngörülen dozlara veya alınan dozlara bölünebilen seviyelerdir.

4.2. MEDİKAL FİZİKÇİNİN SORUMLULUKLARI:

Acil durum müdahalesinin etkili bir şekilde uygulanabilmesi için; planlanması ve organize edilmesi gerekir. Personel eğitimi, kişisel koruyucu ekipman, kontaminasyon kontrol malzemeleri ve kalibre edilmiş radyasyon dedektörlerini dahil olmak üzere yeterli kaynaklar sorumluluğun en önemli adımlarıdır [6]. Medikal fizikçinin radyasyondan korunma ile ilgili sorumlulukları şunlardır:

- İç ve/veya dış ışınlama nedeniyle hasta dozunu değerlendirin ve hastaların klinik bakımı hakkında tavsiyelerde bulunun.
- Bir nükleer veya radyolojik acil durumda radyasyona maruz kalmayı ve kontaminasyonun yayılmasını sınırlamanın temel taşı olarak hastaların ve çalışanların güvenliğini sağlayın.
- Hastalara bakım sağlarken minimum koruma düzeyi olarak evrensel standart önlemlerin kullanımını sağlayın.
- Mevcut radyoaktif kaynaklar göz önüne alındığında, hangi kişisel koruyucu önlemlerin alındığını değerlendirin.
- Uygun kontaminasyon kontrol önlemlerini uygulayın.
- Personelin radyasyon maruziyetini ölçün
- Personeli bilgilendirin ve ekip üyelerine sık sık güncellemeler sağlayın. İletişimden sorumlu ekiple koordineli olarak, hastalar, aileleri ve genel halkla gerekli ölçüde iletişim kurmaya yönelik mesajların hazırlanmasına yardımcı olun.

- Çalışan ekip üyelerinin sorun kaynaklarını yönetin
- Çalışanlara, kişisel koruyucu ekipmanların doğru kullanımının kontamine olmalarını önlediğini hatırlatın.
- Çalışanlara zaman, mesafe ve zırhlamanın radyasyona maruz kalmayı azaltacağını hatırlatın.
- Hamile olan /olma olasılığı olan çalışanları müdahale ile ilişkili riskler hakkında bilgilendirin ve personel dozunun hamile işçiler için limitleri aşması bekleniyorsa, onları müdahaleyi destekleyen ekipten hariç tutun.
- Müdahaleye katılırken çalışanlara yemek yememeleri veya içmemeleri gerektiğini hatırlatın.
- Çalışanlara elektronik kişisel dozimetreleri izleme zorunluluklarını anlatın

4.3. RADYASYONDAN KORUNMA VE RADYASYON DEDEKSİYONU:

Medikal fizikçiler, nükleer veya radyolojik acil durum sırasında müdahalelerinden önce hastane personeline bilgi sağlamaktan sorumludur. Radyasyon güvenliği brifinginde çalışanlara hatırlatılması gereken kilit noktalar şunlardır:

- Tıbbi acil bakım sağlamak en önemli faaliyettir. Yaşamı tehdit eden koşullara sahip bir hastanın stabilizasyonu, kontaminasyon varlığından dolayı ertelenmemelidir.
- Kişisel koruyucu ekipmanın doğru kullanımı, kontamine olmalarını önleyebilir.

- c. Zaman, mesafe ve zırhlama radyasyondan korunmada çok önemlidir.
- d. Müdahaleye katılırken çalışanlara yemek yememeleri veya içmemeleri gerektiğini hatırlatılır
- e. Çalışanlara elektronik kişisel dozimetreleri izleme zorunluluklarını anlatılır.

4.4. KİŞİSEL KORUYUCU EKİPMANLAR VE RADYASYON ÖLÇÜM KAYNAKLARI

Kaynakların mevcudiyetine bağlı olarak, her tesis ve hastane, Tablo 1 ve 2’te açıklandığı gibi standart bir koruyucu ekipman envanterine sahip olmalıdır. Kullanılan ekipmanın miktarı, acil durumun türüne ve ölçeğine bağlıdır. Radyasyon ölçüm kaynakları arasında koruyucu ekipman, kontaminasyon kontrol malzemeleri ve operasyonel, kalibre edilmiş ölçüm sayaçları (Şekil 2) yer alır. Ekipmanın çalışır durumda olmasını ve gerektiğinde kullanıma hazır olmasını sağlamak için bu ekipmanın saklanması, envanterinin çıkarılması ve periyodik olarak kalibrasyonlarının yapılması gerekir.

Tablo 1: Yerel kaynaklara bağlı olarak hazır olması gereken envanterler(6)

Koruyucu giysi	Miktar
Koruyucu giysiler (tulum, önlük)	20 adet büyük 20 adet ekstra büyük beden
Eldiven(tek kullanımlık)	100 çift ,değişik ölçülerde
Ameliyathane başlığı,bone	20 adet
Maske partikül için (tek kullanımlık)	50 adet
Ayakkabı kılıfı	100 çift
Yapıştırıcı bant	6 adet
Yüz koruyucu	6 adet

Tablo:2. Radyasyon dedeksiyon ve ölçüm aletleri

Cihaz	Miktar (adet)
Elektronik dozimetre	4
Çevresel dozimetre ölçen cihazlar (TLD,OSL)	20
Survey Metre ,GM	2
Kontaminasyon ölçüm cihazı	2
Hasta kontaminasyonu izlemek için	20
Pil	10



Şekil 2: Acil durum kullanımı için hazırlanmış radyasyon ölçüm cihazları. Soldan sağa: sintilasyon probu; alfa parçacık yüzey kontaminasyon dedektörü; Geiger-Müller ddektörü, iyonizasyon odası.

4.5 PROSEDÜRLER:

4.5.1. Koruyucu giysi giyme prosedürü:

Aşağıda koruyucu giysi giyme prosedür adımları açıklanmıştır (6):

1. Evrensel önlemleri kullanın. Koruyucu giysiler giyin (ameliyat giysisi, önlük, maske, şapka, göz koruması ve eldivenler dahil cerrahi giysiler).
2. Ayakkabı için koruyucu kılıf takın.
3. Dozimetre takın
4. Pantolon giyin. Pantolonları ayakkabı kılıflarına bantlayın.

5. Ameliyat önlüğü giyin.
6. Cerrahi başlık ve yüz maskesi takın.
7. İç eldivenleri giyin. Eldivenleri elbise kollarına bantla kapatın. Eldivenler koluğun altında olacaktır.
8. Yüz siperliği takın.

Koruyucu giysi, alfa parçacıklarını ve bazı beta parçacıklarını durdurmada etkilidir ancak gama ışınlarını durdurmada etkili değildir. Kurşun önlükler, yanlış bir güvenlik hissi verdikleri için önerilmez. Dekontaminasyon için sıvı kullanan ekibin herhangi bir üyesi su geçirmez bir önlük giymelidir. Ayakkabı kılıfları da su geçirmez olmalıdır. Tüm açık dikiş yerlerini ve manşetleri bantlamak için yapışkan bant kullanın. Elektronik Kişisel Dozimetreler, kolayca çıkarılıp okunabilecekleri boyundaki cerrahi önlüğün dışına yapıştırılacaktır. Varsa, cerrahi önlüğün altına bir film rozeti veya başka bir tür dozimetre takılabilir.

4.5.2. Personel Doz İzleme Prosedürü:

Personel Doz İzleme Prosedürü:

1. Kullanılan kişisel elektronik dozimetre varsa TLD,OSL kayıt edilmelidir.
2. TLD'ler, koruyucu giysinin altına vücudun merkezine yakın bir yerde takılı olmalıdır.
3. Survey meter cihazlarının kontaminasyonunu engellemek için kılıf takılmalı
4. Çapraz bulaşmayı önlemek için ekip üyelerinin ellerini periyodik olarak izlenmelidir.
5. Çalışma alanında sık sık araştırma yapın.
6. Tehlike alanından ayrılmadan önce çalışanları araştırın ve sonuçlarını kaydedin.

7. Koruyucu giysilerin güvenli bir şekilde çıkarılması için yardım edin ve çalışanın kontaminasyon durumunu survey meter ile tespit edin.
8. Büyük ölçekli bir müdahale durumunda ameliyathaneden veya diğer hastane tesislerinden ek kaynaklar alınabilir.

5. MEDİKAL FİZİKÇİNİN ROL VE SORUMLULUKLARI :

Bu kısmı iki başlıkta inceleyebiliriz:

5.1. Acil durum sırasındaki sorumluluklar: Medikal fizikçi acil durum sorumlusu emrinde çalışır. Nükleer veya radyolojik bir acil durumun meydana geldiğinin bildirilmesi üzerine hastalar hastaneye gelmeye başlayabilir. Medikal fizikçi, hastane acil müdahale planının uygulanmasına yardımcı olur ve tesisin korunmasını sağlar. Ayrıca radyasyondan korunma ve kontamine hastaların tedavisi sırasında neler olabileceği konusunda ekibe briefing verir. Acil durum sırasında ve sonrasında hastanenin radyolojik olmayan acil durum operasyonlarında minimum kesinti ile kontamine olmuş hastaları almak ve hızlı bir şekilde tedavi etmek için uygun fiziksel düzenlemelerin yapılmasını sağlar.

5.2A cil durum sonrasındaki sorumluluklar:

Medikal fizikçi hastane alanlarının radyolojik acil durumda incelenmesine ve gerekirse bu alanların dekontaminasyonuna öncülük etmelidir. Ayrıca, hastanede depolanan radyoaktif atıkları bertaraf etmek için ilgili ulusal veya yerel yetkililerle birlikte çalışmalı ve tesis normal ve rutin işlemlere dönmeden önce hastane yönetimine ve hastane personeline bilgi vermelidir.

6. ALANLARIN ACİL DURUMA HAZIRLANMASI VE KORUNMASI:

Hastanenin veya kontamine bireyleri almak için belirlenmiş alanların kabul alanlarının hazırlanması ve korunması medikal fizikçi tarafından organize edilmelidir..Bu faaliyetlerin amaçları şunlardır:

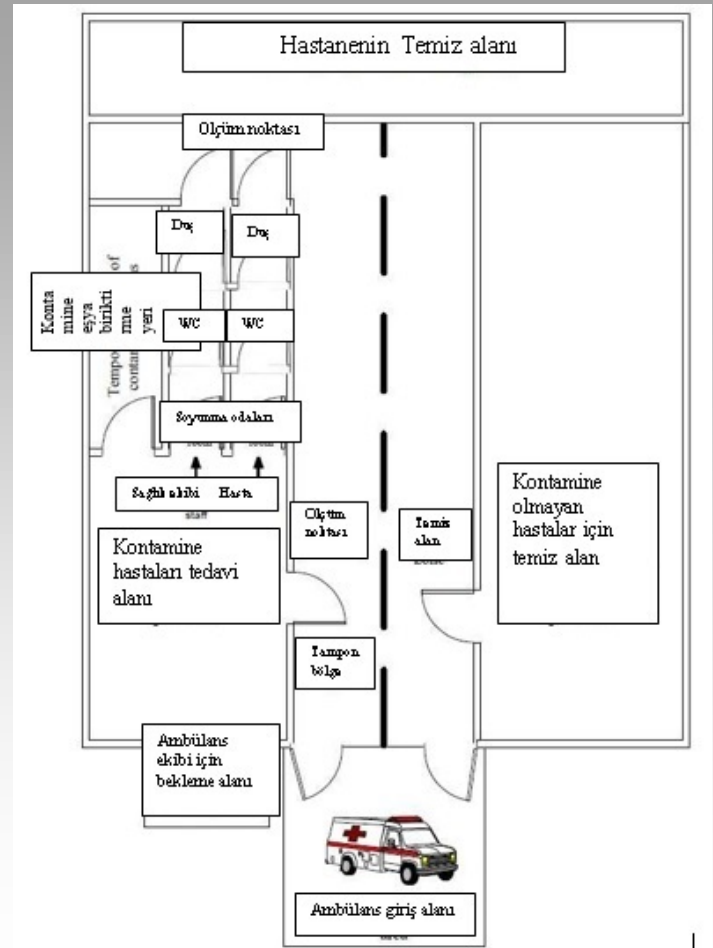
- Nükleer ve radyolojik olaya maruz kalan ve/veya potansiyel olarak kontamine olmuş kişileri güvenli ve acil durumla ilgili olmayan temiz alanlara alınmasını sağlamak
- Kontamine olmuş atıkların etkin yönetiminin yanı sıra radyasyona maruz kalan personelin ve/veya hastaların güvenli ve etkili bir şekilde yönetilmesini sağlamak
- Acil durum sona erdikten hemen sonra hastaneyi veya tesisi normal koşullara döndürmek.

Hastanede nükleer ve radyolojik acil durum sırasında, hastane içinde acil durum için ayrılan birime kontamine hastaların getirilmeden önce hazırlanmış hali Şekil 3 'de gösterilmiştir.

6.1. EKİPMAN VE MALZEMELER:

Nükleer veya radyolojik bir acil duruma müdahale etmek için aşağıdaki ekipman ve malzemeler gereklidir (8).

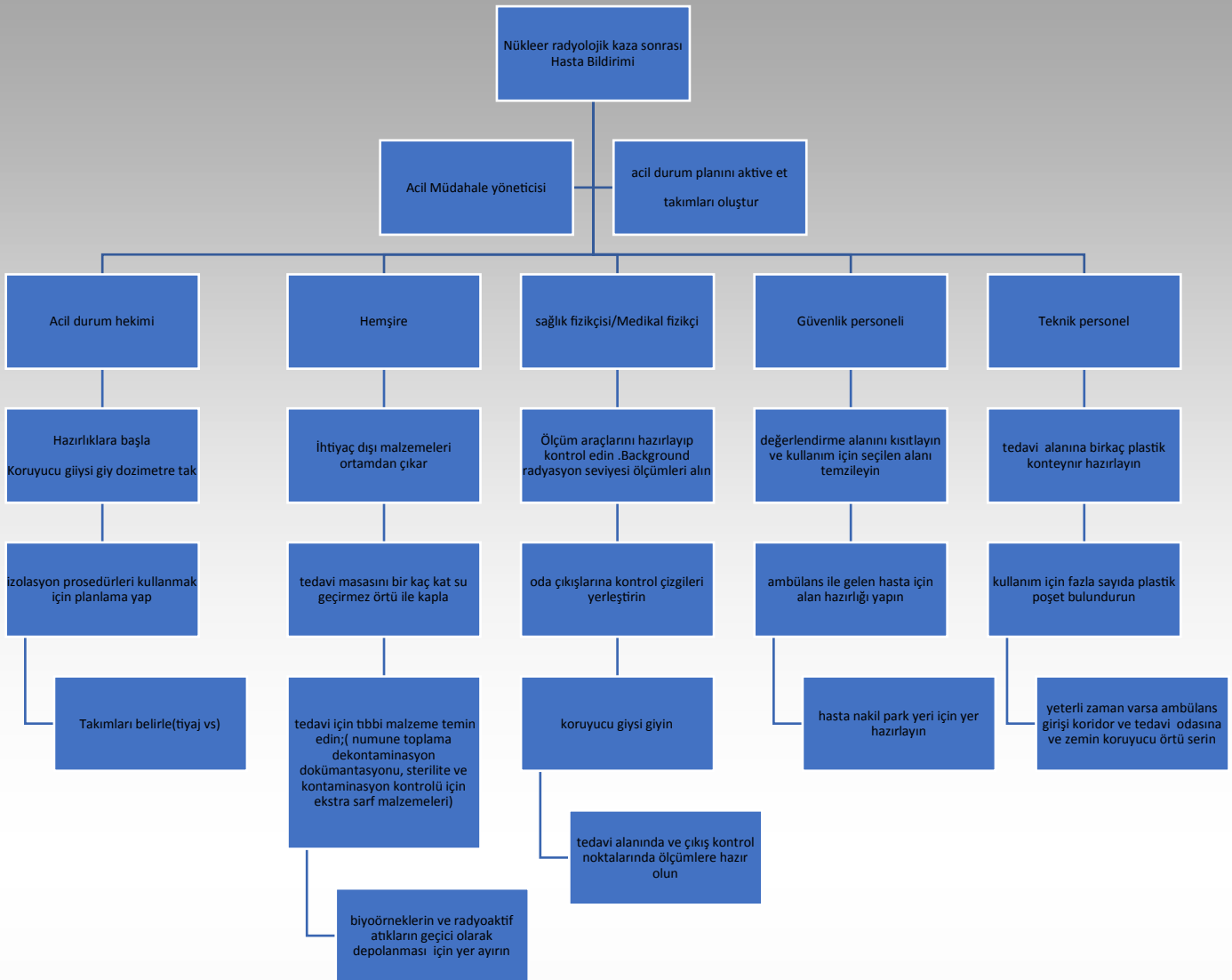
- Hastaları ve ambulanslar dahil hastane tesis alanlarının ve ekipmanın doz ölçümünü yapmak için radyasyon dedektörleri
- Kişisel elektronik dozimetreler
- Zeminleri ve gereksiz ekipmanları kaplamak için plastik kağıt ve poşetler
- Zemin kaplamasını sabitlemek için bant



Şekil 3. Nükleer veya radyolojik acil durumda hastane için ilk müdahale alan örnek şeması

- Zemini işaretlemek için bant
- Kontrollü alanları net bir şekilde işaretlemek için halat veya uyarı işaretleri
- Çöpler için büyük poşetler, büyük çöp konteynırları
- Kontamine kıyafet ve atıklar için plastik çöp çantaları
- Hasta kontaminasyonunu/değerlendirmek için hazırlanmış çizelgeler.

7. ACİL DURUM MÜDAHALE ADIMLARI:



Şekil 4. Hastane acil servis müdahale ekibi tarafından kontaminasyon kontrolüne yönelik hazırlıkları gösteren şematik diyagram (6)

7.1 ALANLARIN RADYOLOJİK KONTROLÜ:

Kontrol adımları Şekil 3 ve Şekil 4 takip edilerek aşağıdaki içeriklerle düzenlenir.(6,8)

- Acil durum görevlileri, 'endişeli' kişileri, yani kazadan etkilenmiş ancak yaralanmamış olanları, izleme ve güvence için acil durum koordinatörü tarafından oluşturulan ikincil konuma (kabul)merkezine yönlendirmelidir.
- Nükleer veya radyolojik acil durumlara tıbbi müdahale için hastane planına göre yaralıları almak için bir ambulans kabul alanı ve tedavi alanı hazırlayın ve belirleyin.

- Her hastane kendi bireysel durumunu ve ilgili tesis tasarımını dikkate almalıdır.
- Yaklaşık 1 m genişliğinde plastik örtü rulolarını kullanarak ambulans girişinden hastane girişine kadar bir yol yapın. Zemini örtün.
- Yetkisiz girişi önlemek için ipi çekin ve rotayı işaretleyin.
- Nükleer veya radyolojik acil duruma dahil olmayan bireylerin veya hastaların trafiğini uygun şekilde yeniden yönlendirin, örneğin diğer tıbbi acil durumları başka bir hastanenin girişine yönlendirin.

- g. Eğer mümkünse dışarıdan bir girişin yakınında kontrollü bir tedavi alanı seçin.
- h. Kontrollü tedavi alanına erişimi kısıtlayın.
- i. Ek güvenlik için bir tampon bölge veya ikincil kontrol hattı belirleyin.
- j. Kontrollü alandan çıkan herhangi birini veya herhangi bir eşyayı ölçün.
- k. Birkaç büyük plastik atık konteyneri, çeşitli boyutlarda plastik torbalar, kişisel eşyalar için etiketler, uyarı etiketleri ve işaretleri hazırlayın.
- l. Önceden belirlenmişse, tedavi alanının dekontaminasyon odasını hazırlayın. Eğer belirlenmemişse, tedavi alanının girişine yakın bir dekontaminasyon odası belirleyin.
- m. Dekontaminasyon odasının girişinde bir kontrol hattı oluşturun. Kontrol edilen tarafı (kontamine) kontrol edilmeyen taraftan (kontamine olmayan) ayırt etmek için odanın girişindeki zemini net bir şekilde işaretlemek için geniş şerit bant kullanın.
- n. Hastalar geldiğinde;

-Hastaları kurulan ambulans kabul alanında karşılayın ve acil tıbbi müdahaleye ihtiyaç duymadıkça kontaminasyon tarama alanına yönlendirin;

-Ambulans personelinin kurtarıcı müdahale eylemleri için hemen olay yerine dönmesi gerekmedikçe, ambulans personeli incelenecek ve (gerekirse) dekontamine edilecektir.

-Çok sayıda hasta taşınacaksa ambulansın kontaminasyon açısından araştırılması hasta

taşıma işlemi sonuna kadar ertelenmelidir;

- o. Kontaminasyonun yayılmasını kontrol edin:
- p. Muhtemel kontaminasyon için personeli periyodik olarak inceleyin;
- q. Personelle kontaminasyon için uygun şekilde ölçüm yapıldığından emin olun ve gerektiğinde kontamine alandan çıkmadan önce onları dekontamine edin;
- r. Kontamine alandan çıkarmadan önce tıbbi ekipmandan ölçüm alın.

7.2. ATIK YÖNETİMİ:

1. Potansiyel olarak kontamine olmuş giysi gibi eşyaların saklanabileceği bir atık depolama alanı oluşturun. Tercihen, bu alan içeride olacak ve örneğin rüzgar veya yağmurdan etkilenmeyecek şekilde olacaktır.
2. Erişimi kontrol etmek ve yanlışlıkla imha edilmesini ve/veya normal atıklarla karışmasını önlemek için atık depolama alanına uyarı işaretleri koyun.
3. Aşağıdakileri plastik torbalarda toplayın, uygun şekilde etiketleyin ve belirlenmiş güvenli atık depolama alanına götürün:

.Potansiyel olarak kontamine hastalardan veya personelden toplanan giysiler;

.Kontaminasyon alanından gelen atıklar (eldivenler, kağıt havlular, kullanılmış zemin kaplamaları.

.Hasta transferi için kullanılan çarşaf, battaniye ve tıbbi malzemeler.

4. Radyoaktif kirlenmenin yayılmasını en aza indirmek için diğer müdahale eylemleri

gecikmeyecek şekilde hızlı çalışılmalıdır.

5. Nükleer veya radyolojik acil atıkların hastaneden bertaraf edilmesi, radyoaktif atık yönetimine ilişkin yönetmeliklere uygun olmalıdır.

Tablo 3: Akut Doza Karşı Cilt Yaralanma Eşik Değerleri

Doz (Gy)	Etki	İşinlama'dan sonra geçen zaman **
3	Tüylerin dökülmesi	14-21 d
6	Etitem	21 dk sonrası, saatler sonra
10-15	Kuru deskuamasyon	2-3 hafta
15-25	Islak deskuamasyon	2-3 hafta
>25	Nekroz	Doza bağımlı

**Daha yüksek dozlarda belirtilerin/ semptomların başlama süresi kısalabilir.

Tablo 4: Akut Radyasyon Sendromu Eşik Değerleri (9)

Doz (Gy)	Sendrom	İşaret ve Semptom
0-1	NA	Genellikle asemptomatik, daha sonra lenfositlerde potansiyel hafif düşüş (1 Gy'ye yakın)
>1 Gy	Hematopoetik	Anoreksi, bulantı, kusma, granülositoz ve lenfositopeni
>6-8 Gy	Gastrointestinal	Şiddetli bulantı, kusma, ishal, pansitopeni
>20 Gy	Kardiyovasküler	İlk sette bulantı kusma

* Daha yüksek dozlarda belirtilerin/ semptomların başlama süresi kısalabilir.

TABLO 5: Radyasyona Maruz Kaldıktan Sonraki İlk İki Günde Mutlak Lenfosit Sayısı Ve Yaşam Prognozu (6)

Lenfosit sayısı	ARS seviyesi	Yaşam prognozu
700-1000	Orta	Kesin
400-700	Orta	Olası
100-400	Ciddi	Özel tedavi ile mümkün
<100	Çok ciddi	Problem

8. ERKEN DÖNEM DOZ TAHMİNİ VE DEKONTAMİ-NASYON

8.1. Dahili işinlanma için ilk doz tahmini:

Dahili radyasyon dozlarını belirlemek son derece karmaşık olabilir. Kişilerin radyonüklidlerle dahili olarak kontamine olabileceği beş potansiyel yol vardır. Bunlar: radyoaktif partiküllerin veya gazların solunması; radyoaktif toz ve/veya kontamine yiyecek veya suyun yutulması; yaralardan radyoaktif madde emilimi; deri yoluyla radyoaktif materyalin emilimi ve vücuda radyoaktif madde enjeksiyonu olarak sayılabilir. Radyonüklidlerle iç işinlanmanın aşamaları aşağıdaki gibidir:

- 1) Intake: Solunum veya yutma yoluyla veya deri ,yaralar yoluyla radyonüklidlerin vücuda alınması eylemi veya süreçleri. 'Giriş' kelimesi ayrıca belirli bir zaman periyodunda veya belirli bir olayın sonucu olarak vücuda dahil edilen radyonüklidlerin aktivitesini de belirtir.
- 2) Uptake: Sistemik dolaşıma giren bir miktarın ölçümü
- 3) Biriktirme. Radyonüklidlerin hücrelere, organlara veya dokulara bağlanması

Dahili dozlar,vücuda giren aktiviteden hesaplanır. Alım bilindikten sonra, çeşitli organlara verilen dozları hesaplamak veya kararlı bir etkili dozu hesaplamak için biyokinetik modeller kullanılır (10). Bununla birlikte, inhalasyon veya yaralardan alınan alımlar için erken dozun tahmini oldukça kolay bir şekilde gerçekleştirilebilir. Burun sürüntüleri, alımdan sonraki ilk saat içinde alınırsa, alımın kabaca %10'unu temsil eder.(11) Dahili kontaminasyon değerlendirmesinin amacı, radyoaktif maddenin vücuda dahil olan değerini ölçmek ve etkin dozu, doz sınırlarına uygunluğu göstermek için eşdeğer dozu tahmin etmektir.(12) Yaralar, radyasyon kontaminasyonunda iç ışınlama için bir başka önemli giriş yoludur. Radyasyon Acil Yardım Merkezi(REAC), çeşitli radyonüklidler için türetilmiş referans seviyelerinin tablolaştırıldığı Kontamine Yaralar Yoluyla Radyonüklid Alımı için Doz Katsayılarını yayınladı(13-14) Amerika Birleşik Devletleri Hastalık Kontrol ve Önleme Merkezleri bir dizi el tipi cihazla alınan harici ölçümlere dayalı olarak dahili dozların değerlendirilmesine yardımcı olacak bir çevrimiçi araç geliştirmiştir [15]. Bu yöntemlerin kullanım örnekleri de dahil olmak üzere erken doz büyüklüğü tahmini yapılabilmektedir(9,16-17).

8.2. Dekontaminasyon:

Hasta tıbbi olarak stabil hale geldiğinde, harici dekontaminasyon bir öncelik sırasına göre yapılmalıdır. İlk öncelik açık yaraları dekontamine etmektir. İkinci öncelik, yüzdeki deliklere müdahale etmek ve ardından sağlam derinin dekontaminasyonudur. Arındırılan malzemenin daha önce dekontamine edilmiş alanlara transfer edilmemesini sağlamak oldukça önemlidir. Dekontaminasyon

prosedürlerine başlamadan önce hastanın tıbbi açıdan stabil olduğundan emin olunmalıdır. Hasta, sağlık kuruluşuna girişte yüzeysel olarak muayene edilmelidir. Bu ilk basit ölçüm, personeli kontaminasyonun varlığı veya yokluğu ve mevcudiyeti durumunda genel konumu ve büyüklüğü hakkında bilgilendirecektir. Örneğin solunum bölgesinde veya üst göğüste kontaminasyon, inhalasyon alımı potansiyelini gösterebilir. Hasta giysileri çıkarıldıktan sonra, kontaminasyon alanlarını belirlemek için ayrıntılı bir inceleme yapılmalıdır. Kontamine giysilerin çıkarılması sırasında hasta kontaminasyon transferinden korunacaktır. Çıkarılan giysiler, bulaş olan radyoizotopu belirlemek için saklanmalıdır. Potansiyel dahili doz sorunlarının varlığını veya yokluğunu doğrulamak için biyoanaliz için dışkı örnekleri toplanmalıdır. Genellikle en kolay dekontaminasyon tekniği en iyisidir. Radyolojik kontaminasyonu, malzeme içinde serpiştirilmiş bazı radyoaktif atomlara sahip rutin kir, yağ, gres vb. ile eşdeğer olarak düşünmek genellikle uygundur. Ilık su ve sabun, bozulmamış cilt için mükemmel dekontaminasyon maddeleridir. Sağlam cildi dekontamine ederken, cilt yüzeyini aşındırmaktan ve böylece potansiyel bir alım yolu oluşturmaktan kaçınmak için özen gösterilmelidir. Yara dekontaminasyonu tipik olarak, etkilenen bölgenin steril bir salin solüsyonu ile sulanmasıyla gerçekleştirilir. Yaranın etrafındaki alan yüzeysel olarak dekontamine edilmeli, yaranın etrafına su geçirmez örtüler yerleştirilmeli ve akıntı bir toplama kabına yönlendirilmelidir(Şekil 5.).



Şekil 5. Personel ve hastanın yara dekontaminasyon prosedürü ve pansuman

9. DOZ DEĞERLENDİRMESİ VE HASTA TAKİBİNDE TIBBİ FİZİKÇİLERİN ROLÜ:

Medikal fizikçiler, erken doz büyüklüğü tahminlerine yardımcı olmak için mevcut bilgileri kullanmalı ve acil durumlarda radyasyona maruz kalan bireylerin kesin doz değerlendirmesini tespit edebilmelidir. Ayrıca acil durumun erken evrelerinde bireylerden ilgili bilgilerin alınmasına yardımcı olabilir, böylece bilgiler sonraki doz değerlendirmelerinde kullanılabilir. Uygun eğitime sahip olan medikal fizikçi yerel veya ulusal sağlık yetkililerine halk için doz değerlendirmesi yapma konusunda ve uzun süreli tıbbi takip için maruz kalan bireyleri belirlemede yardımcı olabilir. Nükleer veya radyolojik acil durumlara dahil olan hastalar için kesin doz değerlendirmesi, erken doz tahminlerini hassaslaştırır ve hastanın tıbbi yönetimine rehberlik etmeye yardımcı olacak daha eksiksiz bilgiler sağlar. Hastalar için harici ve dahili dozları değerlendirmek için bir dizi metodoloji kullanılabilir ve bunlar bunların mevcudiyetine ve maruz kalma durumuna uygunluğuna bağlıdır. Örneğin, sitogenetik biyodozimetri, tüm vücut ışınlanması durumlarında harici dozları değerlendirmek için altın standarttır. Dahili dozlar için, dışkının (belirli bir radyonüklid için

uygun olan idrar veya dışkı) biyo-tahlil analizi ve/veya muhtemelen tüm vücut sayımı da doz değerlendirme-leri hakkında güvenilir bilgiler sağlayabilir.

Herhangi bir acil durumda iletişim çok önemlidir. Açık ve doğru, zamanında ve yinelenen mesajlar, bir kriz sırasında müdahalenin etkinliğini artıracaktır. Nüfusun kriz öncesi hazırlıklı olması ve eğitiminin müdahale döneminde iletişim için iyi bir temel oluşturduğunu belirtmek de önemlidir. Medikal fizikçilerin, ilgili bilgilerin zamanında yayılmasına katkıda bulunabilmeleri ve nükleer veya radyolojik acil durumlarda yer alan bireylerin ve profesyonellerin yönetilmesine müdahale ekibiyle birlikte katkıda bulunabilmeleri için iletişim becerilerini geliştirmelerine ihtiyaç vardır. Aşağıda eylemlerin kısa bir özeti yer almaktadır. Bununla birlikte, iletişim ekipleriyle işbirliği yapmak için bu alanda daha fazla eğitim gereklidir.

- Nükleer veya radyolojik bir acil durumun insanlar ve çevre üzerindeki etkilerini azaltmak;
- İlgili kişilerle iletişimin, kriz durumlarıyla ilgili uygun aciliyet düzeyini içeren mesajlardan oluşmasını sağlamak. Arzu edilen sonuç, nükleer veya radyolojik acil durumlarda zorlu kısıtlamaların olası varlığını dikkate alarak, halka ve profesyonellere mümkün olan en iyi kararı vermelerine yardımcı olacak bilgileri sağlamaktır;
- İletişimin, tüm bireylere belirli bir anda ihtiyaç duydukları ilgili bilgileri sağlarken psikolojik etkilerin hafifletilmesine yardımcı olmasını sağlamak.

Medikal fizikçi, her bir organizasyonun iletişim stratejisine uygun olarak 'konu uzmanı' olarak teknik girdi sağlayan daha büyük bir mekanizmanın parçası

olarak hareket eder. Aynı zamanda iletişimden sorumlu profesyonellerle temas halindedir. Medikal fizikçi; kriz iletişim rolünden tek başına sorumlu olmaz ancak, diğer profesyonellere veya yetkililere yönelik mesajların geliştirilmesi, ayarlanmasında işbirliği yaparak önemli bir rol oynar. Her durumda, medikal fizikçinin herhangi bir acil duruma uygulanabilecek iletişimin temel unsurunu bilmesi önemlidir.

Nükleer veya radyolojik acil durumlara müdahale eden tıbbi fizikçiler, radyasyondan korunma ve olay yerinde çalışmaları sırasında ekipman ve araçlara ihtiyaç duyacaktır. Bu nedenle, herhangi bir hastanenin medikal fizikçiler için özel bir 'al ve git' kiti bulundurması esastır. Bu kitin çalışır durumda korunması gerekir. Kitin çalışır durumda olmasını sağlayan süreçler hastanede uygulanacaktır. Tablo 6 ve Tablo 7 al ve git kiti için önerilen temel içeriklerin bir listesidir. Beklenen yerel çalışma koşullarına bağlı olarak, kitin bu listede yer almayan öğeleri içermesi gerekebileceği unutulmamalıdır. İdeal olarak, ekip birden fazla kişiden oluşacaktır. Ancak, ürün listesinde verilen miktarlar bir kişi içindir ve ekipteki kişi sayısı ile çarpılmalıdır. Dedektörler ve dozimetreler kalibre edilmelidir. Gerektiğinde (piller, bireysel dozimetreler, vb.) rutin olarak değiştirilmesini sağlamak için bir mekanizmanın mevcut olması gerekir.

Hastanelerde çalışan medikal fizikçilerin doz planlaması , doz ölçümleri ve radyasyon dozimetrisi hakkında derinlemesine bilgi sahibi olmalarının yanı sıra , nükleer veya radyolojik acil durumlara dair deneyimsiz oldukları biliniyor. Spesifik bilgi ve becerilerin bu eksikliği, muhtemelen mevcut tıbbi fizik müfredatlarının çoğunun bu konuda belirli bir modül içermemesi gerçeğinden kaynaklanmaktadır.

Tablo 6. Nükleer veya radyolojik kaza durumunda kullanılacak dozimetre özellikleri

Dozimetre tipi	Özellik	Gerekli adet
Elektronik personel dozimetresi	Range: Doz aralığı 1 iSv-1 Sv Doz hızı aralığı :1 iSv/hr-1 Sv/hr Sesli görüntülü uyarı özelliği Taşıma kolaylığı Standart pil ile çalışan Hızlı cevap zamanı	2
Dozimetre için piller	Standart	16
Bireysel dozimetreler	TLD,OSL	1
Ayrıca cep tipi iyon odası gerekebilir		

Tablo 7. Nükleer veya radyolojik kaza durumunda kullanılacak dedektör özellikleri

Cihaz	Özellikler	Gerekli adet
Beta ve Gama radyasyon dedeksiyonu için survey meter	Range: Doz hızı 0.1 iSv-1 Sv/hr Sesli ve görüntülü uyarı özelliği Standart piller Taşıma kolaylığı Hızlı cevap zamanı	2
Kontaminasyon dedektörü	Geiger-Muller	2

Kaynaklar:

1. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Roles and Responsibilities, and Education and Training Requirements for Clinically Qualified Medical Physicists, IAEA Human Health Series No. 25, IAEA, Vienna (2013).
2. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Train the trainers workshop on medical physics support for nuclear or radiological emergencies, Atlanta, 2016.
3. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Pocket Guide for Medical Physicists Supporting Response to a Nuclear or Radiological Emergency, EPR-Pocket Guide for Medical Physicists 2020, IAEA, Vienna (2020).
4. European Commission, Food And Agriculture Organization Of The United Nations, International Atomic Energy Agency, International Labour Organization, Oecd Nuclear Energy Agency, Pan American Health Organization, United Nations Environment Programme, World Health Organization, Radiation Protection And Safety Of Radiation Sources: International Basic Safety Standards, IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 3, IAEA, Vienna (2014).
5. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Train the Trainers Workshop on Medical Physics Support for Nuclear or Radiological Emergencies (Proc. 1st Workshop Fukushima, 2015), IAEA, Vienna (2015), <https://humanhealth.iaea.org/HHW/MedicalPhysics/TrainingEvents/FukushimaJune2015/index.html>
6. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, WORLD HEALTH ORGANIZATION, Generic Procedures for Medical Response During a Nuclear or Radiological Emergency, EPR-Medical 2005, IAEA, Vienna (2005)
7. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Radiation Protection and the Management of Radioactive Waste in the Oil and Gas Industry, Safety Reports Series No. 34, IAEA, Vienna (2003).
8. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Training for Radiation Emergency Preparedness and Response, First Response to a Radiological Emergency — Training Materials, EPR-First Responders/T 2009, IAEA, Vienna (2009).
9. RADIATION EMERGENCY ASSISTANCE CENTER/ TRAINING SITE, Early Internal and External Dose Magnitude Estimation, REAC/TS, Oak Ridge, TN (2015).
10. DAINIAK, N., WASELENKO, J.K., ARMITAGE, J.O., MacVITTIE, T.J., FARESE, A.M., The Hematologist and Radiation Casualties, ASH Education Program, Washington, DC (2003) 473–496.
11. SUGARMAN, S.L., TOOHEY, R., GOANS, R., CHRISTENSEN, D., WILEY, A., Rapid internal dose magnitude estimation in emergency situations using annual limits on intake (ALI) comparisons, Health Phys. 98 (2010) 815–818.
12. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Medical Management of Persons Internally Contaminated with Radionuclides in a Nuclear or Radiological Emergency, EPR-Internal Contamination-2018, IAEA, Vienna (2018)

13. TOOHEY, R.E., BERTELLI, L., SUGARMAN, S.L., WILEY, A.L., CHRISTENSEN, D.M., Dose coefficients for intakes of radionuclides via contaminated wounds, Health Phys. 100 (2011) 508–514.
14. JOHNSON, T.E., BIRKY, B.K., SHLEIEN, B. (Eds), Health Physics and Radiological Health, 4th edn, Lippincott Williams and Wilkins, Baltimore (2012).
15. CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION, Use of Radiation Detection, Measuring, and Imaging Instruments to Assess Internal Contamination from Intakes of Radionuclides, CDC, Atlanta, GA (2014), <https://emergency.cdc.gov/radiation/clinicians/evaluation/>
16. RADIATION EMERGENCY ASSISTANCE CENTER/ TRAINING SITE, The Medical Aspects of Radiation Incidents, REAC/TS, Oak Ridge, TN (2013).
17. INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION., Compendium of Dose Coefficients Based on ICRP Publication 60, Publication 119, Elsevier, Oxford (2013).

yüksek lisansımı 2016 yılında da GATA sağlık bilimleri enstitüsünde doktora eğitimimi tamamladım. Halen SBÜ GEAH Nükleer tıp kliniğinde Medikal Fizik Uzmanı olarak görev yapıyorum. Evli ve bir kız annesiyim .



**Dr. Fizik Mühendisi
Tuğba Haciosmanoğlu**

1976 yılında Ankara’da doğdum Ankara üniversitesi fen fakültesi fizik mühendisliği bölümünden 1996 yılında mezun oldum. Aynı yıl

Aralık ayında GATA nükleer tıp kliniğinde fizik mühendisi olarak çalışmaya başladım.2005 yılında

RT SON GELİŞMELER

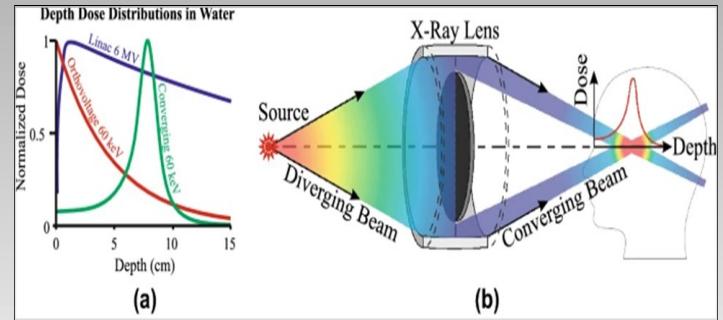
Med. Fiz. Uzm. Boran Güngör

Bu bölümün amacı, radyoterapi ve ilgili alanlardaki güncel gelişmeleri derleyerek kısaca özetlemek ve okuyucuların bilgi sahibi olmasını sağlamaktır. Bu bağlamda, firma veya üretici kaynaklı haberlere yer verilebilmektedir. Bu haberler kesinlikle reklam veya tavsiye amacı taşımamakla beraber, yalnızca bilgi vermek ve teknik bazlı paylaşım yapmak amaçlıdır.

Radyoterapi Demet Yakınsaması Yapılabilen Yeni X-Işın Lens Sistemi (Ekim 2021)

Yapılan çalışmada ([nature.com/scientificreports, https://doi.org/10.1038/s41598-021-98888-8](https://doi.org/10.1038/s41598-021-98888-8)), konvansiyonel foton tabanlı tedavilerden daha fazla konformalite sağlama potansiyeli olan hedeflendirilmiş radyasyon tedavisi sistemi olan yeni sistemin analizindeki gelişmeler tanımlandı. Sistemin konvansiyonel X-ışın tüpünden fokal spota doğru fotonları yansıtmak amaçlı X-ışın lensi kullandığı, elde edilen doz dağılımının yüksek lokalize pik dozu olduğu, elde edilen demetin yaklaşık monoenerjili (59 keV) ve konvansiyonel tedavi seviyesinden daha düşük enerji seviyesi olarak enerji bant genişliğinin yaklaşık 10 keV olduğu belirtildi (Şekil 1). Fokal Spot yaklaşık olarak 2.5mm uzunluk ve 4mm genişlik olarak ölçüldüğü ve sistemin robotik kol entegrasyonu ile milimetre altı fokal spot pozisyonlaması yapılarak yüksek konformal doz dağılımı ile hedef hacim içerisinde optimal yerleşim sağlanabileceği açıklandı. Elde edilen yakınsak demetin suda anlamlı penetrasyon derinliğinin yaklaşık 8 cm olduğu, sistemin derinliği az yerleşimli baş-boyun tümörleri

veya ikincil kanser riski sebebiyle pediatrik vakalar gibi durumlarda kullanılabileceği vurgulandı.

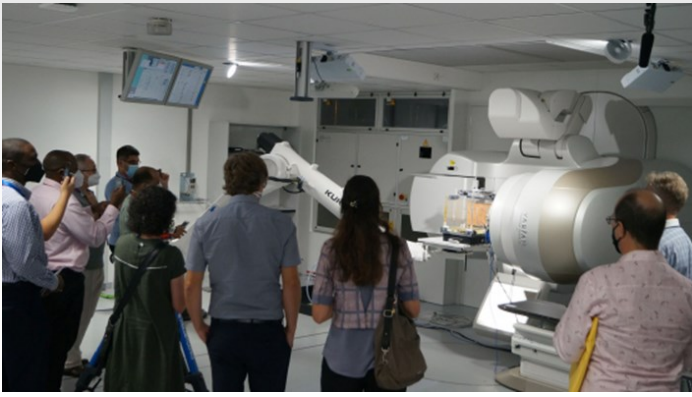


Şekil 1: (a)Dağılan 6MV foton demeti,60 keV ortogonal demet ve 8cm derinliğe odaklanan 60 keV yakınsayan demet göreceli doz dağılımı. (b)X-ışın lensinin dağılan demeti yakınsayan demete çevirerek hedef içinde lokalize doz pik üretilen sistemin konsept görseli.

Radyoterapide Kalite Kontrol Temini: Dozimetri Denetimi Odaklı IAEA Toplantısı(Ekim 2021)

Hastaneleri global kanser yükünü karşılayabilmek için desteklemek ve tarafsız dozimetri denetimlerine katılmak için teşvik etmek amaçlı IAEA ulusal ve uluslararası dozimetri denetimi açısından uzmanlar (DAN) için toplantı organize edildiği açıklanmıştır (Şekil 2). Klinik RT medikal fizikçileri, dozimetri uzmanları, radyasyon metrolojistleri, klinik deneme kalite kontrol grupları, uluslararası ve ulusal dozimetri denetim merkezleri ve dozimetri laboratuvarları gibi farklı disiplinlerden katılımcılar ile RT için dozimetri denetimlerindeki durum ve genel zorlukların tartışıldığı vurgulandı. IAEA ve Dünya Sağlık Örgütü işbirliğiyle yılda 300 civarı hastaneye dozimetri denetim hizmeti sunulduğu, IAEA Radyoterapi Merkezleri Direktörlüğü(DIRAC) verilerine göre dünyada 7600'den fazla RT merkezi olması ve klinik radyasyon demetlerinin düzenli olarak bağımsız

kontrollerinin önemli bir pratik olduğu açıklandı. Hızla gelişen RT altyapısına rağmen dünyadaki merkezlerin sadece üçte birinin düzenli olarak dış denetimlere katılım sağladığı açıklandı.Yapılan hibrit toplantının 36 ayrı ülkeden 56 uzman katılımıyla yapılan toplantının DAN'lar arasından daha fazla uyum ve işbirliği için düzenlendiği, teknik yönerge ihtiyacı, eğitim materyali ve raporlama gibi zorlukların belirlendiği, erişim ve uluslararası tanınırlık içeriklerinin düzenlenmesi tavsiyelerinin oluşturulduğu eklendi.



Şekil 2: Dosimetry Audit Networks (DAN) toplantı katılımcılarının Linak birimindeki incelemeleri.

Dünyada ilk Foton-Sayımlı BT Üretimi/Siemens (Kasım 2021)

Siemens tarafından dünyada ilk olarak foton-sayım teknolojisi kullanılarak BT üretildiği açıklandı.Bu teknoloji ile her bir X-ışın fotonunun ve enerji seviyesinin tespit edilerek, tek seferde toplu olarak foton sayılan ve toplam enerji ölçülen konvansiyonel BT'den daha fazla kullanılabilir veri içeren taramalar yapılabildiği belirtildi(Şekil 3). Hasta vücudundan geçen X-ışın fotonu bilgisini dönüştürülerek dedektör tarafından yakalanarak 3 boyutlu detaylı görüntülenecek şekilde dizayn edilen sistemde imajların klinik personel eğitimi, teşhis, tedavi hazırlık veya RT amaçlı kullanılabileceği vurgulandı. Nefes

tutma gereği olmadan yüksek hızlı tarama ve uzaysal veri ile yüksek çözünürlük imaj elde etme, düşük radyasyon dozu gibi özelliklere sahip sistemde 250 milisaniye dönme hızı ve 2 X-ışın tüpü/dedektörü (çifte kaynak) avantajlarının olduğu belirtildi. Şimdiye kadar 20 sistemin (NAEOTOM Alpha) kurulduğu ve klinik rutinde kullanıldığı, 8000'den fazla hasta taraması yapıldığı eklendi.

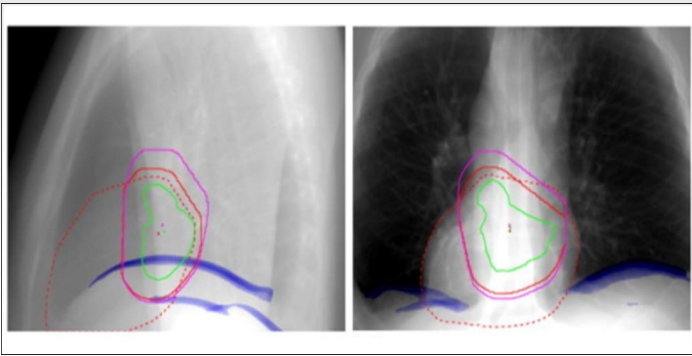


Şekil 3: Foton Sayım Teknolojisi yüksek çözünürlük görüntü örneği

Kalp Radyoablasyonu Hedefte Tutan X-ışın Rehberliği (Eylül 2021)

RT sırasında, hastalardaki düzensiz kalp atışı hesaba katılabilse de nefes alış ve veriş arasındaki uyumsuzluklar nedeniyle düzensiz kalp hareketi sonucu istenmeyen doz meydana gelebilmektedir. University of Sydney/Avustralya'dan araştırmacıların, düşük enerji X-ışını kullanarak gerçek zamanlı şekilde takip edilmesini sağlayan algoritma geliştirdiği, standart Linaklarda ekstra donanım kullanmadan kod eklemesiyle yapılabilmek kalbin istenen kısmı ışınlanarak sağlıklı dokuların korunabileceği açıklandı.

Kardiyak aritmi problemleri ve non-invaziv kardiyak radyoablasyon gibi tedavilerin yaygınlaşması motivasyonu ile yapıldığı açıklanan çalışmada (Physics in Medicine&Biology, <https://doi.org/10.1088/1361-6560/ac1834>), diafram-takip algoritmasının Linak tabanlı görüntüleme kabiliyeti ile birleştirildiği, 4D-CT görüntülerinin kullanılarak diafram hareketine bağlı olarak kalp hareketinin tespit edildiği, tedavi öncesi respirasyon modeli ile diafram, kalp ve kalp iç yapılarının da takip edildiği açıklandı (Şekil 4).



Şekil 4: Hareket Takip: Gerçek hedef (yeşil) ile örnek imaj projeksiyonlarının üst üste bindirilmesi, kaydırılmış PTV (kırmızı), kaydırılmamış PTV (pembe), kalp (kesik çizgili kırmızı) ve diafram (mavi)

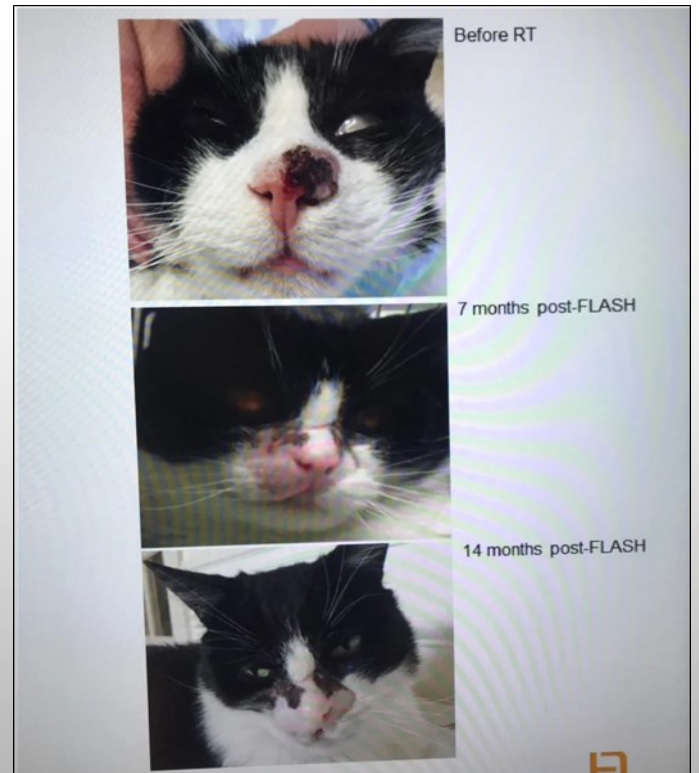
ASTRO 2021 Toplantısında RT için 7 Trend Konu (Aralık 2021)

ASTRO 2021 yıllık toplantısında expo bölgesindeki sunumlarda en çok ilgi gören ve tartışılan 7 konu aşağıda özetlenmiştir.

1. Radyasyon Onkolojisindeki En Büyük Teknoloji Gelişimi Flash Terapi

Günler ve haftalar seviyesinde fraksiyone tedavi yerine tüm dozu tek seferde ve çok hızlı şekilde verme sistemine dayanan Flash tekniği için ilginç olan, sağlıklı dokuların bu teknikte konvansiyonel fraksiyone tekniklere göre farklı cevap vermesidir. Yüksek dozların kanser hücreleri üzerindeki yıkıcı

etkileriyle beraber sağlıklı dokuların oldukça iyi şekilde iyileşme gösterdiği ve klinik çalışmalar ile güvenli ve etkili olduğu kanıtlanırsa RT de devrim olacağı öngörülmekte, çok daha fazla hasta alım kapasitesi anlamına gelmektedir. Eski ASTRO başkanı Anthony Zietman tarafından, fizik bilgisi ile beraber RT flash dozlarının normalden 100 kat fazla verilebildiği ve anlaşılmıyan nedenlerden dolayı, normal dokuların korunuyor gözükmemekte olduğu belirtilmiştir. Yüksek dozların neden sağlıklı dokulara zararlı olmadığı için mevcut teori oksijen-free radikallerin hızlı tüketimi ile ilgili olabileceği ve bunu anlamak için hayvan deneyleri devam etmekte (Şekil 5) ve biyolojik mekanizmalar için temel bilimsel araştırmalar devam etmektedir. FAST-01 (Semptomatik kemik metastazları için Flash RT uygulanabilirlik) çalışması ile ilk insan denemeleri olarak 10 hasta ile devam edilmektedir.



Şekil 5: Elektron demeti flash tedavisi ile klinik öncesi nazal kitle kedi çalışması. (4.5-6 MeV elektronlar, 300 Gy /saniye doz hızı ile 25-41 Gy tek fraksiyon).

2. Görüntü Kılavuzluğu RT Sistemleri

MRI kılavuzluğunda Linak sistemleri RT sırasında gerçek zamanlı MR görüntüleme imkanları sebebiyle son yıllarda popüler hale gelmiş ve Unity(Elekta) / MRIdian(Viewray) modelleri markette yer almaktadır. MRI avantajları sayesinde hedef kitlenin hareketinin takibi ve tedavi kalitesinin artırıldığı, MR-Linakların pankreas, beyin, prostat, Başboyun gibi bazı bölgelerde daha etkin kullanılabildiği belirtilmiştir. Fraksiyonların daha uzun sürmesi nedeniyle bu sistemlerin belirli kanser tipleri için tercih edilebildiği ve MR görüntülemenin fark yaratmayacak olduğu vakalarda konvansiyonel tedavilerin seçilebildiği vurgulanmıştır. Bu sistemler üzerindeki araştırmaların hızlandırılabilmesi için birçok merkezin klinik verilerinin paylaşılabilmesi konsorsiyumlar bulunduğu belirtilmiştir.

Diğer bir sistem olarak da Reflexion X1 adlı PET-biyolojik rehberlikli RT sisteminin ilgi çekici bulunduğu, Amerikada standart SRBT, IMRT ve SRS için FDA onayı alan sistemin PET radyo-takip dedektörleri ile metastaz görüntüleyebildiği ve herbirini gerçek-zamanlı adaptif RT ile ışınlatabildiği açıklanmıştır. Sistemin tek akciğer nodül veya tek prostat nodal metastazlarda da kullanılabileceği gibi çoklu metastazlar gibi farklı senaryolarda da kullanılabilir olduğu vurgulanmıştır. PET-hedefleme özelliğinin FDA araştırma aşamasında olduğu ve gelecekte onay alması sonrası metastatik tedavilerde hızın arttırılabileceği, oligometastatik ve polimetastatik hastalıklarda SRS/SBRT tedavilerinde önem teşkil ettiği eklenmiştir.

3. Proton Tedavi

Proton tekniği, giderek ucuzlaması ve "anahtar teslim" kurulum sayesinde günümüzde ana RT tekniklerinden

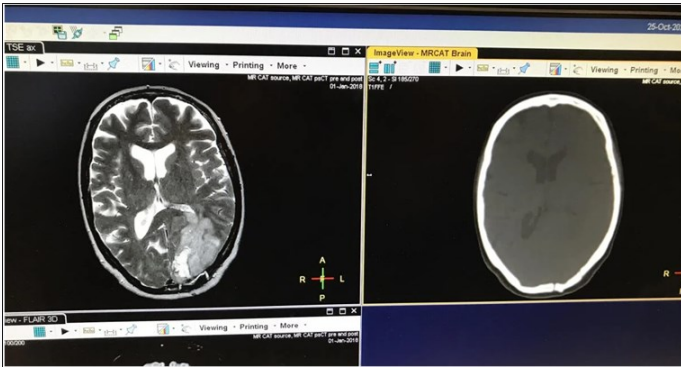
biri olarak kabul edilmekte ve giderek yaygınlaştığı düşünülmektedir. Özellikle yeni sistemlerin daha kompakt hale gelmesinin ilk sistemlere göre avantaj yarattığı ve ilgiyi arttırdığı belirtilmiştir. Yüksek doğruluk sağlanabilen proton sistemleri için daha fazla klinik veri toplanması gerekebileceği, prostat-akciğer-meme kanseri için önümüzdeki birkaç yılda baştan başa proton terapi ile en iyi foton terapiyi karşılaştıran randomize denemelerin görülebileceği ve tercihleri netleştirebileceği öngörülmüştür. Proton tedavisinin başka bir avantajının da hücre biyolojisi ile etkileşime girmesinin ve kanser hücre ölümünün foton tedavisine göre farklı bir şekilde olması olarak vurgulanmış, proton tekniğinin en güçlü şekilde kullanılabilmesi ve komplikasyonların engellenmesi için bu özelliklerin daha iyi anlaşılması gerektiği belirtilmiştir. Ayrıca, proton flash tedavisinin de sistemleri ekonomik olarak daha uygulanabilir hale getirebileceği eklenmiştir.

4. PSMA PET Kullanımının Prostat Kanseri Tedavisine Katkısı

Prostat kanserinde Prostat-spesifik membran antijen (PSMA) PET görüntülemenin kanserin nasıl tespit edildiği ve tedavisinde önemli gelişmeler sağlayabileceği konusu ilgili oturumlarda tartışılmıştır. Prostat hastalarında PSMA pozitif lezyonların PET görüntülenmesi için ilaç onayının FDA tarafında verildiği, bu sayede daha detaylı ve hassas hedefleme yapılabildiği açıklanmıştır. Ayrıca, farklı bir radyoizotop olan Lutetium ile rümör lokalizasyon yapılabileceği ve bu tekniğin prostat için yeni bir radyasyon sistemi olabileceği eklenmiştir.

5. MR'dan Sentetik CT Üretiminin Radyoterapi Maliyet Düşürmesi

ASTRO 2021'deki önemli gelişmelerden biri de MR veri setlerini tedavi planlama işleminde kullanmak için sentetik CT'ye dönüştüren yazılım olarak açıklanmıştır. Bu durumun tedavi planı için ayrı bir CT ihtiyacını ortadan kaldıracağı, süreci hızlandıracağı ve maliyetleri düşüreceği belirtilmiştir. MRI'dan CT gri skala Hounsfield birimine (HU) geçiş için dönüştürme algoritması kullanıldığı, HU ile farklı doku yoğunluklarının korelasyonu yapılarak RT için istenen radyasyon dozlarının ve ışın demeti rotalarının hesaplandığı vurgulanmıştır. Siemens ve Philips üreticilerinin bu teknolojiyi sunduğu eklenmiştir (Şekil 6).

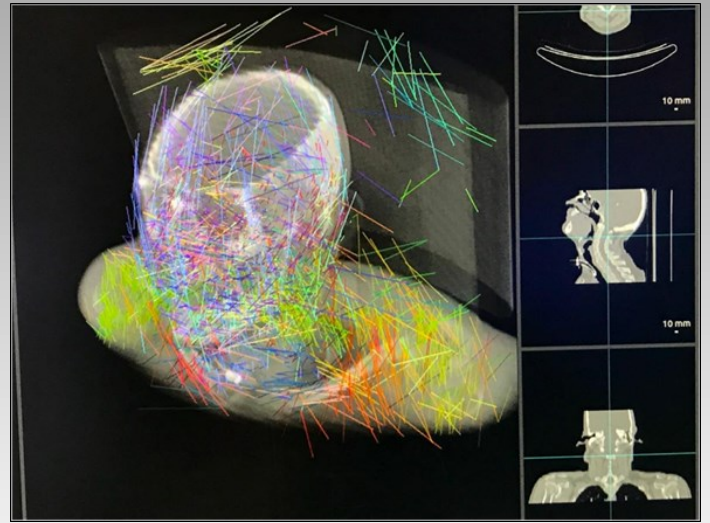


Şekil 6: Ekstra CT Gerekmezsizin MR setinden sentetik CT üretilmesi

6. Radyoterapi Yapay Zeka Kullanımı

RT planlama CT lerinde kontrol ve anatomik işaretleme, tedavi planlarının otomasyonu veya süreci hızlandırmak için alternatif plan üretimi, hasta tedavideyken hızlı şekilde adaptif plan üretme veya revize etme gibi zaman alan ve karmaşık süreçlerde kullanılan yapay zeka (AI) uygulamalarının birçok oturumda ilgi çektiği belirtilmiştir. AI uygulamalarının radyasyon onkolojisinin geleceği olarak

görülebileceği vurgulanmış fakat geçtiğimiz 12 ayda bunun gerçek olmaya başladığı iletilmiştir.



Şekil 7: AI otomatik füzyon registrasyon algoritması örneği. Çoklu CT taramalarını, tedavi planı ve kontrolmayı tek veri setine alabilmek için algoritmanın çalıştığı renkli çizgiler ile gösterim.

7. Radyoterapi Planlama Sistemlerinin Hızlandırılması ve Yapay Zeka Entegrasyonu

RT planlama sistemlerinde son yıllarda büyük sıçrama kaydedildiği ve akşamdan sabaha seviyesindeki plan sürelerinin dakikalar seviyesine gelmesiyle önemli derecede azaltıldığı belirtilmiştir. Yapay Zekanın (AI) burada da büyük rol oynamaya başladığı fakat hala birçok insan kontrolünde karar mekanizmalarının en iyi planı üretmek için gerekebildiği vurgulanmıştır. Yapay zekanın sadece girilen kullanıcı parametreleri kadar zeki olabildiği bu nedenle kullanıcıların sistemleri AI'nın nerede çalışıp nerede çalışmadığını anlamak için dikkatli kurmaları gerektiği açıklanmıştır. AI'nın işlemleri gözden geçirebilmek, hata tespiti veya tavsiye verebilmek için faydalı olabileceği fakat sonuçta plan kabulü için kullanıcı kararı gerektiği ve fakat AI'nın planlama işlemlerinin sıkıcı bölümleri için ciddi hızlanma yaratabileceği eklenmiştir.

Kaynaklar

- <https://www.nature.com/>
- <https://www.iaea.org/>
- <https://appliedradiology.com/>
- <https://physicsworld.com/c/radiotherapy/>
- <https://www.itnonline.com/>

ATA TÜRER ile SSDL ÜZERİNE...

Aşağıda uzun yıllar TAEK'unda hizmet veren Sn. Ata Türer'le Editör Grubu olarak bir söyleşimizi bulacaksınız. Ülkemizde Medikal Fizik hafızasını gündeme getirmenin, geçmişe uzanmanın çok önemli olduğuna inandığımızı burada belirtmek istiyoruz ve söyleşiyi zevkle okuyacağınızı umuyoruz.

Soru: Bize kendinizi tanıttırmısınız Ata Türer Kimdir?

A. Türer: 1965 yılında İstanbul Vefa lisesini bitirdikten sonra aynı yıl İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Fizik Lisans Bölümüne girdim ve 1970 yılında bitirdim. 1970 -1972 yılları arasında İstanbulda bazı lise ve dersanelerde Fizik ve Matematik öğretmenliği yaptım. 1972 yılı Ekim ayında o günkü adıyla Başbakanlığa bağlı Atom Enerjisi Komisyonu (AEK) Genel Sekreterliği Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi (ÇNAEM) Sağlık Fiziği Bölümü'nde göreve başladım ve 1 Ocak 2020 yılında emekli oldum.

Soru: Bize Sağlık Fiziği ve SSDL'deki çalışmalarınızdan bahsedermisiniz?

A. Türer: Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi adından da anlaşılacağı gibi bir araştırma ve Eğitim Merkezi idi. İşe başlayan kişilere yönelik 1 hafta genel radyasyon korunması kursları verilirdi. Genel olarak eğitimler, iş başında eğitim, seminerler ve kurslar şeklinde olurdu. Ayrıca Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (IAEA) ve American Association of Physics in Medicine (AAPM) ve International Commission on Radiation Units and Measurements

(ICRU)'dan temin edilen Radyasyon korunmasına yönelik video kasetler ile yapılırdı. Emekli olduğum tarihe kadar yılda en az bir kere bilgi tazeleme ve yeni bilgiler ile ilgili eğitimler verilirdi.

Göreve başladığım günden itibaren 1977 yılına kadar TR-1, 1983 yılından 1996 yılına kadar TR-2 araştırma reaktöründe Reaktör Sağlık Fizikçisi olarak, 1983 yılından emekli olduğum 2010 yılına kadar SSDL'de Laboratuvar sorumlusu, 2005 yılından sonra Birim Koordinatörü olarak çalıştım.

Ayrıca Sağlık Fiziği Bölümünde rutin olarak yapılmakta olan çevre radyoaktivite analizleri, Merkez içi ve Merkez dışı, özel, tüzel ve resmi kuruluşlara ait radyolojik tesislerin lisanslanmasına ilişkin radyasyon kontrol denetimleri ile kalite kontrol ölçümleri, Türkiye'nin EKO Sisteminde Radyasyon Güvenliği Projesi kapsamında, (TAEK) ve (DTP) destekli birçok projede görev aldım. Bu projelerin içinde bilhassa Çernobil kazası öncesi ve sonrası, Trakya, Marmara Bölgesi, Ege Bölgesi, Batı ve Doğu Karadeniz Bölgeleri sahil kesimlerinde, Doğu Anadolu Kars, Iğdır, Ağrı sınır boyunda, Türkiye'nin Doğal Gama Background haritasının çıkarılması ile ilgili radyasyon ölçümleri gerçekleştirilmesinde çalıştım.

SSDL'e gelince, niye SSDL neden ülkemizde bir SSDL kurulmasına ihtiyaç vardı, kısaca kuruluşundan bahsedeyim.

Dünyanın bir çok ülkesinde olduğu gibi ülkemizde de radyasyon ve radyoaktif maddelerin tıp, endüstri, tarım ve bilimsel araştırma alanlarında uygulanmasında büyük gelişmeler gösterdiği, ülkemizdeki mevcut radyoterapi merkezlerinde her yıl

bincerce hastanın tedavi edilmekte olduğunu ve bu merkezlerin dozimetrelerinin yıllardır kalibre edilmediğini, radyasyon ve radyoaktif maddelerin radyasyon dozlarının kesin ve doğru bir şekilde ölçülmesi gerektiğini dolayısıyla teşhis ve tedavide kullanılan bu tür cihazların uluslararası standartlar içinde kalibre edilmeleri sorununu ortaya çıkarmış ve ülkemizde bu görevi gerektiği şekilde yapabilecek bir radyasyon kalibrasyon ve standardizasyon laboratuvarı kurulmasını ve en kısa sürede faaliyete geçirilmesi 1971 yılında gündeme gelmiştir.

Foton dozimetrisi konusunda tıp, endüstri, sivil savunma ile askeri birlikler tarafından çeşitli amaçlar için kullanılan radyasyon ölçerler ve radyakmetrelerin kalibrasyonları ÇNAEM-Sağlık Fiziği Bölümü Kalibrasyon Laboratuvarında 1964 yılından beri yapılmakta ve bu cihazlara onaylı kalibrasyon sertifikası verilmektedir.

SSDL ile ilgili olarak 1966 yılında Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (IAEA) ile Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) ile birlikte düzenlenen "C0-60 Doz Ölçümleri Karşılaştırılması Programından elde edilen sonuçlar, tıbbi amaçlarla kullanılan dozimetrelerin çoğunun % 10, geri kalanlarının %50'ye kadar hatalı ölçüm yaptığı gözlenmiştir. 1968 yılında Venezuela'nın Karakas şehrinde düzenlenen "Radyoterpi Merkezlerinin Dozimetri Sorunları" konulu bilimsel toplantıda özellikle gelişmekte olan ülkelerde radyasyon dozimetresinin gelişmiş ülkelere nazaran çok geri kalmış olduğunu ortaya koymuştur. Kanser tedavisinde kullanılan bir dozimetrenin belirsizliklerle birlikte $\pm$ %3 doğrulukla radyasyon dozlarını ölçebilecek durumda olması gerekmektedir.

Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (IAEA) ile Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) Rio de Janeiro'da 9-13 Aralık 1974 tarihleri arasında birlikte düzenledikleri toplantıda bütün dünyada radyasyon dozimetresinde bir standardizasyona ulaşmak üzere Bölgesel Sekonder Standart Dozimetri Laboratuvarlarının (SSDL) kurulmasına, kurulacak Sekonder Standart Dozimetri Laboratuvarlarının (SSDL) organizasyonu, ilişkileri ve uluslararası örgüte katılmada aranması gereken minimum şartların belirlenmesi, SSDL ağının yönetim sorumluluğunun Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ), teknik ve bilimsel geliştirilmesi sorumluluğunun ise Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (IAEA) tarafından yerine getirileceği kararları alınmıştır.

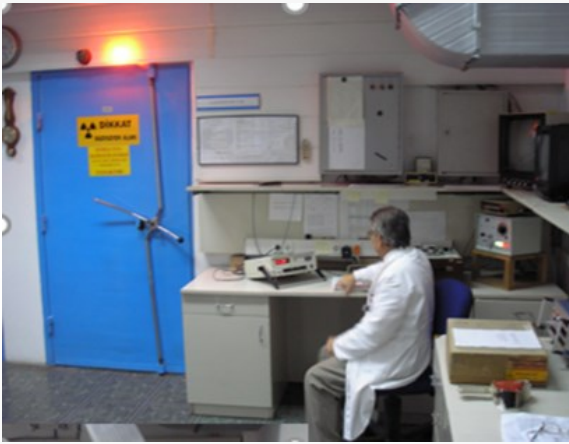
Bu karar doğrultusunda, Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (IAEA), Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) ve Atom Enerjisi Komisyonu (AEK) desteği ile ÇNAEM' de 1984 yılında radyasyon dedeksiyon ve ölçümlerinde kullanılan tüm dozimetre cihazlarının $\pm$ %1 altında bir hata ile yapabilen Sekonder Standart Dozimetri Laboratuvarı (SSDL) kurulmuştur.

1983 – 1984 yılları arasında Kalibrasyonda kullanılacak 110 TB'lik ^{60}Co radyoaktif kaynaklı Picker V9 Teleterapi cihazı, 100 kV, 10 mA lik Philips endüstriyel röntgen cihazı, 300 kV 15 A'lik Siemens Stabilipan II tedavi cihazı, 125 kV 200 mA lik Siemens Heliopos 4 röntgen teşhis cihazı, 4 kaynaklı (95,8 mCi ^{226}Ra , 1 mCi, 100 mCi ve 1 Ci lik ^{137}Cs) ışınlama cihazları, kalibrasyon kaynakları, kalibrasyon arabaları, lazer çizgisel konumlama sistemlerinin montaj işlemleri IAEA'nın Dozimetri ofisinden Peter Nette, Reinhard Girzikowski, J.G. Haider, Sedat Yaşar, Dr. Hasan Alkan, Ata Türer ve Hasan Erez ile birlikte ÇNAEM Teknik Servisler bölüm elemanları tarafından yapılmış ve

radasyon ölçümlerine başlanarak laboratuvar Mayıs 1984 yılında faaliyetine başlamıştır.



Resim 1: Co-60 Picker V9'un kuruluşu



Resim 2: Kalibrasyon kontrol masası



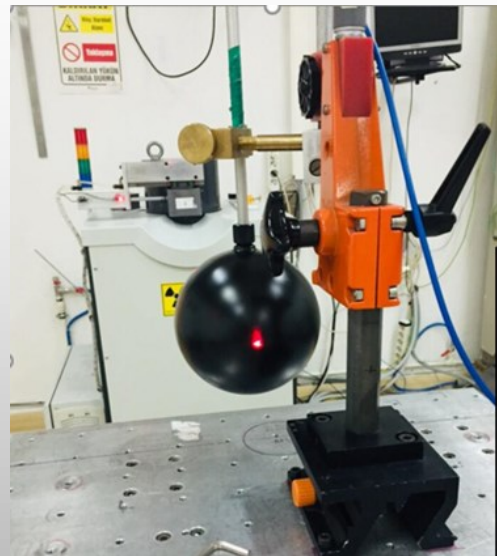
Resim 3: Co-60 kalibrasyon Laboratuvarı 1984



Resim 4: Co-60 kalibrasyon Laboratuvarı 2020



Resim 5: SSDL kullanılan çeşitli bazı iyon odaları



Resim 6: Balon Chamber ile yapılan ölçümler

SSDL kullanılan çeşitli İkinci Derece Standard Dozimetreler:



Resim 7: NPL İkinci Derecede Standart Tedavi Düzeyli Dozimetre



Resim 8: PTW İkinci Derecede Standart Korunma Düzeyli Dozimetre



Resim 9: PTW Webline İkinci Derecede Standart Tedavi Düzeyli Dozimetre



Resim 10: Wellhoffer İkinci Derecede Standart Tedavi Düzeyli Dozimetre

SSDL'de 1984 yılında başlayan ve halen devam etmekte olan SSDL'ler Arası Yüksek Enerjili X-ışınları ve Co-60 enerjisinde Postayla Doz Mukayese Programı (*Postal Dose Intercomparison TLD SSDL's for X-ray and Co-60 Radiation, IAEA/ SSDL Intercomparison of Therapy Level Ionization Chamber Calibration Factors, (CARE Programme)*) ve Development of Quality Assurance Programme for SSDL's konulu koordineli araştırma projesi gibi uluslararası projeler başlatılmıştır.

İyonlaştırıcı radyasyon ölçümlerinde doğruluk, hassasiyet ve güvenilirliği sağlamak amacıyla doz ölçüm metodlarının izlenebilirliğini ve karşılaştırılabilirliğini temin etmek için, laboratuvarın kurulduğu ilk yıllarda National Physical Laboratory (NPL) primer laboratuvarlarına daha sonraki yıllarda ise Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) primer laboratuvarlarına referans radyasyon ölçüm sistemlerini periyodik olarak kalibre ettirerek izlenebilirliği sağlamıştır.

Radyasyon demetinin kalibrasyonu komplike ölçümlere ve pek çok dönüşüm ve düzeltme faktörünün uygulanmasına dayanmaktadır. 1988

öncesi birçok ulusal ve uluslararası kuruluşlar (AAPM, IPEMB, DIN, NACP, ICRU, RPC, IAEA, vs) absorblanmış doz tayininde dozimetri protokolları hazırlamışlar ancak radyasyon demetinin kalibrasyonunda gerekli işlemlerinin sayısının çokluğu, birçok dönüşüm ve düzeltme faktörünün bulunması nedeniyle anlaşılması zor olan bu karmaşaya bir son vermek için **Uluslararası Atom Enerji Ajansı (UAEA) 1987 yılında Technical report Series (TRS) 277** no'lu protokolü geliştirmiş ve 17 Ekim -5 kasım 1988 yılında SSDL'de UAEA ve TAEK tarafından düzenlenen **Review of data and methods recommended in the international code of practice IAEA Technical Reports Series No. 277, Absorbed Dose Determination in Photon and Electron Beams "Europa Middle East and Africa on Calibration Procedures in SSDL's** isimli uluslararası teknik kurs düzenlenmiştir. Bu kursun bazı bölümleri İstanbul Onkoloji Enstitüsü'nde gerçekleştirilmiştir.

Bu protokol, soğurulan doz amaçlı kullanılan iyon odalarının hava kerma cinsinden kalibre edilmesi prensibini içermekte olup kalibrasyon işleminin bütün detaylarını anlatan, fiziksel etkileşimler ve düzeltme faktörlerinin matematiksel olarak sayısal değerlerini veren böylece absorbe edilen dozu en iyi şekilde tespit edilmesini sağlamaktadır.

Ancak IAEA TRS-277 nolu protokoldaki bazı belirsilikleri (elektronlar için %3.7, yüksek enerjili X ışınları için %3.2, Co- 60 için ise %2.5) minimuma indirmek ve daha büyük bir kesinlikle absorbe edilen dozu bulma çalışmaları SSDL-Network bilimsel komitesi tarafından 1996 yılında bir araştırma projesi olarak başlatılmış 1997 –1999 yılları arasında proje sonucu suda absorblanan doz standartlarını esas alan

uluslararası uygulama kodu IAEA TRS-398"**Absorbed Dose Determination in External Beam Radiotherapy**" oluşturulmuştur. 2000 yılında nötronlar hariç diğer external radyoterapi radyasyon demetlerinin tamamını içeren absorblanan doz protokolü IAEA TRS-398 olarak yayınlanmıştır.

Bu protokolde iyon odaları suda soğurulan doz cinsinden kalibre edilmektedir. Bir çok iyon odası tiplerini kapsayan veriye sahip bir protokoldür.

Soru: Bir paylaşımınızda ülkemizde Medikal Fiziğin kurucusu hocamız Seyfettin KUTER'den bahsetmiştiniz hocamızla nasıl tanıştınız.

A. Türer: Seyfettin Bey ile 1973 yılında Sağlık Fiziği Bölüm Başkanı Yardımcısı Dr. Özdemir SOYBERK ile beraber Tıp Fakültesi Radyoloji Enstitüsü'nde bulunan röntgen ve radyoterapi cihazlarının radyasyon denetimi için gittiğimizde tanıştım.

Özdemir Bey ile Seyfettin Bey 1957'den 1962 yılına kadar enstitüde beraber çalışmışlar ve aynı odayı paylaşmışlar.



Resim 11: S.Kuter, Ö.Soyberk

Yurt içi ve yurt dışında pek çok bilimsel derneğin üyesi olan Seyfettin bey buralardan edindiği bilimsel rapor, makaleleri ve bilgileri paylaşmaktan mutluluk duyardı. Radyoterapi, dozimetri ile ilgili yeni bir makale,

protokol eline geçse üşenmeden ÇNAEM kadar getirip bizlerle paylaşırdı.

1993 yılında emekli olduktan sonra da çalışmalarımız devam etti. 24.07.1994 yılında yayımlanan "Tıpta Tedavi Amacıyla Kullanılan İyonlaştırıcı Radyasyon Kaynaklarını İçeren Tesislere Lisans Verme Yönetmeliği" Fizik Mühendisleri Odası'nca Radyoterapi Merkezlerine verilecek Kalite Uygunluk Belgesi (KUB) ile ilgili çalışmalarda İstanbul ayağında İstanbul Onkoloji Enstitüsü'nün toplantı salonunda TAEK-SSDL olarak beraber çalışmalarımız oldu. Emekli olduktan sonra da birlikte bazı Radyoterapi Merkezlerinin kontrolarında bulunduk.



Resim 12: 19.02.2009 Medikal Fizik yemeği Seyfettin Kuter, Faruk Ak, Ata Türer, Erol Laçın, İsmail Özbay, Nevzat Çaklı

Size hoca ile ilgili bir anımı anlatmak isterim. Seyfettin Hoca ile Özel bir Onkoloji Merkezinde ki fizikçiler ile birlikte TRS-398 protokoluna göre Ionex dozimetre ile ölçümler almışlar. Daha önce TRS-277 ye göre kalibre edilen sonuçlara göre % 12 fark bulmuşlar. Daha sonra Farmer 2570 dozimetre ile ölçüm yapmışlar sonuç değişmemiş. Seyfettin Bey ve Fizikçi arkadaşlar her iki cihazı da kaptığı gibi SSDL geldiler. Durumu anlattılar. Daha önce yapılan kalibrasyon sonuçlarını kontrol ettik. Ben ve Hasan Erez Bey her iki cihazın sızıntı ve kaynak kontrol

testlerini yaptık. Herşey normal, kalibrasyona başladık. Her iki cihazında daha önce yapılan kalibrasyon faktörleri arasında % 0,08 fark var. Ölçüm yaptıkları sonuçları kaydettikleri defteride beraberlerinde getirmişlerdi. Hesapları kontrol ettiğimizde biz farkı % 1,1 bulduk. Hoca hemen yanlış fark etti. Kendine has gülümsemesiyle çocuklar size bir pasta borcum var dedi ve ertesi gün elinde pasta ile SSDL de geldi.

Bugün geldiğimiz noktada Ülkemizde kurulmakta olan nükleer enerji santralleri, sayısı her geçen gün artan radyoterapi merkezleri, radyasyon kaynakları, radyasyon ölçüm sistemleri ve buna benzer birçok uygulama, uluslararası metroloji enstitüleri (EURAMET, BIPM, NPL, PTB gibi) ile işbirliği içinde çalışan ve geniş enerji spektrumuna sahip 38 yıllık geçmişi bulunan Nükleer Enerji Araştırma Enstitüsü'nün İstanbul yerleşkesi (eski ÇNAEM), 5 yıllık bir geçmişi bulunan Ankara Sarayköy Yerleşkesi (eski SNAEM) İkincil Standart Dozimetri Laboratuvarları dünyada Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı ve Dünya Sağlık Örgütü'nün (SSDLs Network) ağına üye 86 adet İkincil Standart Dozimetri Laboratuvarları arasında bulunmakta ve son teknoloji ile donatılmış laboratuvarlardır.

Laboratuvarlar hakkında detaylı bilgiye TENMAK WEB sayfasından ulaşılabilir.



Resim 13: X ışınları laboratuvarı



Resim 14: X-Işınları Laboratuvarı Kontrol Odası

Teşekkür ederiz.

TÜM VÜCUT IŞINLAMASI VE TÜM CİLT IŞINLAMASI TEKNİKLERİ:

BELÇİKA VE HOLLANDA KLİNİK DENEYLERİ

Total Body Irradiation and Total Skin Irradiation Techniques in Belgium and the Netherlands: Current Clinical Practice



Phil W. Koken, PhD,^{a,*} and Lars H.P. Murrer, PhD^b

^aDepartment of Radiation Oncology, Amsterdam UMC, Amsterdam, Netherlands; and ^bDepartment of Radiation Oncology, GROW School for Oncology, Maastricht University Medical Center, Maastricht, Netherlands

Received 3 December 2020; accepted 22 January 2021

Med. Fiz. Uzm. Berna Savaş

Yazarın Notu: Bu yazı Advances in Radiation Oncology Dergisinin, 2021/6. Sayısında yayınlanmış olan makalenin geniş bir özetidir.

Giriş

Total vücut ışınlaması (TBI) bir yüzyıldan fazla süredir, total cilt ışınlaması (TSI) ise yaklaşık geçen yüzyılın ortalarından beri uygulanmaktadır. Dessauer ve Eifer 1905 ve 1907 TBI uyguladıktan sonra diğerleri de onları izledi. TBI tekniklerinin Avrupa ve Japonya arasında önemli ölçüde farklılık gösterdiği zaten biliniyordu. Quast, sağkalım oranlarının öncelikle endikasyona ve evrelemeye bağlı olduğunu ancak tedavi tekniklerindeki farklılıkların da rol oynayabileceğini iddia etti.

Studinski ve arkadaşları TBI için kabul görmüş bi planlama ve tedavi olmadığını gösterdi. Benzer bulgular Japon, Avrupa-Orta Doğu, Avustralya ve Amerika çalışmalarında da yayınlanmıştır. TSI klinik olarak TBI'a göre daha az gerçekleştirilir ancak yine çoklu yaklaşımlar mevcuttur.

TBI teknikleri daha yeni donanım ve yazılımlar uygulanarak geliştirildi. Bu tekniklerin bazıları (volümetrik ark terapisi [VMAT]) halihazırda kullanılmaktadır. Diğer potansiyel teknikler helikal tomoterapi, proton terapi, radio-immunoterapi ve daha kompleks VMAT teknikleridir.

2014 yılında, NCS komitesi, Belçika ve Hollanda radyasyon tedavisi kurumları arasında düzenlenen bir araştırmayı kullanarak, TBI ve TSI klinik uygulamalarına ilişkin kılavuzlar geliştirmek amacı ile bir Belçikalı/Hollandalı görev grubu oluşturdu. Birkaç kurum TBI tekniklerini yenilediği için 2020'de bir güncelleme yapıldı.

Yakın zamanda yayınlanan araştırmalarla karşılaştırıldığında, TBI ile ilgili daha ayrıntılı sorular-cevaplar yer aldı ve TSI için de anket yapıldı (bilgimize göre ilk kez). Sonuçlar bu raporda sunulmakta ve tartışılmaktadır.

Gereç ve Yöntem

2014 yılında tüm Hollanda ve Belçika radyasyon onkolojisi kurumları arasında elektronik olarak bir anket araştırması yapılmıştır. 5 genel, 49 tane TBI ile

ilgili ve 38 TSI ile ilgili sorulardan oluşuyordu. Hollanda kanser kayıtlarına göre, Hollanda'da hematolojik malignitelerin insidansı 2018'de 9540 idi ve yılda yaklaşık 310 TBI tedavisi yapıldı. Belçika kayıtları yılda yaklaşık 6500 malignite vakası ve 136 TBI tedavisi bildirmiştir. Ankette Hollanda 15 (mikozis fungoides insidansı: 100/yıl; 17 milyon nüfuslu) ve Belçika 11 (insidans 47/yıl; 10,4 milyon nüfuslu) yıllık TSI tedavisi bildirmiştir.

Veriler en ayrıntılı şekilde yazılma şartı ile elektronik olarak işlendi. Hollanda ve Belçika'da TBI ve TSI ile ilgili klinik uygulamaya tam bir genel bakış elde etmek için %100 yanıt oranı hedefimize ulaşıldı. Gösterilen sonuçlar bu raporda 2020 durumunu temsil eder.

Sonuçlar

Hollanda'daki 21 radyasyon onkolojisi kurumunun tamamı yanıt verdi. Toplamda 9 Hollanda enstitüsü, 8 üniversite kurumunun tümü de dahil olmak üzere TBI uygulamaktadır. Sadece 1 kurum (üniversite) TSI uygulamaktadır. Belçika'da ise toplamda, 8'i (7 akademik kurum dahil) TBI uygulayan 10 Belçika kurumu yanıt verdi. TBI uygulayan (üniversite) merkezlerinden üçünün TSI da yaptığı bilgisi geldi.

Tüm Vücut Işınlama (Total Body Irridation) Sonuçları

Yılda, tüm doz şemaları için kurum başına ortalama 26 TBI hastası tedavi edilmektedir (ortalama: 25; aralık, 1-70) (ŞEKİL 1). Bildirilen doz-fraksiyon şemaları, total dozda ve fraksiyon stratejisinde büyük bir çeşitlilik göstermektedir (Tablo 1). Non-ablatif tedaviler için 1x2 Gy ve 2x2 Gy rejimleri, ablatif tedaviler için 6x2 Gy rejimi yaygındır.

TBI yapan 17 enstitüden 11'i tedavilerini özel TBI ekipleriyle gerçekleştirir. Tüm kurumların içinde 12 enstitü, hastaları diğer hasta gruplarına benzer şekilde programlamaktadır (yani, gün boyunca düzenli olarak). 2 enstitü hastaları günün başında ve 3 enstitü ise günün sonunda programlıyor.

17 kurumdan 15'inin backup sistemi var. Diğer ikisinde ise backup sistemi yok.

15 enstitüden 11'i, zaman zaman tablo değerleri kullanarak manuel MU hesaplamaları yapıyor. Diğer 4 enstitü 2015 yılında doz hesaplamalarını gerçekleştirmek için bilgisayarlı tomografi (BT) bilgilerine dayalı hesaplamalar yapmışlar, ancak 2020 yılında bu sayı 6'ya yükselmiştir. Birkaç kurum, kısmen kendi tedavi planlama sistemlerinin değiştirilmesine bağlı olarak, önümüzdeki birkaç yıl içinde BT bilgilerine dayalı tedavi planlaması yapmayı beklemektedir.

Çoğu kurum (n=11), hastayı 3.7 ila 5.5 m arasında değişen genişletilmiş bir yüzey cilt mesafesi üzerinde lateral dekübitus pozisyonunda tedavi masasında konumlandırır. Masada lateral konumlandırma genellikle bir vakumlu yatak kullanılarak, çene göğse, dizler yukarı çekilerek, bir kol bir yanda ve diğer kol başı destekleyen bir şekilde yapılır. Hasta konforu ve doz homojenliği için ekstremita pozisyonuna özel dikkat gösterilmelidir. Kullanılan diğer konumlandırma yöntemleri, ayakta durma/yaslanma pozisyonu (n=2) veya hastanın bir sandalyeye oturmasına izin vermedir (n=3).

Şu anda 11 enstitü, lateral dekübitus pozisyonundaki hastalara 2 alanlı bir teknik kullanıyor. Bir kurum her tedavi seansında hastanın yan pozisyonunu

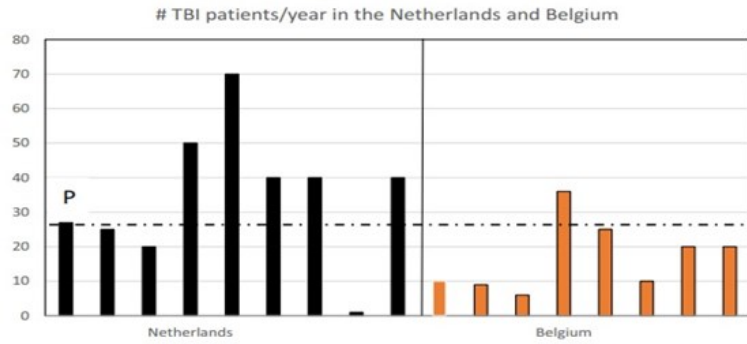


Figure 1 Number of total body irradiation patients treated annually in the Netherlands (black bars) and Belgium (red bars). Each bar represents an institution. Average value indicates average number of total body irradiation patients annually for both countries. P, dedicated pediatric treatment center.

Table 1 Reported dose-fractionation schemes for both ablative and nonablative total body irradiation treatments in the Netherlands and Belgium

Fractionation, Gy	1 × 2	1 × 8	1 × 9	2 × 2	2 × 2	2 × 4.5	2 × 5	2 × 6	3 × 3.3
Fractions per day	1	1	1	1	2	1	1	1	1
No. of institutions	11	1	1	6	3	1	1	1	2
Fractionation, Gy	3 × 4	4 × 2	5 × 2	5 × 2	6 × 1.67	6 × 2	6 × 2	8 × 1.5	
Fractions per day	1	1	2 × 2 & 1	1	2	1	2	1	
No. of institutions	1	1	1	1	1	1	8	1	

değiştirirken, kalanlar tedavi masasını tedavi alanları arasında 180 derece döndürülür. Diğer enstitüler, 4 veya 5 ışın alanı tercih eder ve bu kurumlardan 4'ü daha homojen bir doz dağılımı elde etmek için ışın enerjileri 6 MV ile 23 MV arasında değişen field in field (FİNF) teknikleri kullanır (Tablo 2).

Table 2 Beam qualities used for total body irradiation in all institutes

Beam energy	Number of institutes
6 MV	4
10 MV	5
15 MV	5
18 MV	2
23 MV	1

En sık kullanılan tedavi dozu spesifikasyon noktası, hastada orta düzlemdir. Örneğin umbilikus seviyesinde (n=10) tek bir noktada veya birden fazla orta hat noktası üzerinden ortalaması alınır (n=3). 2 enstitü BT üzerinden planlama yapar ve böylelikle cilt dozu için doz-volüm histogramını kullanıyorlar. Kalan 13 enstitü, doz hızlarını ortalama 20 cGy/dakika 4-40 cGy/dakika aralığında bildirdiler.

Kritik organlar (örneğin, akciğerler, gözler ve böbrekler), kullanılan fraksiyonasyona bağlı olarak çeşitli kurumlarda radyasyondan korunur. Genel olarak, 6 Gy den büyük total dozlar için risk altındaki organların (örn. akciğerler) korunması önemlidir. 17 kurumdan 11'inde akciğer koruması yapılır, 9 kurum akciğerleri kişiye özel Cerrobend bloklarıyla korur, diğer 2 kurum çok yapraklı kolimatör (MLC) kullanır. Gözler 1 kurumda kişiye özel, 4 kurumda ise standart bir uygulama ile korunur. Ayrıca, 1 kurum her iki böbreği de kişiye özel olarak üretilmiş bloklarla korurken, 1 kurum, örneğin preskript dozun %110'unu aşarsa, kafa bölgesine dozu azaltmak için Lucite plakaları kullanır ve 1 kurum da doz homojenitesini iyileştirmek için ayak bileklerini ve dizleri korur. 2 kurum ise hiç bir koruma kullanmıyor.

2 kurum MLC ve 1 kurum kendi hazırladığı vida/civatalı sistemi, geriye kalanlar ise Cerrobend bloklarını kullanır. Blok konumlandırma çoğunlukla çıplak gözle doğrulanırken, 4 kurum MV görüntüleri (Theraview) almak için şarj bağlantılı cihaz dedektörlü özel bir mobil görüntüleyici kullanır.

Tedavi öncesi kalite kontrol (QA) sorularına 17 kurumdan yanıt alındı. Bunlardan 11'i standart QA, 3'ü TBI tedavi mesafesinde yıllık output ölçümleri yapmaktadır. Hasta QA'i çoğunlukla in vivo dozimetreler tarafından gerçekleştirilir. Tolerans seviyeleri kurumlar tarafından preskript dozun %3 ila %10'u (çoğunlukla %5) arasında değişiklik gösteren değerlerde belirtilmiştir.

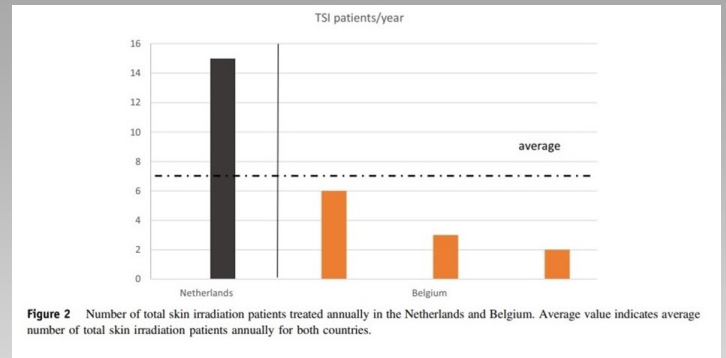
17 kurumdan yedisi, American Association of Physicists in Medicine report 17'deki TBI raporunu ve diğer 10 kurum kendi deneyimlerini çeşitli bilimsel makaleleri harmanlayarak referans alıyorlar. Hijyenik önlemler için 7 kurumda personel maske ve eldiven takarken, 7 kurum tedavi masalarını dezenfekte ediyor, 4 kurum ise personel koruyucu giysi kullanıyor. Diğer 2 kurum el dezenfeksiyonu dahil standart hastane hijyen önlemlerini uygulanırken, 4 kurum da özel bir önlem alınmamaktadır. Tedavi şeması, ablatif fraksiyonasyonların uygulanıp uygulanmadığına bağlıdır.

TBI klinik uygulamaları kapsamında, sadece 4 kurum bir risk analizi gerçekleştirdi. 3 kurum Healthcare Failure Mode and Effect prosedürlerini izlerken geri kalanlar uyguladıkları prosedür hakkında bilgi vermedi.

Tüm Cilt Işınlama Sonuçları

TSI çoğunlukla mikozis fungoides ve bazen de cilt lenfomalarını tedavi etmek için kullanılır. Uygulanan protokol, American Association of Physicists in Medicine raporu 23'de (Stanford tekniği) açıklanmıştır. Yıllık ortalama hasta sayısı Belçika'da 11, Hollanda'da 15'tir (Şekil 2). Fraksiyonasyon şemaları günlük olarak 8x1.5 Gy ve gün aşırı 7x3 ila 10x3 Gy

arasında değişir.



4 enstitüden üçünün TSI tedavileri için özel bir ekibi ve kendi merkezinde bir backup sistemi vardır. 4 enstitünün tümü, TSI hastalarını düzenli olarak (yani belirli bir zaman diliminde değil) planlar.

4 kurum Stanford tekniğini benimsedi. Stanford tekniği 6 pozisyon ve baş tepe noktası, koltuk altı, perineum, ayak tabanları ve (kadınlarda) gerekirse meme kıvrımına ek alanlar kullanır. İn vivo dozimetri ile ilk fraksiyonda ek tedavi alanlarının kalite kontrolü yapılır. Elektron enerjisi 4 MeV ile 6 veya 9 MeV arasında değişkendir

İki kurum, hasta geometrisi farklılıklarını hesaba katmak için standart alanlar ve tablolaştırılmış MU'lar ile basitleştirilmiş tedavi planlaması yapıyorlar. Bir kurum, hastaya özel düzeltmeler olmadan standart alanlar ve MU'lar kullanır. Dördüncü kurum, katı su fantomu ölçümlerinden elde edilen yüzde derin doza göre esas alınan MU'ları ve ilk fraksiyonda in vivo dozimetrisi kullanır.

3 kurumda belirlenen MU'lar ve cihaz parametreleri sisteme manuel olarak girilir ve dördüncü kurum standart planlarını tedavi planlama sisteminden import eder. 3 kurum standart cihaz QA'lerine güvenirken, bir kurum tedavi mesafesindeki bir fantomda dozu periyodik olarak ölçer.

EBT gafkromik film 2 kurumda in vivo dozimetri için yaklaşık 10 anatomik lokasyonda kullanılır ve maksimum %10'luk bir doz sapmasına izin verir. Doz eşiği aşıldığındaki muhtemel çözüm, ayrı alanlar arasındaki boşluğu yeniden düzenlemektir. Tedavi sırasında 3 kurumda gözler, kurşun gözlük ile korunmaktadır ve dördüncü kurumda koruyucu kullanılmamaktadır (ancak en düşük doz şemasını kullanmaktadır).

Üç kurumun backup ünitesi varken, geriye kalan kurum ise backup almıyor. Not olarak, TBI'nin aksine TSI zaman açısından kritik olmadığı için ertelenebilir. Doz hesaplamaları tablo bazlıdır ve manuel olarak gerçekleştirilir. İzin verilen maksimum doz homojensizliği %10 ile %20 arasındadır. TSI teknikleri hiçbir risk analizi yapılmadan klinik kullanıma başlanılmıştır.

Tartışma

TBI radyasyon tedavisinde önceki yüzyılın başından beri uygulanıyor olsa da, çeşitli araştırmalarda da görüldüğü gibi ülkeler arasında bile uygulamalar konusunda birçok farklılıklar mevcuttur. Belçika ve Hollanda'daki araştırmamız sadece önceki araştırmalardan daha detaylı olmakla kalmıyor (%100 yanıt oranı), aynı zamanda TSI'yi da içeriyor. Tekniklerini optimize etmek isteyen veya belki de TBI ve/veya TSI ile başlamak isteyen merkezler için mevcut kılavuzlara ek öneriler yapılmaktadır.

Belçika ve Hollanda TBI (n=19) ve TSI (n=4) uygulayan pek çok kurumu olmayan küçük ülkeler olmasına rağmen, uygulanan teknikler ve prosedürler, hasta setupı, kritik organların korunması, fraksiyonasyon şemaları, tedavi için oluturulmuş özel ekip, hastaların

tedavi zamanlarını planlama gibi pek çok konuda farklılık göstermektedir.

Pediyatrik TBI tedavilerini ayrı tutmamamıza rağmen, bu grup özel bir ilgiyi hak ediyor (Belçika ve Hollanda'da bu grup için TSI uygulanmamaktadır). Hoebe ve ark. bir Avrupa araştırmasını tanımlıyor ve "fraksiyonasyon ve akciğer korumasında yüksek bir homojenlik olduğu"na ve bu kurumların giderek yeni BT tabanlı teknikleri uyguladığı sonucuna varıyorlar. Ayrıca "pediyatrik TBI'a yönelik uluslararası kılavuzları tanımlamak için bir radyasyon tedavisi çalışma grubu oluşturulacaktır" diye ekliyorlar.

Japonya'nın aksine Belçika ve Hollanda kurumları büyük kaynak-yüzey mesafeleri uyguluyor ve 186 kurumun neredeyse %20'si hareketli masa tekniklerini kullanıyor. Ek olarak, Japonya'da en yaygın hasta pozisyonu, bazen AP/PA alan konfigürasyonu ve kısa bir kaynak-yüzey mesafesi ile birlikte kombine edilen supine pozisyonudur (>%70) .

Çoğu büyük merkez, <15 cGy/dakika doz hızı kullanır. Sadece 7 merkez 26 cGy/dakika'ya çıkmaktadır. Japonya'da merkezlerin %80'i akciğerleri korurken, neredeyse %60'ı göz lenslerini de korumaktadır. Araştırmamızda, akciğer korumaları Cerrobend bloklarından oluşuyordu (neredeyse %75).

Günümüzde risk analizi, tedavi tekniğin klinik uygulamalarının bir parçasıdır. Henüz yasa tarafından talep edilmemesine rağmen, Hollanda'da, tıbbi teknoloji topluluğunda periyodik olarak gerçekleştirilen ulusal denetimlere dâhil edilen risk analizlerini öngören bir Sözleşme olan Medical Technology (Medikal Teknoloji) geliştirilmiştir. Risk analizinde garantili uzmanlığa sahip olmak için, en az

5 yıllık deneyim gerekir.

Araştırma bize 17 kurumdan 11'inin bir özel TBI ekibi ve 4 kurumdan 3'ünün de özel bir TSI ekibine sahip olduklarını gösterdi. İdeal olarak TBI ve/veya TSI gerçekleştirmek için özel bir ekip görevlendirilmelidir. İş yükü açısından bakıldığında, bu tür tedaviler önceden tanımlanmış zaman dilimlerinde en verimli şekilde planlanabilir. Ayrıca zamanlamanın verimliliği büyük ölçüde ilgili ekibin günlük iş yüküne de bağlıdır. Diğer mevcut araştırmalar, zaman dilimleriyle ilgili verilerden bahsetmediler. Bu araştırmada, 17 kurumdan 11'i TBI tedavileri diğer TBI dışı tedavilere benzer şekilde ve 5 kurum hastaları çalışma gününün başında veya sonunda planlamaktadır. TSI tedavileri için 4 kurumun tamamı hastaları düzenli bir tedavi olarak planlamaktadır.

Çalışma grubunda araştırma sonuçlarına ilişkin tartışmalar TBI tekniklerinde değişimlere yol açmıştır. Örneğin bir enstitü onlarca yıl hastaları dakikada 15cGy'lik doz oranı ile tedavi ederken başkalarının deneyimleri ve literatüre göre, doz hızını yakın zamanda kendi maksimumuna yükseltildi (40 cGy/Dk). Ancak bu konuda literatürde net bir fikir birliği yoktur. Daha yüksek doz hızı kullanılması hem ekonomik hem de hasta konforu açısından bir gelişmedir. Çünkü tedavi sırasında hastaları yeniden pozisyonlarını ayarlama ihtiyacını en aza indirebilirler. Son zamanlarda, hastaların pozisyonunu doğrulamak için imaj alınabilme imkanı mevcut hale geldi. Araştırmaya katılan 3 kurum bunu yapmayı düşündükleri için böyle bir sistem satın aldı. Kullanıcı deneyimlerinin hâlâ yayınlanması gerekiyor. Başka bir kurum, doz hesaplamaları için CT bilgilerini benimsemeye başladı.

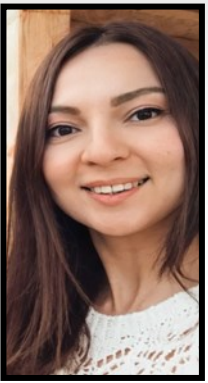
Sonuç olarak, anket lokal tedavi tekniklerinin gözden geçirilmesine ve zaman zaman yeniden değerlendirilmesine yol açmıştır. Açık ve daha benimsenici tedavi teknikleri, klinik sonuç karşılaştırmaları için de faydalı olacaktır. 101 kurum arasında yakın zamanda yapılan bir Amerikan araştırması, kurumların hiçbirinin TBI tekniklerinde MLC kullanmadığını ve yanıt verenlerin yalnızca % 28'inin CT bilgilerine dayalı tedavi planlaması yaptığını gösterdi. 15 cevap verenden dördü, Amerika Birleşik Devletleri'ndekine benzer bir oran olan CT bilgilerini kullandı. Son anket güncellemesi, CT kullanan kurum sayısının 6'ya (%40) çıktığını göstermektedir.

Belçika ve Hollanda'daki çoğu merkez paralel karşılıklı tedavi alanlarını kullandıklarında homojenliği arttıran lateral dekübit pozisyonunu uygulamaktadır. Bununla birlikte, tedavi süresince her hasta kolları üzerinde yatmayı konforlu bulmamıştır. Peters ve ark. doz homojensizliğinin artacağı gerçeğine rağmen supine veya kombine supine-prone pozisyonunun en rahat olduğu sonucuna vardı. Buna karşılık, Quast, akciğer dozunu azaltabilmesine rağmen, mediasten, kaburgalar ve kollarda düşük doza neden olan bilateral TBI alanları yerine AP/PA TBI'ı önerir. Bununla birlikte, tedavi tekniğinden bağımsız olarak doz homojenliğini iyileştirmek için tedavi öncesi modern görüntüleme teknikleri, 3 boyutlu tedavi planlama sistemleri ve doz doğrulama sistemleri kullanılmaktadır.

Sonuçlar

Tartışıldığı gibi, ileri düzey klinik uygulama olan TBI için teknolojiler (örneğin, CT, VMAT ve MLC) nispeten yavaş ilerler. Bununla birlikte, yüksek gelişmiş ve

karmaşık teknolojiler ayrıntılı olarak incelenir. Ancak lojistik, iş akışı ve tedavi süreleri bu araştırmaya katılan birkaç kurum tarafından da tespit edildiği gibi, bir sorun olmaya devam etmektedir. Öte yandan, yüksek doz şemaları, risk altındaki organları korumak için daha karmaşık tedavi teknikleri gerektirebilir. Bu aynı zamanda beklenen klinik anlayışa da bağlıdır. Son olarak, TBI uygulama kılavuzları, ümitle giderek daha fazla uygulanabilir tedavi tekniklerine öncülük edecektir.



Med. Fiz. Uzm. Berna Savaş

1986 yılında Denizli’de doğdu. Ege Üniversitesi Radyasyon Onkolojisi’nde Tıbbi Radyofizik mastır programını bitirdi. 2012-2018 yılları arasında Özel Onkomer Onkoloji Merkezi’nde çalıştı. 2018 yılından günümüze

Medideal Medikal Projeler ve Çözümler A.Ş. ‘de medikal fizik uzmanı olarak çalışan Berna Savaş evli ve bir kız çocuğu annesidir

HOBİ KÖŞESİ

Med. Fiz. Uzm. Sümeyra Can

Haliç'te yeni bir güne başlamak

Dünyadaki en kıymetli şeylerden bir tanesi de sağlık çalışanı olmak. Birinin hayatına dokunmak, yaşam ile verdiği mücadeleye destek olmak tüm sağlık çalışanlarının yaşadığı hazlardandır. Özellikle bizim alanımız için bu sürecin çok yıpratıcı olduğu da kaçınılmaz bir gerçektir. Bu noktada kendi ruh ve beden sağlığımızı korumak için birçoğumuz müzik, fotoğrafçılık ve spor gibi farklı hobiler ile ilgileniyoruz. Farklı deneyimler yaşamak, yeni yerler keşfetmek bana en büyük heyecanı yaşatan hobiler arasındaydı. İşte tam da böyle bir arayış içerisindeyken kürek sporu ile tanıştım. Galata Kürek Kulübü ile konuştuk ve hemen başlayabileceğimizi, üyelerin çoğunlukla sağlık çalışanlarından oluştuğunu söylediler. Klinikte kürek sporuna ilgi duyan dört arkadaş ile birlikte kulübe üye olduk.

İlk deneyim;

İlk defa hoca eşliğinde Haliç'te gün batımında kürek çektik. Grup o kadar eğlenceliydi ki ciddiyet üzerine doktora yapmış olan Can Horlu hocamız bile bizim yanımızda en fazla 10 dakika ciddi kalabildi. O gün çok eğlenmiştik. Her şeyden uzaklaşıp gün batımında denizin ortasında manzarayı seyre dalmak ama aynı zamanda spor yaparak dinç kalmak kadar keyifli bir şey yok. İşte kürek sporu size bu iki deneyimi aynı anda yaşatan tek spor diyebilirim.

Uyum; kürek sporunun bel kemiği. Grup içerisindeki senkronizasyonu sağlayamadığınız takdirde ilerlemeniz mümkün değil. Tabi kürek sporu dışardan

göründüğü gibi kolay bir spor da değil. Emek harcamanız, beslenmenize dikkat etmeniz ve kondisyonunuzu canlı tutmanız gerekiyor. Aksi takdirde kürek çekerken performansınız çok düşük olabiliyor ve yaptığınız spordan keyif almıyorsunuz. Ayrıca, kürek çekmek bir anlık dalgınlığı bile kaldırmayan bir aktivite. Bütün benliğinizle teknede olmanız gerekiyor. Hocanın verdiği komutları dinlemeniz ve eş zamanlı bunları uygulayabilmeniz için beden zihin uyumunu yakalamanız oldukça önemli. Bu yüzden kürek sporunun zihin beden koordinasyonunu sağlamada olumlu bir etkisi var.



Uyum; kürek sporunun bel kemiği. Grup içerisindeki senkronizasyonu sağlayamadığınız takdirde ilerlemeniz mümkün değil. Tabi kürek sporu dışardan göründüğü gibi kolay bir spor da değil. Emek harcamanız, beslenmenize dikkat etmeniz ve kondisyonunuzu canlı tutmanız gerekiyor. Aksi takdirde kürek çekerken performansınız çok düşük olabiliyor ve yaptığınız spordan keyif almıyorsunuz. Ayrıca, kürek çekmek bir anlık dalgınlığı bile kaldırmayan bir aktivite. Bütün benliğinizle teknede

olmanız gerekiyor. Hocanın verdiği komutları dinlemeniz ve eş zamanlı bunları uygulayabilmeniz için beden zihin uyumunu yakalamanız oldukça önemli. Bu yüzden kürek sporunun zihin beden koordinasyonunu sağlamada olumlu bir etkisi var.



Cemal Şenyuva hocanın kürek hakkındaki düşüncesine hayran olmamak elde değildi.

“Kürek benim için artık yaşam biçimi, hayatımın odak noktası, yaptığım mesleğim oldu. Kuruculuğunu ve antrenörlüğünü yaptığım kürek kulübüne gelen hobi için ya da profesyonel olmak isteyen bütün kürekçi adaylarına bu zamana kadar öğrendiğim ne varsa öğretmek ve bu işi yaparken zevk almalarını sağlamak benim boynumun borcudur.”

Bize bu deneyimi yaşatan Galata Kürek Kulübüne, kulübün kuruculuğunu ve antrenörlüğünü yapan Cemal Şenyuva'ya sonsuz teşekkür ederim.



Med. Fiz. Uzm. Sümeyra Can

2014 yılında Los Angeles Kaliforniya Üniversitesi (UCLA) Biyomedikal – Medikal Fizik Departmanında klinik eğitimi-ni tamamladı ve Kaliforniya Üniversitesi Hastanesi Radyasyon Onkolojisi Kliniğinde Asistan Medikal Fizik Uzmanı olarak çalıştı. 2015 senesinde Ankara Üniversitesi Nükleer Bilimler Enstitüsü Medikal Fizik Doktora Programından kabul aldı. Halen doktora eğitimine devam etmekte olup Başakşehir Çam ve Sakura Şehir Hastanesi Radyasyon Onkolojisi Kliniğinde Sağlık Bakanlığı Sorumlu Medikal Fizik Uzmanı olarak görevine devam etmektedir.

BİZE YAZIN

Sorularınızı Bekliyoruz!

Unutmadan söyleyelim, yazdığınız her görüş bizim için önemlidir, bu bağlamda değerli yazınız bir sonraki sayıda yayınlanacaktır.

medfizonline@gmail.com



YAZARIMIZ OLUN

Yazarlarımızı Bekliyoruz!

Bu dergi hepimize ait. Bu dergi okumaktan zevk alan, yazmaktan zevk alan, dinlemekten zevk alan, düşünmekten, öğrenmekten, yeni bir bilgi keşfetmekten, korkusuzca eleştirmekten, uzlaşmaktan, araştırmaktan, dostluktan ve dost olmaktan, var olmaktan ve medikal fizik uzmanı olmaktan zevk alan herkese aittir.

Eğer siz de "Bir fikrim var" diye düşünüyorsanız ve eğer içinizden kendi kendinize "Bunu yazmalıyım" diyorsanız, şevkinizi kırmayın ve iletişim adresimizden bizimle irtibata geçin...

Siz, değerli meslektaşlarımızı yazarımız olarak bekliyoruz.





Yıl: 1964. Radyasyon tedavisi özel bir tedavi alanı oldu. (ASRT- American Society of Radiologic Technologists-Museum and Archives)



Yıl: 1953, R. Reagan Baylor Üniversitesindeki radypterapi amaçlı GE Marka, 2 MeV, resonant transformer cihazını ziyaret ediyor.