

Medikal Fizik Derneği'nin Katkılarıyla

MedFiz@Online

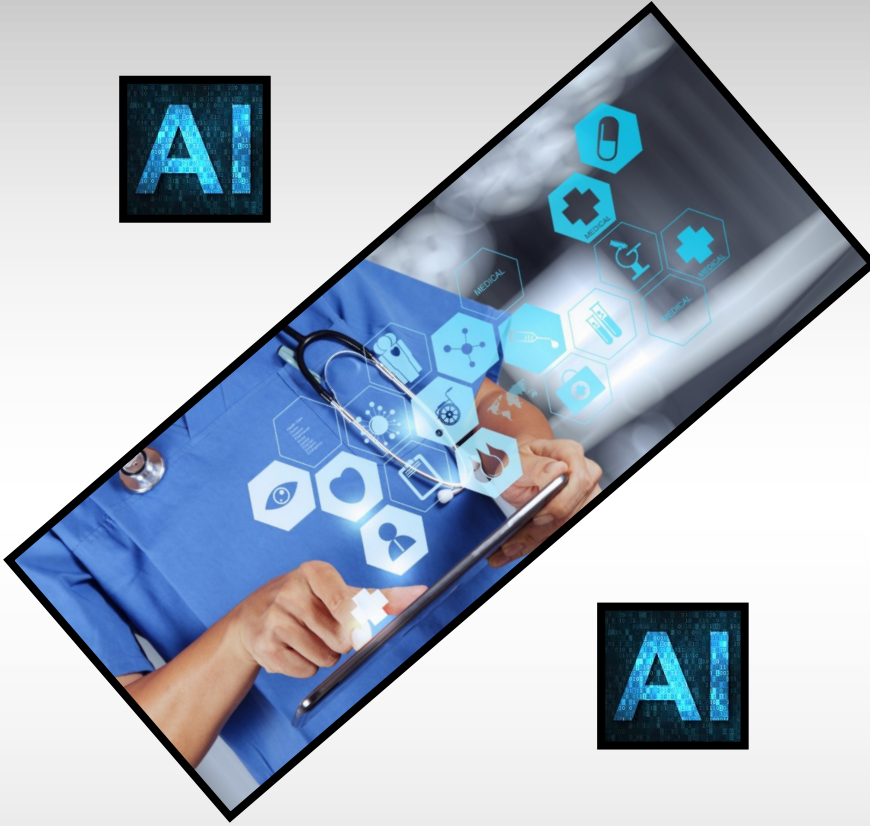
e-DERGI

AĞUSTOS-EYLÜL 2019

medfizonline@gmail.com

www.medikalfizik.org

SAYI: 22



BU SAYININ ÖNE ÇIKAN KONULARI

- AYIN BÖLÜMÜ BALIKESİR ATATÜRK ŞEHİR HASTANESİ RADYASYON ONKOLOJİSİ BÖLÜMÜ
- KİTAP RÖPORTAJI: BEN MIJNHEER-CLINICAL 3D DOSIMETRY IN MODERN RADIATION THERAPY
- ESTRO 38 TOPLANTISI TARTIŞMA KONUSU: GELECEĞİN MEDİKAL FİZİKÇİLERİ NASIL BİR EĞİTİM ALMALI?
- YURTDIŞI TEMSİLCİLERİMİZ IV: ALİ ZUBAROĞLU
- ELEKTA AKTİF NEFES KONTROL (ABC) SİSTEMİNİN MEME HASTALARINDA ETKİSİ
- CİHAZ MÜHENDİSLERİ III: İLKER YILMAZ
- SERBEST KÜRSÜ: KİTAP VE TOPLUM



[instagram.com/medfizonline](https://www.instagram.com/medfizonline)

[facebook.com/MedFizOnline](https://www.facebook.com/MedFizOnline)



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
Mertay Güner
mertay.guner@okanhastanesi.com.tr
Nadir Küçük
nadir.kucuk@anadolusaglik.org
Türkay Toklu
turkaytoklu@yahoo.com

DERGİ TASARIM VE YAZI

Mertay Güner
Esra Küçükmorkoç
Mustafa Çağlar

BU SAYIDAKİ YAZARLAR**AYKUT OĞUZ KONUK****BORAN M. GÜNGÖR****ESİL KARA****ESRA KÜÇÜKMORKOÇ****HASAN SAĞCAN****M.MUSTAFA TİNTAŞ****NADİR KÜÇÜK****RECEP SAYGIN****SEVTAP YILDIRIM****SİNEM GÜNGÖR****UĞUR AKBAYIRLI****RÖPORTAJLAR****ALİ ZUBAROĞLU****BEN MIJNHEER****İLKER YILMAZ**

(Yazarlar harf sıralamasına
göre sıralanmıştır.)

SOSYAL MEDYA

Adil Merih
Cem Gökşen
Mümin Eray Ergen

İÇİNDEKİLER

- MERHABA**
- ÇEVİRİ: SAFETY IS NO ACCIDENT ASTRO 2019/2**
BÖLÜM 2: RADYASYON ONKOLOJİSİ EKİBİ
- AYIN BÖLÜMÜ BALIKESİR ATATÜRK ŞEHİR HASTANESİ**
RADYASYON ONKOLOJİSİ BÖLÜMÜ
- YAZI DİZİSİ 2: TECHNICAL REPORTS SERIES NO: 483**
CHAPTER 3: KONSEPT VE FORMALİZM
- KİTAP RÖPORTAJI: BEN MIJNHEER-CLINICAL 3D DOSIMETRY IN**
MODERN RADIATION THERAPY
- ESTRO 38 TOPLANTISI TARTIŞMA KONUSU: GELECEĞİN**
MEDİKAL FİZİKÇİLERİ NASIL BİR EĞİTİM ALMALI?
- YURTDIŞI TEMSİLCİLERİMİZ IV: ALİ ZUBAROĞLU**
- ELEKTA AKTİF NEFES KONTROL (ABC) SİSTEMİNİN**
MEME HASTALARINDA ETKİSİ
- CİHAZ MÜHENDİSLERİ III: İLKER YILMAZ**
- RT'DEKİ SON GELİŞMELER**
- SERBEST KÜRSÜ: KİTAP VE TOPLUM**

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

Medikal Fizikteki önemli gelişmeler,

Orijinal adıyla "Artificial Intelligence(AI)" dilimize "Yapay Zeka (YZ)" olarak çevriliyor. Doğal olarak, ilk akla gelen soru YZ'nin nasıl tanımlandığıdır. "Yapay zekâ (YZ), insanlar gibi çalışan ve akıllı makinelerin oluşturulmasını hedefleyen bir bilgisayar bilimi alanıdır. Biraz daha açarsak, YZ bilgisayarları kendisine yüklenen verileri değişik algoritmalar yoluyla kullanarak konuşma ve yüz tanıma, öğrenme, planlama ve problem çözme, tahmin etme gibi uygulamaları insandan çok daha hızlı gerçekleştirebilme özelliğine sahiptir" Uygulama olarak beynimizin nöral network ağının bir benzerine ulaşmayı düşünmektedir.

YZ, bugün toplumumuzda giderek daha önemli bir rol almaktadır. Geçtiğimiz yıllarda makineler sadece manuel aktiviteler gerçekleştirirdi. Günümüzde, bu makineler yeteneklerini bilişsel görevlere de genişletmektedirler. Ve şimdi AI, tıbbi ve biyolojik uygulamalara büyük katkı sağlamaya doğru hızlı adımlarla ilerlemektedir. Tıbbi cihazların kullandığı algoritmalar nedeniyle hastalığın teşhisine, görüntüleme teknikleri ve görüntünün işlenmesinin yanı sıra YZ'nin hasta tedavisi için büyük potansiyeli olan bir alan olduğu bilinmektedir. AI'nın bilinçli kararlar verebilme, çevreyi öğrenebilme ve algılayabilme ve diğer özelliklerinin yanı sıra belirli davranışları tahmin edebilme becerisi ile, bu uygulama bugünün dünyasında büyük bir potansiyel önem taşımaktadır.

Yukarda dile getirdiğimiz tüm YZ olanakları hem radyasyon onkolojisinde hem de medikal fizik alanında yeni ve hızlı uygulamaların önünü açmaktadır. Algoritmalara yüklenen veriler ışığında, kullanıcıdan bağımsız otomatik konturlama, en hızlı ve en uygulanabilir planı yaratma, planın ve cihazların kalite kontrollerini önceden tahmin etmek gibi YZ'nin medikal fizik alanında da çok önemli uygulama çalışmaları içinde olduğunu belirtmek gereklidir. Daha uygun bir ifade ile, YZ, tüm sağlık hizmetleri şemsiyesi içinde inanılmaz projeler üretiyor ve uygulamaya hazır hale getirmeye çalışıyor ve büyük yatırımlara imza atıyor.

Unutmamak gerekir ki, her konuda olduğu gibi, YZ konusunda da uygulamaların etik yanı, verilerin şeffaflığı, güvenliği, verilerin hastaların çıkarına kullanılması gibi durumlar olayın diğer yüzünü gündeme getirmektedir.

Neden YZ konusunu öne çıkardığımızı açıklamaya çalışalım. Yapay Zeka'nın radyasyon onkolojisi ve medikal fizik alanındaki uygulamalar her geçen gün çok hızlı bir şekilde gündemimizi oluşturuyor. Bu gelişmelerin içinde olmak, yeni bilimsel uygulamaları takip etmek, geleceğe bakış açımızı, gelecekteki mesleki olanaklarını ve özelliklerini tanımlamak bir meslek görevidir diye düşünüyoruz.

ASTRO News (American Society For Radiation Oncology), Summer 2019 sayısının güncel konusunu "**Artificial Intelligence: The Future is now**" başlığı ile Yapay Zeka'ya ayırmış.

Sizlere, internetten serbestçe indirilen bu Summer 2019 sayısından konuyla ilgili üç görüşten seçtiğimiz paragrafları

aktarmak istiyorum.

İlk olarak ASTRO News Editörü Dr.Najeeb Mo-hideen'in " **AI on the Horison**"-Ufuktaki YZ başlıklı yazısında YZ'ya bakış açısını özetleyelim.

"AI, kaliteyi, verimliliği ve hasta sonuçlarını iyileştirme ve maliyetleri düşürme potansiyeline sahip olsa da yeni olasılıklar, sonuçlar ve sorular da üretecektir. AI, Mesleki ilişkileri, hasta katılımını, bilgi hiyerarşilerini ve iş piyasasını değiştirme potansiyeline sahiptir. Ek olarak, AI kaynaklarının yoğunlaşmasından dolayı sağlık hizmetlerinde var olan eşitsizliklere de katkıda bulunabilir. Uzmanlığımız (radyasyon onkolojisi), istenmeyen sonuçlara yönelik bu veri odaklı, insan artı makine kaynaklı, karar verme mekanizması, gibi oluşacak geleceği ayrıntılı bir şekilde incelemekle yükümlüdür. Sonuçta hastalara olanlardan sorumluyuz ve bu ekosistemleri yönetmek için yeni beceriler edinmemiz gerekecek"

İkinci olarak, MD Andersen Kanser Merkezinde, Fizik Bölümünde görev yapan, Asistan Prof. Carlos Cardenas (PhD) ve Prof. Kristy Brock (PhD), "**A Brief Introduction to Artificial Intelligence for the Radiation Oncologist**"- Radyasyon Onkologları için Yapay Zeka'ya özet giriş başlıklı yazılarında, YZ'ya şöyle yaklaşıyorlar:

"Makine öğrenimi ve derin öğrenme algoritmaları, klinik iş akışlarımıza hızla entegre oluyor ve klinisyenler olarak bu araçların nasıl çalıştığını ve doğruluğunu nasıl değerlendireceğimizi anlamamız gerekiyor. Makine ve derin öğrenmeyi daha ayrıntılı olarak öğrenmek için pek çok kaynak var. ASTRO, RSNA ve AAPM yıllık toplantılarında kendi alanımızla ilgili bilgileri içeren özel oturumlar düzenliyorlar. Klinikte yaptıklarımızın her yönüne ulaşan yeni bir teknolojik ilerleme dalgası görüyoruz. Bu gelişme meslek alanımız için heyecan verici bir dönemdir. Bu gelişmeleri memnuniyetle karşılamalıyız, ancak bu yeni öngörücü araçların tespit edemediği hataların hasta bakımı ve güvenliği üzerinde önemli bir olumsuz etkisi olabileceği bilinci ile çok temkinli davranmalıyız"

Sonuç olarak, medikal fizik alanındaki her yeniliğin içinde yer alarak, bu gelişmelerin gelecekteki tüm etkilerine karşı hazırlıklı ve donanımlı olmanın gereğini tekrar vurgulamak istiyoruz.

Saygılarımızla.

Haluk ORHUN



ÇEVİRİ: SAFETY IS NO ACCIDENT**ASTRO 2019/2****BÖLÜM 2: RADYASYON ONKOLOJİSİ EKİBİ****Med. Fiz. Uzm. Uğur Akbayırlı****Med. Fiz. Uzm. M. Mustafa Tintaş**

Elinizdeki 22. Sayımızda ASTRO (American Society for Radiation Oncology)'nın yayına hazırladığı "Safety Is No Accident" kitapçığının kendi içinde bağımsız bir yapı oluşturan "RADYASYON ONKOLOJİSİ EKİBİ" başlıklı bölümünü sizlere sunuyoruz. Daha da önce belirttiğimiz gibi 3. ve 4. Bölümleri takip eden sayılarda sizlere ulaştıracacağız.

Roller ve Sorumluluklar

Radyasyon onkolojisi ekibi, RT tedavisi gören her hastaya, tedavi öncesi, sırası ve sonrasında, diğer tedavi alanlarını da gözeterek (örneğin tıbbi onkoloji, anesteziyoloji, üroloji gibi) işbirlikçi multidisipliner bir yaklaşımla uygun tıbbi, beslenme, duygusal ve psikolojik tedavi seviyesini sağlamak için çalışmaktadır.

Disiplinlerarası radyasyon onkolojisi klinik ekibi (klinik ekip) tipik olarak aşağıdakilerden oluşur:

- **Radyasyon onkoloğları**
- **Medikal fizik uzmanları**
- **Medikal dozimetristler**
- **Radyasyon terapistleri**
- **Onkoloji hemşireleri**

Klinik ekip, hekim olmayan sağlayıcılar gibi diğer bireyleri içerebilir:

- **Pratisyen hemşireler**
- **Klinik hemşire uzmanları**
- **İleri düzey hemşireler**
- **Hekim asistanları**

Hastaların karmaşık ihtiyaçlarını karşılamak için, diğer personel, aşağıdakiler dahil ancak bunlarla sınırlı olmamak üzere, yerinde veya konsültasyon yoluyla ek hizmetler sağlayabilir:

- **İdari personel (IT dahil)**
- **Diş hekimleri**

- **Klinik sosyal hizmet uzmanları**

- **Psikologlar / psikiyatristler**

- **Diyetisyenler**

- **Konuşma / yutma terapistleri**

- **Fiziksel terapistler**

Mesleki terapistler:

- **Genetik danışmanlar**

- **Fizikçi, terapist ve hemşirelik asistanları**

- **Hasta yönlendiricileri**

- **Bütünleştirici tıp uzmanları**

- **Pastoral tedavi sağlayıcıları**

Tedavi sürecinin her bir yönü, kanser biyolojisi, belirli iyi huylu hastalık süreçleri, radyobiyojisi, medikal fizik ve radyasyon güvenliği konularında bilgi ve eğitim gerektirir. Radyasyon onkolojisinde kurul sertifikasyonu ve eğitim ile gerek en temel bilgilerin güvenli bir şekilde eksiksiz hale getirilmesi ve entegre edilebilir tedavi uygulamaları ve teknik beceriler kazanımına dönük çalışılmasına ek olarak, klinik personel de diğer klinikler ve hastalarla etkin bir şekilde iletişim kurarak ve etkileşime geçerek uyumlu bir ekip olarak çalışmalıdır.

Radyasyon onkoloğunun öncülüğünde, klinik ekip radyoterapiyi güvenli ve tekrarlanabilir şekilde uygulamak için birlikte çalışır. İyonize radyasyonun tıbbi tedavide kullanımı, doğrudan doktor yönetimi ve geri dönüşümsüzlüğü nedeniyle klinik ekibin bireysel çaba ve özverisini gerektirir. Takım etkileşimleri bir güvenlik kültürü ile tutarlı olmalı ve her takım üyesinin katkıda bulunduğu hayati ve benzersiz rolü göz önünde bulundurmalıdır. Klinikteki her bir ekip üyesinin gerektiği gibi irdeleyici sorular sorması ve yalnızca tüm sorunlar tamamen çözüldüğünde tedavi sürecinde bir sonraki adıma geçmesi teşvik edilir.

Her ekip üyesinin uygulama kapsamı, meslek kuruluşları ve yerel yargı yetkileri tarafından belirlenen kriterlere dayanır. Ek olarak, her bir kliniğin kendine özgü olarak personelin rollerini, uygun yeterlilik değerlendirmelerini, sertifikalandırmalarını ve periyodik değerlendirmeleri tanımlamak için politika ve prosedürleri olmalıdır. **(Tablo 1)**

Tablo 1: Klinik Ekibin Görev ve Sorumluluk Alanlar

	Radyasyon Onkoloğu	Fizikçi	Dozimetriz	Radyasyon Terapisti	Hekim olmayan uygulayıcılar	Onkoloji Hemşiresi
Klinik değerlendirme	x				x	x
Devam eden psiko / sosyal değerlendirme	x			x	x	x
Harici radyasyon tedavisi verme kararı (XRT)	x			x		
Hasta +/- aile eğitimi	x	x	x	x	x	x
Disiplinlerarası tedavi koordinasyonu	x		x		x	x
Hasta konumlandırma ve görüntü elde etme	x	x	x			
Füzyon ve hizalama	x	x	x			
Kontrollama / segmentasyon	x	x	x	x		
Doz hacmi kısıtlamaları	x	x	x	x		
Doz hesaplama	x	x	x	x		
Son tedavi planının gözden geçirilmesi	x	x	x	x		
Hastaya özel QA	x	x	x	x		
Tedavi uygulaması	x	x	x	x		
Özel prosedürler (SRS, SBRT, HDR, vb.)	x	x	x	x		
Uygulama doğruluğunu izleme (portlar, doz, vb.)	x	x	x	x		
Haftalık değerlendirme	x	x	x	x	x	x
Takip	x				x	x
Sağlık	x				x	x
Ekipman yazılım ve sistem kabul testleri bakım ve devreye alma işlemleri	x	x				

Sürekli Eğitim ve Sertifikasyon Güncellemesi

Radyasyon onkolojisi alanında uygulamalar, teknolojiler ve metodolojiler genişlemeye ve gelişmeye devam ediyor. Ömür boyu öğrenme yeni bilgilerin klinik pratikle birleştirilmesini sağlamak için hayati önem taşır. Bu nedenle disiplinler arası her bir takım üyesinin Continuing Medical Education (CME)'in bir üyesi olmalı ve Maintenance of Certification (MOC) programları uygulanmalıdır.

Amerikan Tıp Uzmanlıkları Kurulunun (ABMS) rehberliğinde, hekimlere ve diğer sağlık hizmeti sağlayıcılarına daha fazla gözetim sağlamak için medikal uzmanlıklara yönelik MOC programları geliştirilmiştir. ABMS, MOC'nin dört bileşenini tanımlar: mesleki duruş, yaşam boyu öğrenme ve öz değerlendirme, bilişsel uzmanlık ve uygulama kalitesinin iyileştirilmesi. MOC bazı durumlarda zorunlu olmasa bile iyi klinik uygulama-

maların yapılması için kritik bir bileşen olarak kabul edilir.

MOC gereksinimlerini karşılamak, birçok uzmanlık alanında klinik için fırsatlar sunar. Örneğin, ASTRO yaşam boyu öğrenme gereksinimlerini karşılamak için canlı ve çevrimiçi kurslar sunmaktadır. Radyasyon onkologlarının pratik kalite geliştirme gereksinimlerini yerine getirmelerine yardımcı olmak için ASTRO, Mükemmellik İçin Akreditasyon Programı (APEX®) ve RO-ILS: Radyasyon Onkolojisi Olayı Öğrenme Sistemi® dahil olmak üzere çeşitli ASTRO programlarıyla birlikte kullanılmak üzere birkaç şablon sunar. ACR, R-O PEER programına sahiptir ve AAPM, fizikçiler için çevrimiçi öz değerlendirme modül kütüphanesi gibi benzer girişimler sunmaktadır.

Kadro Gereksinimleri

Tablo 2: Bazı Kadro Gereksinimi Örnekleri

Kategori	Gerekli Personellendirme
Medikal Yönetici	Her 1 merkez için 1 tane (Tecrübeli Radyasyon Onkoloğu)
Radyasyon onkoloğu	Tedavi saatlerini karşılayabilecek en az 1 onkolog*
Fizik Uzmanı	Tedavi saatlerini karşılayabilecek en az 1 fizik uzmanı*
İdareci (admin)	Her 1 merkez için 1 tane (bazı uygulamalarda bu fonksiyon klinik ekip içinde doldurulur)**
Dozimetriz	İhtiyaç duyulan kadar, ~ yılda tedavi gören her 250 hastaya 1 adet ***
Radyasyon Terapisti	İhtiyaç duyulan kadar, ~ yılda tedavi gören her 90 hastaya 1 adet ***
Mold Odası	Hizmeti uygulama ihtiyacı kadar
Teknisyeni	Hizmeti uygulama ihtiyacı kadar
Diğer Personel (örn. Hemşire sosyal hizmetli, diyetisyen,...vb.)	Hizmeti uygulama ihtiyacı kadar

* Tedavinin gerçekleşmesi için minimum gereksinimleri ifade eder. Hastalara güvenli bir şekilde klinik tedavi sağlamak için gereken klinik personel sayısının daha yüksek olması muhtemeldir.

** Bu sayı, hastaların ve tedavilerin karmaşıklığına bağlı olarak daha yüksek veya daha düşük olabilir.

*** Herhangi bir harici işin tedavisi için en az iki katifiye kişi bulunması önerilir.

Her tesisin personel ihtiyaçları hasta çeşitliliğinin yanı sıra sunulan hizmetlerin türü ve karmaşıklığı açısından benzersizdir ve değişebilir.

Tam zamanlı çalışanlar (FTE) ile hasta yükü, makine ve uydu / bağlı merkezlerin sayısına bağlı paylaştırılacak insan gücü; öğretim sorumlulukları ve tatil zamanı birlikte değerlendirilerek ihtiyaç belirlenir. **(Tablo 2)**

Radyasyon onkolojisi tesisi hastaların ihtiyaçları ve tedaviye dönük acil durumlarla ilgilenme sebebiyle 7 gün boyu 24 saat etkileşime açık kalifiye radyasyon onkolojisi uzmanına sahip olmalıdır.

Radyasyon onkoloji ekibindeki yeterli sayıdaki diğer üyeler acil tedavileri uygulamak için mesai dışı saatlerde mevcut olmalıdır. Aksi takdirde tedavilerin zamanında sağlanması için tesis acil hastaların sevk edilmesine yönelik düzenlemeleri yapmalıdır.



Med. Fiz. Uzm. Uğur Akbayırlı

1988 yılında İzmir’de doğdu. 2013 yılında Hacettepe Üniversitesi Fizik Mühendisliği bölümünden mezun oldu. 2017 yılında ise Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Radyoterapi Fiziği yüksek lisans programından mezun oldu. 2017

güz döneminden bu yana Çukurova Üniversitesi Biyoteknoloji programında doktora eğitime devam etmektedir. 2015 – 2017 yılları arasında Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı’nda Medikal Fizik Uzmanı olarak görev yapmıştır. 2017 yılından bu yana Medideal Medikal Projeler ve Çözümler A.Ş. bünyesinde Medikal Fizik Uzmanı olarak bulunmakta ve Sakarya Üniversitesi Radyasyon Onkolojisi bölümünde çalışmaktadır.



Med. Fiz. Uzm. M. Mustafa Tintaş

1987 yılında Afyonkarahisar’da doğdu. 2012 yılında Ege Üniversitesi Fizik Bölümü’nden mezun oldu. 2016 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi Medikal Fizik Bölümünden yüksek lisans diploması aldı. 2016-2017 yıllarında Medideal Medikal Projeler ve Çözümler

A.Ş. ye bağlı olarak Haydarpasha Numune Eğitim ve Araştırma Hastanesinde Medikal Fizik Uzmanı olarak görev yaptı. 2017 Kasım ayı itibarıyla aynı şirket bünyesinde Sakarya Üniversitesi Eğitim ve Araştırma Hastanesinde Sorumlu Medikal Fizik Uzmanı olarak görevine devam etmektedir.

AYIN BÖLÜMÜ

BALIKESİR ATATÜRK ŞEHİR HASTANESİ
RADYASYON ONKOLOJİSİ BÖLÜMÜ

Med. Fiz. Uzm. Sinem Güngör

Balıkesir Atatürk Şehir Hastanesi; 1100 yatak kapasiteli ve toplamda 196.500 m² kapalı alan üzerine kurulmuş olup şehirdeki Devlet Hastanesi ve Göğüs Hastalıkları Hastanesi'nin birleşimiyle Nisan 2017 'de hizmet vermeye başlamıştır. Radyasyon Onkolojisi Bölümü olarak Ocak 2019 tarihinde Baytuna Sağlık Hizmetleri Firması işletmesi ile hasta alımına başlanmıştır. İleri teknoloji sistemlerimizin getirdiği olanaklar ve tecrübeli personelimiz ile beraber, Balıkesir ili ve çevresindeki bölgelerden gelen hastalarımıza kaliteli ve etkin tedavi vermek; 10 yılı aşkın süredir şehirde başarıyla sağladığımız radyoterapi hizmetini aynı duyarlılık ve kalite ile devam ettirmek misyonumuzdur. Vizyonumuz, uzun süre beraber çalışmanın kazandırdığı ekip ruhu ve çalışma düzeni sayesinde heyecanımızı hiç kaybetmeyen ve hastalarımıza güven veren bir klinik olmaktır. Elekta



Versa HD Marka 2 adet Lineer Hızlandırıcı cihazımız ile IMRT, VMAT, IGRT ve SRS/SBRT tekniklerini kullanarak ilk 5 ayımızda toplamda 600 üzeri hasta tedaviye almış bulunmaktayız.

CİHAZ VE EKİPMAN PARKURU

Linak-1 Elekta Versa HD: Foton [6MV-10MV-15MV-6FFF-10FFF], Elektron [4MeV, 6MeV, 9MeV, 12 MeV, 15 MeV], 160 MLC Agility, IMRT-VMAT-CBCT

Linak-2 Elekta Versa HD: Foton [6MV-10MV-6FFF-10FFF], 160 MLC Agility, IMRT-VMAT-CBCT.

Planlama BT: Siemens Somatom Emotion 16 Slice

Planlama: MONACO 5.11.02 TPS, MONACOSIM, MONASAIQ

Dozimetrik Ekipman: PTW MP3-M Water Phantom ve Semiflex Dedektör, PTW Octavius 4D ve PTW 7/29 2D Array, PTW Absolute Doz Ölçüm Sistemi (Unidos Weblene Elektrometre, Farmer-Roos-Diyot SRS Dedektörler) ve Katı Fantom Seti, CT ve CBCT fantomları (Catphan ve Penta-Guide).

Immobilizasyon: ITV Sistemleri ve Body Fix Blue Bag

Radyasyon Onkolojisi Uzmanları

Dr. Gülden ANGIN
 Dr. Mustafa AKIN
 Dr. Sinan EZİRMİK
 Dr. Fatime AĞGİL
 Dr. Funda ÇUKURÇAYIR

Medikal Fizik Uzmanları

Boran M. GÜNGÖR
 Sinem GÜNGÖR
 Sercan BİLKOLAR

Radyoterapi Teknikerleri

Çiğdem GÜL
 Hakan KARAASLAN
 Ömer ŞERAN
 Ahmet KIRAL
 Erden ŞAKAR
 Özge MERAL
 Merve GÜLER
 Beyza Nur CAN

Radyoterapi Sekreterleri

Eda AYBEY
 Bahar CAKAL

Radyoterapi Hemşire

Kübra ISLAK

Hizmetli

Derya CANER

**Med. Fiz. Uzm. Sinem Güngör**

1981 yılında Gölcük'te doğdu. İlk ve orta öğrenimini İzmir'de tamamladı. 2004 yılında Ankara Üniversitesi Fizik Mühendisliği Bölümünü bitirdi ve 2007 yılında Medikal Fizik yüksek lisans diplomasını aldı. 2009 yılında hayatını bir Medikal Fizik Uzmanı (Boran Güngör) ile birleştirdi; böylelikle Medikal Fiziğe tamamen gönül vermiş oldu. 2011 yılında doktora başladı, tezini bitirme aşamasına geldi. Çalışma hayatına 2005 yılında GATA' da başladı. Mart 2009 'da Balıkesir Devlet Hastanesi Radyasyon Onkolojisi Bölümü'ne sağlık fizikçisi olarak atandı. Ocak 2012 'den itibaren aynı bölümde MNT Sağlık Hizmetleri AŞ bünyesinde devam etti ve Ocak 2019 tarihinde ekibin büyük çoğunluğu ile beraber Balıkesir Atatürk Şehir Hastanesi Radyasyon Onkolojisi Bölümü 'nde, Baytuna Sağlık Hizmetleri Bünyesinde yeni klinik kurulumundan itibaren çalışmaktadır.

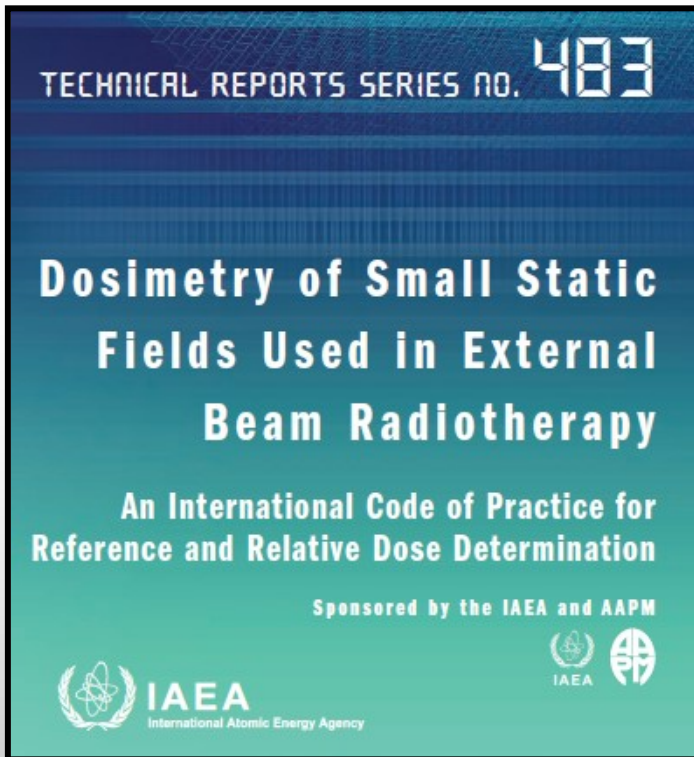
YAZI DİZİSİ 2: TECHNICAL REPORTS SERIES NO: 483

CHAPTER 3: KONSEPT VE FORMALİZM

Med. Fiz. Uzm. Nadir Küçük

Bildiğiniz gibi dergimizin 21. sayısı ile mesleğimizde önemli raporların çevirilerini bölüm bölüm sizlerle paylaşmaya başladık. İlk çevrilecek raporun IAEA'nin "Technical Reports Series no. 483" olması gerektiği konusunda editör grubu olarak hemfikir olduk. Bu raporun 1 ve 2 nolu bölümlerini geçen sayıda sizlerle paylaştık. Bu sayıda raporun 3 no'lu bölümü sizin dikkatine sunulmuştur. Faydalanılacak bir yazı olacağı umundayız.

Bu bölümde raporda bahsedilen küçük alan dozimetri uygulamalarının temelinde yatan konseptler ve formalizm üzerinde durulacaktır. Bazı dataları mevcut spesifik cihaz/detektör kombinasyonları ile belirgin olmayan diğer durumlar için bir ayırım yapılmıştır.



3.1. KÜÇÜK ALAN KAVRAMI

3.1.1. Alan Boyutu Tanımı

Bu raporda alan boyutu, dikdörtgen ve dairesel alanlar için ölçülen mesafede tanımlanan alan olarak tarif edilmektedir. Alan boyutu kontamine elektronların katkısının yeterince az olduğu uygun derinlikte ölçülen lateral ışın profilinin Field Width at Half Maximum

(FWHM)'da tanımlanmaktadır. Genellikle tarihsel olarak flatness'ın 10 cm derinlikle ölçülmesi ve kontamine elektronların etkisinin bu derinlikte az olması nedeniyle, su içinde detektörün referans noktasının izomerkezde olduğu 10 cm derinlik alan boyutu tanımlaması için önerilmektedir.

Raporda küçük alanlar için output düzeltme faktörleri eşdeğer kare küçük alan boyutların fonksiyonu olarak çizelgeye geçirilmiştir. Kare olmayan alanlar için, output düzeltme faktörlerinin aynı olduğu eşdeğer kare küçük alan boyutu tayin edilen bir metot sağlandı. Kare eşdeğeri olan ve olmayan alanları basitleştiren bu metot raporun diğer bölümlerinde detaylı açıklanacaktır.

3.1.2. msr Alanı

Konvansiyonel 10cm x 10cm referans alanın oluşturulmadığı yüksek enerjili foton ışını üreteçlerinde (cihazlarında), boyutları mümkün olduğunca bu konvansiyonel referans alana yakın ve referans iyon odasının dış sınırından en az r_{LCPE} mesafe uzaklığa uzanan bir msr (machine spesifik reference) alanı tanımlanır. Tüm alanların 10 cm x 10 cm referans alandan daha küçük olduğu durumlarda msr alanı genellikle referans alana en yakın elde edilen alan olarak tanımlanmaktadır. Farklı radyoterapi cihazları için spesifik msr alanları örnekleri bölüm 3.3 ve daha detaylı olarak bölüm 5'de anlatılmaktadır.

3.1.3. Lateral Yüklü Parçacık Denge (LCPE) Aralığı

Lateral Charged Particel Equilibrium (LCPE) denge şartlarının olduğu durumda, alan boyutu ve minimum detektör boyutu arasındaki ilişkiyi oluşturmak için r_{LCPE} önemli bir parametredir. r_{LCPE} ışın enerjisine bağlıdır ve ışın kalite faktörü $TPR_{20,10}$ 'a bağlı olarak aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$r_{LCPE} = 8.369 \times TPR_{20,10}(10) - 4.382$$

İşin kalite indeksi olarak %dd (10,10)_x kullanıldığında

ise;

$$r_{LCPE} = 77.97 \times 10^{-3} \times \%dd(10,10)_x - 4.112$$

formülünden hesaplanabilmektedir.

3.1.4. Volume Averaging (Hacim Averajı)

Hacim averaj düzeltme faktörü, detektörün olmadığı su fantomunda referans noktadaki absorbe dozun, detektörün duyarlı hacmi üzerindeki (hala detektör bulunmamakta) ortalama absorbe doza orandır. Hacim averaj düzeltme faktörü aşağıdaki eşitlik ile hesaplanabilir:

$$k_{vol} = \frac{\iint_A w(x,y) dx dy}{\iint_A w(x,y) OAR(x,y) dx dy}$$

x,y =Işın merkezi eksenine ortogonal eksenlerin koordinatları

A =Işın ekseninde ortogonal düzlemde detektörün hassas hacminin projeksiyon alanı

$OAR(x,y)$ =off-axis ratio

$w(x,y)$ =Işın lateral koordinatlarının (x ve y) fonksiyonu olarak ışın eksenini (z) boyunca iyon odasının hava kavitelinin dağılımını gösteren ağırlık fonksiyonu. Paralel plak detektör geometrileri için $w(x,y)$ integrasyon alanı boyunca tektir.

Hacim averaj düzeltme faktörü hesaplama örnekleri raporun Ek bölüm I içerisinde verilmektedir.

3.1.5 Işın Kalitesi

Konvansiyonel yüksek enerjili foton ışınlamalarında ışın kalite indeksi olarak $TPR_{20,10}$ veya $\%dd(10,10)_x$ kullanılmaktadır. 10 cm x10 cm referans alan oluşturulmadığı durumlarda, olası en geniş alan boyutu S (dairesel veya dikdörtgen alanda eşdeğer msr alan boyutu S) için Palmans (ref 38) tanımlaması kullanılarak $TPR_{20,10}(S)$ veya $\%dd(10,S)_x$ ölçümü tavsiye edilmektedir. SSD mesafesinin 100 cm olmadığı durumlarda, farklı elektron kontaminasyonu ve saçılma koşulları için ters kare kanununu hesaba katan ek dü-

zeltme faktörü gerekmektedir.

Eşdeğer alan boyutu kavramı küçük alanlarda çok daha farklıdır. Kafa saçılmaları ve potansiyel fantom saçılmaları kaybı durumu söz konusu olması nedeniyle bu protokolda küçük alanlar eşitliği, benzer detektör perturbasyon faktörleri veren alanlar temelinde irdelenmiştir. Bu amaçla, bir *dikdörtgen* alanının uzunluk ve genişliğinin geometrik ortalamasının, eşdeğer *kare* küçük alan boyutunu temsil ettiği gösterilebilmektedir. Bu şu anlama gelir; eşdeğer *kare* küçük alan, *dikdörtgen* alan ile aynıdır ve bu yaklaşım bir *dairesel* küçük alana eşit, *kare* küçük alan türetilmesi hipotezinin geçerliliğini de ortaya koyar. 4 cm altındaki *kare* alan boyutlarında fantom saçılma faktörleri, kolimasyona ve linak tipinden bağımsız olmasına rağmen ölçüm derinliğine ve *kare* alan boyutlarından oluşan toplam alana bağlıdır. Bu nedenle 4 cm, *geniş* ışın (broad beam) eşdeğer alan boyutu metodu ile küçük alan eşdeğer alan boyutu metodu arasında sınır değeri olarak kabul edilmiştir.

3.2 SUDAKİ REFERANS ABSORBE DOZ TAYİNİ İÇİN FORMALİZM

Küçük alan foton dozimetri için bu protokolda iki basamak tanımlanmıştır; a) Aşağıdaki bölümlerde tanımlanan formalizmi takip eden *referans* dozimetri b) Alan output faktörlerinin tayini için verilecek olan rehberi takip eden *rölatif* dozimetri.

Işın üreten cihazlarda 10 cm x 10 cm alan boyutu açılabilirse bu protokolün referanslarında belirtilen çalışmalar veya bu çalışmalara eşdeğer protokoller yardımıyla referans dozimetri uygulanır. Konvansiyonel 10 cm x 10 cm alan boyutunun açılmadığı cihazlarda ise bu yazının başında bahsedildiği üzere msr alanı tanımlanır. Eğer detektörün boyutu d (detektörün dış sınırları arasındaki en uzun mesafe) ise alanın FWHM'u aşağıdaki şartı sağlaması gerekmektedir;

$$FWHM \geq 2r_{LCPE} + d$$

Örneğin $TPR_{20,10}(10)=0,677$ olan bir foton ışını ele alalım. Bu bölümde daha önce verilen r_{LCPE} eşitliğinden $r_{LCPE}=12.8$ mm elde edilebilir. Bu rapordaki bölüm

4.1.1.2 ve tablo 5'den IBA CC08 iyon odası için, kavite uzunluğu $l=4$ mm, kavite yarıçapı $r=3$ mm ve duvar kalınlığı $t_{\text{wall}}=0.07$ g/cm² ile $\rho(\text{C-552})=1.76$ g/cm³, $t_{\text{wall}}=0.40$ mm değerleri bulunabilir ve bu değerler kullanılarak *longitudinal* yönde, iyon odası dış boyutu $d_l=l+t_{\text{wall}}=4.4$ mm ve *radial* olarak $d_r=2(r+t_{\text{wall}})=6.8$ mm olarak hesaplanabilir. En geniş detektör boyutu $d=d_r$ olduğundan ve bu örnekte $d_r>d_l$ olduğundan 100 mm derinlikte su içinde FWHM formülü kullanılarak $\text{FWHM}=2 \times 12.8 + 6.8=32.5$ mm değeri elde edilir.

3.2.1. msr Alanları Referans Dozimetrisi için Yaklaşımlar

3.2.1.1. msr alan için özel olarak kalibre edilen detektörler

Referans dozimetri için tercih edilen yaklaşım genelde direk olarak msr alanda (f_{msr}) kalibrasyon katsayısı elde etmektir. Standart laboratuvar da hesaplanarak kalibrasyon katsayısı şeklinde elde edilecek hale getirilir. Bu durumda, iyon odası yokluğunda suda z_{ref} derinliğinde suda absorbe doz;

$$D_{w,Q_{\text{msr}}}^{f_{\text{msr}}} = M_{Q_{\text{msr}}}^{f_{\text{msr}}} N_{D,w,Q_{\text{msr}}}^{f_{\text{msr}}}$$

şeklinde tanımlanır. Q_{msr} msr alanı için ışın kalitesi (unutmayalım ki bu konvansiyonel referans alan ışın kalitesinden farklı olacaktır), $M_{Q_{\text{msr}}}^{f_{\text{msr}}}$ msr alanda f_{msr}

düzeltilmeleri yapılmış dozimetre okuması, $N_{D,w,Q_{\text{msr}}}^{f_{\text{msr}}}$ ise Q_{msr} ışın kaliteli f_{msr} alanı için standart laboratuvar da iyon odası ile suda absorbe doz tayini için elde edilen kalibrasyon katsayısı. Bu yaklaşım henüz çok yaygın olmamakla birlikte bazı standart laboratuvarlar hastanenin msr alanı için iyon odalarının kalibrasyonlarını sağlamaktadırlar. Kalibrasyon katsayıları çapraz-kalibrasyon yolu ile ayrıca elde edilebilir.

3.2.1.2. Jenerik demet kalite düzeltme faktörünün olduğu koşullarda konvansiyonel bir referans alan için kalibre edilmiş iyon odası

Birçok durumda, iyon odası kalibrasyon katsayısı, konvansiyonel 10 cm x 10 cm referans alan f_{ref} için Q_0 ışın

kalitesi kalibrasyonunda ölçülmüştür. Detektör kalibrasyonunun yapıldığı ışın kalitesinden farklı bir ışın kalitesinde kalibrasyon katsayısı kullanılmak istenildiğinde, ışın kalite düzeltme faktörüne ihtiyaç vardır. Bu şartlarda msr alanı için suda absorbe doz aşağıdaki gibi verilir;

$$D_{w,Q_{\text{msr}}}^{f_{\text{msr}}} = M_{Q_{\text{msr}}}^{f_{\text{msr}}} N_{D,w,Q_0}^{f_{\text{ref}}} k_{Q_{\text{msr}},Q_0}^{f_{\text{msr}},f_{\text{ref}}}$$

$M_{Q_{\text{msr}}}^{f_{\text{msr}}}$ msr alanda (f_{msr}) basınç, sıcaklık gibi düzelt-

meleri yapılmış dozimetrenin okuması, $N_{D,w,Q_0}^{f_{\text{ref}}}$ standart laboratuvar da Q_0 ışın kalitesiyle konvansiyonel 10cmx10cm referans kalibrasyon alanı (f_{ref}) için ölçülen iyon odasının sudaki absorbe doz cinsinden kalib-

rasyon katsayısıdır. $k_{Q_{\text{msr}},Q_0}^{f_{\text{msr}},f_{\text{ref}}}$ ise standart laboratuvar da Q_0 ışın kalitesinde konvansiyonel referans kalibrasyon alanında (f_{ref}) iyon odası cevabı ile Q_{msr} ışın kalitesinde msr alanında (f_{msr}) iyon odası cevabı arasın-

daki farkı düzelteren faktördür. $k_{Q_{\text{msr}},Q_0}^{f_{\text{msr}},f_{\text{ref}}}$ aşağıdaki gibi ifade edilir;

$$k_{Q_{\text{msr}},Q_0}^{f_{\text{msr}},f_{\text{ref}}} = \frac{N_{D,w,Q_{\text{msr}}}^{f_{\text{msr}}}}{N_{D,w,Q_0}^{f_{\text{ref}}}} = \frac{D_{w,Q_{\text{msr}}}^{f_{\text{msr}}} / M_{Q_{\text{msr}}}^{f_{\text{msr}}}}{D_{w,Q_0}^{f_{\text{ref}}} / M_{Q_0}^{f_{\text{ref}}}}$$

Çoğu zaman Q_0 ⁶⁰Co gamma ışınıdır fakat bazen yüksek enerjili X-ışını da olabilir. İdeal olan kalibrasyon msr ve referans alanlarda iyon odası ile kalibrasyonu yaparak direk olarak ışın kalite faktörünü tayin etmektir. Klinik cihazlar için çok az standart laboratuvar bu tip kalibrasyonları yapabilmektedir. Bazı tip cihazlar için jenerik deneysel ışın kalitesi düzeltme faktör değerleri mevcuttur. Bazı cihazlar ve bir iyon odası tipi için Monte Carlo ile hesaplanmış ışın kalite düzeltme faktörleri tayin edilebilir;

$$k_{Q_{\text{msr}},Q_0}^{f_{\text{msr}},f_{\text{ref}}} = \frac{D_{w,Q_{\text{msr}}}^{f_{\text{msr}}} / \bar{D}_{\text{air},Q_{\text{msr}}}^{f_{\text{msr}}}}{D_{w,Q_0}^{f_{\text{ref}}} / \bar{D}_{\text{air},Q_0}^{f_{\text{ref}}}}$$

Eşitliğin sağ tarafındaki tüm değerler Monte Carlo simülasyonu ile hesaplanmaktadır. D_w ölçüm noktasında suda absorbe doz ve D_{air} iyon odası kavitesinin içindeki havada ortalama absorbe dozdur. Jenerik deneysel ve Monte Carlo hesaplamalı ışın kalite düzeltme faktörleri bazı tip cihaz/iyon odası kombinasyonları için bölüm 5’de listelenmektedir. Bu tip veriler Gamma Knife, CyberKnife ve TomoTherapy cihazları için sınırlı sayıda detektör tipi için mevcuttur. Unutulmasın ki bazı durumlarda standart laboratuvarda msr

alan için elde edilen kalibrasyon katsayısı $N_{D,w,Q_0}^{f_{msr}}$ klinik msr alan ışın kalitesine tam olarak benzemeyebilir. Bu durumda aşağıdaki formül kullanılabilir;

$$D_{w,Q_{msr}}^{f_{msr}} = M_{Q_{msr}}^{f_{msr}} N_{D,w,Q_0}^{f_{msr}} k_{Q_{msr},Q_0}^{f_{msr},f_{ref}}$$

3.2.1.3 Jenerik demet kalite düzeltme faktörünün olmadığı koşullarda konvansiyonel bir referans alan için kalibre edilmiş iyon odası

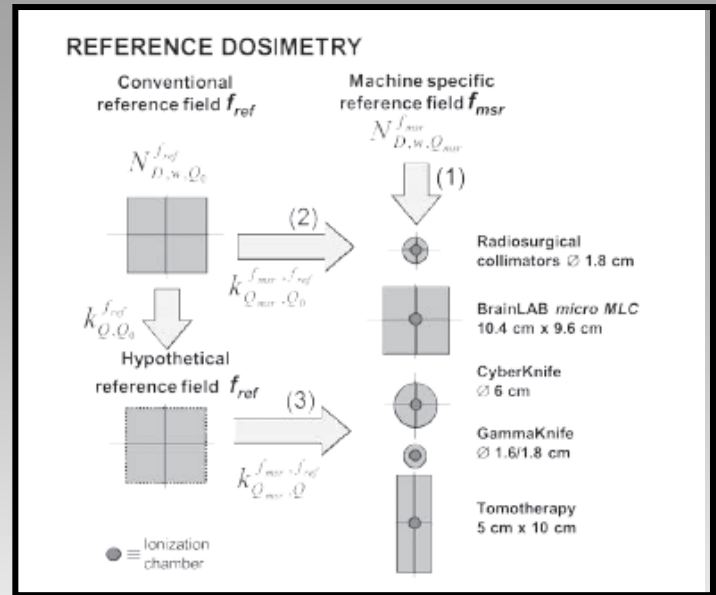
Jenerik ışın kalite düzeltme faktörlerinin olmadığı durumlarda üçüncü yaklaşım takip edilebilir. Bu yaklaşımda msr alan için suda absorbe doz aşağıdaki gibi verilir;

$$D_{w,Q_{msr}}^{f_{msr}} = M_{Q_{msr}}^{f_{msr}} N_{D,w,Q_0}^{f_{ref}} k_{Q,Q_0}^{f_{ref}} k_{Q_{msr},Q}^{f_{msr},f_{ref}}$$

$M_{Q_{msr}}^{f_{msr}}$ msr alanda f_{msr} düzeltmeleri yapılmış dozimet-

re okuması, $N_{D,w,Q_0}^{f_{ref}}$ standart laboratuvarda ölçülen konvansiyonel 10 cm x 10 cm referans kalibrasyon alanı f_{ref} için Q_0 ışın kalitesinde iyon odası ile suda absorbe doz tayini için elde edilen kalibrasyon katsayısı,

$k_{Q,Q_0}^{f_{ref}}$ standart laboratuvarda Q_0 ışın kalitesinde konvansiyonel referans kalibrasyon alanında f_{ref} iyon odası cevabı ve aynı cihazın msr alan f_{msr} kullanarak bir ışın kalitesi Q ile konvansiyonel 10 cm x 10 cm referans alanındaki f_{ref} iyon odası cevabı arasındaki farkı



Şekil 12: Bu protokoldeki formülasyona göre küçük statik alanların dozimetresinin şematik özeti.

düzelten faktördür. $k_{Q_{msr},Q}^{f_{msr},f_{ref}}$ aynı cihazın msr alan f_{msr} kullanarak bir ışın kalitesi Q ile konvansiyonel 10 cm x 10 cm referans alanındaki f_{ref} iyon odası cevabı ve Q_{msr} ışın kalitesi ile msr alan f_{msr} iyon odası cevabı arasındaki farkı düzelten faktördür.

Daha önce açıklandığı üzere msr alan ihtiyacı, konvansiyonel dozimetri protokolleri kullanarak tedavi cihazında 10 cm x 10 cm alanı oluşturmanın imkânsız olmasından dolayı ortaya çıkmıştır. Bir 10 cm x 10 cm alan oluşturulamadığı durumlarda, f_{ref} hypothetical 10 cm x 10 cm referans alan olarak isimlendirilebilir. Hypothetical referans alan f_{ref} deneysel olarak oluştur-

lamadığından $k_{Q_{msr},Q}^{f_{msr},f_{ref}}$ direk ölçümü mümkün değildir.

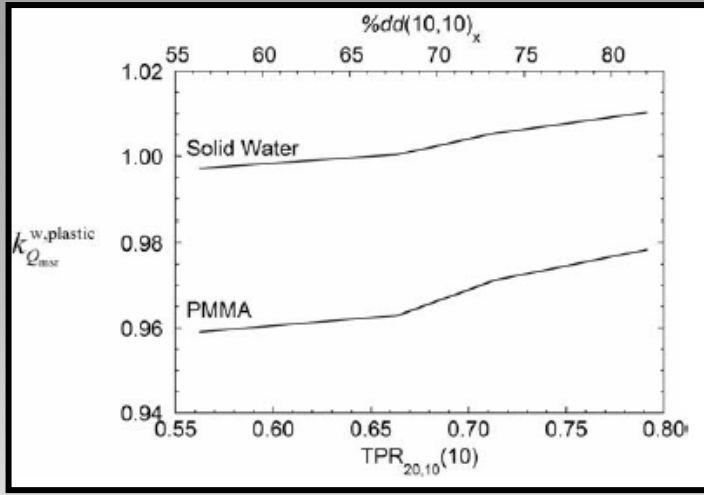
Aşağıda Şekil 12’de (şekil numaraları protokoldeki gibi isimlendirilmiştir) bu üç yaklaşım gösterilmektedir;

3.2.2. Su yerine plastik fantomlarda ölçüm

Suda absorbe doz formülasyonundan Seuntjens ve ark bir modifikasyon tanımlanışlardır;

$$D_{w,Q_{msr}}^{f_{msr}}(z_{ref}) = M_{plastic,Q_{msr}}^{f_{msr}}(z_{eq,plastic}) N_{D,w,Q_0}^{f_{ref}} k_{Q_{msr},Q_0}^{f_{msr},f_{ref}} k_{Q_{msr}}^{w,plastic}$$

$M_{plastic,Q_{msr}}^{f_{msr}}(z_{eq,plastic})$ Plastik fantomda düzeltilmiş



Şekil 13. Monte Carlo hesaplamaları temel alınarak 10cmx10cm referans alanda katı su (Gammex RMI 457) ve PMMA için foton doz dönüşüm faktörü örnek verile-ri

iyon odası okuması, $k_{Q_{msr}}^{w,plastic}$ ise fantom doz dönüşüm faktörüdür. Elektron yoğunluklarına göre ölçeklendirildiğinde suda referans derinlikteki z_{ref} plastik fantomdaki derinlik $z_{eq,plastic}$ ile eşdeğerdir. Genellikle foton akısının eşit olduğu nokta eşdeğer derinlik noktası olarak tanımlanır.

Fantom doz dönüşüm faktörü $k_{Q_{msr}}^{w,plastic}$ deneysel olarak tayin edilebilir. Su fantomunda z_{ref} derinliğinde düzeltilmiş iyonizasyon odası okumasının plastik fantomda $z_{eq,plastic}$ derinliğindeki okumaya oranı fantom doz dönüşüm faktörünü vermektedir. Seuntjens ve ark. hesapladıkları değerler Şekil 13'de gösterilmiştir.

3.2.3. Alan output faktörlerinin tayini

msr alan referans dozimetrisine bağlı olarak klinik alanların dozimetrisinde *alan output faktörleri* kullanılır. Bu faktörler "total scatter factors" (toplam saçılma faktörleri) veya "relative dose factors" (rölatif doz faktörleri) olarak da adlandırılmaktadır. Cihaz spesifik re-

ferans alana f_{msr} bağlı alan output faktörü $\Omega_{Q_{clin},Q_{msr}}^{f_{clin},f_{msr}}$, Q_{clin} ışın kalitesinde f_{clin} klinik alanda suda absorbe dozun, Q_{msr} ışın kalitesinde cihaz spesifik referans alanda f_{msr} suda absorbe doza oranı olarak tanımlanmaktadır.

Alan output faktörleri detektör okumalarına bağlı yukarıdaki gibidir;

$$\Omega_{Q_{clin},Q_{msr}}^{f_{clin},f_{msr}} = \frac{D_{w,Q_{clin}}^{f_{clin}}}{D_{w,Q_{msr}}^{f_{msr}}}$$

$$\Omega_{Q_{clin},Q_{msr}}^{f_{clin},f_{msr}} = \frac{M_{Q_{clin}}^{f_{clin}}}{M_{Q_{msr}}^{f_{msr}}} k_{Q_{clin},Q_{msr}}^{f_{clin},f_{msr}}$$

Bu eşitlikte çok açıkça görüldüğü gibi okumaların oranı alan output faktöre eşit değildir ve alan output faktörü elde edebilmek için bu oranların output düzeltme faktörleri ile çarpılması gerekmektedir. Output dü-

zeltme faktörü $k_{Q_{clin},Q_{msr}}^{f_{clin},f_{msr}}$ direk ölçüm değerlerinden, deneysel jenerik değerden veya Monte Carlo ile hesaplanan değerden tayin edilebilir;

$$k_{Q_{clin},Q_{msr}}^{f_{clin},f_{msr}} = \frac{D_{w,Q_{clin}}^{f_{clin}} / \bar{D}_{det,Q_{clin}}^{f_{clin}}}{D_{w,Q_{msr}}^{f_{msr}} / \bar{D}_{det,Q_{msr}}^{f_{msr}}}$$

f_{msr} 'den f_{clin} 'e kadar tüm alan boyutu aralığı için uygun detektör mevcut değil ise, küçük alan şartları oluşmadıysa mümkün olan en küçük "intermediate" alana f_{int} kadar iyon odası kullanılması, küçük alan ölçümlerinde ise enerji bağımlılığı etkisini azaltmak için diyot gibi uygun küçük alan detektörünün kullanılması önerilmektedir. Intermediate alan metodu (IFM) kullanılarak alan output faktörü aşağıdaki eşitlikten elde edilebilir; ("det" küçük alan detektörü, "IC" iyon odası anlamına gelmektedir)

$$\Omega_{Q_{clin},Q_{msr}}^{f_{clin},f_{msr}} = \left[\Omega_{Q_{clin},Q_{int}}^{f_{clin},f_{int}} \right]_{det} \left[\Omega_{Q_{int},Q_{msr}}^{f_{int},f_{msr}} \right]_{IC}$$

Alan output faktörü ile ilgili protokoldeki eşitlik (18) kullanılarak yukarıdaki eşitlik şu şekilde oluşur;

$$\Omega_{Q_{\text{clin}}^{f_{\text{clin}}}, Q_{\text{msr}}^{f_{\text{msr}}}} = \left[\frac{M_{Q_{\text{clin}}}^{f_{\text{clin}}}}{M_{Q_{\text{int}}}^{f_{\text{int}}}} k_{Q_{\text{clin}}^{f_{\text{clin}}}, Q_{\text{int}}^{f_{\text{int}}}} \right]_{\text{det}} \left[\frac{M_{Q_{\text{int}}}^{f_{\text{int}}}}{M_{Q_{\text{msr}}}^{f_{\text{msr}}}} k_{Q_{\text{int}}^{f_{\text{int}}}, Q_{\text{msr}}^{f_{\text{msr}}}} \right]_{\text{IC}}$$

Bazı radyoterapi cihazları için msr alanları Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Bazı ortak radyoterapi cihazları için msr alanları

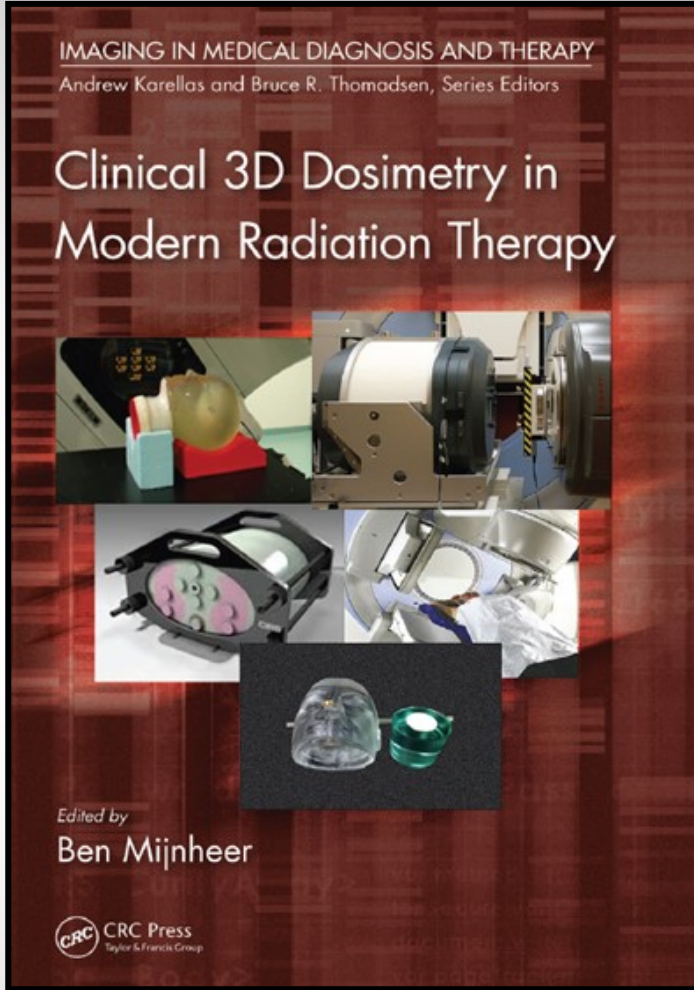
Machine type	msr field
CyberKnife	6 cm diameter fixed collimator
TomoTherapy	5 cm × 10 cm field
Gamma Knife	1.6 cm or 1.8 cm diameter collimator helmet, all sources simultaneously out
Brainlab micro MLC add-on	For example 9.8 cm × 9.8 cm or 9.6 cm × 10.4 cm
SRS cone add-ons	The closest to a 10 cm × 10 cm equivalent square msr field achievable

KİTAP RÖPORTAJI: BEN MIJNHEER

CLINICAL 3D DOSIMETRY IN MODERN RADIATION THERAPY

Med. Fiz. Uzm. Sevtap Yıldırım

Editörü Ben Mijnheer'den geçen yıl CRC Press yayınlarından çıkardığı "Modern Radyoterapide Klinik 3D Dozimetri" kitabını kendi ağzından dinleyelim. Güzel bir söyleşi sizi bekliyor.



Kitabınızın ana hatlarından bahsedermisiniz biraz?

Kitap, klinik dozimetriyi çeşitli yönleriyle ele alan 5 ana bölüm ve 26 alt bölümden oluşmaktadır. Kitabın farklı bölümlerinde ana başlıklar özetlendikten sonra "giriş" bölümünde, klinik bir ihtiyaç olan doğru 3D dozimetri farklı bakış açılarıyla anlatılmaktadır. Kitabın enstrümantasyon bölümü olan ikinci bölümünde OD'den (nokta detektörler kullanarak) 4D dozimetriye kadar farklı tipteki birçok dozimetrisinin aktif kullanıcıları durumundaki uzman kişiler tarafından özel uygulamaları açıklanmaktadır. Detektörlerin 3D dozimetri için önem taşıyan özelliklerinden kısaca bahsedilirken klinik uygulamaları da vurgulanmıştır. Ölçüm ve he-

saplama üzerine olan üçüncü bölümde ise hem rutin de uygulanan hem de gelişme aşamasındaki özel tedavi teknikleri için gerekli olan çeşitli 3D ve 4D dozimetri yöntemleri anlatılmaktadır. Kitabın dördüncü bölümü, "klinik uygulamalar" kısmında, 3D dozimetri yöntemleri çok çeşitli hastalık yerleşim bölgeleri ile IMRT, VMAT, brakiterapinin ve proton/karbon iyon terapiyi de içeren tedavi teknikleri açısından yoğun olarak tartışılmıştır. Kitabın son bölümünde ise radyoterapi alanında gözlemlenen teknolojik gelişmeler ile kullanılan 3D dozimetri teknikleri tanıtılmıştır.

Kitabın editörü olarak yazmaya nasıl karar verdiniz, motivasyonunuz neydi?

Bir süredir, doz tayini ve doz doğrulaması ile ilgili eski ESTRO kitapçıklarının nasıl takip edileceğini düşünüyordum. Hem ileri tedavi tekniklerinde hem de dozimetri yöntemlerinde güncel yorum ve yeni önerileri haklı çıkaracak birçok yeni gelişme vardı. Ayrıca, Amerika Birleşik Devletleri'nde bulunan medikal fizik derneği task group raporları zaten bu alanda aktif olarak çalışıyordu. Bu nedenle 2013 yılında Taylor Francis 3D dozimetri üzerine yazılmış "Tıbbi tanı ve tedavide görüntüleme" kitabı için editörlük isteğinde bulunduğu zaman biraz tereddütlüydüm. Ancak klinik 3D dozimetrisinin modern radyoterapide kullanımı hakkında bilgi birçok yerde bulunabilmektedir. 3D dozimetride yenilikler daha çok derleme makalelerde ve konferans bildirisi kitaplarında açıklanmaktadır. 3D dozimetrisinin klinik uygulamaları bazı kitaplarda bulunabilir, ancak çoğunlukla geleneksel tedavi teknikleriyle ilgilidir. Bununla birlikte, ileri tedavi tekniklerinin klinik 3D dozimetrisi hakkında bilgi ancak bilimsel literatürde bulunabilir. Bundan dolayı yeni tedavi teknolojisi ve bunun modern radyoterapiye uygulanması tasarımı ve yürütülmesinden sorumlu kişilere ciddi rehberlik sunacak bir kitabın gerçek bir ihtiyaç olduğu sonucuna vardım.

Çalışma süresince karşılaştığınız başlıca sorunlar neydi?

En büyük zorluk; çok yazarlı bir kitabın düzenlenmesi için gereken zaman konusunda çok iyimser düşünmem oldu. Beklenmedik faktörler tahmin edilenden hep daha çok oldu. Kitabın düzenlenmesi ve hazırlanması aşamasında geçen 3-4 yılda birçok şey oldu. Bu süre zarfında, bazı yazarlar; aniden ortaya çıkan ağır iş yükü, iş değişimi ya da personel problemleri gibi beklenmeyen sorunlarla karşılaştıklarını, bu yüzden kitabın bölümlerine katkılarında gecikme yaşandığını belirttiler. Her ne kadar tüm yazarlar bölümlerini kararlaştırılmış son teslim tarihinden önce teslim etme sözü vermiş olsa da büyük bir kısmı ya çok geç gönderdiler ya da tam bir bölümü gönderemediler. Böyle bir kitabın editörü veya editör grubu bu tarz problemler için, eksik bölümlerin yazılması dâhil olmak üzere hızlı çözümler üretebilmelidir.

Kitabı diğer medikal fizik kitaplarından farklı kılan nedir?

3D dozimetri, klinik uygulamada onlarca yıldır kullanılmaktadır; ancak yakın zamana kadar büyük ölçüde iyon odaları, düzlemsel filmler ya da diyotların kullanımı gibi nokta, 1D ve 2D pratik yaklaşımlara dayanmaktadır. Bu alanda son zamanlardaki gelişmeler, donanım ve yazılımı doğru karakterize etmek ve geçerli kılmak, hasta ve organlara özgü dozları elde etmek ve doğrulamak için yeni ve yenilikçi, doğrudan 3D, yarı – 3D hatta 4D dozimetrik araç ve yöntem ihtiyacını doğurmuştur. Bu kitap, modern radyoterapide 3D dozimetrisinin doğruluğunu, enstrümantasyonunu, yöntemlerini ve klinik uygulamalarını son teknolojiyi de kapsayacak şekilde gelişmeleri ve bilgileri bir araya getirmeyi amaçlaması bakımından benzersizdir. Kitabın son bölümünde, küçük hayvanların senkrotron radyoterapi ve manyetik alan altındaki hassas ışınlanmaları için 3D dozimetrisinin klinik öncesi uygulamalarını ele alıyor. Kitabın konusu oldukça geniş olmasına rağmen ana odağı doz ölçümü oldu ancak doz hesaplamaları da kısmen tartışılmıştır. Kitapta doz hesaplama algoritmaları detaylı olarak tartışılmamakta, ancak algoritmaların doğrulanması ve bunların klinik uygulamaları

önemli bir yer teşkil etmektedir. Doz hesaplama modellerinin karakteristiği ve ölçüm cihazlarının teorik fizik yönleri birçok medikal fizik ders kitabında bulunabilir. Bu kitapta, yeni görüntü eşliğinde radyoterapi yöntemleri de dahil olmak üzere, ölçüm tekniklerindeki yeni gelişmeler ve modern radyoterapi tekniklerinin 3D dozimetrisi üzerinde duruluyor.

ESTRO faaliyetlerinin kitaba doğrudan ya da dolaylı olarak bir katkısı oldu mu? Estro'nun bu açıdan rolünü nerede görüyorsunuz?

ESTRO faaliyetlerinin doğrudan veya dolaylı katkısı oldukça makul düzeyde oldu. Bir editör olarak Avrupa faaliyetlerinin belli bir alanda yeterince aydınlatıcı olup olmadığını, ilgili bölümün konusuyla alakalı ESTRO kitapçıklarına başvurarak dikkatlice kontrol ettim. ESTRO'nun üyelerine, ESTRO'nun kitabın yayınlanmasındaki rolü hakkındaki bilgilendirmeyi şu anda yaptığımız bu röportaj sayesinde gerçekleştirilebilir. Bununla birlikte, bu kitapta yer alan 3D dozimetrisinin doğruluk şartları hakkındaki daha genel bilgilerden yeni teknolojik gelişmelerde 3D dozimetriye kadar çeşitli başlıkların birçok ESTRO kursunda tartışılmasını isterim. Ünitelerde yer alan; referans dozimetri detektörleri, küçük alan dozimetrisi, 2D, yarı-3D ve 4D dozimetri, ışık-iyon ışını dozimetrisi ve daha klinik odaklı bölümlerde hastaya özgü kalite kontrol, end-to-end testleriyle yapılan denetimler ile proton ve karbon iyon demet tedavilerinin doz doğrulaması gibi bilgiler ilgili ESTRO kursları sırasında faydalı olabilir.

Deneyimlerinize göre, böyle bir kitabı düzenlerken diğer editörlere önerileriniz ne olur?

Diğer editörlere en öncelikli önerim, bu tarz heyecan verici ancak zaman alan bir projeye, beklenmedik problemlere zamanında müdahale edebilecek birkaç (3 veya 4) yardımcı editör ile başlamaları olur. Bu sadece yazarlarla olan iletişimi birkaç kişiyle paylaşmayla ilgili değil aynı zamanda editörlük sürecinin düşündüğünden daha karmaşık olduğunu görmemle de ilgili. Örneğin; neredeyse hiçbir yazar, yayıncının talep ettiği şekilde, referans bölümü de dâhil olmak üzere, yazı hazırlama ile ilgili yönergeleri tamamen uygulamamıştır. Bunun yanında, beni şaşkına uğratan bazı metinler

oldu. Bu metinler bölümün ana fikrini potansiyel okuyuculara iletmede çok büyük düzeltmelere ihtiyaç duyuyordu. Son olarak, düzeltme yazıları iyi değildi ve yazarlardan geri döndükten sonra bile çok dikkat edilmesi gerekiyordu. Bu görevler küçük bir editör ekibi ile yapılırdı bütün bu faaliyetler daha hızlı tamamlanacaktı.

Kitabı kimler okumalı sizce, neden?

Hedef kitle öncelikle klinik radyoterapide yer alan fizikçilerdir. Bunlara radyoterapi bölümlerinde çalışan medikal fizikçiler, medikal fizik uzmanlık eğitimi görenler ve radyoterapi fiziği alanında eğitim gören yüksek lisans öğrencileri dahildir. Kitap günlük klinik işlemlerinde başvurabilecekleri klinik 3D dozimetri uygulamaları için birçok yönden kapsamlı bir genel açıklama sunmaktadır. Buna ek olarak, kitap temel bilim adamları ve yeni radyasyon detektörlerinin veya dozimetri tekniklerinin geliştirilmesi üzerinde çalışan diğer araştırmacılar için ilgili dozimetri yöntemleri hakkında en yeni bilgileri sağlamayı amaçlamıştır. Genellikle diğer fizik alanlarından gelen bu bilim adamları, radyoterapi fiziği hakkında daha fazla bilgiye ihtiyaç duyar. Kitap bu alanda yeni başlayanlar için gerekli olan temel bilgileri sunar. Son olarak, kitabın bazı bölümleri radyasyon onkologları ve tekniker eğitimi için uygundur ve radyasyon onkolojisi asistanları, diğer öğrenciler ve stajyerleri için öğretim materyali olarak kullanılabilir. Modern radyoterapi ekibinin tüm üyeleri ekipmanların olanak ve sınırlamalarının bilincinde olursa modern radyoterapi ancak o zaman en uygun şekilde yapılabilir. Kitaptaki bazı bölümler, aşına olmadıkları dozimetrik konular hakkında gerekli bilgileri sunmaktadır.

Ben Mijnheer kimdir?

Ben Mijnheer doktorasını 1971 yılında nötron ölçümleri ile ilgili bir çalışma yaparak Hollanda'nın Amsterdam Üniversitesi'nde tamamladı. Amsterdam'daki Hollanda Kanseri Enstitüsü- Antoni van Leeuwenhoek Hastanesi'ndeki bir nötron terapi projesine atandı ve bu proje bittikten sonra bu kuruma çeşitli araştırma projeleri ve öğretim faaliyetlerinde yer aldığı medikal fizikçi olarak katıldı.

Ana araştırma faaliyetleri, iyonlaştırıcı radyasyonun

dozimetrisi, yeni ışınlama tekniklerinin geliştirilmesi ve genel olarak radyoterapinin kalite güvencesi alanındadır. Inholland Mesleki Eğitim Üniversitesinde onkoloji alanında



tıbbi teknoloji profesörüydü ve Radyoterapi ve Onkoloji alanındaki ilk fizik editörlüğü yaptı. Yaklaşık 250 makale ve kitap bölümünde yazar ve ortak yazar oldu ve yakın zamanda "Modern Radyasyon Terapisinde Klinik 3D Dozimetri" kitabının editörlüğünü tamamladı.

Yaklaşık 20 kişisel araştırma bursu almış ve yaklaşık 25 doktora tez danışmanlığı yapmıştır. Birçok ESTRO bilimsel toplantısında fizik bölümünün organizasyonunda görev almış ve çeşitli ESTRO öğretim kurslarında öğretim üyesi / kurs direktörü olmuştur. Hem ulusal hem de uluslararası düzeyde medikal fizikçiler, radyasyon onkologları ve radyoterapi teknoloji uzmanları için radyoterapinin çeşitli yönleriyle ilgilenen çok sayıda başka kursta yer aldı.

1998'de Edinburgh'da ESTRO Breur Altın Madalya Ödülü, 2013'te Cenevre'de ESTRO Emmanuel van der Schueren Ödülü ve Torino'da 2016'da ESTRO Yaşam Boyu Başarı Ödülü'nü aldı.



Med. Fiz. Uzm. Sevtap YILDIRIM

1990 yılında İstanbul'da doğdu. 2015 yılında Marmara Üniversitesi Fizik Öğretmenliği Bölümünden mezun oldu. 2018 yılında İstanbul Medipol Üniversitesi Sağlık Fiziği yüksek lisansını tamamladı. 2018 yılında başladığı International Kolan Hastanesinde medikal fizik uzmanı olarak çalışmaktadır.

ESTRO 38 TOPLANTISI TARTIŞMA KONUSU

GELECEĞİN MEDİKAL FİZİKÇİLERİ NASIL BİR EĞİTİM ALMALI?

Med. Fiz. Uzm. Esil Kara

Radyoterapi sürekli gelişme gösteren teknolojik ilerlemeler sayesinde kanser tedavisinde önemli bir teknik haline gelmiştir. Kişiyi özel ve adaptif tedavi gibi ileri teknikler kullanılarak yapılan tedavilere mümkün kılan teknolojik ilerlemelere geleceğin medikal fizikçilerinin de ayak uydurabilmesi gerekmektedir. Bu yıl Milano’da gerçekleştirilen ESTRO 38 toplantısında gelecekteki medikal fizikçi eğitimleri nasıl yapılmalı sorusuna cevap aramak için bir tartışma oturumu yapıldı. Bu tartışmada önümüzdeki 10 yılda medikal fizikçilerin sahip olması gereken beceriler 5 uzman konuşmacı tarafından ayrı ayrı incelendi. Tartışma sonunda eğitimlerin nasıl olması gerektiğine dair karar ise dinleyicilere bırakıldı.

Tübingen Üniversite Hastanesi’nden Daniela Thorwarth medikal fizikçiler için en önemli olanın görüntüleme bilgisi olacağı fikri ile tartışmaya başladı. Avrupa’daki fizikçilerin mevcut eğitimlerinin kapsamı ile ilgili bilgi veren Thorwarth bu eğitimlerin görüntüleme ile ilgili bilgi içermediğine vurgu yaptı. Görüntülemenin tedavi planlaması, doz hesaplaması ve hedef hacim tanımlamalarında kullanılmasının onu radyoterapinin ayrılmaz bir parçası yaptığını söyleyen Thorwarth, konuşmasına görüntülerin tümör evrelemesi, tedaviye yanıtın değerlendirilmesi, fonksiyonel bilgi vermesi vb. şekillerde kullanılması ile ilgili uzun bir liste vererek devam etti. Dinleyicilere “Görüntüleme, klinik uygulamalarda zaten yer aldı. Bu görüntülerin doğru bir şekilde nasıl kullanılacağını bilmemiz gerekiyor. 10 yıl içinde her hastaya özel, online adaptif, fonksiyonel görüntü kılavuzluğunda, biyolojik olarak da spesifik radyoterapi tedavileri olacağına inanıyorum” dedi. MRI rehberliğinde radyoterapi ile birlikte geleceğin başlamış olduğunu sözlerine ekledi. PET/MR gibi kantitatif görüntüleme tekniklerinin reçete edilecek radyoterapi dozunun da hastaya özel olmasını sağlayabileceğini belirtti. Bu durum ilave bir eğitim ve bizi güvenli alanımızdan çıkacak özel kalite

kontrol prosedürleri gerekecektir diye de ekledi. Thorwarth konuşmasını “Radyasyon onkolojisinin geleceğine hazır olmak için, medikal fizikçileri radyoterapide görüntüleme konusunda uzman hale getirecek şekilde eğitmemiz gerekiyor” diyerek bitirdi.

İkinci konuşmacı, tıbbi fizikçilerin gerçekten ihtiyaç duyacağı şeyin matematiksel modelleme eğitimi olduğunu öneren Aarhus Üniversitesi’nden Ludvig Muren idi. Radyobiyojik modellemeden üretilen radyasyon doz-cevap eğrilerinin yani prediktif modellerin radyoterapinin temelini oluşturduğunu belirten Muren, “Matematiksel modelleme keşfedilmemiş disiplinler arası bir alan” dedi. Medikal fizikçilerin matematiksel modeller üretilip, kompleks verileri bu modellere uygulayarak problemi ortaya koyma ve çözüm üretme konusunda doğal bir yetenekleri olduğunu ancak gerçek verilerle çalışırken varsayım modelinin sınırlarını anlama konusunda yetersiz kaldıklarını vurguladı. Bir dergi editörü olarak gözlemi olan, “medikal fizikçilerin sundukları araştırma makalelerinde temel istatistik bilgisinin en sık karşılaştığı sorun olduğu” örneğini fikrini desteklemek için kullandı. Radyobiyojik modellemelerin de değişmekte ve karmaşık hale gelmekte olduğunu belirtip, gelecekte tümör kontrolü ve normal doku etkileri için kullanılacak modellerde fraksiyonlar içi ve arası değişiklikler ve zamana bağlı değişiklikler de hesaba katılacağını belirten Muren, “Bunun medikal fizik araştırması için çok ilginç bir alan olduğunu düşünüyorum” dedi. Muren, “Tıbbi fizikçiler, temel tıbbi istatistik bilgilerini güçlendirmeli ve gittikçe karmaşık hale gelen radyobiyojik modellerin nasıl uygulanacağını ve geçerli hale geleceğini öğrenmelidir” diyerek konuşmasını tamamladı.

Benzer bir şekilde Erasmus MC’den Ben Heijmen, medikal fizikçilerin geniş bir şekilde bilişimsel eğitim alması gerektiğini savunarak bilişimin alanımızın geleceği olduğunu vurguladı. Heijmen 10 yıl içerisinde medikal fizikçilerin iş akışı otomasyonu, bilgisayar optimizasyonu, yapay zekâ ve makine öğrenimi gibi ko-

nularla ilgili uzmanlığa ihtiyaç duyacaklarını belirtti. Bunun bir örneği olarak, klinisyenlerin tedavi planlaması sırasında zaman kazandırabilecekleri yeni bir uygulama olan otomatik görüntü tanımlama için derin öğrenme algoritmalarının kullanılması olduğunu anlatan Heijmen güvenilir bir şekilde otomasyona girme becerisinin büyük bir etki yaratacağını ekledi. Benzer şekilde tedavi planlarını doğrulamak için istatistiksel modellemelerin ve fonksiyonel temelli planlamalar için sanal SPECT/CT taramalarının kullanılabileceğini belirtti. Verdiği başka bir örnek de medikal fizikçilerin temel sorumluluklarından biri olan demet kalibrasyonu ile ilgiliydi ve "Bunu daha akıllıca, hızlı ve otomatik olacak şekilde yapmalıyız" dedi. Heijmen, yaklaşan 3. ESTRO Fizik atölyesinde sunulacak konuları paylaşarak, "Bilişim, bu işin gideceği yer" diyerek konuşmasını tamamladı.

Daha sonra, Büyük Polonya Kanseri Merkezi'nden Julian Malicki, gelecekteki medikal fizikçiler için yönetim ve liderlik becerilerinin en önemli unsur olacağını belirtti. "Bunun fizikçilerin kazanması gereken bir beceri olduğunu düşünüyorum, çünkü kendi grupları için sağlık sisteminde daha iyi bir konum istiyorlar" şeklinde sözlerine açıklama getirdi. Bir liderin başkalarının izlediği yönü, en fazla kaynak sağlayacak alanı ve nihayetinde en hızlı gelişen disiplini etkileyebileceğini belirtti. Bu nedenle, lider olmak ya da en azından kendi grubunuzdan bir liderin olması önemlidir diyerek bazı insanların lider olabilecek yeteneklere doğuştan sahip olduklarından ve iyi eğitilerek başarıya ulaştıklarından bahseden Malicki, diğerlerinin daha fazla çalışarak bu konuma geldiğini belirtti. "Fizikçi grubu olarak bizler lider olabilmek için fırsatlar aramalıyız" dedi. Bir radyoterapi bölümünün başkanı, bir kanser merkezinin hatta bir üniversitenin başı neden bir fizikçi olmasının sorusunu dinleyicilere sordu. Bir liderin para, insan gücü sağlayabileceğini ve medikal fizikçilerin hayatlarını kolaylaştırabileceğini belirten Malicki, en önemlisi sağlık sisteminde yer alan medikal fizikçi pozisyonlarının azalmasını önleyebileceklerini vurgulayarak bunu mümkün kılabilmek için eğitim müfredatlarına mutlaka liderlik ve yönetim eğitimlerinin eklenmesi gerektiğini ekleyerek konuşmasını sonlandırdı.

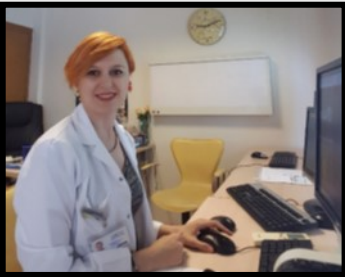
Son konuşmacı, Karolinska Institutet'ten Giovanna Gagliardi oldu. Gagliardi, dinleyicileri gelecekteki eğitimin daha fazla temel fizik becerileri içermesi veya bu bilgiyi güçlendirmesi gerektiği konusunda ikna etmeyi amaçladı. "Gelecek nesli, eğitime konusunda sorumluluğumuz var" başlangıcıyla; bölümlerde kullanılan CT, MR, PET/CT gibi görüntüleme cihazları, CyberKnife, tomoterapi, brakiterapi, proton gibi tedavi sistemleri listeyen konuşmacı günümüzün görevleri arasında temel dozimetri, radyasyonun madde ile etkileşimi ve tedavi planlama algoritması gibi başlıklar olduğunu belirtti. Ancak gelecekte MR-Linac tedavileri için manyetik alanda yükü parçacık geçiş hesabı, hayvan ışınlamada kullanılacak kV fotonlar için fizik, karışık tedavi modaliteleri ve daha fazlasına ihtiyaç duyulacağını belirtti. Gagliardi, "2019'da temel fizik bilgisini gerektiren çok sayıda ağır teknoloji var" diyerek ekledi "ve fizik bilgisine duyulan ihtiyaç gittikçe büyüyor" dedi. Medikal fizikçilerin radyoterapi tedavilerinin güvenli, yüksek kalitede, doğrulanmış, optimize edilmiş, gelişmiş ve kişiselleştirilmiş olmasında giderek daha fazla görev aldıklarını ileterek "Fiziği bilmeliyiz çünkü ne yapacağımızı bilmeliyiz" dedi. Konuşmasına çok fazla fizik bilgisi gerektiren stereotaktik vücut radyoterapisini geçmişten bir örnek olarak vererek devam etti. Bugün proton terapi merkezlerinin atmasının da "gerekli fiziği öğrenmek için büyük bir eğitim" gerektirdiğini belirtti. Geleceğe baktığında ise CERN'de geliştirilmekte olan GaToroid hadron terapi örneğini verdi. "Fizik, yeni çözümler icat etmek ve bunları uygulamakta çok iyidir" diyerek bu tür fikirlerin radyoterapinin geleceği için önemli olabileceğini ekledi. Konuşmasını iyi yerleşmiş fizik bilgisinin uygulanması ve anlaşılmasının gelecek için en önemli konu olduğunu vurgulayarak bitirdi.

Beş konuşmacının tartışmalarından sonra sıra dinleyicilerin fikrine ve kararına geldi. Bazı dinleyiciler medikal fizikçilerin herkes için her şey olamayacağını belirtti. Örnek olarak matematikçiler ve diğer fizik grupları büyük verilerle ilgilenebilir ve onlarla iş birlikleri yapılabilir denildi. Bir diğer dinleyici ise medikal fizikçilerin zaten bilim insanı olmak için eğitildiklerini belirterek, "Muhtemelen bütün bu şeyler hakkında bir şeyler bil-

memiz ve neyi bilmediğimizi ve nereden bulacağımızı bilmemiz gerekir” dedi.

Tartışmanın kazananına el kaldırma yöntemi ile karar verildi ve dinleyiciler kazananın temel fizik becerilerinin gelecekteki tıbbi fizikçiler için en önemli eğitim gerekliliği olduğuna karar verdi.

Sizlerle paylaştığımız bu tartışma oturumunun gelecek çalışma planları için bir fikir verebileceğini umut ediyoruz.



Med. Fiz. Uzm. Esil Kara

Esil Kara, 1982 Sinop doğumlu. 2005 yılında ODTÜ Fizik bölümünden mezun oldu. 2006 yılından beri ONKO Ankara

Onkoloji Merkezinde medikal fizik uzmanı olarak çalışıyor. Ankara Üniversitesi Nükleer Bilimler Enstitüsü Medikal Fizik Anabilimdalı'nda yaptığı yüksek lisansını 2009 da tamamladı, doktora eğitimine devam ediyor Şuan görev yeri Kuru Ankara Hastanesi. 2008 yılından beri evli ve 8 yaşında bir erkek çocuğunun annesidir.

YURTDIŞI TEMSİLCİLERİMİZ IV

ALİ ZUBAROĞLU

Med. Fiz. Uzm. Nadir Küçük

Yurtdışı temsilcilerimiz yazı dizimiz sizlerden oldukça fazla ilgi gördü. Bu sayımızda konuğumuz Varian firmasından Ali Zubaroğlu. Birlikte Ali'nin hikayesini dinlemeye ne dersiniz?

**Resim 1: Estro, Barcelona**

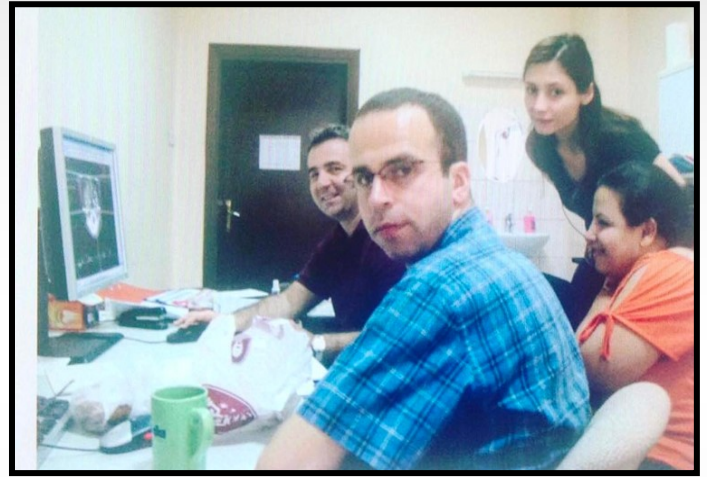
Soru1: Sizi biraz tanımak isteriz? Biraz bize kendinizden bahseder misiniz?

1981 Antakya doğumluyum. Lise bitene kadar insan-kültür-yemek çeşitliliğinin başkenti olabilecek Antakya'da yaşadım. İlkokul sonrası Anadolu lisesi gibi bir şansa sahip olmak hayatımı değiştirdi diyebilirim. Çünkü 12 yaşında mükemmel hocalardan İngilizce eğitimi aldım. Üniversiteye girişim 2000 senesine denk geliyor.

Soru2: Medikal Fizik Uzmanı olarak Türkiye de çalıştığınız yıllara ait tecrübelerin şu an katkısını görüyor musunuz?

Klinik tecrübem olmasaydı asla bu konumda olamazdım. Aslında burada klinik bilgi yerine tecrübe kelimesini seçmemin nedeni gerçekten de multidisipliner bir bölümde okuduğumun, çalıştığımın çok farkında olmamamdı. Hiç unutmam yüksek lisans mülakatım sırasında hocalarım daha önce kötü durumda bir kanser hastası görüp görmediğimi hergün hastaneye gelip

gitmenin beni rahatsız edip etmeyeceğini sormuşlardı. Bilemiyorum diye cevap vermiştim. Çünkü o yaşa kadar sayılı doktor muayenesi dışında, 1 saatten uzun sürecek herhangi bir hastane ziyaretim olmamıştı. Çapa'da zamanla edindiğim tecrübelerle birlikte şahit olduğum mesleki etik, ahlak ve görgü, gelecek iş hayatımda bana hep yol gösterici oldu. Burada Gönül Kemikler, Hatice Bilge Becerir ve merhum İsmail Özbay ve Seyfettin Kuter hocalarımı saygı ile anmak isterim.

**Resim 2: Çapa Onkoloji Enstitüsü'nde ilk planlama günlerim**

Soru3: Çalıştığınız firmayı ve firmadaki görevinizi anlatır mısınız?

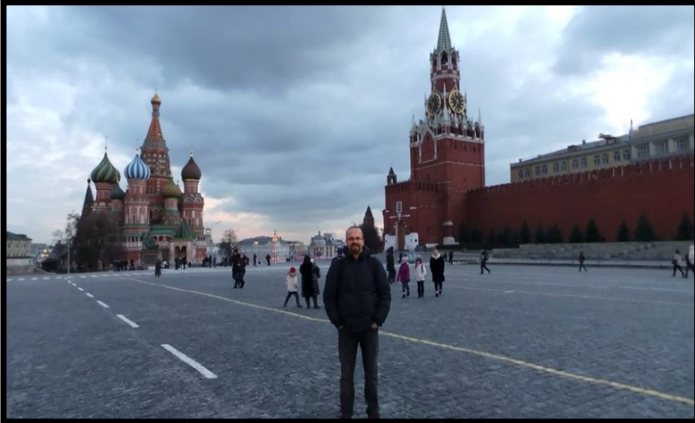
Varian Medical Systems firmasında Aplikasyon Uzmanı Medikal Fizikçi olarak çalışmaktayım. Yaklaşık 7 senelik bir eğitimci geçmişim oluştu. Lisans ve yüksek lisans sırasında öğretmenlik, öğretimlik sahasından kaçmaya çalışan birisi olarak en son yetişkin eğitimi için bu pozisyonun beni bulması da kaderin bir cilvesi olarak düşünülebilir. Çoğunlukla Avrupa ülkelerine seyahat ederek Varian ürünlerinin klinik eğitimini ver-mekteyim.

Soru4: Mesleğinizin güzel ve zor yanları nelerdir?

Şu an çalıştığım pozisyona Acıbadem Sağlık Grubundan ayrılarak başladım. O dönemlerde bana her türlü desteği veren Bülent Bey ve Enis Bey olmak üzere bü-

tün hocalarım ve çalışma arkadaşlarıma da teşekkürü borç bilirim.

Varian'a başladığım 2012 senesinde sadece iki yurtdışı deneyimim olmuştu. Birincisi henüz savaş durumuna geçmemişken benim de kökenimin dayandığı Suriye topraklarına, diğeri de Norveç'in Oslo kentine kısa bir aile ziyareti için olmuştu. Şimdi yaklaşık 7 sene içerisinde 30'dan fazla ülkeye seyahat ettim. Hayatımın son 7 senesinin yaklaşık %70'i otel konaklamalarıyla geçmiştir. Uçuşlar ve araç kullanarak geçirdiğim süreleri de eklersek evimde sadece hafta sonları kalıyorum diyebilirim. Tabi ki yaptığım işin çok güzel yanları da var ve tatmin düzeyi oldukça yüksek. Şimdiye kadar verdiğim eğitimlerde doğrudan ve dolaylı olarak 32 ülkede, 1 milyona yakın kanser hastasının tedavisine katkım olmuş. Bu hesap hastanelerin senelik aldığı hastalar ve eğitim aldıkları Aplikasyon uzmanları göz önünde bulundurularak yapılıyor. Hastaların kanserle mücadelelerinde sağladığımız teknoloji, ilettiğimiz bilgi ve verdiğimiz tavsiyelerle büyük bir destek veriyoruz.



Resim 3: Kızıl Meydan, Moskova'da bir eğitim sonrası

Soru5: Türkiye'deki medikal fizikçiler ile diğer ülkelerdeki fizikçiler arasındaki farklar neler?

Çoğu Avrupa ülkesinde medikal fizikçi, bölümün eğitim ve klinik kalitesinden baş sorumlu oluyor ve yetkileri oldukça geniş. Fizikçiler daha çok araştırmageliştirme veya bilimsel yayın için mesailerini harcıyorlar. Bir kısmı da kalite kontrol işlemlerinin yapılması ve tedaviden önce son onayı vermek gibi görevlere sahip. Türkiye'den farklı olarak zorlu ve yeni tekniklerin kullanılacağı tedavi planlamaları dışında günlük hasta tedavi planlamaları fizikçiler tarafından yapılmıyor.

Bazı Avrupa ülkelerinde hemşire, radyoterapi teknikeri veya dozimetrist gibi planlamadan sorumlu farklı pozisyonlar mevcut. Fizikçi planlamaların son kontrolünü gerçekleştiriyor.

Soru6: Bizleri yurt dışında temsil etmenin verdiği sorumluluk sizde ne kadar baskı oluşturuyor? Milliyetiniz bir sorun teşkil ediyor mu?

İlk zamanlar herhangi bir sıkıntı hissetmedim ama son yıllarda yaşanan politik gelişmelerden sonra mesela sıklıkla ziyaret ettiğim Rusya toprakları yeniden vize gündeme geldiğinde ayağımın kesilmesine neden oldu. Bir dönem Amerika, Türkiye vizelerini askıya aldı ki bu da bizim için sıkıntılı bir dönem olmuştu. Bu olağüstü durumlar dışında pasaportunuzda gerekli vize bulunduğu sürece kendimi herhangi bir coğrafyada yaşayabilecek, iletişim kurabilecek ve kültür alışverişinde bulunacak kadar renkli, her kültürden etkilenecek kadar renksiz hissediyorum.

Avrupalı'lar bu konuda çok mesafeli oldukları için sizin milliyetiniz, dininiz veya özel hayatınızla ilgili çok soru sormuyorlar. Verdiğiniz eğitim ve sorularını cevaplama kabiliyetiniz, sorunlarına çözüm üretme yetileriniz ile değerlendiriliyorsunuz. Bu algıyı da yaptığımız hastane ziyaretlerinden hemen sonra eğitim verdiğimiz personel tarafından cevaplanan anketlerden ölçümleniyoruz.

Soru7: Uluslararası alanda bu mesleği yapmak isteyen gençler nasıl bir yol izlemeli?

İlk nacişane tavsiyem dil ile ilgili. İngilizce maalesef artık tek başına yeterli değil. En azından 2 yabancı dil ile rakiplerinizin 10 adım önüne geçebilirsiniz. Coğrafyadan bahsedecek olursak Türkiye'deki cihaz çeşitliliği ve teknoloji seviyesi, dünya ile yarışacak düzeyde. Bu nedenle tecrübe ve sertifikasyon anlamında çok donanımlıyız diyebilirim. Amerika'da radyasyon ile ilgili meslekler ile ilgili kırılması çok güç bir önyargı ve korku mevcut. Bu nedenle bu sektörde çok kolay iş bulabileceğinizi söyleyebilirim. Avrupa'da maalesef dil engeline takılma olasılığınız yüksek.

İnsan ilişkileri, açık zihinli olmak, kültür dinamiklerini anlayabilmek ve ona uygun yöntemlerle iletişim kur



Resim 4: Hindistan Mahabalipuram Chennai

mak... Bunların hepsinin edinilmesi için fırsat bulabilenler bence kesinlikle yurtdışı tecrübesi yaşasın.

Şimdi siz diyeceksiniz ki senin hiç tecrüben yoktu ama bu işi senelerdir yapılabiliyorsun. Evet haklısınız ama benim çocukluk çağımdan başlayarak Norveç’li yengem sonrasında Amerika’lı eniştem ve Japon yengem vardı :). Bu bahsettiğim aile üyelerimizin hiçbirinin Türkçe’si yoktu.

Soru8: Mesleki anlamda kendinizi geliştirmek için firmada ne gibi olanaklar buluyorsunuz?

Çalıştığım şirkette Continuous Education Project (CEP) olarak isimlendirilen bir sürekli eğitim konsepti mevcut. İlk işe alındığınızda Varian ile ilgili ürün ve şirket kültürü özelinde yaklaşık 1 sene kesintisiz eğitim alıyorsunuz. Bahsettiğim CEP, siz kliniği terkettikten sonra kolaylıkla kaybedebileceğiniz Doktor bakış açısı ve tekniker, dozimetrist bakış açısını tazelemeye yarayacak çeşitli aktiviteler. Bunlar klinik bilginin güncellen-

mesi için hastane ziyareti ve gözlemleri şeklinde oluyor. Bu süreçte öğrencilik günlerine geri dönüyorsunuz ve soru soran, öğrenmeye çalışan siz oluyorsunuz. Ya da herhangi bir bilimsel çalışmaya destek veya Kongre, eğitim kursu gibi kişisel gelişiminize katkıda bulunacağını düşündüğünüz bir etkinliğe katılabiliyorsunuz.

Soru9: Avrupa / Amerika firmalarında çalışmanın getirdiği sosyal haklar neler?



Resim 5: Balancing Rock, Hindistan

Sosyal haklar aslında firmanın çalışanlarını mutlu kılarak verimli bir çalışma ortamı oluşturulması düşüncesiyle şekilleniyor. Son derece yoğun bir tempoda çalışırken son zamanların popüler tabiriyle tükenmişlik sendromu (Burn Out) olmaması için sizin talepleriniz genelde olumlu bir şekilde cevaplanıyor. Mesai saatleriniz dışındaki çalışmalarınız ve seyahat süreleriniz tatil günlerine ekleniyor. Gittiğiniz ülkelerdeki herhangi bir terslik yaşanması durumunda bütün ekstra masraflarınız karşılanıp güvenli bir şekilde buradan ayrılmanız sağlanıyor. Şirkete alımına önayak olduğunuz yeni çalışanlardan, gösterdiğiniz ekstra performanslardan veya müdürünüzün memnuniyetinden sebep farklı teşvikler alabiliyorsunuz. Bütün bunların ötesinde dikey hiyerarşi sadece kâğıt üzerinde diyebiliriz. Avrupa bölgesi veya Global anlamda CEO dahil bütün yöneticilere özel kanallardan doğrudan ulaşabiliyorsunuz. Yaratıcı bir fikrinizi veya işle ilgili bir rahatsızlığınızı korkusuzca dile getirebiliyorsunuz ve işin ilginç çoğunlukla sonuç alıyorsunuz. Zaten “Speak Fearlessly” “Korkusuzca dile getir” şirketin kültürel motivasyonlarının en başında geliyor.

ELEKTA AKTİF NEFES KONTROL (ABC) SİSTEMİNİN MEME HASTALARINDA ETKİSİ

Med. Fiz. Uzm. Aykut Oğuz Karlı

RT Teknikeri Recep Saygın

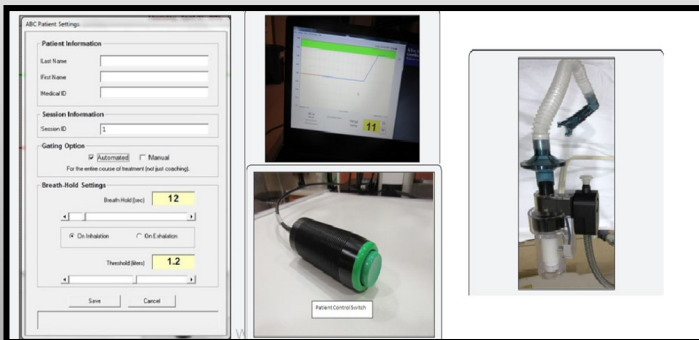
Aktif nefes kontrol sistemi; hastanın görüntüleme sürecinden başlayıp, tedavisinin bitimine kadar her tedavi fraksiyonunda kullanılan sistemdir. Hedef hacmin yerleşimindeki doğruluğu, hem nefes tutma yöntemiyle hareketli organları kontrol ederek hem de bununla beraber CBCT çekerek çok yüksek seviyede sağlamış olunur. Bu şekilde setup hataları ve organ hareketleri en aza indirildiğinden planlamada elde edilen değerlerden emin olunur. Bu sistem genellikle meme ve akciğer kanseri hastalarında uygulanır. Özellikle sol meme kanserlerinin tedavisindeki kalp ve akciğeri korumak için kullanılan bir sistemdir.

Her hastada efektif olarak kullanılmamaktadır. Sistemin bir eşik (Threshold) ve nefes tutma (Breath Hold) değerleri vardır. Görüntüleme esnasında hastanın sisteme uygun olup olmadığına karar vermek için bu değerler önemlidir. Hastanın eşik değeri yani ne kadar derin nefes alacağı ve bu aldığı nefesi ne kadar süre tutacağı çok önemlidir.

Bizim kliniğimizde kullandığımız Elekta'nın ABC sistemin-den bahsetmek istiyorum.



Resim 1: ABC sistemi



Resim 2: Kontrol sistemi

Sistem dışarıdan bir bilgisayar yardımı ile kontrol edilir. Bilgisayarda görünen ekranı aynı zamanda tedavideki hasta-

nın görebilmesi için resim-1 de gördüğümüz monitör hastaya doğru çevrili şekilde bırakılır.

Uygulamadaki ana kullanıcılar resim-2 de görülmektedir. Hastayı kişisel verilerini girdiğimiz sayfa: Bu sayfada sistemle alakalı olarak kullandığımız iki nokta var. Birincisi hasta ne kadar süre nefes tutacak, ikincisi ise hasta hangi eşik değeri ile derin nefes alacak?

Bu iki soruya ekrandaki monitörden cevap vereceğiz. Yeşil bölge ile gösterilen yer, istediğimiz eşik değeri bölgesidir. Hastanın o bölgeye kadar nefesini derin bir şekilde almasını sağlıyoruz. Bu değeri hastanın düzenli bir şekilde nefes alış-verişini kontrol edip ekrandan sağladıktan sonra belirliyoruz. Eşik değerini belirledikten sonra, hasta ne kadar süre nefesini tutabilir? Laptopun sağ alt tarafındaki değer, hastanın nefesini kaç saniye tuttuğunu gösterir. Bunu görüntüleme CT'sini alırken en az 3 deneme ile belirliyoruz. Bu değeri de belirledikten sonra hastanın görüntüleme CT sini çekip tedavi aşamasına doğru geçiyoruz. Hasta kaç saniye nefes tuttuğunu ve derin nefes aldığını ekrandan her an görebiliyor.

Hasta kontrol butonu; hasta butona bastığı zaman hazır olduğunu tekniker arkadaşlara bildirmiş oluyor ve böylece dışarıdan alınan uyarı ile hasta nefes tutması sağlanıp tedaviye düzgün bir şekilde başlıyor. Tedavinin herhangi bir yerinde hasta bir sıkıntı yaşadığı zaman butondan elini çektiği an cihaz ışınlamayı otomatik olarak durdurur.

Filtre adaptörü ise, hastanın nefes tutmaya başladığında altındaki balon valfi açılarak içinden hava akışının geçişini önler. Ve istenilen sürede nefes tutulduktan sonra ekrandaki yeşil bölge yok olup valf kapanarak hasta rahat nefes almaya devam eder.

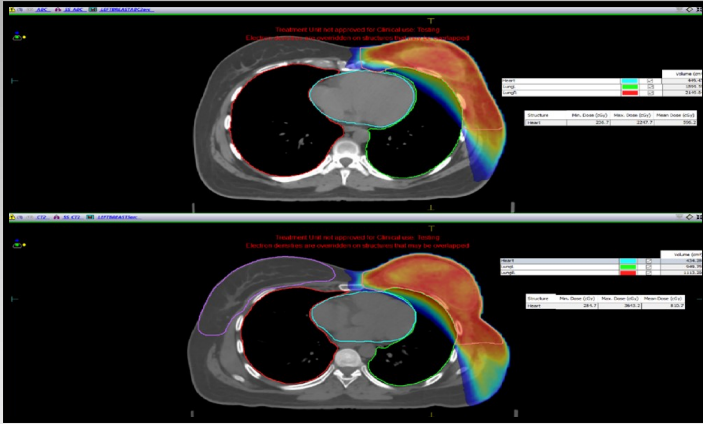
Nefes tutma süresinin bitiminde otomatik olarak ışınlama durur, nefes alıp eşik değeri geçtiği anda nefes tutma süresi ne kadar ise ışınlama o kadar süre devam eder.

Peki Radyoterapi Sırasında ABC Sistemine Neden İhtiyaç Duyuldu?

Belli bir kesim meme kanseri vakalarında tedaviden sonra kalp rahatsızlıklarının tedaviye bağlı kalp dozu yüksekliğinden kaynaklandığını adjuvan RT sonrası ilk 4 yılda belirgin olarak gözlemlenmiş ve onlarca yıl devam ettiği saptanmıştır. Bu yüzden sol meme ve sol akciğer RT sırasında akciğer hacmi artırılarak, akciğer veya memenin kalpten uzaklaştırılması sağlanarak RT planlamasında kalp dozunun düşürül-

mesi sağlanmıştır. Ayrıca son yıllarda geliştirilen SBRT tedavi yöntemi de daha uygun hale gelmiştir.

Kliniğimizden iki farklı meme hastasından örnekler vereceğim;



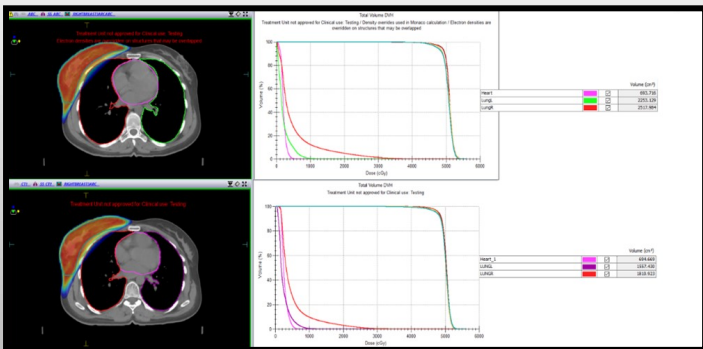
Hasta 1

Bu hastamız (Hasta 1) sol meme ca tanısı ile kliniğimize gelmiş genç bir hastadır.

Görüntüleme CT sırasında hastanın ABC sistemi ile uyumluluğu pozitif olduğu için hasta tedavi süresi boyunca nefes tutma yöntemiyle tedavi edilmiştir. Hastanın hem normal CT si çekildi hem nefes tutarak CT si çekilmiştir. İki CT arasındaki sol akciğer hacmi farkı 900 cm³'tür.

Hastanın hem normal CT'sinin hem de ABC sistemi ile çekilen CT'sinin kontürleri çizildi ve aynı optimizasyon verileri kullanılarak VMAT planları yapıldı.

Hastanın VMAT planı, her iki CT görüntüsünde de üç half beam olarak planlanmıştır. Planlar karşılaştırıldığında akciğer düşük ve yüksek dozlarında belirgin bir farklılık gözlenmez iken, nefes tutma ile çekilen CT üzerinden yapılan planda, kalp dozlarında ciddi bir şekilde azalma gözlenmiştir.



Hasta 2

Bir diğer hastamız (Hasta 2) ise, sağ meme ca tanılı genç bir hastadır. Diğer hastadaki bütün görüntüleme işlemleri bu hasta içinde uygulanmış olup tek beam VMAT planı yapılmıştır. Bu hastanın da yine sağ akciğer hacminde 700 cm³ lük bir değişim olmuştur. Yaptığımız planlar sonucunda her

iki planda da akciğer dozları gözle görülür şekilde değişmemiştir. Hedef hacimlere baktığımızda ise Aksilla ve SKF'nin ABC sistemi ile yaptığımız planda daha iyi sonuçlar verdiğini gözlemledik. Bir başka gözlemimiz ise ABC sistemi ile yaptığımız planda karşı meme maksimum dozunun belirgin bir şekilde düştüğünü gördük. Ortalama kalp dozlarında ise belirgin bir fark saptamadık.

Bu yazıda bana katkıları olan değerli çalışma arkadaşım Recep Saygın'a teşekkür ederim.



Med. Fiz. Uzm. Aykut Oğuz Konuk

1987 yılında Bursa'da doğdu. 2009 yılında Uludağ Üniversitesi Fizik Bölümünü bitirdi. 2015 yılında Uludağ Üniversitesi Sağlık Fiziği Yüksek Lisans programını tamamladı. 2015

Ekim ile 2018 Temmuz arasında Gammaray şirketinde Medikal Fizik Uzmanı olarak görev yaptı. 2018 Ağustos ayından bu zamana kadar da Bianco Sağlık şirketinde Elâzığ Fethi Sekin Şehir Hastanesinde Medikal Fizik Uzmanı olarak görev yapmaktadır. Evli ve bir çocuk babasıdır.



RT Teknikeri Recep Saygın

1987 yılında doğdu. 2010 yılında Selçuk Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksek Okulu'ndan mezun oldu. 2011 aralık ayında Bianco Sağlık şirketinde radyoterapi teknikeri olarak işe başladı. 2011-2017 yılları

arasında Tekirdağ Devlet Hastanesi'nde sorumlu Radyoterapi Teknikeri olarak çalıştı. 2018 Temmuz ayından bu zamana kadar Bianco Sağlık şirketinde Elâzığ Fethi Sekin Şehir Hastanesi'nde Radyoterapi teknikeri olarak çalışmaktadır. Evli ve bir çocuk babasıdır.

CİHAZ MÜHENDİSLERİ III

İLKER YILMAZ

Med. Fiz. Uzm. Esra Küçükmorkoç

İlker Yılmaz kimdir? Bize biraz kendinizden bahsedermisiniz?

1 980 yılında Karaelmas'ı ile meşhur güzel Zonguldak'ta doğdum. İlk ve Orta eğitimimi burda tamamladım. Lise eğitimime Zonguldak Çelikel Lisesi'nde başlayıp Fener Lisesi'nde tamamladım. Üniversite eğitimimi Hacettepe Üniversitesi Nükleer Enerji Mühendisliği Bölümü'nde bitirip, halen Boğaziçi Üniversitesi Yazılım Mühendisliği Bölümü'nde yüksek lisansıma devam etmekteyim.



Çocukluk yıllarınızda hayaliniz mühendis olmak mıydı? Radyoterapi cihazlarının servis mühendisi olma hikâyesi nasıl başladı?

Açıkçası çocukluk yıllarımda hayalim futbolcu olmaktı. Lise yıllarına gelip üniversite sınavına hazırlanırken kendisi Hacettepe Fizik Mühendisliği mezunu olan fizik öğretmenimin yönlendirmesi ile Nükleer Enerji Mühendisi olmaya karar verdim. Sonrasında değerli dostlarım Görkem Güngör ve Tamer Başer'in vesilesi ile mesleğe başladım.

Yıllardır medikal fizikçiler ile çalışıyorsunuz. Medikal Fizik mesleği ve çalışanları hakkındaki düşünceleriniz nelerdir?

Diğer meslek gruplarına göre küçük bir camia olduğumu düşünüyorum ve bunun avantajlarından çok iyi şekilde yararlandıklarını söyleyebilirim. Kongrelerde sık sık bir araya gelip kendi deneyim ve bilgilerini paylaşıyorlar. Bunun da Türkiye'de radyoterapinin başarısının bugüne gelmesinin başlıca nedeni olduğunu söyleyebilirim.

Arıza durumlarında bir kliniğe gittiğinizde departman çalışanlarından beklentileriniz nelerdir?

Bu soruyu sorduğum için çok teşekkür ediyorum. Arızanın tanımlanmasında ilk ve en önemli safha arızanın meydana geldiği zaman diliminde gelişen olaylar. Mesela arıza meydana geldiği anda hastaya radyasyon veriliyor mu? Arıza Radyoterapi cihazıyla mı ilgili yoksa yardımcı ekipmanlardan mı kaynaklı? Bizim beklen-timiz departman çalışanlarının bunları doğru bir şekilde tanımlayıp bize aktarması.

Arızaya müdahale ve arıza süresince yaşadığınız olumsuzlukları bizimle paylaşır mısınız?

Servis verdiğimiz sistemler çok kompleks sistemler. Bazı durumlarda spesifik bir arızanın oluşma nedeni birden fazla olabiliyor. Bu gibi durumlarda doğru teşhisi koymamız hemen mümkün olamayabiliyor. Bu bizim için zaman kaybı demek oluyor ve bu zaman kaybına bağlı olarak yorgunluk oluşuyor. En büyük sıkıntının bu olduğunu düşünüyorum. Diğer sıkıntılar sadece parça stokta var mı, kalibrasyon gerekecek mi gibi teknik sorunlar.

Uzun süren arıza durumlarında üzerinizde baskı oluşuyor mu? Bu gibi durumlar ile baş etmeniz için ne gibi yöntemleriniz var?

Elbette baskı oluşuyor. İlk olarak kendi vicdani baskımızı biz oluşturuyoruz ki, hastalar bir an önce tedavilerine devam edip şifa bulabilsinler. Bu baskı ile baş edebilmek için herhangi birşey yapmıyorum, çünkü

baskı altında çalışabiliyorum.

Mesleki eğitim süreciniz neleri kapsıyor ve nasıl şekilleniyor?

Sistemler teknoloji ile paralel olarak sürekli geliştiği için eğitim yaşamboyu eğitime dönüşüyor. Şirketimiz özelinde ise, işe yeni başlayan bir mühendis ilk olarak yurtdışında eğitimini tamamlayıp sertifikasını alıyor. Daha sonra deneyimli bir mühendis eşliğinde deneyim kazanıyor. Yurtdışında her yıl düzenlenen eğitim toplantılarına katılıp yeni gelişmeler öğrenilip, deneyim paylaşımları yapılıyor. Bunlarla birlikte cihazın üreticisinin sürekli yayınladığı online eğitimleri tamamlayarak bu yaşam boyu eğitim sürecimizi sürdürüyoruz.

Sizce servis mühendislerine sektörde verilen değer ve önem yeterli mi? Artırmak için neler yapmak gerekir?

Benim gözümde bütün iş kolları aynı kutsallıkta olduğu için mesleklerle atfedilen değerleri kabul etmiyorum. Bence insanlar değerini mesleklerinden değil kendi tavır ve karşısındaki bireylere yaptığı davranış ve tutumundan alır.

İş sebebi ile sürekli seyahat halinde olmak zorunda kaldığınızı biliyoruz. Bu yoğun tempoda sosyal hayatınızı nasıl planlıyorsunuz?

Önceleri sosyal hayatımı planlamada zorlandığımı söyleyebilirim. Fakat zaman geçtikçe insanlar ile tanı-

şıp kaynaştıkça sosyal hayatımda seyahatlerimdeki şehirlere taşındı. Mesai saatleri dışında ordaki insanlarla birlikte sosyalleşiyorum.

Mühendis gözüyle baktığınızda radyoterapi teknolojisinin geleceği nereye gidiyor?

Radyoterapi hızla gelişmesine rağmen hala yapılacak çok şeyin olduğunu düşünüyorum. Proton tedavileri yaygınlaşıp ucuzlayacak, tedavi planlamalarında yapay zeka ve makine öğrenmesinin ön plana çıkacağını düşünüyorum

Son olarak MedFizOnline dergisini daha önce duymuş muydunuz? Düşüncelerinizi öğrenebilir miyiz?

Elbette ki duydum. Bütün arkadaş çevrem medikal fizik sektöründen olması sebebiyle duymamak olmazdı. Türk Medikal Fizik camiasının gelişmesine katkılarının çok olduğunu düşünüyorum ve başarılarınızın devamını diliyorum.



RT'DEKİ SON GELİŞMELER

Med. Fiz. Uzm. Boran M. 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.

AAPM 2019 Yıllık Toplantısı: En iyi Elektronik Posterlerden Bazıları (Temmuz 2019)

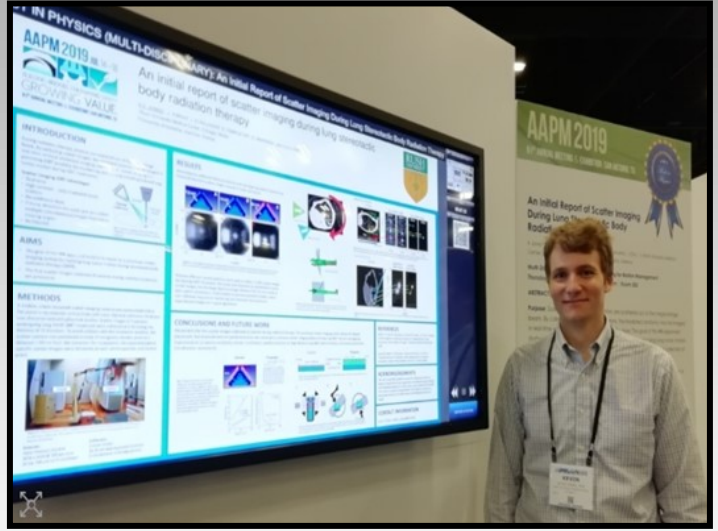
Bu yıl 14-18 Temmuz tarihlerine San Antonio TX/ Amerika'da yapılan AAPM yıllık toplantısındaki elektronik poster bölümünde 15 çalışmanın en yüksek skoru elde ettiği açıklandı ve bu çalışmalardan bazılarının hakkında bilgi içeren bir yazı "pyhsicsworld" sitesinden yayınlandı.

Saçılma Görüntüsü ile Tümör Hareketi Takibi

Rush Üniversitesi Medikal Merkezi'nden Kevin Jones'in çalışması (Şekil 1), tedavi bölgesinin görüntülemek amaçlı megavoltaj demetlerden saçılan fotonların takibi olarak açıklandı. Kendisinin verdiği bilgiye göre hipotezleri saçılan fotonları "pinhole kolimatör" ile toplayarak radyoterapi sırasında tümör pozisyonunu gerçek zamanlı belirleme prensibine dayanmaktadır. Jones ve arkadaşlarının geliştirmekte olduğu prototip ile SBRT sırasında akciğer tümör hareketi takip edilebilmek amaçlanmakta, bu sayede hastaya ek doz verilmeden ve ilgili dedektörleri çeşitli pozisyonlara yerleştirilerek 3 boyutlu imaj elde edilebileceği belirtilmiştir. Pinhole kolimatör kalınlığı optimize edilen ve "flat panel X ışın dedektörleri" kullanıldığı belirtilen sistemde gantry rotasyonu dışına (ışınlama bölgesinden uzağa) yerleştirilen kameranın 2 farklı pozisyona yerleştirilmesi ile tümör lokasyonunun belirlendiği vurgulandı. İlk örneklerde bir miktar bulanık gözükten imajların dedektör-kolimatör sisteminin geliştirilmesi ve kameranın hastaya daha yakın yerleştirilebilmesi ile daha netleştirilmesi üzerinde çalıştıkları eklendi.

Şekil 1: Kevin Jones, Rush Üniversitesi Medikal Merkezi

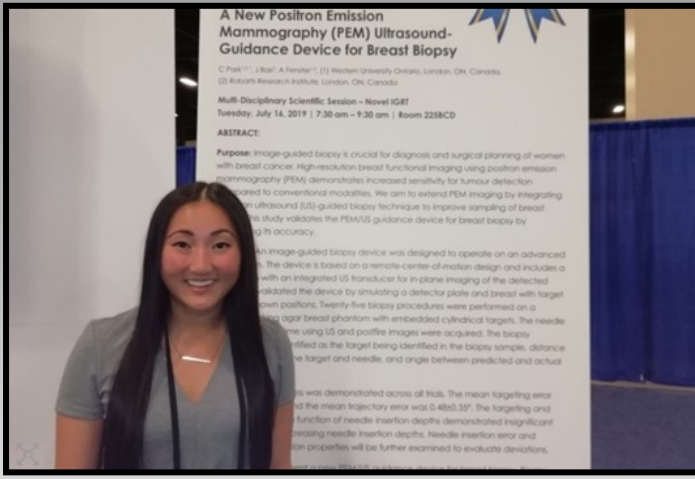
Biyopsi Hedeflemesinde PEM Plus Ultrason Kullanımı



Meme kanseri teşhis ve tedavi planlamada önemli rol oynayan görüntü kılavuzluğunda biyopsi aşamasını geliştirmek için, Ontario Western Üniversitesi/ Amerika'dan Claire Park tarafından pozitron emisyon mamografi (PEM) kullanımı ile yüksek çözünürlüklü fonksiyonel meme görüntülemesi amaçlanan çalışma yapılmıştır (Şekil 2). Tümör dedeksiyonunda yüksek hassasiyet ve diagnostik doğruluk sağlayan PEM teknolojisinin anatomik referans ve biyopsi sistemine girebilmesi için ultrason kılavuzluğunda biyopsi tekniği geliştirmek amaçlandığı belirtilmiştir. PEM dedektör plakalarına ultrason transducer yerleştirilerek gerçek zamanlı kılavuz sağlanması temelindeki çalışmanın ilk doğrulama deneylerinde biyopsi cihazı ortalama hedef hatası $0.35 \pm 0.2 \text{ mm}$ ve ortalama yörünge hatası $0.48 \pm 0.35^\circ$ olarak belirlenmiştir. İdeal koşullarda lezyonların $\leq 1 \text{ mm}$ doğrulukla bulunabileceği de vurgulanmıştır. Çalışmanın sonraki aşamasında 3 boyutlu takip yapabilen robotik kol üzerinden doğrulama yapılması amaçlandığı eklenmiştir.

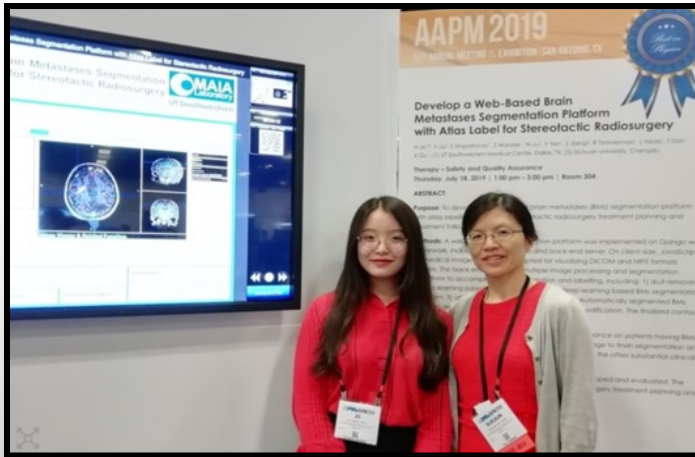
Radyocerrahi Planlamada Oto-Segmentasyon Geliştirilmesi

UT Southwestern Medikal Merkezi'nden araştırmacı ekibi tarafından, beyin metastazları radyocerrahi planlamasından kullanılabilecek MR imajları yükleme ve otomatik segmentasyon olanağı sunan bir platform



Şekil 2: Claire Park, Western Üniversitesi Ontario

geliştirildiği belirtildi (Şekil 3). Yüksek çözünürlük T1 imajlarının yüklenmesi sonrası derin öğrenme tabanlı algoritma kullanarak segmentasyon ve isimlendirme yapabilen platformdaki konturların bu aşamada kullanıcı tarafından izlenip modifiye edilebildiği, sonuçlandırılan konturların da planlama sistemine gönderilebildiği açıklandı. Araştırmacılar tarafından, klinik veriye göre geliştirdikleri algoritmanın 4-5 dakika içinde segmentasyon ve isimlendirme yapabildiğini, yüksek doğrulukta sonuç vermesine rağmen bazı kontrolama hatalarına rastlandığını ve algoritmanın daha fazla fonksiyonlar eklenerek geliştirilmeye devam edileceğini ekledi.



Şekil 3: Zi Yang ve Xuejun Gu, UT Southwestern Medikal Merkezi

AAPM 2019 Yıllık Toplantısı: Genç Araştırmacı Ödülleri (Temmuz 2019)

Bu yıl 14-18 Temmuz tarihlerine San Antonio TX/ Amerika'da yapılan AAPM yıllık toplantısındaki diğer bir organizasyon olan genç araştırmacı ödülleri için 10 adayın yarıştığı ve kazanan ilk 3 çalışma açıklandı;

1. Brakiterapi Doğruluğunu Arttıracak Ultrason Kılavuzluğu

Robarts Araştırma Enstitüsü'nden Jessica Rodgers'in çalışmasında Yüksek Doz Hızlı (HDR) jinekolojik brakiterapide doğruluğu arttıracak 3 boyutlu iğne-kılavuz sistemi geliştirildiği açıklandı. Tedavi sırasında kaynak için yerleştirilen iğnelerin doğru yerleştirilmesi çevre riskli organlar (mesane, rektum) için önemli olması sebebiyle, mevcutta kullanılan ön MR görüntüleme ve sonrasında iğne yerleştirme sonrası BT/MR verifikasyonuna alternatif olarak sunulan çalışmaya göre; iğneler yerleştirilirken görüntüleme yapılabileceği ve bunun da intr-operatif kılavuzluk şeklinde 3 boyutlu ultrason ile yapılabileceği belirtildi. Araştırmacıların geliştirdiği 3 tarama modlu "side-fire transrectal ultrasound (TRUS) - 170° prob ve side-fire transvaginal ultrasound (TVUS) - 360° prob" sistemleriyle yapılan testler sonrasında 8-10 iğne yerleştirilen hastalarda işlem sonrası BT ile karşılaştırma yapıldığı, TRUS sistemi 5 hastada ortalama 3.8 mm/açısal fark 3° ve TVUS sistemi ortalama 2.4 mm/açısal fark 2° olarak sonuçlar elde edildiği belirtildi. Derin iğne yerleştirilme durumunda oluşabilecek iğne ucu görüntüleme problemi için yapılan ek analizlerde fantom çalışması üzerinde ortalama maksimum 1.9 mm/1.5° fark elde edildiği vurgulandı. Ayrıca karşılaşılabilecek hızlı iğne lokalizasyon problem için de otomatik iğne segmentasyon algoritması geliştirildiği ve yapılan testlerde ortalama 0.8 mm pozisyon farkı ve 0.4° açısal fark bulunduğu açıklandı.

2. Lenfosit Dozu Modellemesi

Harvard Medikal School'dan Abdelkhalek Hammi'nin çalışmasında intrakranyal radyoterapi sırasında lenfositlere verilen dozu modelleyecek method geliştirildiği belirtildi. Çalışmanın amacı, kan akışının ve verilen radyasyonun dinamik modellemesini yaparak sirküle olan lenfositlere verilen dozu tahmin etmek olarak açıklandı. Böylece radyasyon kaynaklı lenfopeninin daha iyi analiz edilebileceği ve azaltılabileceği de belirtildi. MR görüntüleri ile beyin vaskülatür verisi oluşturulmuş ve kan akışı için hesaplamalı model geliştirildiği ve 1000 üzeri farklı kombinasyon

ile genişletildiği açıklandı. Lenfosit radyasyonunu simule etmek için de model ile 250000 üzeri

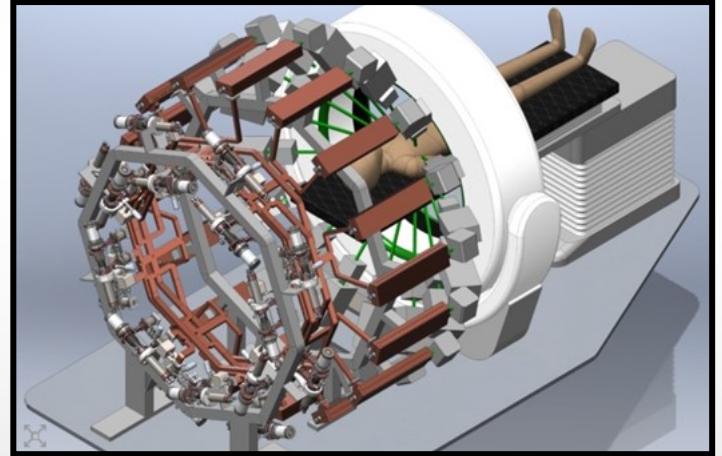
farklı kan parçacığının beyin içinde ve radyasyon alanındaki hareketinin takip edildiği ve dozlarının hesaplandığı vurgulandı. İnsan vücudunun kalanının 24 organ şeklinde istatistiksel yaklaşım kullanılarak simule edildiği ve tüm kan akış modelinin 22 milyondan fazla parçacık olarak oluşturulduğu, bu şekilde modelin 6 alan IMRT ve 3 alan proton terapi planı olarak 30 fraksiyon 60 Gy şeklinde uygulandığı belirtildi. Sonuçlara göre ortalama verilen dozun proton için 0.06 Gy, IMRT için 0.13 Gy, maksimum dozun da protonda 0.32 Gy, IMRT için 0.57 Gy olduğu açıklandı. Bu sonuçlara göre, kana verilen dozun hedef dozuna göre çok az olduğu ve proton tedavisi dozunun da IMRT dozunun yarısı olduğunun görüldüğü Hammi tarafından vurgulandı.

3. Radyoterapide kalp korunmasına yardımcı derin öğrenme tekniği

Yarışmadaki 3.lük ödülü Wayne State Üniversitesi'nden Eric Morris'in kardiyak yapıların segmentasyonu için geliştirdiği derin öğrenme çalışmasına verildi. Radyoterapi sonrası kardiyak toksisitenin azaltılabilmesi için duyarlı kardiyak yapıların belirlenmesi amaçlı çalışmada; 25 meme kanseri hastasının kardiyak MR ve BT görüntülerinden faydalanarak 12 kardiyak alt-yapıların öğrenilebildiği derin öğrenme sistemi oluşturulduğu ve sonrasında sistemin sadece kontrast olmayan BT girdisine ihtiyaç duyduğu açıklandı. Sonrasında 11 bağımsız test hastası BT ile sistemin kullanıldığı ve "conditional random fields(CRF)" post-processing sistemi ile hataların azaltıldığı eklendi 11 bağımsız görüntüde, ortalama hatanın 2 mm altında olarak sistemin çalıştığı ayrıca sonuçların önce geliştirilen çoklu atlas yöntemi ile karşılaştırıldığı belirtildi. Buna göre, sistemin sonuçları çoklu atlas yöntemine göre ortalama 1.4 mm daha geliştirdiği ve bazı yapılarda %23-35 aralığında iyileştirdiğinin bulunduğu vurgulandı. Ayrıca sistemin yaklaşık 14 saniyede segmentasyon yaptığı ve çoklu atlas yönteminde bu sürenin 10 dakika civarı olduğu da eklendi.

PHASER Linak: FLASH Radyoterapinin Klinikte Kullanımı (Temmuz 2019)

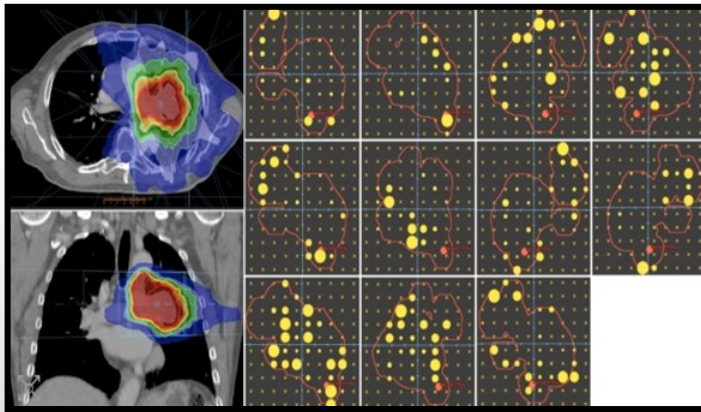
Son çalışmalarda görüldüğü üzere FLASH radyoterapinin (50 Gy/s üzeri ultra hızlı doz hızı yaklaşımı) terapetik etkiyi azaltmadan normal doku toksisiteyi düşürdüğü ve ek olarak yüksek hız sebebiyle hasta hareketi problemini ortadan kaldırdığı savunulmaktadır. Mevcut klinik Linakların; en az 300 kat fazla doz hızı gereksinimine çıkmasının mümkün olmaması sebebiyle Stanford Üniversitesi'nden araştırmacılar tarafından PHASER platform geliştirilmekte olduğu açıklandı (Şekil 4). Platformun temel özelliklerinin kompakt, verimli, ekonomik ve klinik olarak uygulanabilir olması ve bu sayede global ulaşılabilirliğinin sağlanmasının amaçlandığı belirtildi. Hızlandırıcı bileşenlerinin 3 boyutlu üretim sistemi ile yapılmasının maliyetleri düşürdüğü, yüksek hız-çözünürlük özellikli görüntüleme sistemi ile birleştirilerek klinik avantajın artırıldığı da vurgulandı.



Şekil 4: PHASER sistemi konsept görüntüsü.(Mevcut Linaklardan daha kompakt ve radyasyona maruz kalan daha az hareketli component)

Araştırmacıların (Billy W. Loo, Peter Maxim ve Sami Tantawi) geliştirdiği, platformdaki 4 temel teknolojik yenilik bulunduğu belirtildi. İlki DRAGON adı verilen, yeni hızlandırıcı teknolojisine göre; optimize edilen hızlandırıcı hücreleri ile pik yüzey manyetik alanlar minimize edilmiş ve yüksek gradyent radyofrekans (RF) kesintisi azaltılarak ısı kaybı minimize-güç verimi maksimize edilmiştir. 50 cm yüksekliğinde ve 330W pik RF güçlü klystron geliştirilmiş ve çoklu klystronlar birleştirilerek RF faz matrisli güç dağılım ağı oluşturulmuştur. 16 klystron ve toplam 5.3 MW pik gücüne

sahip 16 ayrı DRAGON sabit linak içeren PHASER platformunda 16 demetli yoğunluk ayarlı FLASH RT sağlanabilmekte ve sistem gantry rotasyonuna gerek duymadan 300 nanosaniye içinde demet yönünü değiştirebilmektedir. İkinci olarak araştırmacılar "all-electronic scanning pencil-beam high-speed intensity-modulated X-ray source (SPHINX)" teknolojisi ile çok yapraklı kolimatör (MLC) ve mekanik hareketi elimine etmişlerdir. Tüm elektron pulslarının elektromanyetik olarak sabit hedef üzerine yönlendirildiği ve bu sayede hızlı taramalı X ışın kaynağı elde edildiği iletilmiştir. Örnek olarak akciğer kanseri planında SPHINX tabanlı tedavi planının klinik kullanılan MLC planı ile aynı doz uyumuna sahip olduğu vurgulanmıştır (Şekil 5). Ultra hızlı ışınlamanın beraberinde kullanılabilecek hızlı ve yüksek kaliteli görüntü kılavuzluğu ihtiyacı belirtilmiş ve bu amaçla çoklu dedektör BT entegre edilerek diagnostik kalitede ve saniye altı hızda volumetrik görüntüleme sağlandığı belirtilmiştir. Koplanar olmayan demet geometrisi sayesinde demetlerin BT tarayıcıyla aynı izomerkezi paylaşabilmesinin de sağlanmış olduğu eklendi.



Şekil 5: SPHINX tabanlı akciğer IMRT tedavi planı.

Tüm komponentlerin prototip olarak üretildiği, farklı test aşamalarında olduğu ve PHASER sisteminin klinik versiyonu gereksinimi için dizaynların bitirmek üzere olduğu açıklandı. Büsbütün entegre olmuş tek-demetli versiyonun inşa edilmekte olduğu ve bundan sonrasında 16-demetli versiyonun klinik olarak kullanıma hazır şekilde inşasına devam edileceği ve ayrıca tek-demetli versiyonun radyobiyojik araştırmalarda da kullanılacağı vurgulandı.

KAYNAKÇA

<https://physicsworld.com/c/radiotherapy/>

<https://w3.aapm.org/meetings>

<https://www.itnonline.com>

**RT Teknikeri Hasan Sağcan**

1989 İstanbul doğumluyum. 2016 yılında Bilgi üniversitesi Radyoterapi bölümünden mezun oldum. 2016 yılından itibaren İstanbul Okan Üniversitesi Hastanesi'nde Radyoterapi Teknikeri olarak çalışmaktayım.

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.



ASTROnews

SUMMER 2019

ARTIFICIAL INTELLIGENCE

The future is now

Page 10

A Brief Introduction to Artificial Intelligence for the Radiation Oncologist

Laying the groundwork to explain AI and its impact on the field of radiation oncology.

Page 12

From Science Fiction to Reality: The Nascent Rise of AI in Radiation Oncology Physics

The present use of AI in treatment planning and the potential it provides for the future.

