

Medikal Fizik Derneği'nin Katkılarıyla

MedFiz@Online

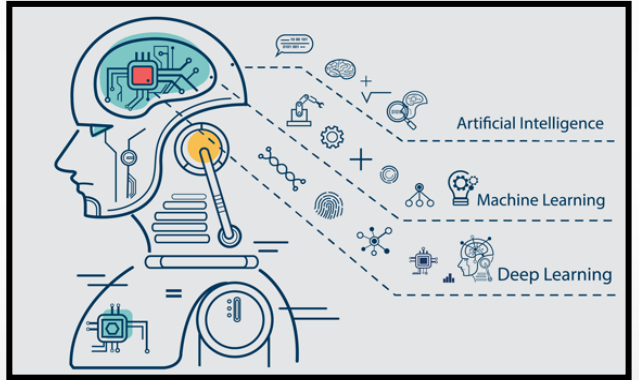
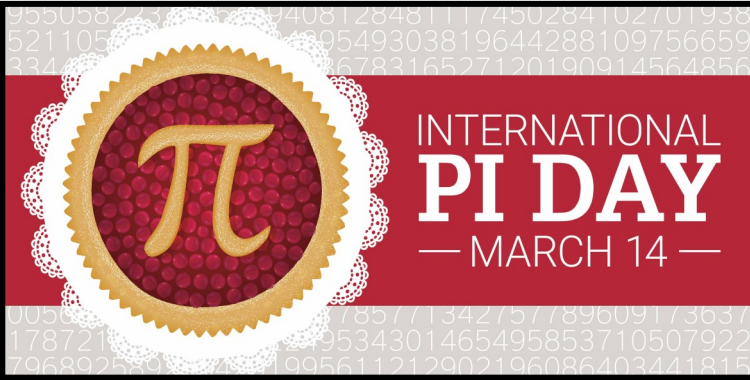
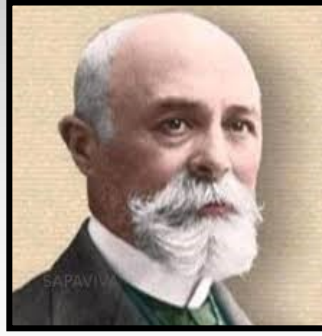
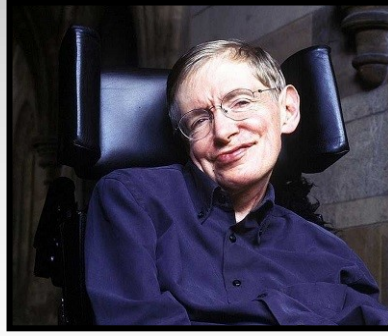
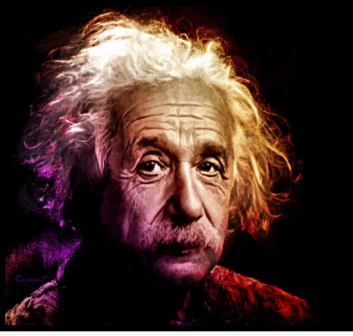
e-DERGİ

NİSAN-MAYIS 2019

medfizonline@gmail.com

www.medikalfizik.org

SAYI: 20



BU AYIN ÖNE ÇIKAN KONULARI

- RÖPORTAJ I: YENİ TROD BAŞKANIMIZ İLE GÜNDEMİMİZE DAİR ÖZEL RÖPORTAJ
- AYIN BÖLÜMÜ: YEDİTEPE ÜNİVERSİTESİ KOŞUYOLU HASTANESİ-NÜKLEER TIP ANABİLİM DALI
- ASTRO WHITEPAPER: DOZ REÇETELEMESİNİN STANDARDİZASYONU
- MEDİKAL FİZİK İŞGÜCÜ KÜRESEL BİR PERSPEKTİF
- GÖRÜŞ/KARŞIT GÖRÜŞ: YAPAY ZEKA YAKINDA TIBBİ FİZİK ARAŞTIRMA VE UYGULAMA ALANINI DEĞİŞTİRECEK
- YURTDIŞI TEMSİLCİLERİMİZ II-ADEM ÜNAL KIZILDAĞ
- RÖPORTAJ III: BEN MİJNHEER (ÇEVİRİ)
- JEL DOZİMETRE
- SERBEST KÜRSÜ: BİR TUTKUDUR YELKEN



BAŞ EDITÖR

Haluk Orhun
orhun.haluk@gmail.com

EDITÖR GRUBU

Boran 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

ADEM ÜNAL KIZILDAĞ
BERNA TIRPANCİ
BORAN GÜNGÖR
EBRU ORUÇ BAKIR
EVREN ÜZÜMLÜ
MEHMET FAZİL ENKAVİ
MUSTAFA DEMİR
NALAN ALAN SELÇUK
NURAL ÖZTÜRK
SEVTAP YILDIRIM
TÜRKAY TOKLU
YONCA YAHŞİ ÇELEN
YUSUF ZİYA HAZERAL

(Yazarlar harf sıralamasına göre
sıralanmıştır.)

WEB TASARIM VE DİZAYN

Adil Merih
Cem Gökşen
Mümin Eray Ergen

İÇİNDEKİLER

- **MERHABA**
- **RÖPORTAJ I: YENİ TROD BAŞKANIMIZ İLE GÜNDEMİMİZE DAİR ÖZEL RÖPORTAJ**
- **AYIN BÖLÜMÜ: YEDİTEPE ÜNİVERSİTESİ KOŞUYOLU HASTANE-Sİ-NÜKLEER TIP ANABİLİM DALI**
- **ASTRO WHITEPAPER: DOZ REÇETELEMESİNİN STANDARDİZASYONU**
- **MEDİKAL FİZİK İŞGÜCÜ KÜRESEL BİR PERSPEKTİF**
- **GÖRÜŞ/KARŞIT GÖRÜŞ: YAPAY ZEKA YAKINDA TIBBİ FİZİK ARAŞTIRMA VE UYGULAMA ALANINI DEĞİŞTİRECEK**
- **YURTDIŞI TEMSİLCİLERİMİZ II-ADEM ÜNAL KIZILDAĞ**
- **RÖPORTAJ III: BEN MIJNHEER (ÇEVİRİ)**
- **JEL DOZİMETRE**
- **AYDIN MEDİKAL FİZİK GÜNLERİNİN ARDINDAN**
- **TRAKYA ÜNİVERSİTESİ ULUSLARARASI FİZİK VE UYGULAMALARI MATEMATİK ARAŞTIRMA MERKEZİ'NDEN MEDİKAL FİZİK SEMİNERLERİ**
- **KİTAP TANITIMI: CLINICAL 3D DOSIMETRY IN MODERN RADIATION THERAPY**
- **RADYOTERAPİDEKİ SON GELİŞMELER**
- **SERBEST KÜRSÜ: BİR TUTKUDUR YELKEN**

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



Yıl 1927, Kuantum mekaniği üzerine V. Solvey Konferansı. Albert Einstein, Marie Curie, Niels Bohr ve diğer bilim insanları.

Günümüzün gelişen teknolojileri medikal fizik ve radyasyon onkolojisi alanına doğrudan yansıyor. Dev adımlarla ilerleme kaydediyor. Bu bilimsel ve teknolojik gelişmenin en önde gideninin adı "Yapay Zekâ-YZ" uygulamaları, İngilizcesi ise "Artificial Intelligence-AI"

Medikal fizik alanında çalışan meslektaşlarımızın kendilerini doğrudan ilgilendiren yapay zekâ uygulamalarından habersiz olmaları beklenmediği gibi, bu gelişmeleri yakından izlediklerinden ve bazı uygulamaları kullandıklarından emin olduğumuzu belirtmek isteriz.

İlk defa dergimiz sayfalarına giren Yapay Zekâ konusu, medikal fizikçilerin uluslararası meslek örgütlerinin yakın ilgisi çekiyor, toplantı ve yayınlarının ön sıralarında yer alıyor. Bu gelişmelere birkaç örnek vermek istiyoruz;

a. Bu yıl toplanacak olan ESTRO2019 toplantısının bilimsel programı öncesi yapılacak kurs programında "Machine Learning for Physicist" konusu bir tam gün yer alıyor. Machine Learning -ML, Yapay Zekâ'nın alt birimlerinden birini oluşturuyor ve "Makine Öğrenmesi" olarak Türkçeye çevriliyor. Ayrıca ESTR2019'un bilimsel programında değişik oturumlarda kendine yer buluyor.

b. Yine geçtiğimiz yıl gerçekleşen AAPM2018 ve RSNA2018 yıllık toplantılarında Yapay Zekâ uygulamaları ve bu kapsamda medikal fizikçilerin gelecekteki rolünün nasıl olacağı tartışıldı. Yine Yapay Zekâ ile birlikte görüntüleme sistemleri üzerindeki etkisi konuşuldu.

c. EFOMP (The European Federation of Organisation for Medical Physicist), 2019-2021 yılları arasındaki çalışma programına "Artificial Intelligence" adında bir yeni çalışma grubu ekledi.

Gerekçesi ise şöyle: Yapay Zekâ, medikal fizik mesleğinin

geleceğini ve bu alandaki araştırmaları değiştirecek bir önem taşıyor.

Sonuç olarak, böylesine önemli bir konunun ülkemizdeki değişik medikal fizik platformlarına taşınması gerekiyor diye düşünüyoruz. Bu amaçla, dergimizin gelecek sayılarında bu konuyu tartışmaya, değerlendirmeye, örnekler vermeye gayret edeceğimizi, konuyu bir ucundan tutacağımızı okurlarımıza ve meslektaşlarımıza iletmek istiyoruz.

Mart ayı medikal fizikçileri ilgilendiren çok önemli günleri bünyesinde topluyor.

a. **Dünya Pi günü:** 14 Mart Pi (π) sabiti, irrasyonel bir sayı. Virgülden sonra birbiriyle hiçbir mantık dizgisi olmayan 1 trilyondan fazla rakam içeriyor. Geçtiğimiz günlerde Google çalışanı Emma Haruko Iwao pi rakamındaki virgülden sonra 31.415.926.535.897 adet rakkamı hesap ettiğini açıkladı.

b. X-Işınlarının babası, 1901'de fizik alanında ilk Nobel'i kazanan, **Wilhelm Röntgen**, 174 yıl önce 27 Mart tarihinde doğdu.

c. Uluslararası büyük bilim adamı **Albert Einstein**'in doğum günü yine 14 Mart.

d. Günümüz evren bilimcisi, **Stephan Hawking's** 14 Mart tarihinde hayatını kaybetti.

e. Ünlü fizikçi **Henri Becquerel**'in Radyoaktiviteyi 123 yıl önce Mart ayında keşfetti.

Gelecek sayılarda görüşmek üzere.

Saygılarımızla.

HALUK ORHUN

RÖPORTAJ I: PROF. DR. YAVUZ ANACAK

YENİ TROD BAŞKANIMIZ İLE GÜNDEMİMİZE DAİR ÖZEL RÖPORTAJ



Soru 1: Hayırlı olsun sayın hocam. Birçoğumuz sizi iyi tanıyoruz ama yine de tanımayanlar için kısaca kendinizi bize tanıtır mısınız?

Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi mezunuyum. Aynı fakültede radyasyon onkolojisi alanında uzmanlık eğitimini tamamladım ve 1995 yılından bu yana radyasyon onkolojisi uzmanı olarak görev yapıyorum. Bu süre içerisinde İsrail’de Technion Üniversitesi Rambam Hastanesi’nde ve ABD’de Duke Üniversitesi’nde çalışmalarda bulundum. Bir süre Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı IAEA’nın Viyana’daki merkezinde çalıştım ve halen IAEA’nın radyasyon onkolojisi ile ilgili çeşitli projelerinde ülke temsilcisi ve danışman olarak yer alıyorum. 2012 yılından beri Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı Başkanlığı’nı yürütüyorum ve 2019-2020 dönemi için de Türk Radyasyon Onkolojisi Derneği Başkanlığı’nı üstlendim.

Soru 2: Sizce radyasyon onkolojisi gelecekte nasıl evrilecek? Gelecekte meslektaşlarımızın gündeminde neler olacak?

Radyasyon onkolojisi benim uzmanlık eğitimine başladığım 1990’lı yılların başından bu yana inanılmaz bir değişim yaşadı ve bu değişim halen ivmelenerek devam ediyor. Ben de meslek yaşantım boyunca bu olağanüstü değişim ve gelişmeyi birebir gördüm, yaşadım. Teknolojide yaşanan çok hızlı gelişmelerin temeli fizik ve matematiğe dayanan radyasyon onkolojisine ulaşması ve günlük pratiğe girmesi de diğer pek çok tıp dalından daha önce oldu. Skopi cihazları ile yapılan iki boyutlu simülasyondan solunum ayarlı 4-D BT’ye, tek kesit üzerinde manuel planlamadan deformable registration kullanılan non-coplanar planlamalara ve basit kobalt cihazlarından da karmaşık konfigürasyondaki hızlı lineer akseleratörlere, tomoterapiye ve robotik radyoterapi cihazlarına ulaştık. Geldiğimiz noktada hızımız kesilmedi, yeni bir teknolojinin radyasyon onkolojisine uygulanması artık oldukça kısa bir süre içerisinde gerçekleşiyor. Örneğin giderek yaygınlaşan proton cihazlarının gelecekte fotonların yerini alıp almayacağını tartışırken radyasyon onkolojisi camiası bir anda MR linak ile tanıştı, digital teknoloji yaşamın her alanında olduğu gibi radyasyon onkolojisini de çok hızlı dönüştürüyor, takip etmek hakikaten zor.

Bugünden nereye gideriz, radyasyon onkolojisi gelecekte nereye evrilecek sorusunu yanıtlamak kolay değil. Kırmızı derginin Milleninyumda basılan ilk sayısının (International Journal of Radiation Oncology, Biology & Physics, Vol.46, 1 January 2000) ilk iki sayfasında radyobiolojinin duayenlerinden Eric Hall’un bir yazısı yayınlanmıştı, A radiation biologist looks to the future. Eric Hall bu yazıda derin bilgi ve görgüsüyle 2100 yılına dek radyasyon onkolojisindeki olası gelişmeleri biraz da mizahi olarak değerlendiriyordu. 2020 yılına dek radyobioloji cephesinde en azından 5 adet radyosensitivite geninin rutin taramalarda kullanılacağı, gen tedavilerin uygulamaya gireceğini, yeni radyoprotektörlerin geliştirileceğini öngörmüştü. 2019 yılına geldiğimizde ne yazık ki bunların hiç birisinin gerçekleşmediğini görüyoruz. Ama bu hiç gelişme olmadığı anlamına gelmiyor. Onun yerine örneğin stereotaktik radyoterapinin biyolojisini konuşmaya başladık, tedavide yeni ufuklar açan immunoterapiyi günlük uygulamalara soktuk. Dolayısıyla bu konuda en yetkin uzmanların bile geleceği doğru tahmin edemediğini görüyoruz. Eric Hall’un radyasyon onkolojisi için iyimser tahminleri oldukça karamsar bitiyordu, diğer tedavi yöntemlerindeki gelişmelerin 21. Yüzyılın



ikinci yarısında radyasyon onkolojisini gerileteceğini ve 2070 yılına geldiğimizde 112. ASTRO Kongresinde radyoterapinin yararsız bir tedavi olarak ilan edilerek ASTRO'nun kendini feshedeceğini ve X-ışınlarının keşfinin 200.yılı olan 2095'de de IMRT yapabilen bir Lineer akseleratörün Smithsonian Bilim Müzesi'nde yerini alacağını öngörüyordu ünlü hoca. Aslında çok da haksız değil, IMRT yapabilen son model linakların müzeliğe olacağı tarih çok da uzak değil gibi geliyor bana, ama bu radyoterapinin sonunu getirmeyecek. Aksine günümüz radyoterapisinin bu assolistleri yerlerini daha iyi doz dağılımı sağlayan proton tedavi cihazlarına ve radyobiyojik açıdan daha avantajlı olan ağır partikül cihazlarına bırakarak sahnedan çekilecekler. Radyoterapi teknolojisindeki gelişmeler ile sağlam dokuların aldığı doz sınırlandığı oranda radyasyon onkolojisinin varlığını sürdürmeye devam edeceğini düşünüyorum. Radyoterapinin yerini alacağı iddia edilen tedavilerin de hiçbirisi masum değil ve hepsi de pek çok bilinmezlik içeriyor. Etki mekanizması ve biyolojisini çok iyi bildiğimiz, fiziksel doz dağılımını da iyi kontrol ettiğimiz radyoterapinin en azından önümüzdeki birkaç on yıl içerisinde de kanser tedavisinin en önemli yöntemlerinden birisi olmaya devam edeceğini söyleyebilirim.

Soru 3: Mevcut Türk radyasyon Onkolojisi Derneği Başkanlığı döneminizde başlıca ilgileneneğiniz ve çözmeyi planladığınız sorunlar nelerdir?

İlk sırada eğitim var. Radyasyon onkolojisindeki hızlı gelişmelerin Türkiye'deki radyasyon onkologları, medikal fizikçiler ve radyoterapi teknikerlerine aktarılması gerekiyor. Yeni teknolojiler, cihazlar ve yöntemler ülkemize hızla giriyor ve kullanıcılar çoğunlukla ilgili firma tarafından verilen birkaç günlük bir aplikasyon eğitimi ile yetinmek zorunda kalıyorlar. Sağlık Bakanlığı ve YÖK'ün mezuniyet sonrası eğitim ile ilgili hiçbir projesi yok ne yazık ki. Ben bunca yıldır devlet kurumlarının düzenlediği tek bir eğitim etkinliği bile hatırlamıyorum. Türkiye'de radyasyon onkolojisi alanında mezuniyet sonrası eğitim tamamen dernekler tarafından yürütülüyor, başkanlığını yürüttüğüm Türk Radyasyon Onkolojisi Derneği de bu alandaki en büyük

dernek ve faaliyetlerinin önemli bir bölümünü kurslar, olgu akşamları, sempozyum ve atölye çalışmaları şeklinde sıralayabileceğimiz eğitim etkinlikleri oluşturuyor.

Eğitimin yanı sıra derneğimizin bir meslek örgütü olması nedeniyle radyasyon onkologlarının mesleki durumlarının ve sosyal haklarının da korunması ve iyileştirilmesi yönünde de çalışıyoruz. Sağlık Bakanlığı, YÖK, TAEK gibi devlet kurumları ve Türk Tabipler Birliği ile yakın ilişki ve iş birliği içinde çalışıyoruz.

Önem verdiğimiz bir diğer konu da Türkiye'de radyoterapi altyapısının sağlıklı bir şekilde gelişmesine katkıda bulunmak. Sağlık Bakanlığının yürüttüğü bir Onkoloji Hizmetleri Yeniden Yapılandırma Programı var ve radyoterapi yatırımları bu programa uygun olarak gerçekleştiriliyor, ancak bildiğiniz üzere bu konuda zaman zaman aksamalar yaşanabiliyor. Bazı merkezler hasta yoğunluğu yaşarken personeli olmadığı halde cihaz temin edilen ve çalışır durumda olmayan merkezlerin bulunduğunu biliyoruz. Biz dernek olarak radyasyon onkolojisinde insan gücü ve altyapı konusunda hazırladığımız raporları Sağlık Bakanlığı'na ilettik ve bu konudaki bilgi ve deneyimimiz ile katkı sunmak istiyoruz.

Soru 4: Önümüzdeki yıl yapılacak UROK kongresi hazırlıkları ne aşamada? Toplantı içerisinde medikal fizik ile ilgili planlamalar yapıldı mı? Biz medikal fizikçileri nasıl bir toplantı bekliyor?

UROK kongresi tüm radyasyon onkolojisi camiasının en önemli etkinliği, hepimizin heyecanla beklediği bir bayram. Önümüzdeki yıl 14.UROK düzenlenecek, kongrenin yer seçimini yaptık ve hazırlıklara başladık. Radyasyon onkologları ve sağlık fizikçileri için heyecan verici ve doyurucu bir program hazırlamak istiyoruz. Fizik ile ilgili oturumları derneğimizin sağlık fizikçi çalışma grubu ile birlikte hazırlayacağız.

Soru 5: Derneğin Medikal Fizikçilere burs, kongre veya toplantı desteği gibi konularda yaklaşımı nasıl?

Türk Radyasyon Onkolojisi Derneği Türkiye'de radyasyon onkolojisi alanındaki en büyük meslek örgütü, üyelerinin büyük çoğunluğu radyasyon onkologlarından oluşmakla birlikte medikal fizikçilerin eğitimlerine ve sorunlarına duyarsız kalması beklenemez. Radyoterapi bir ekip işidir ve her ekip en zayıf üyesi kadar güçlüdür, bu nedenle bu ekibin her üyesinin iyi bir eğitim alması son derece önemlidir. Medikal fizikçiler için bütçemizin izin verdiği ölçüde ESTRO kursları, kongre ve toplantılar için destek sağlamaya devam edeceğiz.

Soru6: Sizce ülkemizde Medikal Fizik beklediğiniz pozisyona ve öneme sahip mi?

Medikal fizik disiplininin henüz ülkemizde tam olarak anlaşılmadığını düşünüyorum. Radyasyon onkolojisi ve nükleer tıp camiası dışında bir medikal fizikçinin kim olduğunu ve ne işle uğraştığı bilinmiyor. Medikal fizikçilerin meslek tanımlarının yapılması ve yasal olarak sağlık çalışanları arasına alınmasının medikal fizikçilerin mesleki tedirginliklerini oldukça giderdiğini düşünüyorum, ancak yine de özellikle diplomalardaki isimlendirmelerden tutun da, hastane yöneticilerinin yetersiz bilgisinden kaynaklanan sorunlara dek pek çok güçlük karşı karşıya bulunduğunuzun da farkındayım. Bu sorunları çözmede bundan sonra da Türk Radyasyon Onkolojisi Derneği'nin desteğini daima aranızda bulacağınızı söyleyebilirim.

Soru 7: Çeşitli uluslararası kuruluşlarda aktif görevleriniz olduğunu biliyoruz. Bu görevleri icra ederken yurtdışı platformlarda medikal fizikçiler hakkındaki gözlemleriniz nelerdir? Bizlere tavsiyeleriniz olur mu?

Eğitim açısından Türkiye'de önde gelen üniversitelerdeki medikal fizik eğitim programlarının Avrupa ve Amerika'daki programlardan eksiği yok. Ancak sonraki aşamalarda farklılaşma başlıyor. Avrupa'da 2 yıllık eğitim sonrasında bir merkezde sorumlu medikal fizikçi olarak lisans almak için en az 2 yıl daha bir merkezde pratik çalışma yapmak koşulu var. Bunu son derece önemli buluyorum ve Türkiye'de de uygulanması için çaba göstermemiz gerektiğini düşünüyorum, yeni mezun deneyimsiz gençlerimizi bir başına bırakmamalıyız. Geride kaldığımız bir diğer konu da Türkiye'de dozimetrist eksiği olması ve medikal fizikçilerin çalışma sürelerinin önemli bir kısmını planlama bilgisayarı başında geçirmesi. Radyoterapi teknikerlerinin eğitimini lisans düzeyine çıkarıp bir kısmını dozimetrist olarak yetiştirmemiz gerekiyor. Ancak bu şekilde sağlık fizikçileri radyasyon güvenliğinin sağlanması, kalite kontrol, kalibrasyon gibi görevlerine yeterli zaman ayırabilirler. Türkiye'de iyi yetişmiş ve mezuniyet sonrasında da gelişmeleri takip eden her medikal fizikçinin yurtdışındaki meslektaşları ile aynı düzeyde olduğunu rahatlıkla söyleyebilirim.

Soru8: ESTRO gibi uluslararası kurumların yönetim kurullarında ülkemizden temsilcilerin olması için neler yapılabilir?

Uluslararası platformlara açık olmak gerekiyor. Örneğin ESTRO'nun yönetim kurullarına girmek için öncelikle ESTRO üyesi olmanız ve çeşitli aktivitelere düzenli olarak katılmanız gerekir. Ancak bu şekilde kendinizi kabul ettirebilirsiniz. Ülkemizin ekonomik koşullarında bu hiç de kolay değil, ancak olanaksız da değil. Israrla bilimsel araştırma yapıp yazı yazarsanız mutlaka fark edilirsiniz. Ülkemizdeki radyoterapi altyapısının pek çok Avrupa ülkesinden çok daha iyi durumda olduğunu biliyoruz. Medikal fizik alanında ses getirecek ara-

tırmalar yapmamak için hiçbir nedenimiz yok diye düşünüyorum.

Soru9: Bir radyasyon onkoloğu ve dernek başkanı olarak medikal fizikçiler ve Medikal Fizik Derneği ile ilgili görüşlerinizi rica edebilir miyiz?

Radyasyon onkolojisi disiplini radyasyon fiziği ve radyasyon biyolojisinin üzerinde yükseliyor. Fizik ve biyolojinin katkıları olmadan klinik radyasyon onkolojisi başarılı olamaz. Medikal fizikçiler ve radyasyon onkologları radyasyon onkolojisi ekibinin en önemli üyeleridir ve başarıya giden yolda birlikte yürümek durumundadır. Medikal Fizik Derneği radyasyon onkolojisi alanında çalışan fizikçilerin eğitimleri, mesleki ve sosyal hakları için çalışıyor. Hedefimiz ortaktır, karşılaştığımız sorunlar da hepimizin sorunudur ve çözümleri de ortak olmalıdır. Medikal Fizik Derneği ile iş birliğimizin artarak sürecektir. Bu konuda üzerime düşen görevleri memnuniyetle yerine getireceğimden emin olabilirsiniz.

Soru10: Dergimizi takip ediyor musunuz? 20. sayıda yayınlanacak bu röportajımız? Neler düşünüyorsunuz?

MedFiz@Online ülkemizde sadece medikal fizik alanında değil tüm radyasyon onkolojisinde çok önemli bir boşluğu dolduruyor. Derginiz hem bilimsel ve eğitici yazılarıyla medikal fizikçilerin gelişimine katkıda bulunuyor hem de güncel haberler, röportajlar, merkez tanıtımları ve sosyal-kültürel yazılarla medikal fizikçiler arasındaki iletişimi arttırıyor ve zevkle okunuyor. Derneğimizin yenileyeceğimiz web sitesinde derginize de link vermek istiyorum. Elinize, kaleminize sağlık.



Uzm. Fiz. Yusuf Ziya HAZERAL

1984 Kahramanmaraş doğumludur. 2008 yılında Ege Üniversitesi Fizik Bölümünden, 2009 yılında Ege Üniversitesi Matematik (Çift Anadal) Bölümünden mezun oldu. 2011 yılında Ege Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tıbbi Radyofizik programında yüksek lisans eğitimini tamamladı. 2016 yılında Ege Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Sağlık Fiziği doktora programına kabul edildi ve halen eğitimini sürdürmektedir. 2011 yılından günümüze Ege Üniversitesi Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı'nda öğretim görevlisi olarak çalışmaktadır.

AYIN BÖLÜMÜ

YEDİTEPE ÜNİVERSİTESİ KOŞUYOLU HASTANESİ-NÜKLEER TIP ANABİLİM DALI

Yeditepe Üniversitesi Hastaneleri, üstün teknolojisi ve akıllı sistemlerle donatılmış alt yapısıyla, 26 Ağustos 2005 tarihinden itibaren hizmet vermektedir. Ulusal ve uluslararası alanda birçok başarıya sahip, profesör ve doçent ağırlıklı hekimlerden oluşan kadrosu ile yeni ve başarılı hekimler yetiştirmek üzere önemli çalışmalar yapmaktadır.

Yeditepe Üniversitesi Hastaneleri ve bağlı kurumları 2 Kasım 2007'de sağlık standartları konusunda dünyanın en önemli kuruluşu olarak kabul edilen JCI (Joint Commission International) tarafından ilk denetimde tüm sistemiyle, tüm standartlarda akredite edilmiştir. Başka bir deyişle kalitesini ve başarısını uluslararası düzeyde belgeleyen ilk Türk üniversite hastaneleri grubu olmuştur. Yeditepe Üniversitesi Hastanesi, bu deneyim ve başarı ile uyguladığı kalite sistemi altyapısı ile 2017 yılında Koşuyolu Hastanesini faaliyete açmıştır.



Yeditepe Üniversitesi Koşuyolu Hastanesi, Nükleer Tıp Anabilim Dalı modern altyapısı ile uluslararası alanda kabul görmüş hemen hemen tüm görüntüleme ve



tedavi uygulamalarını hastalarına sunabilme amacıyla modern teknoloji ile donatılmış bir klinik. Konularında uzman hekim kadrosu ve modern görüntüleme sistemleri aracılığıyla Nükleer Tıp görüntülemede en iyi hizmeti sunmaya odaklanmış şekilde hizmet vermektedir.



Tiroid kanserinde iyot tedavisi, nöroendokrin ve prostat kanserlerinde lutesyum gibi tedavilerin yanı sıra, dünyada da yeni yeni uygulanmaya başlanan Ac-225 gibi alfa salıcı izotoplar ile prostat kanseri tedavisini de uygulamaya başlamıştır.

Yeditepe Üniversitesi Koşuyolu Hastanesi, Nükleer Tıp Anabilim Dalı çeşitli Nükleer Tıp tedavileri için dozimetrik hesaplamalarını ülkemizde ilk olarak uygulayan kliniklerden biridir.

Verdiği hizmetlerin yanı sıra, bir üniversite hastanesinin parçası olması sebebiyle, klinik ve medikal fizik alanlarında araştırma faaliyetlerini de sürdürmektedir. Yeditepe Üniversitesi, Sağlık Fiziği Yüksek Lisans programının da altyapısı çoğunlukla Nükleer Tıp Anabilim Dalı tarafından sağlanmaktadır.



CİHAZ PARKURU

GE Discovery 710 PET/CT: Yüksek rezolüsyon, Time-of-Flight (TOF), 4D PET/CT için Varian RPM ünitesi, ECG tetikleyici

GE Discovery NM/CT 670 Pro SPECT/CT: Dozimetri hesaplamaları için kantitatif görüntüleme olanağı: CT tabanlı atenüasyon, saçılma ve kolimatör-dedektör cevabı (CDR) düzeltmeleri

Scintomix GRP v4 Sentez Ünitesi: Kaset sistemi ile GMP koşullarında Ga-68, Lu-177, Y-90, Cu-64 izotopları ile peptid işaretleme; FDG, FET, FLT, FMISO gibi F-18 bileşikler işaretleme alt yapısı

Raporlama Yazılımları: AW 4.7 PET/CT raporlama iş istasyonları, Kardiyak ve Nörolojik PET analiz yazılımları, Xeleris 3.1 SPECT/CT raporlama iş istasyonları

Dozimetri Yazılımları: Olinda/EXM 1.1, Mirdose 3.1, BTG Simplicity, GE Dosimetry Toolkit

Monte Carlo Altyapısı: BEAMnrc/EGSnrc ve Gate/Geant4 kodları ile diagnostik ve dozimetrik Monte Carlo hesaplama

Tedavi Odası: Philips HealWell aydınlatma sistemi ile donatılmış 2 tedavi odası, bunlara bağlı 24 m³ atık tankı sistemi

Diğer Donanımlar: Biodex Atomlab 960 Uptake Sistemi ve Kuyu-Tipi Gama sayıcı, Kromek RayMon10 CZT dedektörlü spektrum analizörü, Agilent HPLC Sistemi, GE Lunar Kemik Dansitometresi, Çift çeker ocak sistemi, Schiller efor sistemi

Fantomlar: NEMA IEC Body Fantomu, PET Sensitivity Fantomu, PET Scatter Fantomu, SPECT Jaszczak Fantomu, SPECT Bar Fantomu, CT Görüntü Kalitesi Fantomu

NÜKLEER TIP ANABİLİM DALI KADROSU

Hekimler:

Doç.Dr. Nalan Alan Selçuk (Anabilim Dalı Başkanı)

Prof.Dr. Emine Biray Caner

Öğr.Grv.Dr. Emre Demirci

Medikal Fizik Uzmanı:

Dr. Türkay Toklu

Teknikerler:

Alper Güler

Sema Çelik

Ayşe Dura Kefeli

Esra Utar

Beste Gizem Özen

Funda Yavaş

Hemşire:

Ebru Ayyıldız

Sibel Gençceylan

Yardımcı Sağlık Personeli:

Cahit Demirkol



Doç.Dr. Nalan ALAN SELÇUK

1997 yılında İnönü Üniversitesi Tıp Fakültesinden mezun oldu. 1999-2004 yılları İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesinde Nükleer Tıp İhtisası yaptı. 2004'de International Hospital'da uzman doktor olarak çalıştı. 2005 de Yeditepe

Üniversitesi Kozyatağı Hastanesini Nükleer Tıp Anabilim Dalını 2017 de ise Yeditepe Koşuyolu Hastanesi Nükleer Tıp Anabilim Dalını kurdu. 2017 yılında Yeditepe Üniversitesi Moleküler Tıp Anabilim Dalı'nda doktora öğrencisi olarak öğrenime başladı. Halen Yeditepe Hastanesi Nükleer Tıp Anabilim Dalı'nda Anabilim Dalı Başkanı olarak görev yapmakta olup Nükleer tıp alanında birçok çalışmaları mevcuttur.



Dr. Türkay TOKLU

1999 yılında Ankara Üniversitesi Fizik Mühendisliği bölümü mezuniyetinin ardından aynı bölümünde 2002 yılında Medikal Fizik dalında yüksek lisans öğrenimini tamamladı. Doktora öğrenimini 2016 yılında Yeditepe Üniversitesi Fizik Bölümünde

tamamladı. Halen Yeditepe Üniversitesi Hastanesi'nde görev yapmakta olan Türkay TOKLU, evli ve iki çocuk babasıdır.



ASTRO WHITEPAPER

DOZ REÇETELEMESİNİN STANDARDİZASYONU

Orjinal Adı: Standardizing dose prescriptions: An ASTRO white paper

Yazarlar: Suzanne B. Evans MD, MPH, Benedick A. Fraass PhD, Paula Berner CMD, FAAMD, Kevin S. Collins PhD, RT(R)(T), CMD, Teamour Nurusev PhD, Michael J. O'Neill MD, Jing Zeng MD, Lawrence B. Marks MD

GİRİŞ

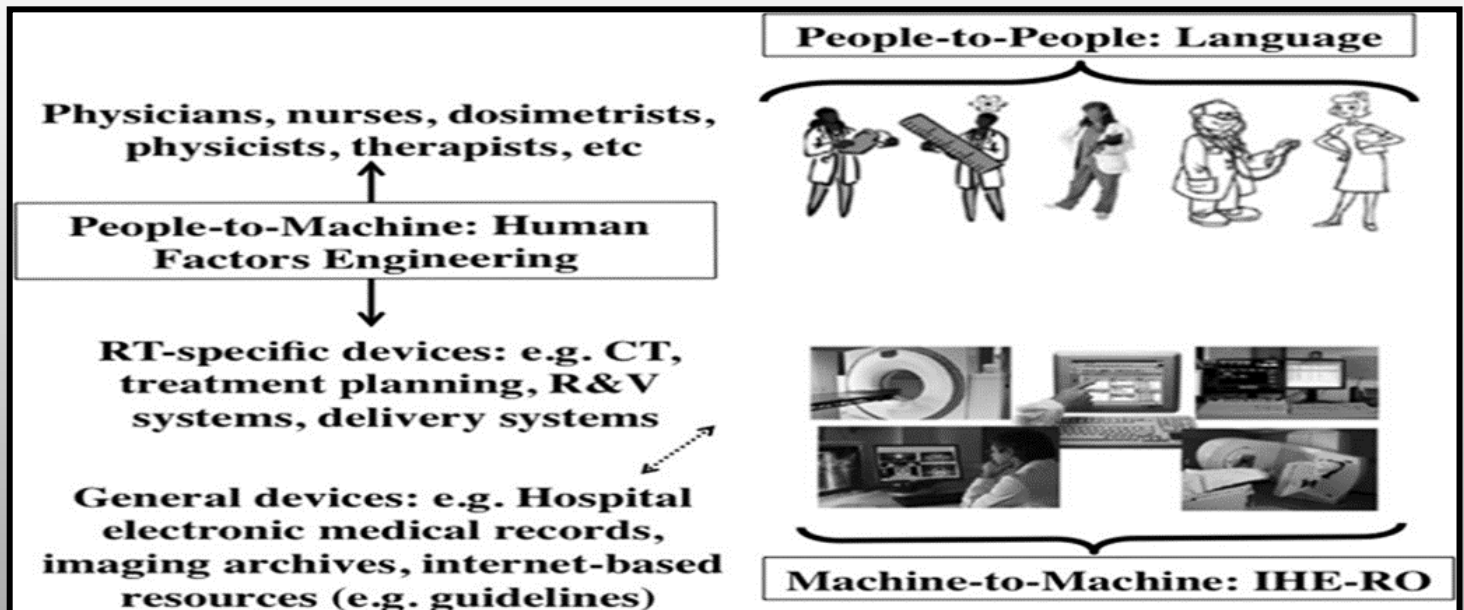
Doğru iletişim, yüksek güvenilirlik sistemlerinin temel taşıdır. Bu farklı cihazlar, farklı insanlar, insan ve cihazlar arasındaki iletişimde de mutlaka geçerlidir. Tıpta, yanlış anlama ve iletişim standartlarının eksikliği, özellikle de geçişler (aktarımlar) sırasında (yani, bakımın bir tedarikçiden diğerine aktarılması), yetersiz sonuçlar doğurmaktadır. Bu bağlamda çeşitli kurumlar, standartlaştırılmış iletişim yöntemleri / araçları kullanmayı savunmaktadırlar. Örneğin, iletişimi kolaylaştırmak amacıyla SBAR tekniği (Situation, Background, Assessment, Recommendation) başarıyla önerilmekte ve uygulanmaktadır. Aynı şekilde, Amerikan Radyoloji Fakültesi (ACR) ve Amerikan Radyasyon Onkolojisi Derneği (ASTRO) iletişimi o kadar kritik buluyorlar ki bu konuya yönelik ortak bir pratik uygulama mevcuttur.

Tıpta iletişimin diğer yönlerini standartlaştırmak için çaba gösterilmektedir. Buna en iyi örnek, cerrahi öncesi zaman aşımını içeren Evrensel Protokoldür. Zaman aşımları, ekip üyelerinin ve hastaların farkında olmalarını ve ileri sürülen girişimin anlaşılmasını sağ-

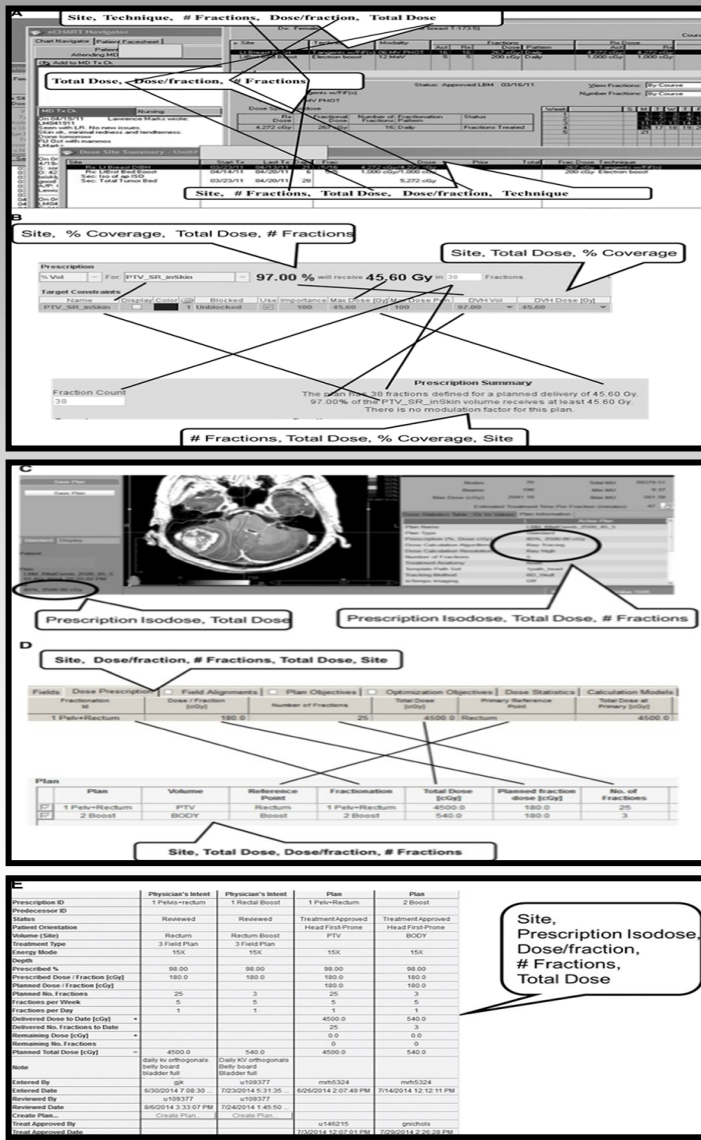
lamak için ilaç dağıtımından prosedür doğrulamasına kadar her yerde kullanılır. Yazılı ilaç reçetesi, SOAP (öznel, objektif, değerlendirme, plan) notu, patoloji kanser şablonları, standart toksisite derecelendirme sistemleri, Katı Tümörlerde Yanıt Değerlendirme Kriterleri (RECIST) ve kanser evrelemesi dâhil olmak üzere diğer birçok standart iletişim çabası mevcuttur.

Onkoloji içinde açık iletişime olan gereksinim, daha önce bu yazıda referans verilen onkolojide birkaç standart iletişim biçimlerinin yaygın olarak benimsenmesiyle kanıtlanmaktadır. Onkoloji içerisinde görevli her birey; belirsiz klinik notlar, raporlar, vb. ile baş etme deneyimine sahiptir. Birçok güncel standart tedavi özetlerinin yetersiz olduğu kabul edilir.

Radyasyon onkolojisi alanının iletişim ile ilgili kendine özgü zorlukları vardır. Aslında, bilgisayarların birbirleriyle iyi iletişim kurmasını sağlamak için çok zaman harcandı (örneğin, Sağlık Kurumlarında Radyasyon Onkolojisi Entegre Etme (Bütünleştirilmesi) Girişimi (IHE-RO)). Verilerin doğru otomatik olarak aktarılmasını sağlamak için bilgisayarın birbirine bağlanması hayati öneme sahiptir. Ancak, bilgisayardan insana ve insandan insana iletişimi standartlaştırmak için ek çaba sarf edilmesi gerekmektedir. Şekil 1'de insanlar ve makineler arasındaki üç iletişim türü gösterilmiştir (insandan insana/makineden makineye/insan makine iletişimi). IHE-RO girişimi cihazlar arasındaki iletişimi ele almaktadır. Radyoterapi reçeteleri için standart bir format/dil insandan insana ve bilgisayardan insana açık iletişimi kolaylaştırmayı amaçlar.



Şekil 1: İnsanlar ve makineler arasındaki iletişim türleri



Şekil 2: (A) Mosaiq, Elekta AB, Stockholm, Sweden; (B) TomoTherapy, Accuray, Sunnyvale, CA; (C) CyberKnife, Accuray, Sunnyvale, CA; (D ve E) Aria, Varian Medical Systems, Palo Alto, CA

Klinik doz reçetelerin farklılıkları arttığından dolayı iletişim riski de artar. Örneğin, yıllar önce "3 çarpı 10" ibaresinin her zaman 3Gyx10 anlamına geldiği kabul edilebilirdi. Ancak, bu artık doğru değil çünkü 10Gyx3 anlamına da gelebilir. Bu nedenle, radyasyon onkoloji ekibinin üyeleri arasında, özellikle reçete doz ile ilgili olarak kesin ve doğru iletişimin olması hasta güvenliğini sağlamak için kritik öneme sahiptir. Ayrıca, pek çok merkez birkaç farklı firmanın donanımına sahiptir, bu nedenle ekibin (örneğin doktorlar, medikal fizikçiler, dozimetristler) değişken formatlardaki benzer veri tiplerini göz önüne almasını gerektirir. Şekil 2'de, farklı firmalardan (radyoterapi cihazlarından) alınan ekran görüntülerinde tedavi doz reçetelerinin girilme veya gösterilme şekli gösterilmektedir. Gösterilen sınırlı örneklerle rağmen firmalar (radyoterapi cihazların) arasında değişiminin derecesi belirgindir. İlginçtir ki, firma içi varyasyonun olduğu birkaç örnek vardır, aynı doz reçetesi, ürün içinde farklı yerlerde farklı formatlarda gösterilmektedir (Şekil D-E).

Standartlaşma eksikliğinden dolayı bu farklı göstergeleri kullanan kişiler için daha fazla karmaşıklığa neden olmaktadır. Standartlaştırılmamış iş akışları birçok hataya yol açabilir. Bu nedenle, bu yayının (White Paper'in) temel amacı, radyasyon doz reçetesinin bir dizi bileşeninin standartlaştırılması için bir öneri yoluyla kullanıcılar arasında doğru iletişimi sağlamaktır. Doğru ve net iletişim hata riskini azaltır. Ek olarak, standartlaştırılmış bir radyasyon reçetesi, araştırma için veri havuzlamasını kolaylaştıracak.

Standardizasyonun Zorluğu

Standartların oluşturulması zordur ve birkaç olası başarısızlık modu tanımlanmıştır;

- a) Standardizasyon çalışmasının başlatılamaması
- b) Kilitlenen konularda fikir birliğine ulaşılamaması
- c) Konu kapsamının kontrol edilemeyecek ölçüde büyüüp genişlemesi
- d) Çalışma alanında kabulün olmaması (Örneğin, mevcut süregelen pratiğe göre uygunsuz standardizasyon nedeniyle)

Standart bir reçete hazırlamakta temel zorluk, dinamik yapıları ile birlikte göz önünde bulundurulacak potansiyel maddelerin çokluğudur. Daha geniş bir kapsam oluşturmak kalıcı bir fikir birliğine varmanın daha zor olmasını sağlar. Ayrıca, tamamen kapsamlı olma girişimleri, klinik uygulamanın hızlı bir şekilde evrimi (gelişimi) nedeniyle her zaman güncel olmayacaktır. Ek olarak, radyasyon onkolojisinin karmaşıklığı göz önüne alındığında, standardizasyon için daha fazla unsurlar dikkate alındığında ana görevden sapma eğilimi oluşur.

Başkaları Tarafından Yapılan Önceki Çalışmalar

ACR, radyasyon tedavisi reçetesine hangi maddelerin dâhil edileceği konusunda kılavuzlar belirlemiştir. ACR'nin desteklediği bu maddeler şunları içerir: tedavi edilecek hacimler veya alanlar, tedavi tekniği, tedavi cihazı, radyasyon şekli, enerji, fraksiyon başına doz, toplam fraksiyon sayısı, toplam doz, hacimler veya izodoz hacimleri veya çizgileri. ASTRO'nun APEX standard 2.3 programında ise şunların yazılması istenir: anatomik tedavi bölgesi, tedavi tekniği, enerji, toplam doz, fraksiyon başına doz, fraksiyon sayısı, tedavi sıklığı, görüntüleme kılavuzluğu, hekimin imzası ve tedavi başlangıcı öncesi tarih. Ek olarak, ASTRO, IMRT için belgeleme ilgili bazı spesifikasyonlar (belirtmeler) yapmıştır. ASTRO raporu, IMRT tedavi dokümantasyonunun aşağıdakileri içermesini önermektedir: IMRT tedavi planlama parametreleri, tedavi hedefini anlatan özet, görüntü rehberliğini anlatan özet ve hareket yönetimini anlatan özet. Bunlar, görüntüleme yöntemi türünü, sıklığını ve referans görüntü kümelerini ve yapılarını belgelemenin önemini vurgulayan görüntü rehberliğinde radyoterapinin uygulanması için ACR-

ASTRO iş birliğine dayalı önerilere paraleldir. Bu belgede, ACR ve ASTRO önerileri kapsamlı ve dikkatli bir şekilde geliştirildi. Ek olarak, ICRU raporu 60, 62 ve 83 burada uygulanabilir. NRC gereklilikleri kısaca tartışıldı ve bu belgenin mevcut NRC gereklilikleri ile aynı doğrultuda olduğuna dikkat edilmelidir.

Reçete içindeki Temel Unsurların Standartlaştırılması: Kapsam, Gerekçe ve Tavsiyeler

Standart hale getirilmek istenen reçetenin her bölümü, burada açıklanan nedenlerden dolayı kalıcı bir şekilde standardize edilemeyeceği açıktır. Bu nedenden dolayı burada sınırlı sayıda "temel unsur (key elements)" üzerine odaklanılmıştır ve temel unsur haricindeki unsurlar teyit edilmiş, tartışılmış ve daha fazla kategoriye ayrılmıştır.

Temel Unsurların Seçimi

Temel unsurlar kendi başlarına radyoterapi tedavisi için tam bir yönerge şablonu oluşturamaz. Bu unsurlar ICRU ve NRC gereklilikleri ile uyum sağlaması gerekir ve bunun için aşağıdaki unsurları içermesi gerekir: hasta adı, tedavi alanı, tedavi şekli, fraksiyon başına doz, toplam fraksiyon sayısı ve toplam doz (Tablo 1). Tablo 1' de gösterildiği gibi brakiterapi ve radyocerrahi prosedürleri için aynı biçimcilik (formalizm) kullanılmalıdır.

Treatment site *	Method of delivery	Dose per fraction, cGy	Total number of fractions	Total dose, cGy
Right chest wall	Photons **	200	25	5000
Vaginal mucosa	Ir-192 **	600	5	3000
Left frontal brain	Cobalt-60 **	1800	1	1800

* Adapted with permission from Marks and Chang, Practical Radiation Oncology (2011) 1, 232-234.
 * See comment in Table 3 regarding treatment site names.
 ** As discussed previously, method of delivery is not fully standardized by this work. It may be expressed in this example as "Photons, Tangents," "Ir-192 vaginal cylinder," or "Cobalt-60, Gamma Knife."

Tablo 1: Radyasyon tedavisi reçetesinin ana unsurları için önerilen bir format

A. Hasta adı: Hasta adları aynı olabilir bundan dolayı, doğum tarihi ve tıbbi kayıt numarası gibi ek temel tanımlayıcı bilgileri içeren bir tıbbi kayıt içinde bulunduğuna dikkat edilmelidir.

B. Tedavi alanı: Tedavi alanı önemlidir ve tedavi reçetesinde açıkça ve anlaşılır bir şekilde belirtilmelidir. Tedavi bölgelerinin nasıl belirlendiğine dair şu anda çok fazla değişiklik var. "PTV1" yerine "sol tonsil ve bilateral boyun" tercih edilebilir. AAPM görev grubu (TG-263), bu çeşitliliği gidermek için yapı adlarını

(hedefler ve normal dokular) standartlaştırmak için önerilerde bulunmakla görevlendirildi.

C. Tedavi şekli: Brakiterapi belirtilirse; NRC gereklilikleri ile tutarlı olması için, izotop tipi belirtilmelidir (Ir-192, Cs-137). Ekternal RT belirtilirse en azından enerjinin foton, elektron vb. Olduğu belirtilmelidir. Ancak enerji, teknik ve makine gibi ayrıntıları da içeren daha açıklayıcı seçenekler istenebilir.

Bu temel unsurlar bu çalışmanın odak noktasıdır. Bu amaçla, tüm radyasyon reçetelerinin, ek bir veriye müdahale etmeden, bu birim sistemi ile birlikte Tablo 2' de gösterilen sırada aşağıdaki bilgileri içermesini öneririz.

Treatment site	Method of delivery	Dose per fraction (cGy)	Total number of fractions	Total dose (cGy)
----------------	--------------------	-------------------------	---------------------------	------------------

Tablo 2: Radyasyon tedavisi reçetesi için temel unsurların sırası

Eşzamanlı çoklu reçeteler var ise (örneğin birden çok hedefin olması, bir bölge içinde sub-bölgelerin farklı doz reçetesi gibi...) her reçete ayrı ayrı tanımlanmalıdır. Bu, tek bir planın birden fazla reçete ile ilişkilendirilebilmesini sağlayacaktır (Tablo 3).

Treatment site *	Method of delivery	Dose per fraction (cGy)	Total number of fractions	Total dose (cGy)
Left tonsil	Photons **	200	35	7000
Left neck: retropharyngeal nodes, left levels 1-3	Photons **	180	35	6300
Right neck levels 1-4, left neck level 4	Photons **	160	35	5600

* The format/style/content of the names herein used to denote Treatment Site are not dictated by this report. An ongoing AAPM effort (TG-263) is addressing the challenging topic of standardizing anatomic and target nomenclature within treatment planning systems. While TG-263 is held to the DICOM dictated character limits for structure names, and the tenet that more-rigid formalism will better enable data pooling, treatment site naming is guided by the first principle of clarity and avoidance of site and side misadministrations. The use of abbreviations and excessively limited characters prevents clarity and is discouraged in treatment site designation. However, within treatment planning systems, where the segmented organ or target is visible, such abbreviations are more intuitive and are a basic tool used with TG-263.
 ** As discussed above, method of delivery is not fully standardized by this work. It may be expressed in this example as "Photons, VMAT," "Photons, IMRT," or "Photons, Tomotherapy."

Tablo 3: Birden fazla radyoterapi reçetesi kullanan tek bir plandaki temel unsurlar

Doz Birimi

Gy ve cGy kullanımı, ulusal/ uluslararası olarak ele alılabilecek bir sorundur. Bu alanda Gy ve cGy kullanımında bir tutarlılık yoktur ve kullanıcılar çoğu zaman biri veya diğeri için güçlü tercihlere sahiptir. Bu nedenle, reçetede cGy kullanmanızı öneririz. Bununla birlikte, bu yaklaşımla ilgili potansiyel zorlukların olduğunu kabul ediyoruz. Örneğin, daha küçük sayıların okunması (daha az karakter) ve sözlü olarak ifade edilmesi daha kolaydır. Gy, SI birimi olmasına rağmen, emniyet açısından, cGy'nin kullanımının aşağıda gösterildiği gibi birkaç avantajı vardır:

- 3000 cGy görsel olarak 225 cGy' den daha büyük olduğunu belirtirken, 30 Gy görsel olarak 2.25 Gy' den daha büyük değildir.
- Ondalık nokta kullanımı en aza indirilir. Ondalık noktalar potansiyel bir problemdir, çünkü: Küçüktür ve sayıların gözden kaçması ve sayıların yanlış okunmasına neden olabilir; başa veya son koyulan sıfır büyük bir hataya neden olabilir (örneğin, 0.8 veya 8.0); Farklı dillerde virgöl veya

nokta kullanarak değişken şekilde ifade edilir ve uluslararası standardizasyonu zorlaştırır.

- c) 10 x 5 ifadesi kullanıldığı zaman, hastanın her biri 5 Gy' den 10 fraksiyon veya her biri 10 Gy' den 5 fraksiyon tedavi edildiği varsayılabilir. Bununla birlikte, 1000 x 5 ifadesi kullanıldığında, her biri 5 Gy' den 1000 fraksiyon veya her biri 1000 Gy' den 5 fraksiyondan varsaymayacaktır. Aksine, cGy birimlerinin her biri 1000 cGy' den 5 fraksiyon olduğu daha kolay anlaşılır.
- d) Önemli bir modülasyonun olmadığı tedavi planlarında, cGy birimi, MU değeriyle yakından bağlantılıdır, verilen MU'ların öngörülen doz ile hızlı bir şekilde ilişkilendirilmesine izin verir (örneğin, günde 200 cGy alan bir supraklaviküler (köprücük üstü) alan 212 MU' a sahip olabilir).

Temel Unsurların Ötesindeki Kategoriler

Burada tarif edildiği gibi reçetenin temel unsurlarının istenen tedaviyi yeterli şekilde yönlendirmek veya tam bir reçete oluşturmak için yeterli olmadığını kabul ve beyan ederiz. Bu belgede ayrıntılı olmaya çalışılmıyor. Bu direktiflerin her birinin o kadar ayrıntılı olması muhtemeldir ki, daha geniş bir reçete içerisinde ayrı bir düzen olarak standardizasyona en uygun hale gelebilmelidir. Ayrıca, bu unsurların standartlaştırılması ile ilgili gelecekteki tartışmaları kolaylaştırmak için, bu ek unsurları Tablo 4' te kategorilere ayırıyoruz.

Component	Sample of items that may be included
Prescription point or volume	The unique and well-defined specific point or volume that is to receive the prescription dose, the prescription isodose line, and related information
Treatment schedule and fractionation	Fractions per calendar day, minimum interfraction interval, coordination with systemic therapy, plan delivery sequencing
Setup instructions for planning and treatment	Patient positioning, immobilization device, patient marking
Treatment planning objective or directive	Target coverage goals, normal tissue constraints, image fusion needs, technique(s) to evaluate
Approved treatment plan	Unique description of plan to be delivered: beam energies, angles, compensators, dose volume histogram
Treatment imaging order or directive	Type of imaging, frequency, directions for realignment ^b
Patient instructions for daily treatment	Fasting, medications, timing relative to chemotherapy

^a Please note that this is not a comprehensive list of all elements that may be within the components listed.

^b American College of Radiology. ACR-ASTRO Practice Parameter for Image-Guided Radiation Therapy (IGRT). <http://www.acr.org/~media/69e10ccca4784452b9f517452940843.pdf>. Accessed March 24, 2016.

Tablo 4: Reçetenin ek unsurları

Standardize Edilmiş Reçetelerin Uygulanmadaki Zorluklar: Kapsamı Geniştirmek

Standart bir formata uygun açık, özlü bir reçete tutarken tam bir reçete oluşturmak zorlu bir iştir. Ek unsurlar, ana unsurlara entegre etmeye yönelik devam eden ve gelecekteki çalışmalar giderek kafa karıştırıcı ve standart dışı reçetelere neden olabilir. Bu nedenle, bu ek maddelerle ilgili direktiflerin reçetenin ana unsurlarından ayrı kalmasını, elektronik tablolarda yine de kolayca erişilebilir olmasını öneriyoruz. Potansiyel örnek Tablo 5' de gösterilmektedir. Reçetenin ana unsurları için standart biçimlendirmenin, ek maddeler ele alındığında bile değişmeden kaldığını unutmamalıdır.

Zaman içinde, daha fazla reçeteli bileşen standardize edildiğinden, bu öğelerin bazılarını ana unsurlara sistematik olarak dâhil etmek mümkün olabilir. Diğer

unsurların, örneğin netlik ve standardizasyon sağlamak için tamamen ayrı bir görüntü rehberlik direktifine ihtiyaç duyabileceği muhtemel bir sonuçtur. Aslında, birçok sigorta şirketi için geri ödeme sağlamak için bu tür farklı düzenler gerekmektedir.

Key elements						Image guidance				
Treatment site *	Method of delivery	Dose per fraction	Total number of fractions	Total dose	Prescription point/volume	Immobilization	"IGRT"/ localization type	Frequency	Localize via....	Action directive
Right chest wall	Photons	200 cGy	25	5000 cGy	99% IDL relative to isocenter	Custom cradle on angle board	Field portal films	Once every five treatments	NA	Per MD
Right chest wall mass	Photons	200 cGy	5	1000 cGy	90% IDL relative to isocenter	Custom cradle on angle board	CBCT	Daily	Chest wall mass	Shift for >2 mm, call MD for >10 mm
CBCT, cone beam computed tomography; IDL, isodose lines; IGRT, image guided radiation therapy; MD, physician; NA, not available.										
* See comment in Table 3 regarding treatment site names.										

CBCT, cone beam computed tomography; IDL, isodose lines; IGRT, image guided radiation therapy; MD, physician; NA, not available.

^a See comment in Table 3 regarding treatment site names.

Tablo 5: Temel unsurlardan daha fazlasını dahil etmeye çalışan bir radyoterapi reçetesinin örneği

ACR'nin tavsiyesi olan, farklı fraksiyone ve toplam dozların reçetede açıkça belirtilmesi gerektiği konusunda hemfikiriz, ancak mevcut elektronik tıbbi kayıt araçlarıyla bunun en iyi nasıl yapılacağı belirsizdir. Örneğin, bunlar tedavi planlarıyla nasıl ilişkilendirilecek? Sıralama nasıl belirlenir? Çeşitli planlama, kayıt ve doğrulama sistemlerinde bulunan karakter sınırları, bu gibi alt hacimlerin açık ve net bir şekilde adlandırılmasını sağlamak için yeterli olmayabilir.

Radyasyon reçetesinin gösterildiği tüm yerlerde (tedavi planlama sistemi, tedavi yönetim sistemi vb.), tek biçimliliği sağlanmalıdır. Acil tedavi reçeteleri gibi ek formlarda da değişiklik yapılması gerekir. Özellikle, Gy kullanımından cGy' ye geçiş, diğer değişikliklerden daha karmaşıktır ve dikkatli bir planlama gerektirecektir. Her durumda, sistemlerin birlikte çalışabilirliğinin test edilmesi kritik öneme sahip olacak ve birçok kuruluş tarafından önerildiği gibi end-to-end testler gerekli olacaktır.

Özet ve Gelecek Talimatları

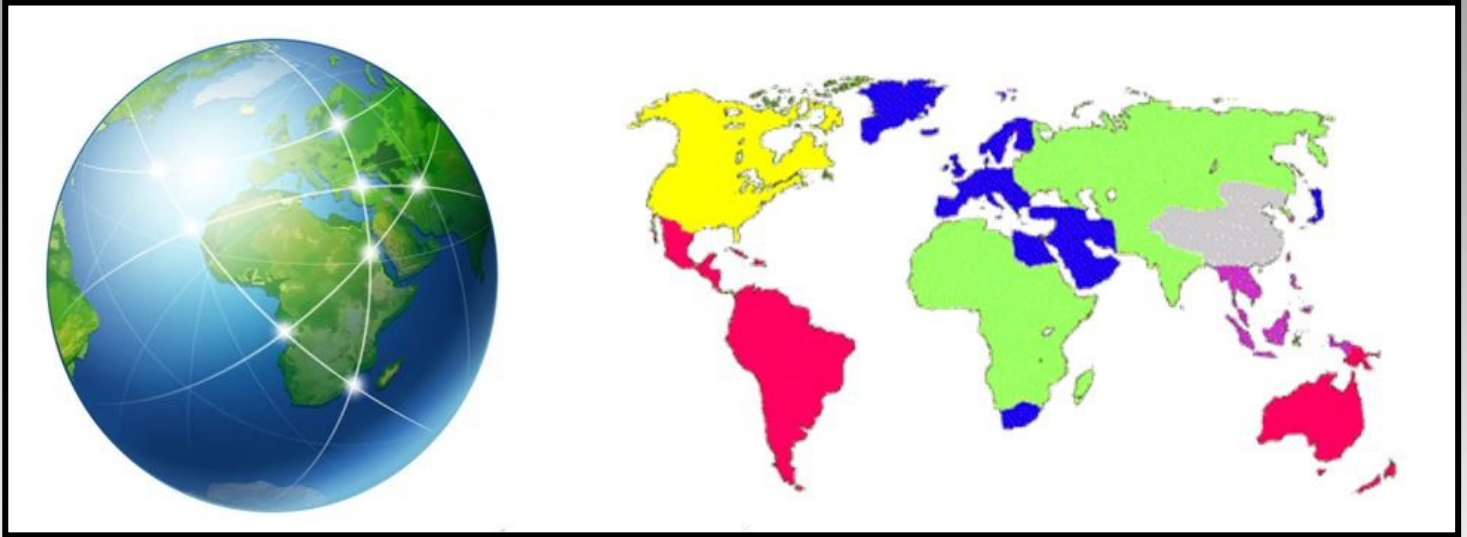
Bu yazıda bir radyoterapi reçetesinin ana unsurları ve bu unsurların nasıl sunulacağı konusunda standart bir yöntem önerilmiştir. Reçetenin temel unsurları için önerilen standardizasyon; bilgilerin gösterildiği tüm alanlarda kullanılması umudumuzdur. Bu önerinin amacı, güvenlik ve verimliliği arttırmaya yardımcı olmaktır. Bu belgede özetlenen çaba, önceki ICRU, ACR ve ASTRO belgelerini tamamlayıcı niteliktedir. Bu çalışma, AAMD, AAPM, ABS, ACR ve ASRT tarafından desteklenmektedir.



Med.Fiz. Uzm. Ebru ORUÇ BAKIR

1991 yılında İzmir' de doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini İzmir' de tamamladı. Lisans eğitimini 2015 yılında Ege Üniversitesi Fizik Bölümünden mezun olarak tamamladı. 2018 yılında Acıbadem Üniversitesi Sağlık Fiziği yüksek lisans programından mezun oldu.

MEDİKAL FİZİK İŞGÜCÜ KÜRESEL BİR PERSPEKTİF



Giriş

Medikal Fizik Uzmanlarının (**MFU**) eğitimi ve yetiştirilmesi, farklı ülkelerdeki ya da dünyanın çeşitli bölgelerindeki profesyonel statüleri son zamanlarda literatürde bir tartışma konusudur. Buna rağmen küresel işgücüne ilişkin literatürler daha azdır. 2015 yılında Lancet'de yayınlanan bir rapora göre, 2035 yılında düşük-orta gelirli (**DOG**) ülkelerde yalnızca radyoterapi alanında ihtiyaç duyulacağı öngörülen MFU'ları 22100 profesyonel olup çalışmaya göre 2025 yılına kadar yetiştirilmesi gereken yaklaşık 6000 MFU'dur. Çalışma ayrıca yalnızca DOG ülkelerin radyoterapi hizmetlerini etkin bir biçimde verebilmeleri için önümüzdeki yirmi yıl boyunca, her yıl yaklaşık 1000 MFU yetiştirilmesi gerektiği sonucuna varmıştır. Elbette ki bu sayılara nükleer tıp, radyoloji ve diğer alanlarda ihtiyaç duyulan MFU sayılarının eklenmesi gerektiği açıktır.

MF insangücü ve kadın temsili üzerine ilk küresel araştırma Uluslararası Medikal Fizik Organizasyonu (**IOMP**) tarafından 2015 yılında yapılmıştır. Çalışma dünya çapında 66 ülkeden verileri içermektedir. Rapor edilen MFU sayısı 17024 ve kadın temsil oranı %28 (4807 MFU) idi. Araştırma sonucu ülkeler arasında dikkat çekici bir MFU işgücü farkı olduğunu ve kadın MFU oranının belirgin şekilde farklılığını (değişim: %0 ile %100 oranında kadın MFU) ortaya koymuştur. Çalışma, gelişmekte olan bazı ülkelerin yalnızca ya da çok yüksek yüzdede kadın MFU'larına sahip olduklarını gösterirken, gelişmiş ülkelerde öngörülenin çok altında bir kadın temsil oranını raporlamıştır. Çalışma aslen kadın temsil oranına odaklanmış ve genel işgücü üzerine bir analiz sağlamamıştır.

Avrupa Komisyonu'nun (**EC**) 2015 yılındaki son "**She**" raporuna göre, kadınların yetersiz temsili, bilim ve teknoloji mesleklerindeki katılımlarını karakterize et-

meye devam etmektedir. Son on yılda erkeklere göre eğitim seviyesindeki dikkate değer gelişmeye karşın, kadınların akademik veya profesyonel kariyerlerinde yukarıya doğru gidildikçe yetersiz temsilin arttığı raporda özellikle belirtilmiştir. Avrupa Birliği'nin (**EU-28**) içerisinde kadınlar bilimsel ve idari kurul üyeliklerinin %28'ine ve kurul liderliklerinin ise yalnızca %22'sine sahiptirler. Avrupa Komisyonu'nun Yapısal Değişim Uzman Grubu araştırma ve geliştirme insan gücündeki kadın oranını arttırmanın, ulaşılabilir yetenek havuzunun kullanımı büyütürken, ekonomik büyüme ve topluluk için bir bütün olarak uyumluluk ve kalite çıktılarını arttırmak gibi pek çok faydası olacağını vurgulamıştır. Uzman Grubu özellikle bilimsel karar alıcılar arasında daha fazla kadın olmasının, bakış açılarındaki çeşitliliğin artışına bağlı olarak alınan kararların sağlamlığının arttırabileceğini vurgulamıştır. Avrupa Birliği Konseyi Aralık 2015'de üye devletleri tüm profesörler ve araştırma karar alma organları arasında cinsiyet hedeflerini belirlemek için davet etmiş, fakat sonuçlar henüz görülmemiştir. Birleşmiş Milletler Eğitimsel, Bilimsel ve Kültürel Organizasyonu (**UNESCO**), Birleşmiş Milletler'in (**UN**) özelleşmiş bir ajansıdır. Son UNESCO raporuna göre, dünya çapındaki araştırmacıların %30'undan azı kadındır ve tüm kadın öğrencilerin yalnızca yaklaşık %30'u Bilim, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik (**STEM**) ile ilgili alanları yüksek eğitimde tercih etmektedirler. UNESCO yukarıda belirtilen hedeflere ulaşmak için acil değişikliklere ihtiyaç duyulduğunu doğrulamıştır. Birleşmiş Milletler Genel Kurulu, 2015 eylülünde onaylanmış olan Sürdürülebilir Gelişim için 2030 Ajandası'nda, dünyanın bugün yüzleştiği çevresel, sosyal ve ekonomik kaygılara ilişkin yeni bir vizyon ve misyon çağrısında bulunmuştur. Sürdürülebilir Gelişim Hedeflerinden (**SDGs**) birisi cinsiyet eşitsizliği konusunda çağrı yapmaktadır. Birleşmiş Milletler, hükümetlerden cinsiyet eşitsizliği farkını kapatacak kanun ve politikalardan ulusal eylem plan-

larına ve yeterli yatırımlara, ulusal taahhütler yapılmaları istenmiştir.

Yukarıda belirtilen tüm nedenlere bağlı olarak IOMP şu hedeflerle bu çalışmayı gerçekleştirmeye karar vermiştir:

- 1) Küresel MFU işgücüne ilişkin daha fazla veri elde etmek,
- 2) Dünyanın coğrafi bölgeleri arasındaki farklılıkları tanımlamak
- 3) Yüksek hiyerarşik konumlarda bir cinsiyet boyutu olup olmadığını araştırmak.

Gereçler ve Yöntem

Google formu olarak bir anket hazırlanmıştır ve IOMP Ulusal Üye Organizasyonlarına (NMOs) ve hiçbir profesyonel MFU topluluğu ya da NMO olmayan ülkelerde iletişim noktalarına gönderilmiştir (**Annex-ek**). Ulaşılan ülke sayısı 110 olmuştur. Ankette toplam MFU sayısı, erkek ve kadın MFU oranları, mevcut secilmiş yönetim kurulu (**EB**) sayıları ve EB içerisinde kadın oranı, başkanın cinsiyeti ve son on yılda seçilen kadın başkanların sayısı bilgileri istenmiştir. Araştırmaya hem yüksek gelirli hem de DOG ülkeler dahil edilmiştir. Çalışma bir yıl sürmüştür ve veri toplama 2017 aralık ayında sona ermiştir. IOMP arşivleri de komitelerdeki sandalyelerin, yönetim komitesi ve IOMP ödül kazananlarının cinsiyet dağılımı, istatistiksel verileri sağlamak için araştırılmıştır. Veriler 1962 yılından 2018 yılına kadar son 56 yıl için geriye dönük olarak toplanmıştır.

Sonuçlar

Verileri sağlayan ülkeler **tablo 1'de** gösterilmiştir. 93 ülke veri sağlamıştır ki bu sayı IOMP üye sayısından daha fazladır ve neredeyse tüm IOMP üye topluluklarını içermektedir. Bu Birleşmiş Milletler içerisindeki toplam ülkelerin yaklaşık %50'sidir (193 üye ülke ve 2 gözlemci ülke). Sonuçlar toplam MFU sayısının 29179, ve bunun 8702'sinin (%29,8) kadın ve 20477'sinin erkek olduğunu göstermiştir. 2015 yılında yayınlanan çalışmada toplam MFU sayısı 17024, ve bunun 4807'sinin (%28) kadın ve 12217'sinin erkek olduğu rapor edilmiştir. Temelde veri sağlayan ülke sayısındaki artışa bağlı olarak (2015 yılındaki 66 ülkeye göre 2017 yılında 93 ülke veri sağlamıştır, çalışmada yer alan ülke sayısında %30'luk bir artış vardır) rapor edilen MFU işgücü sayısında %42'lik kayda değer bir artış bulunmaktadır. 2014 yılı sonundan IOMP mali işler sorumlusunun verisinin küresel olarak yaklaşık 23500 medikal fizik uzmanını gösterdiği not düşünülmelidir.

Country	T	W	M	Country	T	W	M
1 Algeria	36	13	23	48 Malta	20	6	14
2 Argentina	167	62	105	49 Mauritius	5	1	4
3 Australia-NZ	717	237	480	50 Mexico	140	45	95
4 Austria	210	51	159	51 Mongolia	4	2	2
5 Bahrain	30	26	4	52 Morocco	36	10	26
6 Bangladesh	330	34	296	53 Myanmar	30	21	9
7 Belgium	215	98	117	54 Namibia	6	2	4
8 Brasil	732	254	478	55 Nepal	13	0	13
9 Brunei	3	3	0	56 Nicaragua	9	4	5
10 Bulgaria	84	41	43	57 Nigeria	100	40	60
11 Camerron	2	1	1	58 Norway	186	98	88
12 Canada	726	191	535	59 Oman	25	15	10
13 Chile	30	8	22	60 Panama	15	4	11
14 China	1600	235	1365	61 Paraguay	5	1	4
15 Colombia	48	9	39	62 Philippines	110	65	45
16 Costa Rica	32	7	25	63 Poland	210	113	97
17 Croatia	53	23	30	64 Portugal	132	61	71
18 Cuba	49	18	31	65 Qatar	20	4	16
19 Cyprus	60	40	20	66 Republic of Moldova	15	3	12
20 Czech Republic	147	45	102	67 Republic of Yemen	6	1	5
21 Denmark	178	58	120	68 Romania	134	92	42
22 Dominican Republic	10	0	10	69 Russia	600	400	200
23 Ecuador	8	1	7	70 Saudi Arabia	250	50	200
24 Egypt	200	50	150	71 Senegal	2	2	0
25 El Salvador	11	2	9	72 Serbia	48	23	25
26 Ethiopia	4	0	4	73 Singapore	42	17	25
27 Finland	127	42	85	74 Slovakia	30	14	16
28 France	520	260	260	75 South Africa	185	69	116
29 Germany	1589	388	1201	76 Spain	837	260	577
30 Ghana	58	9	49	77 Sri Lanka	26	9	17
31 Greece	459	182	277	78 Sudan	28	11	17
32 Hong Kong	113	30	83	79 Sweden	300	120	180
33 Hungary	96	28	68	80 Switzerland	216	64	152
34 India	1800	250	1550	81 Syria	30	12	18
35 Iran	300	140	160	82 Taipei	317	152	165
36 Iraq	60	25	35	83 Tanzania	4	0	4
37 Ireland	206	103	103	84 Thailand	150	100	50
38 Italy	1016	540	476	85 The Netherlands	419	109	310
39 Japan	958	70	888	86 Tunisia	17	5	12
40 Kenya	4	0	4	87 Turkey	220	120	100
41 Korea	154	30	124	88 UAE	35	30	5
42 Kuwait	20	4	16	89 United Kingdom	1700	700	1000
43 Lebanon	20	8	12	90 USA	8849	1993	6856
44 Lithuania	20	11	9	91 Vietnam	140	30	110
45 Macedonia	15	10	5	92 Zambia	3	2	1
46 Madagascar	2	2	0	93 Zimbabwe	5	0	5
47 Malaysia	286	183	103	93 Zimbabwe	5	0	5

Tablo 1. Medikal Fizik Küresel İşgücü (2017 verisi). Veriler Ulusal Üye Organizasyonlar (NMOs) ve NMO ya da profesyonel MFU topluluğu olmayan ülkelerdeki iletişim noktaları tarafından rapor edilmiştir (Country: Ülke, M: Erkek, W: Kadın, T: Toplam). T: 29179, W: 8702, M: 20477.

Tablo 2 son araştırmanın değişik coğrafi bölgelere göre gruplanmış verilerini göstermektedir. En çok sayıda veri sağlayan ülkeler Avrupa bölgesinde (31 ülke) bulunmaktadır, onları Asya/Okyanusya bölgesi (19 ülke), Afrika (18 ülke), Latin Amerika/Karayipler (13 ülke) ve Orta Doğu bölgesi (10 ülke) takip etmektedir. Amerika Birleşik Devletleri (ABD) en yüksek MFU işgücünü (8849) bildirmiştir. En yüksek sayıda MFU öncelikle Avrupa'da (10062) ve sonrasında Kuzey Amerika'da (9575) bulunmaktadır. Avrupa'daki MFU işgücü 15 MFU ile Makedonya ya da Moldova'dan,

1700 ile Birleşik Krallık'a (UK) kadar değişen bir aralıktadır. Avrupa'daki en yüksek MFU sayısına sahip ülkeler 1000'in üzerinde MFU ile UK, Almanya ve İtalya'dır. Asya'daki MFU'ları da 3'ten başlayarak (Brunei) Hindistan'da 1800'e kadar bir aralıkta değişmektedir. Kalan bölgelerde benzer fakat daha az belirgin düzenleri takip ederek Latin Amerika/Karayipler'de bir ülkede 5 ile 732, Orta Doğu'da 6 ile 250 ve Afrika'da 2 ile 200 MFU arasında olmaktadır.

a) Europe (M: Men, W: Women, T: Total).				
A/A	Country	T	W	M
1	Austria	210	51	159
2	Belgium	215	98	117
3	Bulgaria	84	41	43
4	Croatia	53	23	30
5	Cyprus	60	40	20
6	Czech Republic	147	45	102
7	Denmark	178	58	120
8	Finland	127	42	85
9	France	520	260	260
10	Germany	1589	388	1201
11	Greece	459	182	277
12	Hungary	96	28	68
13	Ireland	206	103	103
14	Italy	1016	540	476
15	Lithuania	20	11	9
16	Macedonia	15	10	5
17	Malta	20	6	14
18	Norway	186	98	88
19	Poland	210	113	97
20	Portugal	132	61	71
21	Republic of Moldova	15	3	12
22	Romania	134	92	42
23	Russia	600	400	200
24	Slovakia	30	14	16
25	Serbia	48	23	25
26	Sweden	300	120	180
27	Spain	837	260	577
28	Switzerland	216	64	152
29	The Netherlands	419	109	310
30	Turkey	220	120	100
31	United Kingdom	1700	700	1000
Total		10,062	4103	5959

b) North America				
A/A	Country	T	W	M
1	Canada	726	191	535
2	USA	8849	1993	6856
Total		9575	2184	7391

c) Asia and Oceania (M: Men W: Women T: Total).				
A/A	Country	T	W	M
1	Australia-New Zealand	717	237	480
2	Bangladesh	330	34	296
3	Brunei	3	3	0
4	China	1600	235	1365
5	Hong Kong	113	30	83
6	India	1800	250	1550
7	Iran	300	140	160
8	Japan	958	70	888
9	Korea	154	30	124
10	Malaysia	286	183	103
11	Mongolia	4	2	2
12	Myanmar	30	21	9
13	Nepal	13	0	13
14	Philippines	110	65	45
15	Singapore	42	17	25
16	Sri Lanka	26	9	17
17	Taipei	317	152	165
18	Thailand	150	100	50
19	Vietnam	140	30	110
Total		7093	1608	5485

d) Middle East (M: Men, W: Women, T: Total).				
A/A	Country	T	W	M
1	Bahrain	30	26	4
2	Iraq	60	25	35
3	Kuwait	20	4	16

4	Lebanon	20	8	12
5	Oman	25	15	10
6	Qatar	20	4	16
7	Republic of Yemen	6	1	5
8	Saudi Arabia	250	50	200
9	Syria	30	12	18
10	UAE	35	30	5
Total		496	175	321

e) Africa (M: Men, W: Women, T: Total).				
A/A	Country	T	W	M
1	Algeria	36	13	23
2	Cameroon	2	1	1
3	Egypt	200	50	150
4	Ethiopia	4	0	4
5	Ghana	58	9	49
6	Kenya	4	0	4
7	Madagascar	2	2	0
8	Mauritius	5	1	4
9	Morocco	36	10	26
10	Namibia	6	2	4
11	Nigeria	100	40	60
12	Senegal	2	2	0
13	South Africa	185	69	116
14	Sudan	28	11	17
15	Tanzania	4	0	4
16	Tunisia	17	5	12
17	Zambia	3	2	1
18	Zimbabwe	5	0	5
Total		697	217	480

f) Latin America and Caribbean (M: Men, W: Women, T: Total).				
A/A	Country	T	W	M
1	Argentina	167	62	105
2	Brasil	732	254	478
3	Chile	30	8	22
4	Colombia	48	9	39
5	Costa Rica	32	7	25
6	Cuba	49	18	31
7	Dominican Republic	10	0	10
8	Ecuador	8	1	7
9	El Salvador	11	2	9
10	Mexico	140	45	95
11	Nicaragua	9	4	5
12	Panama	15	4	11
13	Paraguay	5	1	4
Total		1256	415	841

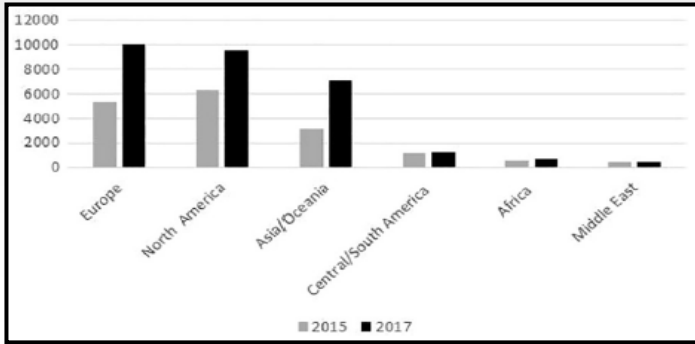
Tablo 2. Coğrafi bölgelerde bildirilen küresel MFU işgücü (2017 verisi)

Tablo 3 ve Şekil 1 IOMP 2015 araştırması ile 2017 araştırmasını farklı coğrafi bölgeler için karşılaştırmaktadır ve Tablo 4 ise farklı türde dünya istatistikleri üreten bağımsız bir referans internet sitesi olan Worldometers tarafından raporlanmış her coğrafi bölgedeki toplam MFU işgücü ile nüfusun eşleştirmesini göstermektedir. 2017 küresel MFU işgücünün yüzde dağılımı Avrupa'da %34, Kuzey Amerika'da (ABD ve Kanada) %33 ve ardından Asya/

Okyanusya'dadır (%24) (Tablo 3). Latin Amerika ve Karayipler (%4), Afrika (%2) ve Orta Doğu (%2) birlikte küresel MFU işgücünün %10'unu bile oluşturmamaktadır.

Geographical region	N		T		W		M	
	2015	2017	2015	2017	2015	2017	2015	2017
Africa	19	18	561	697	220	217	341	480
Asia/Oceania	9	19	3141	7093	743	1608	2398	5485
Europe	16	31	5384	10,062	1948	4103	3436	5959
Latin America/Caribbean	12	13	1159	1256	414	415	745	841
North America	1	2	6330	9575	1316	2184	5014	7391
Middle East	9	10	449	496	166	175	283	321
Total	66	93	17,024	29,179	4807	8,702	12,217	20,477

Tablo 3. Bir önceki 2015 IOMP araştırmasında ve son 2017 araştırmasında bildirilen küresel işgücü (N: ülke sayısı)

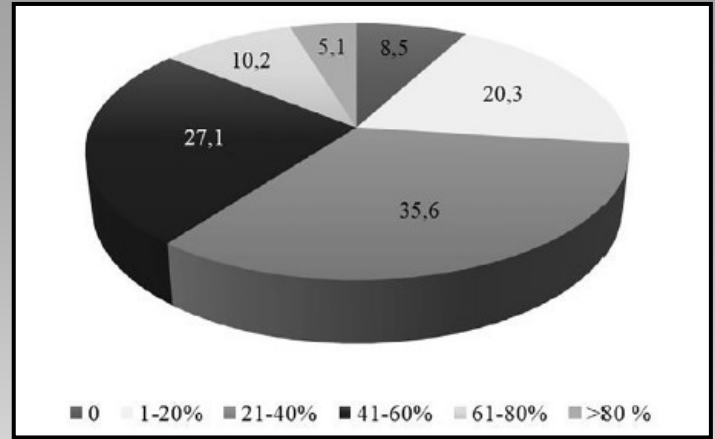


Şekil 1. Toplam MFU sayısının coğrafi dağılımı. Avrupa ve Kuzey Amerika küresel işgücünün yaklaşık %67'sini temsil etmektedir. 2015 yılı ve 2017 yılı arasındaki artış temel olarak bildirimde bulunan ülke sayısındaki artışa bağlıdır (2017 yılında bildirimde bulunan 93 ülke 2015 yılında ise bildirimde bulunan 66 ülke vardır).

	Total MPs	Population	MPs/million population
Geographical Region	2017	[29]	2017
Europe	10,062	742,264,8010	13.5
North America	9575	363,844,490	26.3
Asia (with Middle East) /Oceania	7589	4,586,394,306	1.7
Latin America/Caribbean	1256	652,012,001	1.9
Africa	697	1,287,920,518	0.5

Tablo 4. Yukarıda nüfusa oranla farklı coğrafi bölgelerdeki küresel MFU işgücü gösterilmektedir (erişim tarihi 10 Ağustos 2018)

Her ne kadar toplulukların yönetim kurulu oluşumları ile ilgilenilmiş olsa da tüm ülkeler dönüşte bulunmamıştır. Veriler 65 ülke tarafından sağlanmıştır. **Şekil2** toplulukların yönetim kurullarındaki kadın oranını göstermektedir. En sık görülen oran %21-40 olurken, onu %41-60 izlemektedir. 65 mevcut başkan-dan yalnızca 19'u (%29) kadındır. Toplulukların yarısından çoğunda (%52) son on yılda bir kadın başkan bulunmazken, %33'ünde yalnızca bir kez bulunmuştur.



Şekil 2. Ulusal Medikal Fizik yönetim kurullarında kadın oranı (%). En sık görülen oran %21-40 olurken, onu %41-60 izlemektedir.

Tablo 5 organizasyon arşivlerine göre IOMP yönetim komitesinin cinsiyet dağılımını göstermektedir. **Tablo 5a** yönetim komitesi içerisinde cinsiyet dağılımını göstermektedir. Sonuçlar 1963 yılından (IOMP'un oluşum yılı) 1994 yılına kadar (32 yıl) IOMP yönetim komitesinde hiç kadın MFU olmadığını göstermektedir. 1994 yılından günümüze kadın temsili %20'den maksimum %40'a kadar değişmiştir. **Tablo 5b** IOMP Eğitim ve Yetiştirme Komitesi (ETC), Bilim Komitesi (SC), Profesyonel İlişkiler Komitesi (PRC), Ödüller ve Onur Komitesi (AHC) başkanları ve IOMP Medikal Fizik Dünya Haber Bülteni editörlerinin cinsiyet dağılımını göstermektedir. Sonuçlar 1963 yılından bugüne kadar yalnızca bir kadın IOMP başkanı olduğunu göstermektedir. PRC hiçbir zaman bir kadın lidere sahip olmazken, ETC 12 dönemde 3, SC 9 dönemde 4 ve MPW haber bülteni 12 dönemde 5 kadın lidere sahip olmuştur. Son olarak **tablo 6** yıllar boyunca farklı IOMP ödülleri kazananlarını göstermektedir. Veride gösterildiği üzere her üç IOMP ödülünden biri sadece bir kez bir kadına sunulmuştur.

Period	Men	Women	Total	% women
1962-1965	3	0	3	0
1965-1969	4	0	4	0
1969-1972	4	0	4	0
1972-1976	4	0	4	0
1976-1979	4	0	4	0
1979-1982	4	0	4	0
1982-1985	4	0	4	0
1985-1988	6	0	6	0
1988-1991	6	0	6	0
1991-1994	7	0	7	0
1994-1997	6	2	8	25
1997-2000	3	2	5	40
2000-2003	8	2	10	20
2003-2006	8	2	10	20
2006-2009	8	2	10	20
2009-2012	9	1	10	10
2012-2015	8	2	10	20
2015-2018	6	4	10	40
2018-2021	7	3	10	30

Tablo 5a. IOMP yönetim komitesi cinsiyet dağılımı

Period	P	ETC	SC	PRC	AHC	eMPW
1962-1965	M					
1965-1969	M					
1969-1972	M					
1972-1976	M					
1976-1979	M					
1979-1982	M					
1982-1985	M					
1985-1988	M	M				M
1988-1991	M	M				M
1991-1994	M	M				M
1994-1997	W	M	M			W
1997-2000	M	W	M	M	M	W
2000-2003	M	M	W	M	M	M
2003-2006	M	M	W	M	M	M
2006-2009	M	W	W	M	M	M
2009-2012	M	W	M	M	M	M
2012-2015	M	M	M	M	M	W
2015-2018	M	M	M	M	W	W
2018-2021	M	M	M	M	W	W

Tablo 5b. IOMP başkanları ve Medikal Fizik Dünya Haber Bülteni editörleri

Maria Sklodowska-Curie Award	Women
2003	0
2006	0
2009	1
2012	0
2015	0
2018	0
Harold Elford Johns Award	Women
2003	0
2006	0
2009	0
2012	0
2015	0
2018	1
IUPESM Award of Merit:	Women
1988	0
1991	0
1994	0
1997	0
2000	0
2003	0
2006	0
2009	0
2012	1
2015	0
2018	0

Tablo 6. IOMP ödülleri cinsiyet dağılımı

Tartışma

IOMP oluşumunun 1963 yılına yakın ilk yılları boyunca küresel MFU işgücü 6000 bilimsani civarındaydı. O zamanlarda bugün ile karşılaştırıldığında hiçbir profesyonel topluluğu ya da bilgi alışverişi olmayan ülkelerde, kolay bilgi iletişimi ve veri toplama yöntemleri (internet, sosyal medya, e-posta bağlantıları vs.) bulunmaması nedeniyle bilgi edinimi zor olduğundan isabetli istatistiklere sahip olmak kolay değildi. Veriler 54 yıl sonra (2017 sonunda) MFU işgücünün beş kat (son çalışmaya göre bugün neredeyse 30000 MFU) büyüdüğünü göstermektedir. Bu sayının iki katına çıkması (1963'te 6000'den 1995'te 12000 MFU'na) yaklaşık 30 yıl sürmüştür. Teknoloji ve medikal cihazların kullanımının devamlı artışı medikal fizik uzmanı ihtiyacının da artmasına neden olmuştur. 1995'ten bugüne ve son 20 yıldır, medikal fizik eğitim programlarının artışı, e-öğrenimin tanıtımı ve dünya çapında çok sayıda yetiştirme aktivitesine bağlı olarak

meslekte hızlı bir artış (12000'den küresel olarak yaklaşık 30000 MFU'na) gözlenmiştir. Son toplanan veriler (son ve bir önceki çalışmalar) her yıl dünya çapında tüm disiplinlerde (radyoterapi, nükleer tıp, radyoloji vs.) yaklaşık 900 MFU yetiştirdiğini göstermektedir. **Atun ve arkadaşlarının** son çalışması göz önüne alındığında önümüzdeki 20 yıl boyunca her yıl kabaca 1000 yeni yetişmiş MFU öngörüsü DOG ülkelerin yalnızca radyoterapi alanındaki hizmetlerini etkin bir şekilde sağlamak için gerekli olup, mevcut sayı kesinlikle küresel ihtiyaçla uyuşmamaktadır. Bu özellikle toplam MFU işgücünün %6'sına sahip olan Latin Amerika/Karayipler ve Afrika için doğrudur. Dünyanın bu bölgelerindeki durumu değiştirmeye yönelik eylemlere acilen ihtiyaç vardır. Afrika'nın nüfus bazında dünyadaki coğrafi bölgeler içerisinde (kabaca "kıtalar"a eşdeğer) 2. sırada, Latin Amerika/Karayipler'in de 4. sırada olduğuna dikkat edilmelidir.

Yeni Uluslararası Temel Güvenlik Standartları medikal fizik uzmanları için gereksinimleri açıklamaktadır. Daha da ötesinde medikal fizik uzmanlarının tıbbi görüntüleme (diagnostik ve girişimsel radyoloji ve nükleer tıp), radyonüklid tedavisi ve radyasyon onkolojisinde istihdam seviyeleri için yönergeler (guideline) geliştirilmiştir. Benzer yayınlar Avrupa çapında ve ulusal çapta da hazırlanmıştır. Fakat tüm alanlarda MFU ihtiyacının küresel tahmini halen mevcut değildir. Gelecekteki MFU ihtiyacının isabetli olarak tahminindeki zorluklara karşın, yazarlar gelecekte dünya çapındaki MFU işgücünün (en azından klinik ortamlarda çalışan) öngörüsünün sağlık politikası belirleyicileri, radyasyondan korunma otoriteleri, hükümet kurumları ve uluslararası organizasyonlar için çok faydalı olabileceğinden emindirler. Bu sayılar tartışma ve ileri eylemler için bir başlangıç noktası olarak hizmet edebilirler. Küresel ihtiyaca ilişkin kaba bir tahmin küresel işgücünün 1/3'ünün görüntüleme 2/3'ünün radyasyon onkolojisi alanında çalıştığı varsayımına dayanabilir. Bu varsayım **Atun ve arkadaşlarının** 2035'te onkoloji alanında MFU ihtiyacına ilişkin hesaplamalarına uygulanabilir:

DOG ülkelerde-22100 MFU ve 2) yüksek gelirli ülkelerde-17200 MFU. Bu sayılar toplandığında 2035'te radyasyon onkolojisinde 39300 MFU'na ihtiyaç duyulacaktır. Yukarıdaki 1/3 varsayımı kullanılarak görüntüleme alanında yaklaşık 19650 olmak üzere 2035'te toplam 58950 MFU'na ihtiyaç duyulacaktır. Son IOMP çalışması gelecekteki küresel ihtiyacın mevcut yetiştirme seviyeleri ile (küresel olarak yaklaşık 900 MFU) karşılanamayacağını göstermektedir. Ayrıca Afrika (alt-Sahra Afrikası bölgesindeki pek çok ülkede neredeyse hiç radyasyon onkolojisi tesisi bulunmamaktadır) ve Latin Amerika/Karayipler bölgelerine özellikle ilgi gösterilmelidir. Bunun ana nedeni yüksek nüfus yoğunluklarına zıt

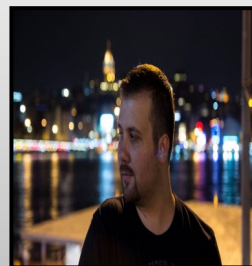
olarak (Afrika 2. ve Güney Amerika 4.) her iki bölgenin toplam MFU işgücünün yalnızca %6'sına sahip olmalarıdır.

Cinsiyet temsiline ilişkin inceleme olduğu için, son veriler kadın temsili için sabit (2017'de %29,8 2015'te %28) olduğunu göstermektedir. Bu UN Sürdürülebilir Gelişim Hedefi %50'den ve Avrupa Komisyonunun %40 hedefinden uzaktır. Toplulukların EB'larındaki ya da başkanlık pozisyonlarındaki kadın temsili de ulusal seviyede benzer bir yol izlemektedir (%21-40 EB ve %29 başkanlık pozisyonları). IOMP arşiv verileri yüksek hiyerarşi pozisyonlarına gidildikçe kadın MFU temsili azaldığını göstermektedir. Konu hakkında bulunan literatür nadirdir. İlki **Crowe SB ve Kairn T'ye** ait Avustralya'dan bir yayındır. Çalışmaları kadın temsili için (Avustralya ve Yeni Zelanda'da MFU işgücünün %28'i) orantısız olarak basit pozisyonlara dağıldığını ve kıdem seviyesi arttıkça sayının azaldığını göstermektedir. Çalışmalarının eski verilerle karşılaştırmasında 2008'den bu yana durumun biraz değiştiğini iddia etmektedirler. İkincisi **Platoni ve arkadaşlarının** yayınıdır. Yazarlar Avrupa Bilimsel MFU etkinliklerine (Avrupa Medikal Fizik Organizasyonları Federasyonu (EFOMP) ve Avrupa Radyoterapi ve Onkoloji Topluluğu (ESTRO) konferans ve okulları) katılan kadın MFU yüzdeleri araştırılmışlardır. Çalışma kadınların sürekli eğitim eğilimlerine sahip olmalarına karşın nadiren konuşmacı ya da eğitmen olarak davet edildiklerini göstermiştir. Yayının yazarlarına göre, davet edilen konuşmacılar genellikle yayın atıf ölçütleriyle belirlenen itibarlarına göre seçilmektedirler, fakat kadınlar kariyerlerinin ilk on yılında aile kurmak için kariyerlerine ara vererek daha az yayın üretebilmektedirler. Veriler son EC 2015 "**She**" raporu ile hem toplam işgücündeki kadın oranı hem de yüksek hiyerarşi ya da liderlik pozisyonlarındaki nadir temsil açılardan uyumludur. Aslen hiçbir çalışma oran eşitsizliğinin kadınların yıllar içerisinde işe olan ilgilerini kaybetmelerinden ya da uygunsuz sosyal ve/veya profesyonel çevreden kaynaklandığını kanıtlamadığı için, yazarlara göre nedenler halen net değildir.

Tüm bu nedenlerle IOMP 2015 yılında kadın MFU'larının bilimsel, eğitimsel ve pratik açılardan rollerine ilişkin görevleri geliştirmek, uygulamak ve koordine etmek; kadınların rolünü daha popüler hale getirmek ve kadın MFU'larının meslekte ilerlemesini cesaretlendirmek için bir Kadın Alt-Komite'si oluşturmuştur. Ayrıca son toplantısında IOMP Yönetim Komitesi tüm komitelerinde %30 kadın temsil oranını cesaretlendirmeye karar vermiştir. Kültür ve davranıştaki değişimlerin gelişmesi yıllar sürdüğünden, bu eylemlerin sonuçları ancak ilerleyen yıllarda görülebilecektir. Son olarak 2035 yılına kadar toplam artan medikal fizik uzmanı ihtiyacını göz önüne alarak, IOMP Dünya Sağlık Örgütü'ne (WHO) ve küresel mes-

lek topluluğuna gelecek yıllarda küresel olarak medikal fizik uzmanlarının yetiştirme sayısını arttıracak önlemler alınmasını tavsiye etmektedir.

Kaynak: Tsapaki V., Tabakov S., Madan M. R. Medical physics workforce: A global perspective. Phys Med 2018; 55; 33-39.



Med. Fiz. Uzm. Evren ÜZÜMLÜ

1983 yılında İzmir'de doğdu. Önce Yıldız Teknik Üniversitesi Fizik Lisans Programını, sonrasında İstanbul Üniversitesi Tıbbi Radyofizik Yüksek Lisans Programını bitirdi. Sırasıyla Özel Medicana International İstanbul Hastanesi, Sakarya Üniversitesi Eğitim ve Araştırma Hastanesi (Aktif Çare), Aydın Atatürk Devlet Hastanesi (Onkomer) ve Bağcılar Eğitim ve Araştırma Hastanesi (Medideal) Radyasyon Onkolojisi Bölümlerinde çalıştı. Halen Neolife Medical Center Iaşi / Romanya'da Radyasyon Onkolojisi Bölümü'nde çalışmaktadır.

GÖRÜŞ/KARŞIT GÖRÜŞ

YAPAY ZEKA YAKINDA TIBBİ FİZİK ARAŞTIRMA VE UYGULAMA ALANINI DEĞİŞTİRECEK

Dergimizde yayınlanan görüş/karşıt görüş yazıları en çok beğeni alan bölümlerden. Yazılarda günceli yakalamayı ve dünyanın tartıştığı medikal fizik konularını sizlerle paylaşmayı amaçlıyoruz. Bu sayımızda artık tüm toplantıların sıcak konusu yapay zekâyı sizlerle konuşmak istedik. Med. Phys. 45(5) May 2018 tarihinde yayımlanan ve orijinalini ücretsiz indirebileceğiniz yazıyı okurken hiç sıkılmayacaksınız.

GENEL BAKIŞ

Son zamanlarda, yapay zekâ (AI) uygulamalarında tıpta ciddi bir artış olmuştur ve bu durum AI'nın yakın zamanda sağlık hizmetleri alanını ve dolayısıyla tıbbi fiziği çarpıcı bir biçimde değiştirebileceğini düşündürmektedir. Genel olarak AI'nın genel sağlık hizmetlerini çok büyük ölçüde iyileştirmesi beklenmektedir. Bazıları AI'nın tıbbi fizik araştırma ve uygulamalarını benzer şekilde etkileyeceğine inanırken, diğerleri teknik doğrulama ve AI'nın pratik kısıtlamaları nedeniyle bu beklentilerin gerçekçi olmadığını düşünüyor. Bu, bu ayın Point / Counterpoint'te tartışılan bir konudur.



Önermeyi savunanlardan Lei Xing, Ph.D. Xing şu anda Jacob Haimson, Tıbbi Fizik Profesörü ve Stanford Üniversitesi'ndeki Radyasyon Onkolojisi Departmanı'nda Tıbbi Fizik Anabilim Dalı Başkanı'dır. Dr. Xing, Stanford'da Elektrik Mühendisliği

bölümünde; Biyoinformatik, Bio-X ve Moleküler Görüntüleme Programı gibi pozisyonlarda görev yapmaktadır. Dr. Xing'in araştırması; tıbbi görüntüleme, tedavi planlaması, tıpta yapay zekâ, görüntü-güdümlü buluşlar, nanotıp ve radyasyon onkolojisinde moleküler görüntüleme uygulamalarına odaklanmıştır. Dr. Xing, yukarıdaki alanların her birine özgün ve önemli katkılarda bulundu. Xing, 300'den fazla hakemli dergide değerlendirilmiş yayınlarda bir yazar, birçok yayımlanmış ve beklemede olan patentin ortak mucidi ve çok sayıda NIH, DOD, ACS, RSNA ve şirket hibeleri üzerine bir baş araştırmacı veya araştırmacı olarak çalışmaktadır. Xing, AAPM (Amerikan Tıp Fizikçiler Birliği) ve AIMBE (Amerikan Tıp ve Biyoloji Mühendisliği Enstitüsü) üyesidir.



Önermeyi savunanlara karşı, Elizabeth A. Krupinski, Ph.D. Krupinski, 2015 yılında Emory Üniversitesi'ne katıldı ve Radyoloji ve Görüntüleme Bilimleri Bölümü'nde Araştırma Başkan Yardımcısı olarak görev yaptı. Bundan önce 23 yıl Arizona Üniver-

sitesi'nde çalıştı. Dr. Krupinski, tıbbi görüntü kavrayışı, gözlemci performansı, tıbbi karar verme ve radyoloji ve tele tıpla ilgili insan faktörleriyle ilgili araştırma ilgileri olan Deneyisel Psikologtur. Araştırmaları, hataları azaltmak, eğitimi geliştirmek ve okuma ortamını optimize etmektir. Böylece hasta bakımını ve sonuçlarını iyileştirmek için tıbbi görüntülerin yorumlanmasının altında yatan algısal ve bilişsel mekanizmalar hakkındaki anlayışımızı geliştirmeyi amaçlamaktadır.

ÖNERME: Lei Xing, Ph.D.

Açılış Bildirimi

Yapay zekâ hızla gelişmekte ve dünyayı benzeri görülmemiş bir şekilde dönüştürmeyi vaat etmektedir. AI'nın tıbbi fiziğe getirebileceği muazzam olasılıklar, sahadaki bir dizi aktiviteyi tetikledi. Özellikle, büyük veri ve hızlandırılmış hesaplama desteği ile, derin öğrenme¹⁻³ muazzam algoritmik yenilikler ve güçlü sinir ağı modelleri ile başlamaktadır. Gelecek vadeden öğrenme araçları ve kullanıma hazır hale gelen muazzam hesaplama kaynakları göz önüne alındığında, AI'nın tıbbi fizik araştırmaları ve pratiği uygulamalarını kısa sürede değiştireceğini düşünüyorum. Topluluğumuz, yeni zorlukları ve fırsatları karşılamaya ve dördüncü sanayi devriminin bu yeni dalgasında liderlik rolü almaya hazır olmalıdır.

Wang, Kalra ve Orton, bu yazıda, bilgisayar programlarını deneyimlerden öğrenmek⁴ için kullanmayı amaçlayan AI'nın temel bir bileşeni olan makine öğrenmesi üzerine canlı bir tartışma yaptı. 2018'e girerken, AI çoğu kişinin beklediğinden daha hızlı bir şekilde ilerlerken, çok şey değişti. Son zamanlarda, AI'nın geleneksel olarak iyi eğitilmiş insana ait olan, görüntü sınıflandırma ve nesne algılama, konuşma tanıma ve çeviri, araba kullanma, oyun oynama, finans ve hatta hukukta karar alma gibi birçok faaliyetinde üstün performansa şahit olduk. AI'daki en son gelişmelerden kaynaklanan domino etkileri, bilimsel literatürde ve ayrıca medyada sıklıkla görülmektedir. Özellikle, Deep Mind'in Go yazılımının kendine karşı oyun oynayarak "kendini büyütme" yeteneğine sahip yeni bir sürümü olan Alpha Go Zero⁵, öncülü Alpha Go'ya⁶ kıyasla çarpıcı performans geliştirmeleriyle ortaya çıktı. AI hala bazı insanlar için bir bilim kurgu olsa da yapay genel zekâ 7ve süper istihbarat gibi yeni nesil AI'nın evrimi, geri dönüşü olmayan bir eğilim gibi görünüyor. Biyomedikal fizikte, AI'nın gelecekteki yenilikler ve atılımlar için büyük bir itici güç olacağına dair belirgin bir gösterge vardır. Çok sayıda çalışma, AI'nın mevcut imar rekonstrüksiyonu ve analizi şemalarında devrim

yaratma, görüntü rehberliği, tümör tespiti ve karakterizasyonu, terapatik tepki ve toksisite tahmini ve tedavi karar verme sürecindeki potansiyelini zaten göstermiştir. Benim bakış açım göre, şu anda soru, makinelerin birçok özel klinik görevde bir insandan daha iyi bir şekilde çalışıp çalışmayacağı değil, hasta bakımımızı iyileştirmek için toplumu AI kaynaklı tıbbın yeni çağına nasıl hazırlayacağı ve elde ettiği muazzam potansiyeli nasıl kullanabileceğidir.

Özetlemek gerekirse, temel olarak tıbbi fizik alanını ve tıbbın uygulanma şeklini değiştirecek AI devriminin eşiğindeyiz. AI'nın alanımıza olası etkisini listelemek için çok ayrıntılı ya da çözülmesi zor olan birçok sorun için AI, işleri ilerletmek için tek uygun seçenek olabilir. Meslektaşlarımızı, özellikle genç nesil fizikçilerin yeniliklerde güncel kalmaya ve AI fiziği için medikal fizik teknolojilerinin geliştirilmesini kolaylaştırmaya teşvik ediyorum. Medikal fizikteki gelecekteki yeniliklerin önemli bir kısmı AI güdümlü olacaktır.

ÖNERME KARŞITI GÖRÜŞ

Elizabeth A. Krupinski, Ph.D.

Açılış bildirimi

AI'nın sağlık hizmetlerinde ve dolayısıyla tıbbi fizikte devrim yaratacağı konusunda çok az şüphe bulunmaktadır. Bununla birlikte daha önemli olan soru, birçok kimsenin korktuğu şey olan Tıbbi fizikçinin rollerini ve sorumluluklarını üstlenecek mi? Tıbbi fizikçinin temel rolü ekip üyesi olmaktır ve hekimler, teknikerler, hemşireler, mühendisler hatta hastalar ile birlikte çalışmak ve sağlık hizmetinin etkin, verimli ve güvenli bir şekilde verilmesini sağlamaktır.8-10 AI çok sayıda temel bakım değişkeni ile ilgili değerli ve doğru bilgi sağlanmasına (örneğin, tekrarlanabilirlik; uyarlanabilir dizi oluşturma, otomatik protokol; tekrarları azaltmak için akıllı konumlandırmaya ve tedavi planlamasına) yardımcı olabilir. Fakat henüz yapamayacağı şeyler (en azından henüz) vardır. Verilen bir kararın arkasındaki nedenleri veya verilen bir klinik görevi yerine getirme yöntemini açıklamak veya karşılaşılan birbirine benzemez her hasta ve klinik durum için verilen bu kararları ekibin diğer üyelerinin bilgi ve klinik deneyimlerden elde edilen iş birliğine dayalı ve etkileşimli girdilere dayanarak değiştirmek henüz yapamayacağı şeyler olarak sayılabilir.

Benzer bir şekilde, tıbbi fizikçinin bir diğer önemli rolü, sadece kıdemsiz ve öğrenci tıbbi fizikçilerin yanı sıra asistanlar ve meslektaşları da dahil olmak üzere diğer sağlık uzmanlarının eğitim ve öğretimidir.9-11 AI, çeşitli eğitim araçlarını geliştirmek ve sunmak için kesinlikle kullanılabilir ancak bir stajyerle oturamaz, problemlerini dinleyemez, ince kavramları ve tıbbi fiziğin "sanatını" açıklayamaz ve onlara bağımsız profesyoneller olarak başarılarını arttırmaları için gereken mentorluk ve rehberlik ile destek sağlayamaz.

Sadece iyi iletişim ve takım becerilerine sahip olmak, tıbbi fizikçilerin daima AI'dan daha iyi performans gösterebilecekleri alanlar değildir (umarım). Temel fizik araştırma, kavram ve ilkelerin birden fazla alanda entegrasyonu ve oldukça basit bir şekilde insan zekâsı, yaratıcılık ve iç görü gerektiren tıbbi fizikçilerin sayısız yönü vardır. Bir örnek, Tıpta Dijital Görüntüleme ve İletişim (DICOM) Gri Tonlamalı Standart Görüntüleme Fonksiyonunun (GSDF) oluşturulmasıydı. 12 DICOM GSDF, Peter Barten'ın analiziyle elde edilen temel verileri içeren çeşitli kaynaklardan gelen verilerin entegrasyonu ile geliştirilmiştir. İnsan gözünün kontrast duyarlılığının, farklı gözlemsel frekans arka planlarında farklı uzamsal frekans ve boyutlardaki sinüzoidal desenleri izleyen insan gözlemcilerin tipik performansını tanımlayan bir model geliştirdi.13 Bu temel psikofiziksel ilkelere ve önemli içgörü, anlayış ve entegrasyona dayalı Tıbbi fizikçiler, mühendisler ve radyologlar tarafından çoklu kaynaklardan elde edilen verilerin radyografik görüntü gösterimi için birleştirici bir standart üretildi ve halen günlük klinik uygulamada kullanılıyor. Eğer AI dijital radyografinin ilk günlerinde olsaydı, DICOM GSDF'yi formüle edebiliyor ve görüntü kalitesini ekran, çevre ve kullanıcı genelinde standardize edebilecek bir araç yaratabiliyor ve insan görsel sisteminin yeteneklerini hesaba katan temel ihtiyacı gerçekleştirecek iç görüye ve yaratıcılığa sahip olması gerekecekti? Bence değil. Bu, insanın yaratıcılığını, insan faktörlerini ve insan etkileşimini gerektirir.

Çürütme: Lei Xing, Ph.D.

AI'nın etkisi çok yönlüdür; sonuç, basitçe geliştirilmesinden, insan meslektaşlarının tamamen değiştirilmesine kadar uzanır. AI sonunda tıbbi fizikçilerin tüm faaliyetlerini gerçekleştirebilecek mi? Hayır ancak, çok az bilişim / yapay zekâ bilen fizikçiler, bilgisayar sistemleri hayatımızdaki rolümüzü değiştirecek diyenler ile değiştirilme olasılığı yüksektir. Alanımız çok disiplinlidir ve profesyonel değerimiz, farklı disiplinlerden gelen bilgileri sentezleme ve eldeki klinik soruları cevaplamak için gerçekleri, verileri ve diğer bilgileri bir araya getiren en eğitimli kararı vermemizden gelir. AI, karar alma sürecini kolaylaştırmak için çok uygundur.

Bana göre, soru alanımızın AI tarafından değiştirilip değiştirilmeyeceği değil, hangi seviyede değişim olacaktır. Krupinski'nin listelediği etkinlikler, üst düzey biliş kategorisine giriyor ve muhtemelen insanların elinde kalacaktır. Ancak yaptığımız her şey o kategoriye ait değildir. Aslında, çoğu, otomatikleştirilebilen iyi tanımlanmış prosedür ve protokollerle görev odaklıdır. Şimdi ve bazı yıllar boyunca, üst düzey biliş ve yapay zekâ modellerinin iki ayrı aktivite türü olarak kalmaya devam edeceği öngörülmektedir. Dolayısıyla hem insan hem de AI ajanları bir arada bulunacaktır. Bununla birlikte, ayrılmanın daralmakta olduğunu ve AI'nın gelişmeye devam ettiği ve bazı durumlarda diğer insanlarımızı ezdiği için bilişsel öncülüğümüzün

zayıfladığını anlamak önemlidir.

Karar açıkça AI'nın lehinedir. Şimdi olmasa bile, bir paradigma kayması, ajanların dikkat çekici evrimi nedeniyle çok uzak anlamda, tıbbi fiziğin peyzajının yanında AI tarafından değiştirileceğini belirtiyorum.

Çürütme: Elizabeth A. Krupinski, Ph.D.

Xing, AI potansiyelini tartışması konusunda çok sağlam noktalar ortaya koyuyor. AI için ideal görevler olan; görüntü sınıflandırma, nesne algılamalı görüntüyü yeniden yapılandırma ve analiz, görüntü rehberliği, tümör tespiti ve karakterizasyonu, terapötik cevap ve toksisite tahmini, tedavi karar verme süreci gibi insanlar için bıktırıcı olabilecek işler ile ilgili otomasyon sağlamak olduğunu kabul ediyorum. Bununla birlikte, derinlemesine öğrenme ve AI'nın (en azından şu anda) yaptığı şey "eğitildiği verileri taklit etmektir". 14 Eğitimden sonra radyolojik ve patolojik görüntülerde kanser saptama görevi için insanları olduğu gibi taklit etmek ve gerçekleştirmek aslında mümkün! 15

Derin öğrenme ve AI hala yaratıcılıktan çok uzaktadır ve AI uygulamalarının en başındaki durum bu olmuştur. Boden'in 1998'de belirttiği gibi, AI yaratıcılığının önündeki iki büyük sıkıntı etki alanı uzmanlığı ve sonuçların değerlendirilmesidir. 16 AI'nın hala bu engelleri çözemediğini ve gerçek yaratıcılık gösteremediğini iddia ediyorum ve tıbbi bir fizikçinin işinin önemli bir kısmı, karmaşık bir klinik problemi çözüp çözmemesi, yeni bir araştırma geliştirmesi ya da meslektaşları ve hastalarıyla iletişim kurması ve iş birliği içinde olup olmaması yaratıcılık ve zekâ gerektirir. Bilgisayarların sıkıcı, monoton ve zaman alan görevleri üstlenmesini sağlayın. İnsanlar sağlık hizmetini oluşturmak, keşfetmek ve bir üst seviyeye taşımak için daha fazla zamana sahip olacaklar.

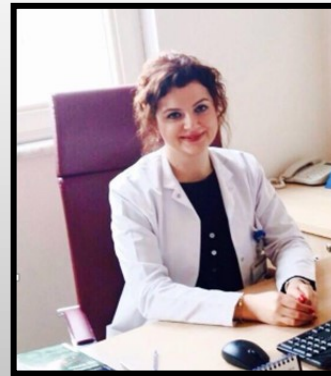
Çıkar Çatışmaları

Dr. Xing, Varian Medical Systems ile yapılan ana araştırma sözleşmesinin (MRA) baş araştırmacısı olarak görev yapıyor. Ayrıca Siemens Healthcare ve Google Inc'den araştırma bursları aldı ve Huiyihuiying Medical Technology Co., Ltd.'nin bilimsel danışmanı olarak görev yapıyor. Dr. Krupinski'nin çıkar çatışması bulunmuyor.

REFERANSLAR

1. Ibragimov B, Xing L. Segmentation of organs-at-risks in head and neck CT images using convolutional neural networks. *Med Phys*. 2017;44:547–557.
2. Deng J, Xing L. Big Data in Radiation Oncology. Abingdon, UK: Taylor & Francis Books, Inc. in press; 2018.
3. Li R, Xing L, Rubin D, Napel D. Radiomics and Radiogenomics. Abingdon, UK: Taylor & Francis Books, Inc. in press; 2018.
4. Wang G, Kalra M, Orton CG. Machine learning will transform radiology significantly within the next 5 years. *Med Phys*. 2017;44:2041–2044.

5. Silver D, Schrittwieser J, Simonyan K, et al. Mastering the game of Go without human knowledge. *Nature*. 2017;550:354–359.
6. Silver D, Huang A, Maddison CJ, et al. Mastering the game of Go with deep neural networks and tree search. *Nature*. 2016;529:484–489.
7. Bostrom N. Superintelligence: Paths, Dangers. Strategies: Oxford University Press; 2016.
8. Malicki J. Medical physics in radiotherapy: the importance of preserving clinical responsibilities and expanding the profession's role in research, education, and quality control. *Rep Pract Oncol Radiother*. 2015;20:161–169. American Association of Physicists in Medicine. Medical physicist: what do medical physicists do? https://www.aapm.org/medical_physicist/. Last accessed December 28, 2017.
9. Australian College of Physical Scientists & Engineers in Medicine. ASPSEM position on the roles and responsibilities of the qualified medical physicist. <https://www.acpsem.org.au/documents/item/18>. Last accessed December 28, 2017.
10. American Association of Physicists in Medicine. https://www.aapm.org/medical_physicist/education.asp. Last accessed December 28, 2017.
11. Flynn MJ. Displays for medical imaging. http://siim.org/page/displays_chapter3. Last accessed January 1, 2018.
12. Barten PGJ. Contrast Sensitivity of the Human eye and its Impact on Image Quality. Bellingham, WA: SPIE Press; 1999.
13. The quest for AI creativity. <https://www.ibm.com/watson/advantage-reports/future-of-artificial-intelligence/ai-creativity.html>. Last accessed January 2, 2018.
14. Levenson RM, Krupinski EA, Navarro VM, Wasserman EA. Pigeons (Columba livia) as trainable observers of pathology and radiology breast cancer images. *PLoS ONE*. 2015;10:e0141357.
15. Boden MA. Creativity and artificial intelligence. *Artif Intell*. 1998;103:347–356.



Dr .Öğr. Üyesi Yonca YAHŞİ ÇELEN

1983 yılında İstanbul'da doğdu. 2010 yılında Yüksek lisansını, Uludağ Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tıbbi Radyofizik Bölümü'nde tamamladı. İki yıl Balıkesir Devlet Hastanesinde stajyer olarak çalıştıktan sonra 2012-2015 yılları arasında Tıbbi Radyofizik Uzmanı olarak Şişli Hamidiye Etfal Eğitim ve Araştırma Hastanesinde çalıştı. 2015 yılında Doktorasını tamamlayıp Afyonkarahisar Sağlık Bilimleri Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalında Dr. Öğr. Üyesi olarak göreve başladı ve halen çalışmaya devam etmektedir. Ayrıca AFSÜ Tıp Fakültesi Biyofizik AD. Başkanı, Radyasyondan Korunma İdari sorumlusu ve Erasmus Kurum Koordinatörü olup Tıp Fakültesi, Diş Hekimliği Fakültesi ve SHMYO'lunda derslere girmekte ve hastane çalışanlarına radyasyon güvenliği eğitimleri vermektedir.

YURTDIŞI TEMSİLCİLERİMİZ-2

RÖPORTAJ II: ADEM ÜNAL KIZILDAĞ

Bir önceki sayı ile başladığımız yurtdışındaki temsilcilerimizi sizlere hayat ve meslek hikayelerini anlatma serimizde ikinci konuğumuz Elekta firmasında görev yapan Adem Ünal Kızıldağ. Gelin hikâyesini kendi ağzından dinleyelim.

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

Daha henüz bir yıllık bir yurtdışı yaşam deneyimime rağmen beni de yazı dizisinde sıraya koyduğunuz için öncelikle teşekkür ederim. Radyoterapi ile 1999 yılında üniversite son sınıfta Akdeniz Üniversitesi'nde tanıştım. 2004 yılında hem çalışıp hem de yüksek lisansımı tamamladım. Askerlik sonrası başvurduğum birkaç yurtdışı pozisyon olumsuz sonuçlanınca çabuk pes edip bir süre farklı alanda çalıştım. Ancak bu yabancı dil gelişimime ve Rusça gibi ek bir dil daha öğrenmeye yaradı daha çok. 2014 yılı başında tekrar Radyoterapiye döndüm. Kısa bir klinik dönemden sonra Elekta Türkiye'de Medikal Fizik koordinatörü ve TPS eğitmeni olarak devam ettim. 2018 Mayıs ayından beri Elekta İngiltere ofisinde görev yapıyorum.

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

Elbette klinik, akademik ve firmada edindiğim tecrübeler hep şu an bulunduğum pozisyon için birer basamak teşkil ettiler. Özellikle Akdeniz Üniversitesi yıllarındaki klinik ve akademik çalışmalarımız benim sonrakı dönemlerimde çok etkili oldular. Buradan bana bu deneyimleri yaşama şansı veren Haluk Orhun ve Nina Tunçel hocalarıma teşekkür etmeyi fırsat biliyorum. Bana bu mesleği sevdiren de gelişmeye iten de Türkiye yıllarım oldu.



Şekil 1: Nijerya Monaco Eğitimi

Soru3: Çalıştığınız firmayı ve firmadaki görevinizi anlatır mısınız?

Elekta genelinde de bildiği gibi Radyoterapi alanında hem donanım hem de yazılım anlamında hemen hemen tüm çözümleri beraber sunan global firmalardan birisi. Ben şu an Elekta firmasının Global Ürün Destek – Fizik olarak adlandırılan bir takımında Klinik Fizik Eğitimi ve Destek Uzmanı olarak görev yapıyorum. Şu an, MR-Linac ürünü Unity' nin fizik eğitimleri ve testleri ile uğraşıyoruz. Bunun yanında yine yeni çıkacak ürün ve versiyonların testlerine ve eğitim malzemelerine katkı sağlıyoruz.



Şekil 2: Medical College Wisconsin de Unity Fizik Eğitmeninden

Soru4: Mesleğinizin güzel ve zor yanları nelerdir?

Dünya çapında birçok yeni ülke ve insanlarla tanışmak, meslektaşlarla çalışmak en güzel yanı sanırım. Zor yanı ise bu hengâmede kendinizi sürekli hazır tutmanız gerektiği hissini taşımak olabilir. Onun dışında da pozisyonumuz gereği eskisi gibi olmasa da seyahat etmek ve ailenizden uzak kalmak da ayrı bir zorluk.

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

Medikal Fizikçilerin durumu her ülkede çok geniş farklılıklar gösteriyor. Ancak genelde problemler benzer diyebiliriz. Belli ülkelerde fizikçiler QA ile uğraşırken bazı yerlerde de Türkiye'deki gibi hem planlama hem QA gibi her şeyi yapıyorlar. Özel ve devlet klinikleri de bizdekine benzer farklılıklar gösteriyor diyebilirim.

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

Öncelikle söyleyeyim ki milliyetimin sorun olduğu bir durumla hiç karşılaşmadım. Bu daha çok bireysel bir durum sanırım. Yani bulunduğunuz ülkeden ziyade karşılaştığınız kişilerle ilgili. Batı genelinde çok ulusluluk bir ihtiyaçtan kaynaklanan bir zorunluluk halinde sanırım. O yüzden hiç yadırganan bir durum değil. Çalıştığım ofiste değil belki ama gittiğim farklı ülkelerde bazen Türkiye'yi temsil hissi olabiliyor. Ama bu işi yapmama engel de bir zorluk da değil.



Şekil 3: Hong Kong'da Sanatorium Hospital Unity Fizik eğitiminden

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

Mesleğimizi icra edebileceğimiz ülke sayısı hayli fazla. Ancak iki durum var. Bunlardan biri tabi ki yabancı dil ve Türkiye'den çıkmak istiyorsanız bu tek zorunluluk sanırım. Onun dışında bir pozisyon bulmak Türkiye içinde de olduğu gibi genel bir rekabete kalıyor. Bunu da üç parça olarak sayabilirim. Bilgi, tecrübe ve bağlantılar. Bilgi ve tecrübe konusunda temel bilgiler ve klinik tecrübe sonrasında belli bir alanda uzmanlaşmış olmak bir avantaj. Bağlantılar ise kim nerede ne üzerine çalışıyor ve size nereler daha uygun bunu anlamak için yardımcı oluyor. Başvuru yapılan pozisyonlar için ise pes etmeden uygun pozisyonlara başvurmaya devam etmelerini öneririm. Aldığınız birkaç olumsuz cevap kimseyi yıldırmamalı.

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

Firma kendi içerisinde çalıştığınız alan ve ilgili alanlardan eğitime tabii tuttuğu gibi yine alanınızla ilgili bir eğitim fırsatı bulduğunuzda da bir destek veriyor. Yani çalışırken kendinizi sürekli geliştirme olanağı bulabiliyorsunuz.

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

Sosyal hakları bazen kanuni durumlar belirlerken bazen de pratikte uygulanabilirlik durumları belirleyebiliyor. O yüzden genelleme yapmak biraz zor. Ama en

önemli durum bence çalışma saatleri. İş ve özel yaşamınızı dengede tutmak konusunda büyük bir avantaj bu. Onun dışında sosyal haklar daha çok ülkeye bağlı bir durum. Bu da maalesef biraz değişkenlik gösteriyor ve zaman içinde de değişebiliyor.



Med. Fiz. Uzm. Adem Ünal KIZILDAĞ

1999 Yılında lisans eğitiminin son yılında Akdeniz Üniversitesi'nde tanıştığı Radyoterapiye 2005 te tamamladığı yüksek lisansının ardından verdiği bir aradan sonra Erzurum ve Edirne'de klinik fizikçisi olarak geri döndü. 2014-2018 yılları arasında Elekta Türkiye'de Medikal Fizik Koordinatörü ve Tedavi Planlama Sistemleri Eğitimcisi olarak çalıştı. 2018 Mayıs ayından beri Elekta İngiltere ofisinde Klinik Fizik eğitim ve Destek Uzmanı olarak görev yapmaktadır.

RÖPORTAJ III: BEN MIJNHEER (ÇEVİRİ)



Bu sayımızda Estro Newslatter Mayıs-Haziran 2018 sayısında yayınlanan mesleğimizin önemli insanlarından Ben Mijneer ile yapılan röportajı sizinle paylaşmak istedik. Yazar ile yapılan röportajın ama konusu CRC Press yayınlarından çıkan editörlüğünü yaptığı "Clinical 3D dozimetri in Modern Radiation Therapy" isimli kitabıdır. İlginizi çekecek kesinlikle.

Kitabınızın ana hatlarından bahseder misiniz 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 hesaplama 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 bulundugu zaman biraz tereddütlüydüm. Ancak klinik 3D dozimetrisinin modern radyoterapide kullanımı hakkında bilgi birçok yerde bulunabilmektedir. 3D dozimetride yenilikler daha çok derleme makalelerde ve konferans bildirilerinde 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 diyetlerin 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 do-

ğurmuştur. 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 düşündüğümünden 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 uygulamamış-

tır. 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 yapılsaydı 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.

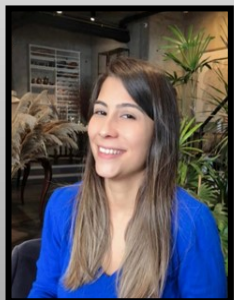
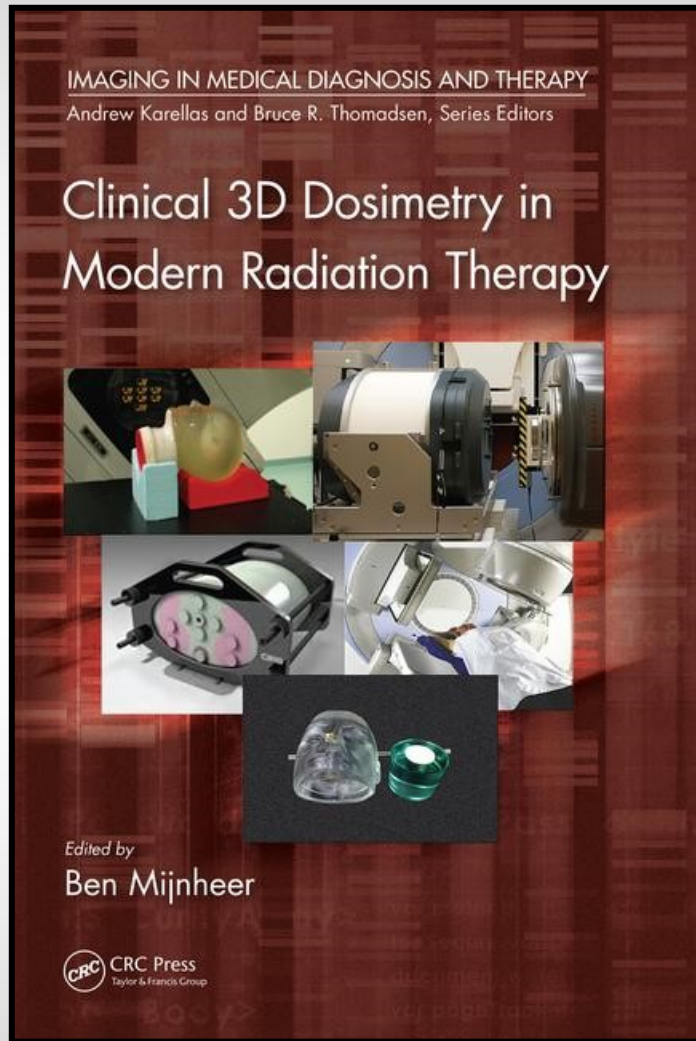
Yazar hakkında;

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.

JEL DOZİMETRE

JEL DOZİMETRENİN TARİHÇESİ

Jel dozimetre üzerine çalışmalar 1950'de iyonize radyasyonun jel içindeki metilen klorid boyasında yaptığı renk değişikliğiyle üç boyutlu doz dağılımının elde edilebileceğinin gösterilmesiyle başlamıştır (1, 2). 1957'de Andrews ve ark. (3) kloralhidrat agar jeli elektron ve fotonların yüzde derin doz (YDD) ölçümleri için spektrofotometre kullanarak araştırmıştır. 1954'te Alexander ve ark. (4) iyonize radyasyonun polimetilmetakrilit üzerinde yaptığı etkiyi araştırmalarından sonra 1958 yılında Hoecker ve Watkins (5) polimer bazlı sıvılarda X ve gama ışınları kullanılarak radyasyonun sebep olduğu polimerizasyonu incelemiştir. Daha sonra da 1961 yılında Boni (6) poliakrilamidi gama dozimetre olarak kullanılabileceğini belirtmiştir.

İyonize radyasyonun Fricke dozimetrede yaptığı etkinin nükleer manyetik rezonans görüntüleme yöntemi kullanılarak ölçülebileceği 1984 yılında Gore ve ark. (7) tarafından gösterilmiştir. Görüntülemelemedeki bu gelişmeyle birlikte 1987 yılında Appleby ve ark. (8) yaptıkları çalışmada ışınlamış bir Fricke dozimetredeki üç boyutlu doz dağılımını manyetik rezonans (MR) görüntülemesiyle elde edilebileceğini belirttiler. MR görüntülemenin ardından optik bilgisayarlı tomografi tekniğinin jel dozimetlerin görüntülenmesinde kullanılabileceği de gösterildi ve üzerine çalışmalar yapıldı (9). 2000'li yılların başlarında yapılan çalışmalarda polimer jel dozimetrelerin görüntülenmesinin bilgisayarlı tomografi (BT), ultrason ve Raman spektroskopisi ile gerçekleştirilebileceği gösterildi (10-12).

1920'lerde bulunan Fricke dozimetrelerde ışınlama sonucunda oluşan iyonlar difüzyonla başka noktalara ilerliyorlardı. Bu da zaman içerisinde kullanımı daha kolay, difüzyon sorunu olmayan, oksijenli ortamda üretebilen jel dozimetreler üretme ihtiyacı doğurmuştur.

1992 yılında agar matrisine sahip BANANA (Bis, Acrylamide, Nitrous oxide AND Agarose) polimer jel dozimetri formülü ortaya kondu (13). BANANA polimer jel de Fricke jel dozimetrenin aksine difüzyon problemi yoktu. İki yıl sonra polimer jelin formülünde agar matris yerine jelatin yerleştirilerek BANG (Bis, Acrylamide, Nitrogen, Gelatin) polimer jel geliştirildi. Bu tür jellere genel olarak PAG (PolyAcrylamide Gel) tipi polimer jel dozimetre denilmektedir. Difüzyon problemi çözülse de PAG tipi jellerin üretiminde atmosferdeki oksijen jelin üretim aşamasında polimerizasyona sebep olmaktaydı. Bundan dolayı jeller oksijensiz ortamda üretilmek zorundaydı. Bu da polimer jel üretimini oldukça zorlaştırıyordu. 2001 yılında Fong ve ark. (14) MAGIC (Methacrylic and Ascorbic acid in Gelatin Initiated by

Copper) olarak adlandırılan normoksik bir polimer jel formülünü yayınladılar. MAG tipi polimer jellerin üretiminde oksijensiz bir ortama gerek duyulmamakta ve daha kolay üretilebilmekteydi. Son olarak 2003 yılında löko boya içeren radyokromik polimer bazlı bir dozimetre olan Presage™ dozimetre üretilmiştir (15). Poliüretan matrisine sahip bu dozimetrede iyonize radyasyonun etkisiyle boya renk değiştirir (16). Presage™ dozimetrelerdeki bu etki yalnız optik bilgisayarlı tomografiyle görüntülenebilmektedir.

POLİMER JEL DOZİMETRELERİN ÖZELLİKLERİ

Polimer jel dozimetreler kimyasal dozimetrelerdir. Üç boyutlu doz dağılımı verisi elde etmeye olanak sağlarlar. Tek bir ışınlamayla istenilen her noktadaki doz yüksek uzaysal çözünürlükle elde edinilebilir. Yumuşak doku eşdeğeridirler. İstenilen şekil verilerek üretilebilirler ve pozisyonlama sıkıntıları yoktur. Bunun yanında polimer jel dozimetrelerin üretimi zor olduğu gibi doğrulukları ortamdaki sıcaklık, basınç ve ışık gibi dış etkenlerden etkilenebilmektedir.

Jel dozimetrelerin çok büyük bir kısmı sudan oluşmaktadır. Bu dozimetreler ışınladıklarında, önce içerisindeki su molekülleri radyolize uğrayarak reaktif radikallere ve iyonlara ayrılırlar. Radyoliz sonucunda oluşan ürünlerin boyutu ve çeşidi radyasyonun tipine ve enerjisine bağlı değişim gösterir (17). Ardından Brown hareketiyle birbirlerine ulaşırlar ve ürün çapı artar. Işınlamadan çok kısa bir süre sonra reaktif parçacıkların yeniden birleşmesi gerçekleşir. Bu olaydan sonra radyoliz ürünleri sulu elektron (e^-_{su}), hidroksil radikali ($OH^\bullet$) ve hidronyum iyonu (H_3O^+) monomerlerle etkileşirler (18). Radikaller monomerlerle birleşerek polimerleşmeyi başlatırlar. Polimer radikallerinin monomerlerle veya ortamdaki polimerlerle etkileşmesiyle polimer zinciri büyür. Polimerleşme, iki polimer radikalin birleşmesi veya sürecin başında radyoliz sonucunda oluşan radikallerle etkileşmesiyle bitebilir. Buna ek olarak dozimetre içerisindeki jelatin miktarının artmasıyla polimerleşme işleminin yavaşlamasına sebep olmaktadır (19). Jelde oksijen kalması durumunda ise oluşan peroksit radikalleri ortamdaki radikallerle birleşerek polimerleşmenin bitmesine sebep olabilir (20).

Polimer jellerin kütle ve elektron yoğunlukları sudan çok az fazla olmakla birlikte kas dokusuna oldukça yakındır (21). Bu özelliklerinden dolayı yüksek enerjili foton ışınlamalarında yumuşak doku eşdeğeri olarak düşünülebilirler (22).

Polimer jelde üretilen polimer miktarı soğurulan dozla orantılıdır. Dozimetre içerisine katılan jelin amacı ışınlama sonucunda oluşan polimer yapıları oluştukları

yerde tutarak soğurulan doz verisini üç boyutlu olarak saklamaktır. Fakat kullanılan jel oranının artması polimerleşmeyi engellediği için dozimetrenin duyarlılığını azaltır (21). Kullanılan monomer konsantrasyonunun artması ise duyarlılığı artırır.

Polimer jellerle yapılan çalışmalarda ısınlama esnasında sıcaklığın değişmesinin PAG tipi jellerde duyarlılığı çok fazla etkilemediği, fakat MAG tipi jellerin sıcaklığa oldukça duyarlı olduğunu göstermiştir (23). Ayrıca polimer jel dozimetrelerin nükleer manyetik rezonans görüntülemeleri sırasındaki sıcaklıkları, spin-spin durulma zamanlarını etkiler (24). Sıcaklık arttıkça duyarlılık azalır (25). Bundan dolayı kalibrasyon jelleri ve ölçüm için kullanılan jellerin MR görüntüleri aynı sıcaklıkta alınmalıdır.

JEL DOZİMETRE GÖRÜNTÜLEME YÖNTEMLERİ

Radyasyonun jel dozimetrede oluşturduğu etkiyi gözlemleyebilmek için bazı görüntüleme yöntemleri kullanılmaktadır. Bu yöntemler optik bilgisayarlı tomografi, bilgisayarlı tomografi, Fourier dönüşümlü Raman spektroskopisi, ultrason ve manyetik rezonans görüntülemesidir. Polimer jellerin görüntülenmesinde daha çok manyetik rezonans görüntüleme (MRG) yöntemi tercih edilmektedir.

Manyetik Rezonans Görüntüleme Yöntemi

Işınlanmış bir polimer jelde üç farklı proton havuzu bulunmaktadır. Bunlardan ilki serbest su molekülleri ve tepkimeye girmemiş monomerler, ikincisi polimerleşmiş moleküller ve ona bağlı su molekülleri, üçüncüsü ise jelatin ve ona bağlı olan su moleküllerinin oluşturduğu proton havuzlarıdır (26). Her bir grubun mobilite farklıdır. Bu farklılık her bir grup arasındaki spin-spin durulma zamanının ($T_2=1/R_2$) ve spin-örgü durulma zamanının ($T_1=1/R_1$) farklı olmasına sebep olur (27). Bu farklılıktan yararlanarak dozimetrenin manyetik rezonans görüntülemesi yapılabilmektedir.

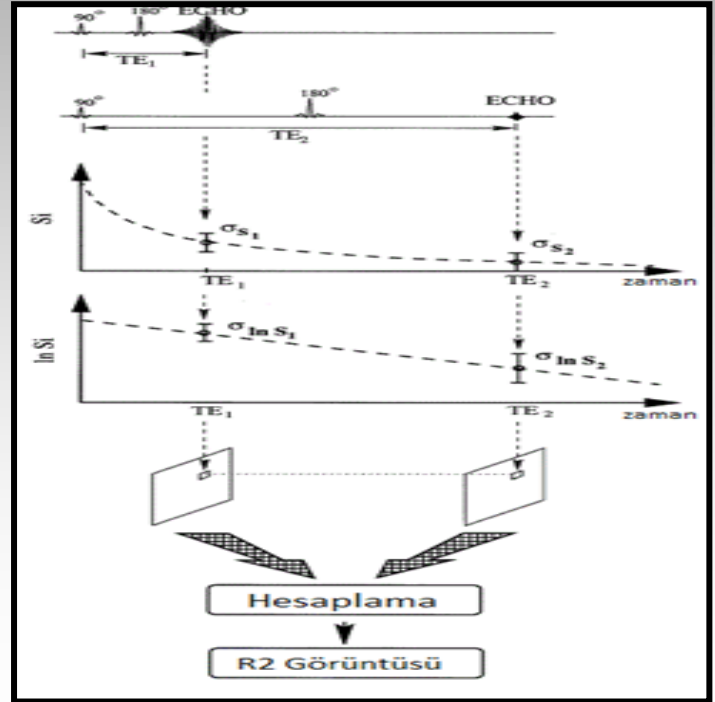
Polimer jel dozimetrelerde doz cevabının R_2 'de, R_1 'den daha fazla olmasından dolayı MR görüntülemelerinde genellikle R_2 değerleri kullanılmaktadır (28). Sayısal R_2 haritaları elde etmek için spin eko (SE) sekansları kullanılabilir. Ana görüntü üzerindeki T_2 ağırlığı, echo time (TE) değeri ile değiştirilebilir. TE değeri gönderilen radyo frekans (RF) pulsu ile sarmal tarafından elde edilen sinyal arasında geçen süredir. Her bir TE değerinden elde edilen sinyal şiddeti (S) Eşitlik 1'deki gibi değişmektedir.

$$S = S_0 \cdot e^{-\frac{TE}{T_2}} \quad (1)$$

Burada S_0 , TE=0 olduğundaki değeri göstermektedir. Görüntü matrisi üzerindeki her bir noktanın R_2 değeri iki farklı T_2 ağırlıklı görüntüden Eşitlik 2'deki formül ile elde edilir (17).

$$R_2(x,y) = \frac{1}{TE_2 - TE_1} \ln \left[\frac{S_1(x,y)}{S_2(x,y)} \right] \quad (2)$$

Sinyal-gürültü oranının yükseltilmesi için sabit bir tekrarlama zamanı (TR) kullanılarak ve birden fazla T_2 ağırlıklı görüntü elde edilerek R_2 haritaları oluşturulabilir (Şekil 1).



Şekil 1: R_2 görüntüsünün oluşturulması (29).

Bilgisayarlı Tomografi Yöntemi

Işınlanmış jel dozimetrelerde lineer atenüasyon katsayısının değişimine bağlı olarak bilgisayarlı tomografi yöntemi görüntüleme amaçlı kullanılabilir. Lineer atenüasyon katsayısındaki değişim, temel olarak, polimer kümelerindeki suyun dışarı atılmasından kaynaklanan elektron yoğunluğundaki farklılıklara dayanmaktadır. Jeldeki yoğunluk değişimi atenüasyon katsayısındaki değişimi dolayısıyla CT numarasındaki değişimi etkileyen tek parametredir.

BT görüntülemeye jellerin düşük duyarlılıklı olmasından dolayı düşük kontrastlı görüntüler elde edilmektedir. Bu düşük duyarlılıktan dolayı her bir kesitin 16 ila 32 görüntülemesinin ortalaması alınarak SNR oranı yükseltilir (30).

Jel dozimetreler için BT tekniği düşük çözünürlüğe sahip bir yöntem olmakla birlikte, sıcaklık değişimine karşı duyarsız olması olumlu bir yönüdür. BT görüntüleme için kullanılan parametreler doz yanıtının duyarlılığını etkilemez. Ancak doğru bir BT görüntülemesi yapabilmek için önemli olan parametreler şunlardır: kullanılan rekonstrüksiyon algoritması, voltaj değeri, görüntü elde edilecek sayı ve kesit kalınlığı.

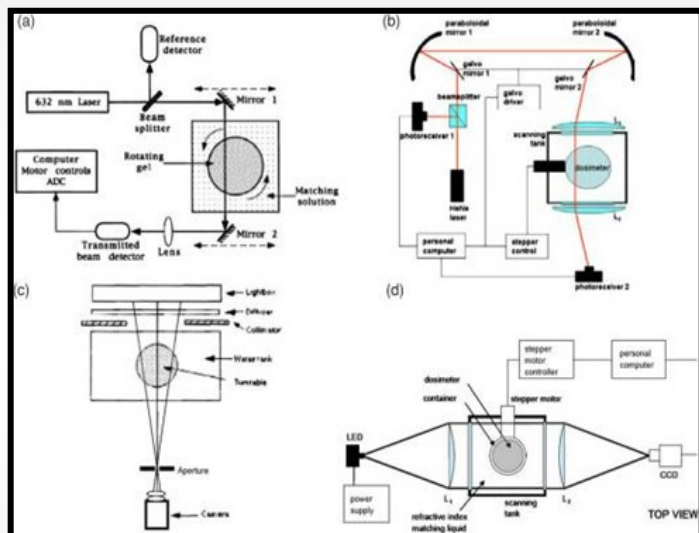
Optik-Bilgisayarlı Tomografi Yöntemi

Optik BT yönteminde ışınlanmamış jel ışığa karşı neredeyse saydam iken ışınlanmış bölgeler polimer partiküllerin yoğunluğunun artışıyla orantılı olarak opak hale gelmektedir (31). Bu teknikte jeldeki doza bağlı değişim görünür ışık kullanılarak optik-BT'de üç boyutlu olarak görüntülenebilmektedir.

Optik-BT'nin tekniği ve teorisi, x-ışın BT'ye benzer. Optik-BT tekniğinde numune boyunca bir lazer taramasıyla, bir foto-alıcı tarafından tespit edilen veya numuneden geçen geniş bir ışık pikseli bir detektör (CCD, CMOS) kullanılarak görüntülenir. Ölçülen sinyal yoğunluğu I ve numunenin yokluğundaki sinyal I_0 , Eşitlik 3'teki Beer yasası ile ilişkilendirilmektedir;

$$I = I_0 \exp \left[- \int_{ray-path} \mu(s) ds \right] \quad (3)$$

Burada μ optik zayıflama katsayısı, s ise seçilen ışın yolu boyunca numune mesafesidir.



Şekil 2: Farklı Optik BT tarayıcıları: a) birinci jenerasyon lazer sistemi, b) hızlı lazer tarayıcı, c) cone-beam CCD tarayıcı, d) paralel demet CCD tarayıcı.

Referanslar

- Chorzempa MA. Ionizing Radiation and Its Chemical Effects: A Historical Study of Chemical Dosimetry (1902-1962) [Doktor of Philosophy]: Oregon State University; 1971.
- Day M, Stein G. Chemical effects of ionizing radiation in some gels. *Nature*. 1950;166(4212):146.
- Andrews HL, Murphy RE, LeBrun EJ. Gel Dosimeter for Depth-Dose Measurements. Review of scientific instruments. 1957;28(5):329-32.
- Alexander P, Charlesby A, Ross M, editors. The degradation of solid polymethylmethacrylate by ionizing radiation. *Proc R Soc Lond A*; 1954: The Royal Society.
- Hoecker FE, Watkins I. Radiation polymerization dosimetry. *The International journal of applied radiation and isotopes*. 1958;3(1):31-5.
- Boni A. A polyacrylamide gamma dosimeter. *Radiation Research*. 1961;14(4):374-80.

- Gore J, Kang Y. Measurement of radiation dose distributions by nuclear magnetic resonance (NMR) imaging. *Physics in Medicine & Biology*. 1984;29(10):1189.
- Appleby A, Christman E, Leghrouz A. Imaging of spatial radiation dose distribution in agarose gels using magnetic resonance. *Medical physics*. 1987;14(3):382-4.
- Oldham M, editor *Optical-CT scanning of polymer gels*. *Journal of Physics: Conference Series*; 2004: IOP Publishing.
- Hilts M, Audet C, Duzenli C, Jirasek A. Polymer gel dosimetry using x-ray computed tomography: a feasibility study. *Physics in Medicine & Biology*. 2000;45(9):2559.
- Mather ML, Whittaker AK, Baldock C. Ultrasound evaluation of polymer gel dosimeters. *Physics in Medicine & Biology*. 2002;47(9):1449.
- Rintoul L, Lepage M, Baldock C. Radiation dose distribution in polymer gels by Raman spectroscopy. *Applied spectroscopy*. 2003;57(1):51-7.
- Baldock C. Historical overview of the development of gel dosimetry: a personal perspective. *Journal of Physics: Conference Series*. 2006;56:14-22.
- Fong PM, Keil DC, Does MD, Gore JC. Polymer gels for magnetic resonance imaging of radiation dose distributions at normal room atmosphere. *Physics in Medicine & Biology*. 2001;46(12):3105.
- Adamovics J, Maryanski M. New 3D radiochromic solid polymer dosimeter from leuco dyes and a transparent polymeric matrix. *Medical Physics*. 2003;30(6):1349.
- Guo PY, Adamovics JA, Oldham M. Characterization of a new radiochromic three-dimensional dosimeter. *Medical physics*. 2006;33(5):1338-45.
- Baldock C, De Deene Y, Doran S, Ibbott G, Jirasek A, Lepage M, et al. Polymer gel dosimetry. *Phys Med Biol*. 2010;55(5):R1-63.
- Deene YD. Essential characteristics of polymer gel dosimeters. *Journal of Physics: Conference Series*. 2004;3:34-57.
- Lepage M, Whittaker AK, Rintoul L, Bäck SÅJ, Baldock C. Modelling of post-irradiation events in polymer gel dosimeters. *Physics in Medicine & Biology*. 2001;46(11):2827.
- Şahin C. Cyberknife Synchrony® Solunum Takip Sisteminin Polimer Jel Dozimetre ile Üç Boyutlu Performans Analizi [Yüksek Lisans Tezi]. Ankara: Hacettepe Üniversitesi; 2017.
- De Deene Y, Venning A, Hurley C, Healy BJ, Baldock C. Dose-response stability and integrity of the dose distribution of various polymer gel dosimeters. *Phys Med Biol*. 2002;47(14):2459-70.
- Deene YD. On the accuracy and precision of gel dosimetry. *Journal of Physics: Conference Series*. 2006;56:72-85.
- Deene YD, Vergote K, Claeys C, Wagter CD. The fundamental radiation properties of normoxic polymer gel dosimeters: a comparison between a methacrylic acid based gel and acrylamide based gels. *Physics in Medicine & Biology*. 2006;51(3):653.
- Spevacek V, Novotny J, Dvorak P, Vymazal J, Cechak

- T. Temperature dependence of polymer-gel dosimeter nuclear magnetic resonance response. Medical Physics. 2001;28(11):2370-8.
25. Maryanski MJ, Audet C, Gore JC. Effects of crosslinking and temperature on the dose response of a BANG polymer gel dosimeter. Phys Med Biol. 1997;42(2):303-11.
 26. Martin L, Andrew KW, Llew R, Sven Å JB, Clive B. The relationship between radiation-induced chemical processes and transverse relaxation times in polymer gel dosimeters. Physics in Medicine & Biology. 2001;46(4):1061.
 27. Bloembergen N, Purcell EM, Pound RV. Relaxation effects in nuclear magnetic resonance absorption. Physical review. 1948;73(7):679.
 28. De Deene Y, editor Fundamentals of MRI measurements for gel dosimetry. Journal of Physics: Conference Series; 2004: IOP Publishing.
 29. De Deene Y, Van de Walle R, Achten E, De Wagter C. Mathematical analysis and experimental investigation of noise in quantitative magnetic resonance imaging applied in polymer gel dosimetry. Signal Processing. 1998;70(2):85-101.
 30. Hilts M, Jirasek A, Duzenli C. Technical considerations for implementation of x-ray CT polymer gel dosimetry. Physics in Medicine & Biology. 2005;50(8):1727.
 31. Gore J, Ranade M, Maryanski M, Schulz R. Radiation dose distributions in three dimensions from tomographic optical density scanning of polymer gels: I. Development of an optical scanner. Physics in Medicine & Biology. 1996;41(12):2695.



**Med. Fiz. Uzm. Mehmet
Fazıl ENKAVİ**

1990'da İstanbul'da doğdu. 2014 yılında Hacettepe Üniversitesi Fizik Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu. 2018 yılında Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Radyoterapi Fiziği

Programı'nda yüksek lisansını tamamladı. 2017'de Ankara Numune Eğitim ve Araştırma Hastanesi'nde bir yıl çalışma imkânı buldu. Nisan 2018'den itibaren Medicana International Ankara Hastanesi'nde medikal fizik uzmanı olarak çalışmaktadır.

AYDIN MEDİKAL FİZİK GÜNLERİNİN ARDINDAN



Ayдын Medikal Fizik Günleri kapsamında "Lineer Hızlandırıcılar ve Çevresel Etkileri" Sempozyumu 2 Mart 2019 tarihinde 135 kişinin katılımı ile Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Atatürk Kongre merkezinde değerli hocalarımızın katkısı ile gerçekleştirildi.



Sempozyumun ana fikri, 2018 yılında yapılan bir eğitim toplantısında, Radyoterapi cihazlarının ve çevresinin güvenliği için aslında yıllardır bilinen fakat yeni yeni gündeme gelen nötron sızıntılarını engellemek için dikkate alınması gereken parametreler, doz limitleri, kullanılması gereken protokollerin neler olması gerektiği ile ilgili tartışma sırasında oluşmuştu.

Biz de Adnan Menderes Üniversitesi bünyesinde böyle bir sempozyum düzenlemeye karar verdik. Fakat Aydın'ın konum olarak radyoterapi cihazlarının yoğun olarak kullanıldığı birçok şehre uzak olması ve havalininin olmaması katılım için zorlayıcı olabilir diye düşünmekten kendimizi alamamıştık ama sempozyum sabahı İstanbul, Ankara, İzmir, Manisa gibi uzak şehirlerden katılanların gelmeye başlaması, ayrıca katılıma Aydın Afat Bölge Sorumlularının da iştirak etmeleri bu düşüncenin yersizliğinin gösterdi ve bundan sonra düzenleyeceğimiz bilimsel etkinlikler için de teşvik edici oldu.

Sempozyumumuz Radyasyon Onkolojisi AD Başkanı Dr. Öğretim Üyesi Bengü DEPBOYLU ve Rektörümüz Prof. Dr. Osman Selçuk ALDEMİR'in açılış konuşmaları ile başladı.

Sempozyumumuzda ilk olarak T. Rad. Fiz. Uzm. Nurdan ÖZBEK tarafından sunulan "LİNEER HIZLANDIRICI NEDİR? GEÇMİŞTEN GÜNÜMÜZE LİNEER HIZLANDIRICILAR" isimli sunumu vardı.



Sempozyumumuzda ilk olarak T. Rad. Fiz. Uzm. Nurdan ÖZBEK tarafından sunulan "LİNEER HIZLANDIRICI NEDİR? GEÇMİŞTEN GÜNÜMÜZE LİNEER HIZLANDIRICILAR" isimli sunumu vardı.



Lineer hızlandırıcıların çalışma prensibi, Lineer Hızlandırıcıları oluşturan komponentlerin özellikleri (magnetron, klistron, elektron chamber, elektron gun, saçıcı foiller vb) ilk hızlandırıcıdan günümüze son teknoloji MR Lineer Hızlandırıcılara kadar bütün Terapi Hızlandırıcıların kolimatör yapıları, iç donanımları, özellikleri, videolar eşliğinde Sayın ÖZBEK tarafından ayrıntılı olarak anlatıldı.

Onu takip eden sunum Dr. Öğr. Gör. Hakan EREN'in sunduğu 'NÖTRON KAYNAKLARI NELERDİR?' isimli sunumdu. Sayın EREN bu sunumunda üretilen yüksek enerjili (>8 MV) foton demetinin lineer hızlandırıcı kafasında ve radyoterapi odasında bulunan yüksek atom numaralı çekirdeklerle etkileşimi ile fotonükleer reaksiyonlar sonucu nötron üretimi gerçekleştirdiğini söyledi. Fotonötron üretiminin lineer hızlandırıcı kafasında bulunan hedef, kolimatör (birincil kolimatör, ikincil kolimatörler, çok yapraklı kolimatörler, bloklar) ve filtre (wedgeler, düzleştirici) gibi yüksek atom numaralı izotoplara sahip komponentler ile foton etkileşimleri sonucu gerçekleştiğini belirtti.



Ayrıca, bu reaksiyonun gerçekleşmesi için gereken foton enerjisinin bir eşik değere sahip olduğunu (□□) açıkladı. Sunumunda "Bu enerji değerinin altında foton enerjisi nötron bağıllık değerinin altında, bu değer yaklaşık 8 MV'dir ve bu değer altında fotonlar nötron üretemeyecektir. Nötronlar 10 MV' un üzerinde çalışan lineer hızlandırıcıların zırlanmasında sorun



yaratırlar. Tesir kesiti E_M eşik enerjisinin üzerine çıkıldığı zaman maksimum değere ulaşır. Radyoterapi fotonötron özelliklerini değerlendirmek için yaygın olarak Monte Carlo (MC) yöntemleri kullanılmıştır. Lineer hızlandırıcı kafasında ve tedavi odasının farklı yerlerinde Monte Carlo yöntemi ile hesaplamalarda; enerji, alan değişikliği ve sistemin filtreli veya filtresiz olması fotonötron oluşma oranlarını etkilemiştir. Nötronların kendileri iyonlaşma olayları meydana getirmedikleri için nötron dedektörleri (n,p), (n,α), (n,γ), (n,fisyon) ya da yüklü hafif parçacıkların nükleer saçılmaları gibi nükleer reaksiyonlar tarafından oluşturulan sekonder olayların ölçülmesine dayanır" ifadesini kullanarak sunumunu bitirdi.

Lineer hızlandırıcılardaki nötronlara dair her şeyin ayrıntılandırılarak açıklandığı bu sunumdan sonra kahve arası verildi. Sorular ve cevaplar şeklindeki bilgi alışverişi kahve eşliğinde devam etti.



İkinci oturumda Prof. Dr. Bahar DİRİCAN "LINEER HIZLANDIRICILARDA DOZİMETRİ" konu başlığı ile sunumuna başladı. Sayın DİRİCAN Tedavi Lineer Hızlandırıcılarında TAEK tarafından kullanılan Türkiye protokolü olan IAEA TRS-398 "Absorbed Dose Determination in External Beam Radiotherapy: An International Code of Practice for Dosimetry based on Standards of Absorbed Dose to Water " ile ilgili bilgi verdi. İkincil Standart (Sekonder) Dozimetri Laboratuvarlarını, soğurulan doz ölçümünde kullanılan elektrometre ve iyon

odalarını, fantomları, foton ve elektron demetlerinin kalite spesifikasyonlarını, yüksek enerjili foton ve elektron demet kalitesi tayini referans koşullarını, yüksek enerjili foton ve elektron demetlerinde suda soğurulan doz tayini referans koşullarını, yüksek enerjili foton ve elektron demetleri için soğurulan doz formüllerini ve bu formüllerde kullanılan parametrelerin nasıl bulunduğunu, dikkat edilmesi gereken noktaları anlattı. IAEA TRS-398 Sayın DİRİCAN tarafından ayrıntısı ile anlatılarak sabah ki oturum sona erdi.



Öğleden sonraki oturum Doç. Dr. Doğan YAŞAR'ın sunduğu "LINEER HIZLANDIRICI TESİSLERİNDE ZIRHLAMA TEKNİKLERİ" isimli sunumu ile başladı. Sayın YAŞAR sunumunda zırhlamada tekniklerinde kullanılan, iyonlaştırıcı radyasyon içeren tesisler için hazırlanan Uluslararası dokümanlar olan NCRP 49 ve NCRP 151 raporlarına göre zırhlama tekniklerini örnekler ile sundu. Ayrıca Lineer Hızlandırıcı odasının enerji bazlı ve demet yönüne bağlı olarak birincil ve ikincil duvar kalınlıklarının hesaplamalarını örnekleri ile göstererek, dikkat edilmesi gerekli parametreleri vurgulayıp ayrıntılı bilgi verdi.

Öğleden sonraki son sunum Dr. Öğr. Üyesi Nural ÖZTÜRK'ün sunduğu "LINEER HIZLANDIRICILARDA ÇEVRE GÜVENLİĞİ VE RADYASYONDAN KORUNMA" hakkındaydı. Sayın ÖZTÜRK, ICRP Report 26 da bahsedilen radyasyon ortamındaki güvenlik kriterlerinin amaç ve hedeflerine değindikten sonra radyasyona maruz kalma durumunda ICRP-60, NCRP-91 ve NCRP-116 Uluslararası raporlarında önerilen halk ve radyasyon çalışanlarının doz limitlerinin göz önüne alınması gerektiğinin altını çizmiş ayrıca Lineer hızlandırıcılarda foton ve elektron ışınlamaları sırasında bu ışınlarla birlikte oluşan foto-nötronlara değinmiştir. Sunumunda "nötronların sadece radyasyon alanında bulunduğunu söylemek yanlış olur. Çünkü nötronlar zırh malzemenin çekirdeği tarafından yakalanarak zırh dışında hem nötron hem de gama yayılmasına sebep olabilir. Nötron dozunun tespiti için NCRP-91, AAPM Task Grup 45, AAPM Report 19, IAEA-47, NCRP-157, NCRP-144, NCRP-50, AAPM-35 ve NCRP-79 protokollerinden yararlanılabilir" demiştir.

Son olarak 2016 yılında yayınlanan (JOURNAL OF APPLIED CLINICAL MEDICAL PHYSICS, VOLUME 17, NUMBER 4, 2016) makaleden bahsederek yeni nesil Terapi Hızlandırıcılarda alan dışı ve elektron huzmelerinde tespit edilen nötron dozlarına dikkat çekerek sunumunu bitirmiştir.

Değerli hocalarımızın bilgi ve deneyimlerini paylaştığı Lineer Hızlandırıcılara ait her parametrenin konuşularak tartışıldığı bu tarz toplantıların sıklıkla yapılması hem bilgi paylaşımı hem de birbirimizi anlamak açısından çok değerli. Bu nedenle başka bir konu, başka bir toplantıda ve tabi ki bir diğer Aydın Medikal Fizik Günleri'nde tekrar buluşmak dileğiyle...



Dr. Öğr. Üyesi Nural ÖZTÜRK

Tıbbi Radyofizik Uzmanı olarak Dokuz Eylül Üniversitesi Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalında İzmir 1991 yılında mesleğe başladı. 1995-2014 yılları arasında Dr.

Lütfi Kırdar KEAH-İstanbul'da çalıştı. 1999 yılında İ.Ü. Onkoloji Enstitüsü'nde Tıbbi Radyofizik Bilim Dalından doktora diploması aldı. Yurt dışında farklı klinik ve ülkelerde deneyimini arttırmak için bulundu. Halen Öğretim Üyesi olarak, Adnan Menderes Üniversitesi Dâhili Tıp Bilimleri, Radyasyon Onkolojisi AD da Fizik Bölümü Sorumlusu olarak görev yapmaktadır. Hobbileri, zaman buldukça tüplü dalış yapmak ve takı tasarımı ile ilgilenmek. En büyük tutkusu ise deniz-kahve-klasik müzik-kitap...

TRAKYA ÜNİVERSİTESİ ULUSLARARASI FİZİK VE UYGULAMALARI MATEMATİK ARAŞTIRMA MERKEZİ'NDEN MEDİKAL FİZİK SEMİNERLERİ

Trakya Üniversitesi Fen Fakültesi'nde, "Tanısal Görüntüleme ve Radyonüklid Tedavide Medikal Fiziğin Yeri" ve "Radyoterapide Medikal Fiziğin Yeri" başlıklı bir dizi seminer gerçekleştirildi. 14 Aralık 2018 günü Trakya Üniversitesi Fen Fakültesi Uluslararası Fizik ve Uygulamalı Matematik Araştırma Merkezi'nin düzenlediği seminer dizisi çerçevesinde, İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Nükleer Tıp Ana Bilim Dalı Öğretim Üyesi Prof. Dr. Mustafa Demir ve Çapa Tıp Fakültesi Onkoloji Enstitüsü'nden Öğretim Üyesi ve aynı zamanda Medikal Fizik Derneği Başkanı Prof. Dr. Hatice Bilge Becerir Trakya Üniversitesi'nin konuğu oldu. Trakya Üniversitesi Fen Fakültesi Fizik-Kimya Binası Mavi Salon'da yoğun katılımı ile gerçekleşen seminerlere, farklı branşlardan çok sayıda öğretim elemanının yanı sıra lisans ve lisansüstü öğrenciler büyük ilgi gösterdi.

Fizik ve uygulamalı matematik alanlarında araştırma, inceleme ve uygulama yapmak ve yaptırmak, yeni gelişmeleri izlemek, ulusal ve uluslararası düzeyde konferans, seminer, sempozyum, kurs, yayın gibi bilimsel faaliyetlerde bulunmak, kamu ve özel kesim kuruluşlarınınca önerilecek konularda araştırma ve inceleme yapmak, danışma hizmeti sağlamak ve uzmanlık alanına giren konularda çalışmak amacıyla kurulan Trakya Üniversitesi Uluslararası Fizik ve Uygulamalı Matematik Araştırma Merkezi Müdürü ve Fen Fakültesi Fizik Bölümü Öğretim Üyesi Prof. Dr. Seyfettin Dalgıç, seminer öncesi yaptığı konuşmada medikal fiziğin, hastalıkların tanı ve tedavisinde fiziksel, matematiksel teknik ve kavramların tıbbın herhangi bir alanında uygulanması ile ilişkili bir bilim dalı olduğunu belirterek, "Radyasyon kaynaklarının tıpta uygulanması, tanısal alanda en az doz ile en iyi sonucun elde edilmesi, tedavide sağlam doku ve organları koruyarak hastanın en doğru ve güvenilir şekilde tedavi edilmesi için gerekli hasta tedavi ve planlamaları ile çalışanların, halkın, çevrenin radyasyon güvenliğinin sağlanması gibi pek çok önemli konuda, medikal fizikçilere önemli görev ve sorumluluklar düşüyor." dedi. Medikal fizikçilerin çalışma alanlarına ve nasıl çalıştıklarına dikkat çekerek konunun önemine değinen Prof. Dr. Seyfettin Dalgıç, son olarak "TÜPAB 2017/90 nolu proje kapsamında düzenledikleri seminerlerle projenin nihai amacına ulaştığını belirterek davetli konuşmacılara ve katılımcılara teşekkürlerini iletti.

Uluslararası Fizik ve Uygulamalı Matematik Araştırma Merkezi Müdürü Prof. Dr. Seyfettin Dalgıç'ın açılış konuşmasının ardından başlayan seminerler çerçevesinde İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Nükleer Tıp Ana Bilim Dalı Öğretim Üyesi Prof. Dr. Mustafa Demir, "Tanısal Görüntüleme ve Radyonüklid Tedavilerde Medikal Fiziğin Yeri ve Önemi" konulu sunumu

ile katılımcıları tıbbi görüntüleme yöntem ve teknikleri, radyoaktif elementlerin kanser gibi hastalıkların tedavisinde kullanımı ve radyonüklid tanı ve tedavide medikal fiziğin yeri ve önemi hakkında bilgilendirdi. Medikal Fiziğin Radyolojide ve Nükleer Tıptaki güncel uygulama alanları ile ilgili görsellere dayalı sunum yaptı. Çapa Tıp Fakültesi Onkoloji Enstitüsü'nden Öğretim Üyesi Prof. Dr. Hatice Bilge Becerir "Radyoterapide Medikal Fiziğin Yeri ve Önemi" başlıklı sunumunda, kanser tedavisinde iyonlaştırıcı ışın kullanımı, iyonlaştırıcı ışınların stokastik ve deterministik etkileri, temel radyasyon fiziği bilgileri, radyasyonun yaşamımızdaki yeri, radyasyondan korunma gibi pek çok konuda bilgi paylaşımında bulundu.



Sağlık alanında güncel konuların anlatıldığı ve medikal fizik uygulamalarının, teknolojik ilerlemelere paralel hızla geliştiği bilgisinin paylaşıldığı seminerlerde, Medikal Fizik alanının geleceğin meslekleri arasında yerini alacağı vurgulandı. Seminerlerin ardından Prof. Dr. Seyfettin Dalgıç tarafından davetli konuşmacılara teşekkür belgeleri ve hediyeleri verilirken, program kültür ve tarih gezisiyle son buldu.



36 yıl sonra seminer buluşturdu.

Seminerler dolayısıyla İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi 1978-82 yılları arasında aynı sınıfları paylaşan ve bugün hepsi de bilim insanı olan mezunlar biraraya gelip Edirne'nin güzelliklerini paylaştı.



Trakya Üniversitesi Uluslararası Fizik ve Uygulamalı Matematik Araştırma Merkezinin düzenlediği "Medikal Fizik Seminerleri" önceki gün Fen Fakültesi Fizik-Kimya Binası konferans salonunda gerçekleştirildi.

Farklı bölümlerden akademisyenler, Yüksek Lisans ve Lisans öğrencilerin katıldığı ilk semineri İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesinden Prof. Dr. Mustafa Demir, ikinci semineri ise İstanbul Üniversitesi Çapa Tıp Fakültesi Onkoloji Enstitüsünden Prof. Dr. Hatice Bilge gerçekleştirdi. Her iki seminerin hem güncel, hem de sağlıkla ilgili olması katılımcıların oldukça ilgisini çekti. Medikal Fizik uygulamalarının, teknolojik ilerlemelere paralel olarak hızla geliştiği belirtildi. Gelecekte Medikal fizikçilerin aranan kişiler arasında olacağı vurgulandı. Her sunumun sonunda Merkez Müdürü Prof. Dr. Seyfettin Dalgıç tarafından konuşmacılara günün anısına teşekkür belgeleri ve Trakya Üniversitesi Rektörlüğü'nün hediyeleri takdim edildi.



Bu seminerler kapsamında İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi'nde 1978-1982 yılları arasında aynı sınıflarda

okuyan sınıf arkadaşları da 36 yıl sonra Edirne'de bir araya gelerek özlem giderdiler. Bu organizasyondan çok mutlu olduklarını kaydeden Merkez Müdürü Seyfettin Dalgıç, konukları olan sınıf arkadaşlarına Edirne'nin tarihi ve turistik yerlerini gezdirdi ve katılan arkadaşları ve eşlerine teşekkür etti. Bu tür bilimsel ve sosyal aktivitelerin, hem Edirne'nin tanıtılmasına çok katkı sağlayacağını hem de sınıf arkadaşları ile birlikte olmanın sonsuz mutluluğunu tattıklarını söyledi.



Prof. Dr. Mustafa DEMİR

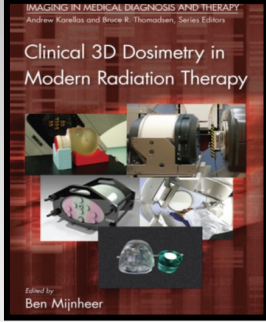
İÜ Fen Fak. Fizik Lisans bölümünden mezun olup, İÜ Cerrahpaşa Tıp Fak. Nükleer Tıp Fizikçi olarak çalışmaya başlamıştır. İÜ Cerrahpaşa Tıp Fak. Biyofizik AF da Y Lisans, Doktora yapmış olup 1996 yılında Biyofizik Doçenti olmuştur. Nükleer Tıp ABD'nde 2002'den sonra Profesör ünvanı alarak çalışmalarına devam etmektedir. Evli ve 2 Çocuk babasıdır.

KİTAP TANITIMI

CLINICAL 3D DOSIMETRY IN MODERN RADIATION THERAPY

Med. Fiz. Uzm. Boran Güngör

Bu sayımız ile başlayarak Medikal Fizikçileri yakından ilgilendiren tercihen yeni çıkmış kitapları sizlere tanıtmayı planlıyoruz. Bu bölüme katkılarınızı ve değerlendirmelerinizi bekliyoruz.



Genel Editör: (Ben Mijneer)

Yayıncı Kuruluş: CRC Press, Taylor and Francis Group, <http://taylorandfrancisgroup.com>

International Standard Book Number-13: 978-1-4822-5221-7

2018 / 673 Sayfa / Sert Kapak

Kitabın amacı gereği klinik dozimetri kavramı; hasta dokusundaki absorbe dozu etkileyen radyasyon onkolojisi kavramlarını içermektedir. Bunların arasında; (1) doz ölçümü ve gerekli cihazları, (2) cihazların doz performansları (kalibrasyon ve kalite kontrol dahil) ve tedavi alakalı prosedürleri, (3) doz hesabı (tedavi planlama dozimetrisi vb.), (4) dozimetri ve görüntü kılavuzluğu verilerini kullanarak doz verifikasyonu sayılabilir.

"Modern Radyasyon Tedavisinde Klinik 3 Boyutlu (3B) Dozimetri" konusu olarak, bu kitabın gerekçesi yeni radyoterapi (RT) tekniklerinin hızlı şekilde artması ve daha karmaşık 3B doz dağılımlarının kullanılması (giderek artan tedavi merkezlerinde de 4B) olarak belirtilebilir. Bununla beraber, daha karmaşık 3B (ve 4B) dozimetri yöntemleri daha kesin ve doğru sonuçlar gerektirmektedir.

Bu alandaki önemli güncel avantajlar; yazılımları, hasta ve organ spesifik dozları doğru şekilde karakterize etmek ve validasyon yapabilmek için yeni ve gelişmiş direk 3B veya yarı 3B dozimetrik sistemleri gerektirmektedir. Bu nedenle bu kitap modern RT deki 3B dozların klinik öncesi ve direk klinik uygulamalarını ilgilendiren cihazlar, yöntemler ve doğrulamalarını kapsayacak gelişmeler ve bilgileri bir araya getirmeyi amaçlamaktadır. Kitapta sağlanan numerik veri, örnekler ve örnek çalışmalararak dayanarak okuyucuların kendi uygulamalarında en uygun dozimetrik yaklaşımları, cihazları ve yöntemleri seçebilecek yetkinliğe gelmesi yazarların hedefi olmuştur.

Kitap geniş bir alanı ele almakta fakat ana hedef olarak doz ölçümüne odaklanılmaya çalışılmaktadır. Doz hesaplamaları, hesaplama modellerinin teorisi ve ölçüm cihazları kısıtlı da olsa içerikte yer almıştır. Algoritmalar detaylı olarak anlatılmamakta fakat algoritmaların verifikasyonu ve klinik uygulamaları kitapta önemli bir konu olarak ele alınmaktadır. Ölçüm tekniklerindeki yeni gelişmeler ve yeni görüntü kılavuzluğu tedavi modellerini de içeren modern RT tekniklerinin 3B dozimetrisi kitaptaki ana içeriklerden biri olarak belirtilmiştir.

Kitap 5 ana kısımda yer alan toplamda 26 alt bölüm içermektedir. İlk kısım "**Intoduction(Giriş)**"; ana konuların özetlendiği ve 3B dozimetrisinin doğruluk gereksinimlerinin farklı açılardan anlatıldığı kısımdır. Modern RT nin dozimetrik noktaları, ölçüm ve hesaplama kavramları, klinik uygulama-

malar, yeni gelişen teknikler, terminoloji, doz geometri ilişkisi ve bazı güncel yayınların anlatıldığı etkin bir özet olarak ilk aşamada faydalanılabilecek bir kısım olmaktadır. İkinci kısım "**Instrumentation**" olarak adlandırılmıştır. Bu kısımda dozimetrik uygulamalarda ve 3B dozimetrisinin özel uygulamalarında kullanılan dedektörlerin incelenmesi, özel karakteristikleri ve dikkat edilmesi gereken noktalar vurgulanmaktadır. Referans dozimetri için kullanılabilecek dedektörler, nokta dedektörleri, polimer ve jel dozimetri, radyokromik dedektörler, elektronik portal görüntüleme dozimetrisi gibi alt başlıklar altında önemli bir dedektör-ölçüm analizi oluşturulmaktadır. Üçüncü kısım olan "**Measurement and Computation**" içeriğinde, özel tedavi teknikleri için rutinde kullanılan veya geliştirilme aşamasında olan çeşitli 3B ve 4B dozimetri yöntemleri anlatılmaktadır. Foton demetlerinde küçük alan dozimetrisi; küçük alan tanımı, dozimetrik parametreleri (profil, penumbra, output faktörleri vb.), verifikasyon ve IMRT/VMAT zellikleri ve pratik kılavuzların anlatılması gibi önemli özellikleri ile bu kısımda ele alınmıştır. Diğer bir önemli alt başlık olarak Monte Carlo yöntemi ve uygulamaları; 3B foton/electron uygulamalarında ve küçük alan durumlarındaki rolü içeriğinde yine bu kısımda yer almaktadır. Kitabın en ayrıntılı ve geniş kapsamlı bölümü olarak değerlendirebileceğimiz dördüncü kısım klinik uygulamalar, "**Clinical Applications**"; 3B dozimetri teknikleri ve uygulamaları geniş kapsamda hastalık bölgelerini de içererek IMRT, VMAT, Brakiterapi ve Foton/Karbon iyon terapi temelinde incelenmektedir. İlk olarak Lineer Hızlandırıcılar ve Tedavi planlama sistemlerinin kurulum, kabul ve kalite kontrol konularının incelenmesinin ardından hasta spesifik kalite kontrol ve doz verifikasyonu ele alınmıştır. Kontrollerdeki "End to End" kavramının analiz edildiği faydalı bir alt konu ile beraber alan dışı dozlar ve görüntüleme dozları ile ilgili önemli ve yararlı alt konular da bu kısım içeriğinde yer almaktadır. Beşinci ve son kısım olan "**Emerging Technological Developments**" adlı kısımda; RT alanındaki gelişen teknolojilerde kullanılan 3B dozimetrik tekniklerin anlatıldığı özellikle manyetik alan dozimetrisi ölçüm ve hesaplamaları, manyetik alan penumbra ölçümleri, hassasiyet değişimleri ve önemli dozimetri sistemleri (Fricke vb.) anlatımı dışında küçük hayvan dozimetrisi ve Siklotron Radyasyon Tedavi teknikleri konuları içerikte anlatılmaktadır.

Kitabın hedef kitlesi anlaşılacağı üzere klinik RT alanında çalışan medikal fizik uzmanlarıdır. Fakat yazar ekibinin de özellikle belirttiği üzere; halihazırda klinikte çalışan, staj veya intern aşamasında olan, eğitimine devam eden medikal fizik uzmanı ve/veya medikal fizik uzmanı adaylarının faydalanabileceği geniş tabanlı ve etkili bir taslak oluşturulmaya çalışılmıştır. Bunun yanında araştırmacılar ve bilim insanlarının da faydalanabileceği şekilde kritik bilgiler ve dozimetri yöntemlerinin yer alması sağlanmaya çalışılmıştır. Kitaptaki bazı kısımların radyasyon onkologları ve terapistler için temel bilgiler ve eğitim materyali amaçlı kullanılabileceği belirtilmektedir.

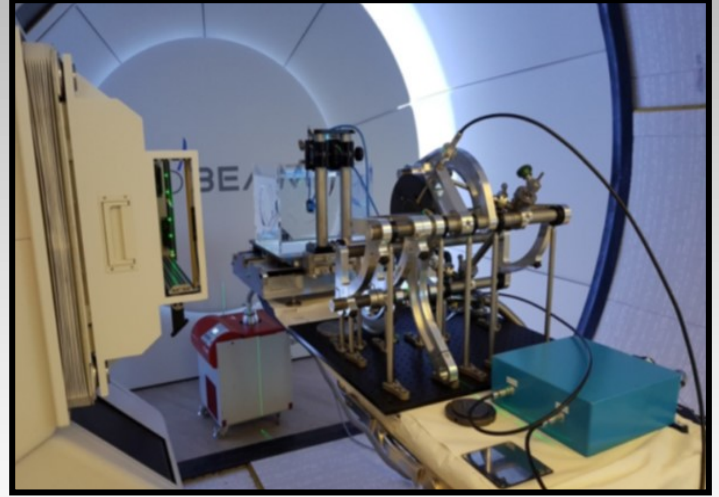
RADYOTERAPİDEKİ SON GELİŞMELER

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.

İlerleyen Teknoloji Proton Terapi ; 5. Yıllık Proton Terapi Fizik Workshop (Şubat 2019)

Proton terapide 5. yıllık Fizik workshop toplantısı, "National Physical Laboratory (NPL)" İngiltere/ Teddington 'da Şubat başında gerçekleştirildi. Proton tedavisinin standart hale gelmesiyle dünyada 92 adet aktif ve 45 adet kurulum aşamasında merkez bulunmakta ve bu yeni gelişen teknik kapsamında toplantı içeriğinde tedavi fiziği ve radyobiyojoloji gibi önemli konuların tartışıldığı belirtildi. Yeni proton tedavi merkezlerinin kurulum, commissioning ve klinik başlangıç (go-live) süreçlerinin desteklenmesi, araştırmaların organize edilmesi ve merkezler arası iletişimin artırılması gibi faaliyetlerin, çeşitli gönüllü merkezlerin oluşturduğu "Proton Physics Research and Implementation Group (PPRIG)" adlı bir konsorsiyum tarafından desteklendiği vurgulanmıştır. "Institute of Physics and Engineering in Medicine (IPEM)" işbirliğiyle NPL tarafından Proton demeti kalibrasyonu için absolute dozimetri içeren kod protokol çalışması belirtilmiş; kalorimetre tabanlı yeni dozimetri sistemi sayesinde (Şekil 1), önceki kullanılan Kobalt-60 tabanlı kalibrasyona dayanan referans dozimetrisinin %5'e varan hata payı oranlarının foton RT referans dozimetrideki %2 altı seviyelere ineceği açıklanmıştır. NPL'nin kalorimetre sisteminin Liverpool (Clatterbridge), Manchester (The Christie), Newport (Rutherford Cancer Centre), Sicilya, Prag ve Japonya'daki proton merkezlerinde başarıyla uygulandığı ayrıca sistemin bu yıl sonunda yayınlanıp uygulanmaya başlanacağı vurgulanmıştır. Toplantı içeriğinde; tedavi esnasında görüntüleme teknikleri, online adaptif proton tedavisi (deformable image registration teknikleriyle), doz hızı artırılarak tedavi süresi azaltım tekniklerinin araştırıl-

ması, CBCT tabanlı görüntüleme, Pencil-beam tarama tekniğinin geliştirilmesi ve proton tedavisinin uzun ve kısa dönemdeki gelişimi gibi konuların da yer aldığı açıklanmıştır.



Şekil 1: "National Physics Laboratory(NPL)" tarafında geliştirilen taşınabilir kalorimetre sistemi

İngiltere'de Ulusal Radyoterapi Servis Ağı ve Standardizasyonu Oluşturulması (Şubat 2019)

İngiltere Ulusal Sağlık Servisi (NHS) tarafından; radyoterapi (RT) hizmetlerinde standart özelliklerin oluşturulup modernize edilmesi, kalitenin standart hale getirilmesi, cihaz ve sistemlerin kullanımının verimli hale getirilmesi ve araştırma faaliyetlerine katılımın artırılması gibi bazı amaçlar doğrultusunda bir rapor hazırlandı. Bu rapora göre; 2019 yılı içerisinde, tedavilerin sorunsuz ve programlı yapılabilmesini geliştirecek ve koordine edecek 11 radyoterapi operasyonel dağıtım ağı oluşturulması öngörülmektedir.

RT Hizmet Spesifikasyonu paketi NHS'nin RT modernizasyonu program kapsamında oluşturulmuş olup; cihaz değişimlerini takibe almak ve modern tedavi tekniklerine ulaşımı arttırmak amacıyla 2016 yılından itibaren gündemde olduğu belirtilmiştir. Ekim 2017 yılında 3 aylık olarak NHS tarafından; "Yetişkinler için Radyoterapi" kapsamı altında klinik, bakım ve kalite standartları açısından değerlendirilmek üzere genel konsültasyon sistemi oluşturulmuş ve alınan cevap ve görüşler bağımsız oluşturulan organizasyon tarafından analiz edilerek raporlanmıştır. Raporun oluşturulma aşamasında; NHS tarafından klinisyenler, ilgili

organizasyonlar ve hasta dernekleri ile bağlantıya geçilerek klinik model ve spesifikasyonlar ile ilgili bilgilendirme yapılmış, sunulan RT Servis Spesifikasyonu hakkında online anket ve mail yoluyla cevaplar toplanmıştır. Toplamda 12.000 üzerinde cevap toplanmış ve bu veriye dayanarak önemli hususlar ve gerçek değişiklikler listelenmiştir. Bu listedeki bazı önemli maddeler içerisinde;

(a) 2 ayrı servis spesifikasyonu oluşturulacaktır, biri tüm RT sağlayıcıların uyması gereken hususları detaylandıracak, diğeri de RT ağ gereksinimlerini düzenleyecektir. Tüm RT sağlayıcıları RT ağının aktif üyesi olacaktır.

(b) RT sağlayıcılar, RT Ağı, Kanser Dernekleri ve NHS ile beraber idari kararlar basitleştirilecektir.

bulunmaktadır.

Ayrıca , konsultasyon sonucuna göre bazı anahtar hususlar ve bu durumlar için NHS raporu açıklamaları veya cevabı tablolaştırılmıştır. (Tablo 1) NHS tarafından açıklanan programa göre; Nisan 2019 'da resmi olarak RT ağı kurulması ve operasyonel hale getirilmesi, Mayıs 2019 'da tüm ağın yıllık iş programının oluşturulması, Mart 2020 ve Mart 2021 'de denetleme programlarının oluşturulması öngörülmektedir.

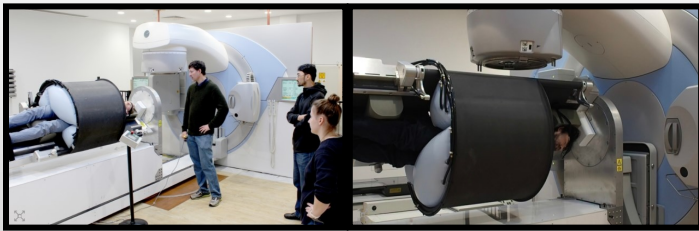
Sabit Demet ile Radyoterapi İmkânı Sağlayan Hasta Rotasyon Sistemi (Şubat 2019)

Sidney Üniversitesi, Avustralya 'dan araştırmacılar tarafından sabit dikey X-ışın demeti, yatay hasta rotasyonu ve görüntü kılavuzluğu özelliklerine imkan veren 3 boyutlu konformal radyoterapi sistemi geliştirildi. Geliştirilen gerçek boyutlu prototip kurulumu ile beraber kompakt, sağlam ve az maliyetli yüksek kalite tedavi oluşturulabileceği ileri sürülmüştür. Hastanın döndürüldüğü veya başka deyişle linak gantrisinin ve demet açısının sabit olduğu sistemde cihaz hareketli kısmın azaltılmasıyla bakım/onarım maliyetlerinin düşürülmesi, zırlama ihtiyacının azaltılması ve eski cihaz odalarının da

Key themes	NHSE response
1. Travel – distance / travel time Travel was by far the largest theme to emerge from the consultation responses, particularly in the South West region. Concerns were around people having to travel greater distances for their radiotherapy treatment. Transport was raised as an issue, particularly in more rural areas where it would take longer or be more difficult to travel to and from treatment centres.	As a result of the concerns expressed that many more people would need to travel further for radiotherapy treatment, NHS England has made a number of significant changes to the proposals. The changes place emphasis on securing improvements through greater collaboration and care protocol standardisation between centres and clinical teams. Taken together, these changes mean that: • People requiring radical radiotherapy for the treatment of a less common cancer can continue to be treated locally; • Clinical teams will be able to maintain their involvement in a broad range of subspecialist cancer treatments, therefore maintaining skillset and expertise; • Local clinical teams within the Network will be empowered to improve services. The proposals do not impact on any existing care pathways that may be in place, particularly for rarer cancers.
2. Travel – cost Concerns were raised about the cost of travelling further for radiotherapy treatment, and the impact that this would have – particularly for lower income families, families without a car, elderly. Some references were made to the charity sector and concerns that they would be relied upon to pick up the cost of travel and accommodation. If people are required to travel and stay away from home for their treatment, this could mean patients and/or families will have to take time off work and may mean loss of earnings.	The changes outlined and contained within the Service Specifications mitigate against the risks of the proposals having any unintended consequences on additional travel and associated costs. It is important to emphasise that some treatments are currently not offered in every centre. Whilst it is the case that the service specifications do not require any change to existing and agreed patient pathways, the NHS does have arrangements in place to provide assistance with travel costs for people on low incomes - https://www.nhs.uk/using-the-nhs/help-with-health-costs/healthcare-travel-costs-scheme-htcs
3. Patient experience and outcomes If patients are required to travel further for treatment / it is made more difficult for patients to access treatment, there is a danger that patients will refuse treatment. Increase in travel time may also have more of an impact on patients both physically and mentally. It would also put a bigger burden on carer/family members. It was felt that this could lead to greater health inequalities, and some regions would be more affected by this than others .e.g. rural geographical areas.	It has never been NHS England's intention to close any centres as part of this review and so the impact on patient travel should be low. The additional changes made to the service specification (set out above) as a result of the consultation should provide additional assurance that there is no requirement to alter the current patient pathways for radiotherapy. Therefore, there will be no impact on travel arrangements. To ensure a consistent level of treatment quality from all providers, the new Service Specifications contain robust Quality Dashboards which will be reviewed and monitored through NHS England's Quality Surveillance Team. In addition, Radiotherapy Networks will be required to develop a process of clinical audit and peer review of treatment plans to underpin the new partnership arrangements between providers. This process will drive improvements in patient care and reduce variation in clinical practice.

Tablo 1: NHS Konsultasyon Sonucu Oluşturulan Anahtar Hususlar ve Cevap içeriği (tablonun bir kısmı)

kullanılabilir hale gelmesi gibi avantajlar sağlanabileceği vurgulanmıştır. Geliştirilen Hasta dönme sisteminin (PRS) baş, göğüs, kalça ve bacaklar için özel kayışlar içerdiği, ayrıca hasta göğüs ve an bölgelerinde 3 adet kontrollü ve bağımsız hava çantası (airbag) kullanıldığı açıklanmıştır (Şekil 2). Sistemin çalışma düzeninin; hasta sabitlemesinin ardından belli bir açığa döndürülerek kv veya mv görüntüleme eşliğinde kontrolü, PRS yazılımı ile hareket kontrolü yapılarak uygun dönme hızı ile hedef pozisyonu veya açısı belirlenmesi adımlarını içerdiği ve ayrıca çeşitli dış komutlar (sıralı hareket komutları, hızlı durma, başlangıça dönme komutları gibi) ile kullanılabildiği belirtilmiştir. Konvansiyonel radyoterapi yönergelerindeki geometrik ve dozimetrik verifikasyon ve bazı güvenlik analizlerini içeren kurulum testlerinin başarılı şekilde sonuçlandığı açıklanmıştır. Araştırmacılara göre, yerçekimsel deformasyon altındaki CBCT imaj rekonstruksiyonu gelişmiş algoritma gereksinimi doğurabilmektedir ve yerçekimsel deformasyon sonucu hedef hareketi için demet kaydırma yöntemleri de gerekebilecektir. Ek olarak, dönme sisteminde hastanın psikolojik olarak zorlanma seviyelerinin de belirlenmesi ve MR sistemlerindeki benzer klostrofobik problemlerin gözönüne alınması gerekliliği de özellikle vurgulanmıştır. Projenin devamında, hareket miktarını saptayıp kompanse edecek algoritma geliştirilmesi ve sistemin IMRT/VMAT uygulamalarına adaptasyonunun yer alacağı açıklanmıştır.



Şekil 2: Sabit Gantri açısı ve demet ile tedaviye imkan veren yatay Hasta Dönme sistemi (PRS) ve kullanımı

GÜNCEL RAPORLAR

IAEA Human Health Reports No 16 : Introduction of Image Guided Radiotherapy into Clinical Practice

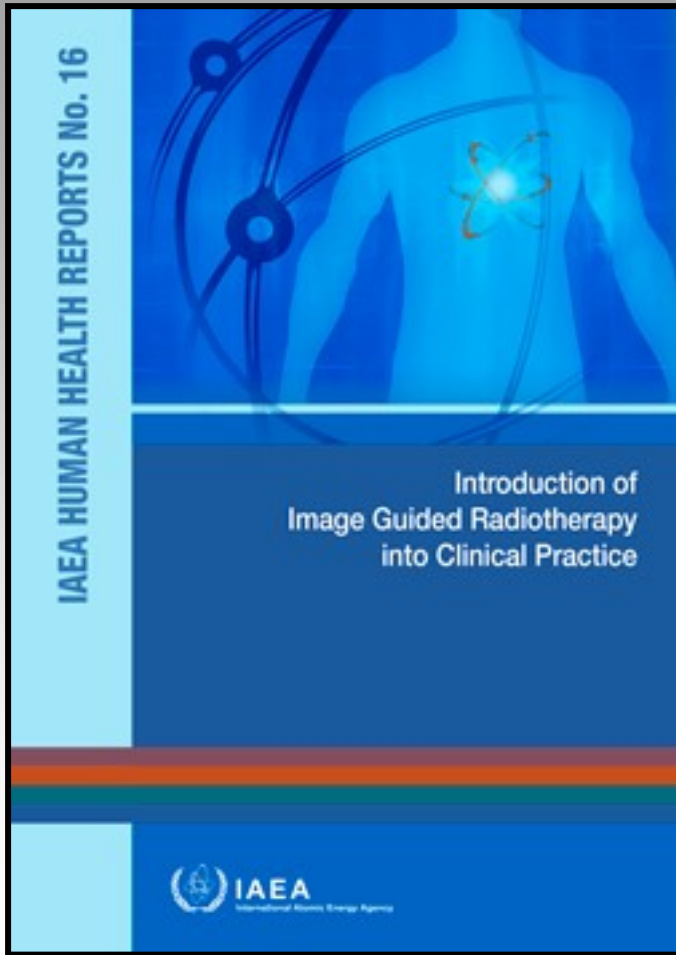
IAEA tarafından yayınlanan rapor (Şekil 3) ana hatlarıyla; görüntü kılavuzluğunda radyoterapi (IGRT) için klinik gereksinimler, IGRT teknolojisi ve tedavi

doğrulama, IGRT programının nasıl kurulacağı, hangi tip sistem ve protokollerin gerekli olabileceği, ilgili personelin eğitimi ve sorumlulukları, klinik rutinde IGRT nin kullanımı ve kalite kontrolü, belirsizlikler ve gerekçelendirme konularını içermektedir.

Raporda belirtildiği üzere, hernekadar konvansiyonel doğrulamanın bitip IGRT 'nin başladığı seviye ile ilgili netlike olmamakla beraber; tedavi odasında yüksek kalitede görüntüleme olanağı var ise, hasta tedavi pozisyonunda iken hedef hacmi de içeren önemli anatomik yapıları görüntüleme olanağı var ise IGRT tarafına geçilmiş kabul edilebilir.

Raporun amacını netleştirmek için, IGRT içeriği 3 seviye olarak sınıflandırılmıştır. (Tablo 2) Seviye 1 'den Seviye 2 'ye geçiş raporun ana hedefini oluşturmaktadır. Seviye 3 ise ileri ve karmaşık olarak sınıflandırılarak bu raporun kapsamı dışında bırakılmıştır. Seviye 1, IGRT programına başlamak için gerekli radyoterapi seviyesidir ve 3 Boyutlu Konformal radyoterapi bu seviyenin temelini oluşturmaktadır. Seviye 1 elektronik portal görüntüleme cihazı (EPID) veya radyografik film ile megavoltaj (MV) portal imajların çevrimdışı analizini içermektedir. Seviye 2 kilovoltaj (KV) görüntüleme ve volumetrik görüntülemeyi de içermekte, uygun çevrimdışı ve çevrimiçi IGRT protokolleri yer almaktadır. Seviye 2 için çokyapraklı kolimatör, EPID ve KV görüntüleme sistemlerine sahip lineer hızlandırıcı gerekmektedir. Hasta kaydırma ve aksiyon seviyelerinin analizi bu seviyede tavsiye edilmektedir. Seviye 3 ise 4 boyutlu planlama, solunum hareketi yönetimi ve 6 boyutlu masa doğrulaması gibi teknikleri içermektedir.

Raporun sonunda yer alan 2 adet Ek kısmından birinde IGRT sistemine hazırlık seviyesini ölçen iç test/ anket örneği diğerinde ise klinik hedef hacimden (CTV) planlanan hedef hacme (PTV) geçiş için örnek hesaplama yer almaktadır.



Şekil 3 IAEA Klinik Pratikte IGRT 'ye Giriş Raporu
(Human Health Reports No 16)

Procedure	Level 1 3-D CRT, including off-line portal imaging	Level 2 Standard IGRT: 3-D CRT/IMRT with off-line or on-line IGRT	Level 3 Advanced IGRT: 3-D CRT/IMRT with on-line advanced IGRT
Patient data acquisition; target and organs at risk definition			
Implanted fiducial markers	Optional	As appropriate for target imaging	As appropriate for target imaging
Immobilization	Customized to the patient	Same as Level 1	Customized, including motion management
Imaging methodology	CT imaging without contrast agents, with or without fusion to contrast CT, MR, PET, etc.	Same as Level 1	Same as Level 1 plus 4-D capability
Organs at risk definition	Volume based	Same as Level 1	Same as Level 1
Target definition	Volume based	Same as Level 1	Customized ITV included
Margins	Literature/local data	Same as Level 1	Informed by local data
Treatment planning			
Plan optimization	Forward planning with 3-D TPS and customized blocking and/or MLC	Forward planning (3-D CRT) or inverse planning (IMRT) with MLC	Same as Level 2 plus 4-D as appropriate
Plan evaluation	Isodose lines, DVHs and dose constraints	Same as Level 1 Peer review recommended	Same as Level 1 Peer review
Dose reporting	ICRU Reports 50 [2] and 62 [3]	ICRU Reports 50 [2], 62 [3] and 83 [4]	ICRU Reports 50 [2], 62 [3] and 83 [4]
Treatment delivery			
Treatment delivery unit	MV EBRT unit with MLC (desirable) or customized blocks	MV linear accelerator with MLC, EPID and volumetric imaging capability	Same as Level 2 plus motion management and 6-D corrections
Initial patient positioning	Move from anatomical reference	Same as Level 1	Same as Level 1 with consideration of motion management
Verification reference image	DRR	DRR or planning CT dataset	Same as Level 2 plus 4-D reference image
Verification image	MV portal images with EPID or radiographic film	Same as Level 1 plus volumetric images or paired orthogonal kV images	Same as Level 2 plus 4-D volumetric image
Verification strategy	Review off-line	Off-line or on-line IGRT protocol	On-line with options for adaptation of treatment plan
Record and verify system with image review capability	Desirable	Mandatory, including automated analysis of patient shifts in order to assess action levels	Mandatory, including tools for meta-analysis of patient shifts to refine class based adaptive strategies
Follow-up evaluation	Essential	Essential	Essential

Tablo 2: IGRT Prosedüründeki basamaklarla beraber
yöntem ve içeriğe göre belirlenen seviyeler

KAYNAKÇA

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

<https://www.engage.england.nhs.uk>

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

<https://www.iaea.org/publications>

SERBEST KÜRSÜ

BİR TUTKUDUR YELKEN



Yelken sporu, rüzgârın gücünü kullanarak içinde mücadele ve azmi barındırırken eğlenceyi de içine alan bir spor dalıdır. Yelken ile tanışana kadar çoğu insan için deniz riskli bir alan sanılabilir. Rüzgâr, fırtına, akıntı, sis, karaya oturma, batma, boğulma, yaralanma denizin ayrılmaz tehlikeleridir. Ancak bir kez rüzgâr, yelkenli teknenizi harekete geçirdi mi, yekeyi elden bırakamazsınız. Artık rüyalarınızda bile tramolalar, manevralar, halatlar ve yelkenlerle uğraşırsınız.

Son yılların en çok ilgi gören sporlarından biri olan yelkenin tarihi oldukça köklüdür. M.Ö 2400' lerde Mısırlılar tarafından icat edilen "Yelkenli Tekne" rüzgâr gücünden yararlanılarak teknenin hareket ettirilmesi

prensibine, uyum ve senkronizasyona dayanan bir spor.

Yelken sporu, zekâyı ve onun kullanımını geliştirir. Sorumluluk alma yetisini pekiştirirken doğa ile barışık dolayısıyla kendisi ve çevresi ile barışık özelliklerde insan yetişmesine ortam sağlar. Rekabet ile dayanışmanın bir arada olacağını kanıtlayan ve yaşatan bir spordur ve bu sporu yapanlarda yardımlaşma becerisini geliştirir. Bu spor kişiyi geliştirir, olgunlaştırır, özgüvenini yükseltir, sosyalleştirir, yaşamda başarılı kişilikler yaratma anlamında ve özellikle çocukların gelişmesine büyük katkılar sağlar.

Denizle iç içe olan bir şehirde yaşayıp da bu deneyimi bu kadar geç yaşadığım için çok üzgünüm. Ama ne demişler geç olsun güç olmasın. Gerçekten de her yaşta başlanabilecek bir maceradır.

Çocukluğundan beri gördüğüm ve imrendiğim bir spor dalı idi. Hayalini kurduğum ve sağlık sorunlarım yüzünden bir türlü başlayamadığım yelken sporuna kızım sayesinde iki yıl önce başladım.

Kızımın isteği üzerine araştırmaya girdik ve Kocaeli' de bu sporun aktif olarak yapıldığını, birden çok kulüp olduğunu öğrendik. Daha sonra İzmit Yelken Kulübünde lisanslı sporcucu olarak başladık.





Kızım yaşı itibari ile en küçük tekne sınıfı olan optimistte yelken yaparken ben ise iki kişilik tekne olan pirat sınıfında yelken yapıyorum. Bu spora başladıktan sonra hakem olma şansı

doğdu. Bir yıldır hem il genelinde olan hem de Türkiye Yelken Federasyonun düzenlediği ulusal yarışlarda hakem olarak görev alıyorum.

Hakemlikten ziyade, teknenin üzerinde rüzgarı yüzümde hissederek özgürce yol almak ve doğaya meydan okumadan onunla birlikte uyumla yelken yapmanın tadı paha biçilemez. Teknenin hazırlık aşaması her ne kadar uzun sürse de bu zevke değer. Tiyatrocular için sahne tozu yutmak nasıl bir tutku ise yelken sporu yapan bir sporcu için yekeyi ya da ıskotayı eline alıp rüzgara karşı seyir yapmak ta öyledir. Bir kere tadını aldın mı bırakamazsınız. Herkesin bu zevki tatmasını şiddetle tavsiye ederim.



Med. Fiz. UzM. Berna TIRPANCİ

1980 yılında Kocaeli'nde doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Kocaeli'nde tamamladı. 2004 yılında Kocaeli Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümünden mezun oldu. 2007 yılında Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Nükleer Fizik yüksek lisans

programından mezun oldu. 2010 yılında Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tıbbi Radyofizik Yüksek Lisans programından mezun oldu. 2011 yılında Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Nükleer Fizik doktor programına başladı. 2006 yılından bu yana Kocaeli Üniversitesi Radyasyon Onkolojisi ABD' nda Medikal Fizik Uzmanı olarak çalışmaktadır. İki yıldır aktif olarak yelken sporcusuyum. Bir yıldır Yelken Hakemiyim. Evli ve 1 kız çocuk annesidir.

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.

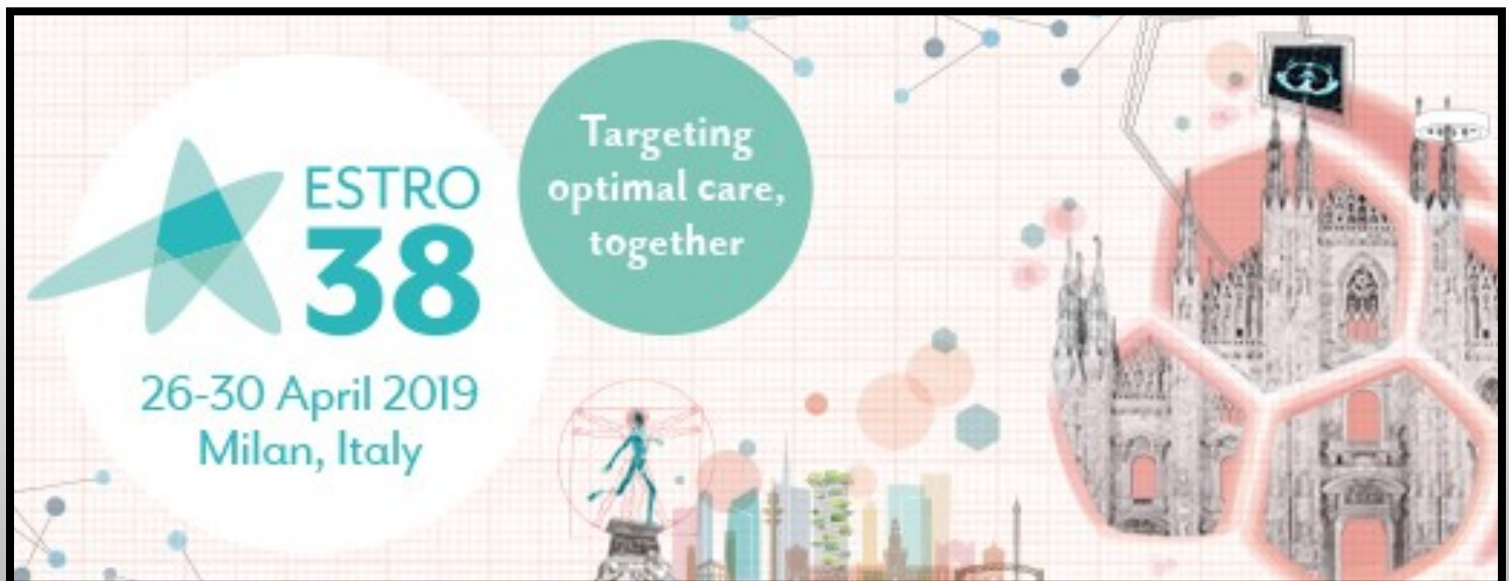
Eğer siz de "Bir fikrim var" diye düşünüyorsanız ve eğer içinizden kendi kendinize "Bunu yazmalıyım" diyorsanız, şevkinizi kırmayın ve iletişim adresimizden bizimle irtibata geçin...

Siz, değerli meslektaşlarımızı yazarımız olarak bekliyoruz.





V. SOLVEY KONFERANSI



38. ESTRO TOPLANTISI-MILAN