

Medikal Fizik Derneği'nin Katkılarıyla

MedFiz@Online

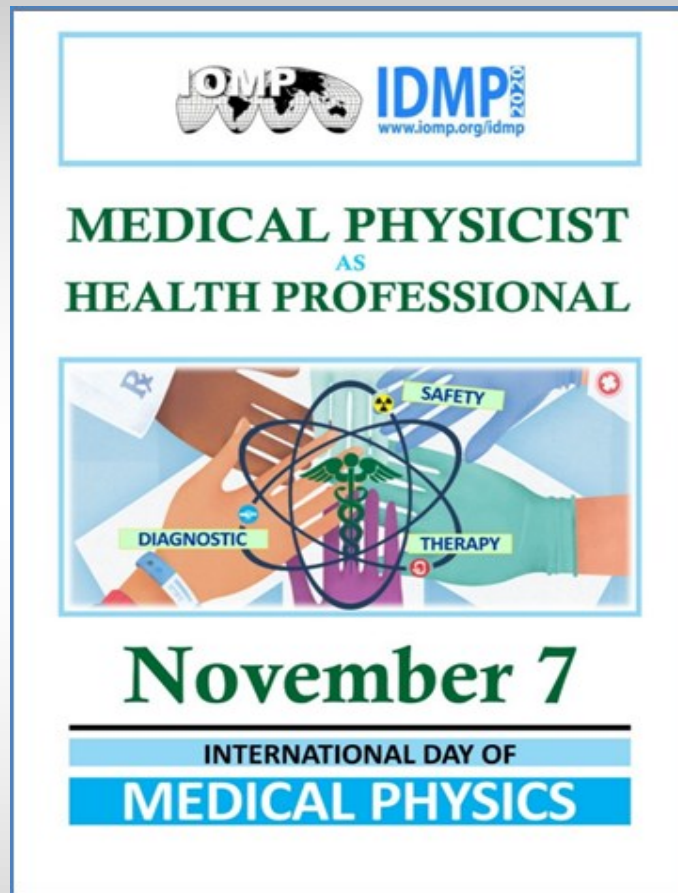
e-DERGİ

EKİM– KASIM 2020

medfizonline@gmail.com

www.medikalfizik.org

SAYI: 29



BU SAYININ ÖNE ÇIKAN KONULARI

- MEDİKAL FİZİK 3.0 (MP3.0): "KLİNİKTE MEDİKAL FİZİĞİN ROLÜNÜ YENİDEN TANIMLAMA VE VURGULAMA"
- YAPAY ZEKA / MAKİNE ÖĞRENMESİ / MEDİKAL FİZİK
- MR GÖRÜNTÜLEME YÖNTEMİNDEKİ BELİRSİZLİKLER VE RADYOTERAPİYE ETKİLERİ
- SEYFETTİN KUTER RADYASYON TEKNOLOJİSİ MÜZESİ
- 7 KASIM 2020; MEDİKAL FİZİK GÜNÜNDE MEDİKAL FİZİKÇİ OLMAK

BAŞ EDITÖR**Haluk Orhun**

orhun.haluk@gmail.com

EDITÖR GRUBU**Boran M. Güngör**

borgun@gmail.com

Ertuğrul Ertürk

mehmet.ertugrul@mnt.com.tr

Fadime Alkaya

alkayafadime@hotmail.com

Halil Küçücük

halilkucucuk@gmail.com

Mertay Güner

mertayguner@gmail.com

Nadir Küçük

nadir.kucuk@anadolusaglik.org

Türkay Toklu

turkaytoklu@yahoo.com

DERGİ TASARIM VE YAZI**Ebru Oruç Bakır****Mertay Güner****Esra Küçükorkoç****Mustafa Çağlar****BU SAYIDAKİ YAZARLAR****Basri Günhan****Boran Güngör****Duygu Sena****Emin Tavlayan****Fadime Alkaya****Habibe Altaş****Halil Küçücük****Haluk Orhun****Nilgün Nalbant****Sümeysra Can**

(Yazarlar harf sıralamasına göre sıralanmıştır.)

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

İÇİNDEKİLER

- **MERHABA**
- **BAŞAKŞEHİR ÇAM VE SAKURA ŞEHİR HASTANESİ RADYASYON ONKOLOJİSİ BÖLÜMÜ**
- **MEDİKAL FİZİK 3.0 (MP3.0): "KLİNİKTE MEDİKAL FİZİĞİN ROLÜNÜ YENİDEN TANIMLAMA VE VURGULAMA"**
- **YAPAY ZEKA / MAKİNE ÖĞRENMESİ / MEDİKAL FİZİK**
- **ARA VERİLEN TEDAVİLERDE HESAPLAMA YÖNTEMİ: GAP HESABI**
- **BAŞ&BOYUN IMRT VE VMAT UYGULAYAN KLİNİKLERDE IAEA DESTEKLİ ULUSAL "END-TO-END" KALİTE DENETİMİ**
- **MR GÖRÜNTÜLEME YÖNTEMİNDEKİ BELİRSİZLİKLER VE RADYOTERAPİYE ETKİLERİ**
- **RT SON GELİŞMELER**
- **SEYFETTİN KUTER RADYASYON TEKNOLOJİSİ MÜZESİ**
- **POSTER: PROP (BT'DE HASTALARIN RADYASYONDAN KORUNMASI)**
- **7 KASIM 2020; MEDİKAL FİZİK GÜNÜNDE MEDİKAL FİZİKÇİ OLMAK**

e-posta: medfizonline@gmail.com

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

e-kopya

Medikal Fizik Derneği'nin katkılarıyla

MedFiz@Online DERGİSİNDE YAYINLANAN YAZILAR
YAZARIN SORUMLULUĞUNDADIR.

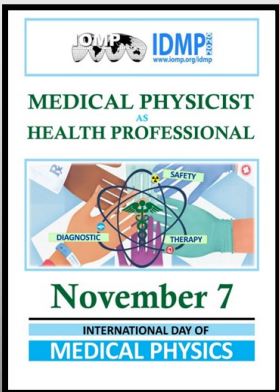
MERHABA

Bir kez daha “**Uluslararası Medikal Fizik Gününü**” kutluyoruz. Maalesef, COVID-19 salgını nedeniyle yüz-yüze bir etkinlik yapmak olanağından yoksunuz. Hem ülkemizde, hem de dünyada.

Her yıl olduğu gibi, IOMP (The International Organization for Medical Physics)’un bu yıl için belirlediği bir sloganı var. İngilizcesi “**Medical Physicist as a Health Professional**” Türkçemize, “**Bir sağlık çalışanı olarak Medikal Fizikçi**” olarak tercüme edebiliriz.

Bu sloganın seçilmesinin amacı, dünyada hala medikal fizikçilerin sağlık çalışanı olarak görülmemesinden kaynaklanıyor. Medikal fizikçiler, hastaların tanı ve tedavileri yanında, hasta, personel ve halkın radyasyondan korunma gibi çok önemli bir görevi yerine getiriyorlar. Tüm dünyada, meslektaşlarımız temel işlevleri ile birlikte COVID-19 salgınına karşı alınacak önlemlerde ön saflarda yer aldılar, yoğun çaba gösterdiler.

Bu arada, internet ortamında medikal fizik günü ile ilgili olarak bir üçleme dikkatimizi çekti.



We cruch cancer

We make radiation visible

We make medicine better

Yani, “Radyasyonu görünür kılıyoruz, Tıbbın daha iyi uygulanmasını sağlıyoruz, Kanseri yok etmeyi hedefliyoruz” şeklinde tercüme edebiliriz. Daha güzel tercümeler de yapılabilir. Medikal Fizikçi tanımını en

az sözle fakat büyük bir içerikle anlatma sanatının bir sonucu bu üçleme.

Bu yıl, medikal fizik günü ile ilgili olarak bir yenilik yaptık. Medikal fizikçi arkadaşlarımızdan 7 Kasım 2020 ile ilgili olarak duygularını yazmalarını istedik. Bu yazıların sayısı sınırlı olarak düşünülebilir. Ancak, daha sonraki sayımızda da meslektaşlarımızın görüşlerine zevkle yer verebiliriz.

Bu sayımızda, dostumuz Medikal Fizik Uzmanı Basri Günhan arkadaşımızın kaleme aldığı medikal fiziğin günümüzdeki önemi üzerine değinen “**Klinikte medikal fiziğin rolünü yeniden tanımlama ve vurgulama**” başlıklı AAPM 3.0 raporunun geniş özet tercümesine yer verdik. Yazıda, medikal fizik günü nedeniyle ilgili şu cümleyi burada tekrarlamak istiyoruz: “**Bir medikal fizikçi, hem bir bilim insanı hem de insan sağlığına katkıda bulunan bir uzmandır. MP3.0 ; medikal fizik içerisindeki kültürü güçlendirmek için stratejiler akıl etmekte olup bu şekilde fiziğin insan sağlığına olan etkisini etkin ve anlamlı bir şekilde ilişkilendirmek istemektedir.**”

AAPM, Medical Physics(MP)’dergisinin Mayıs 2020 (Volume 47/Issue:5) tarihli sayısı büyük oranda “**Makine Öğrenmesinin (MÖ) Modern Medikal Fizikteki Rolü**” konusu üzerine yoğunlaştı. Bu alanda değişik uzmanlardan alınan makaleler okuyuculara sunuldu.

MP Dergisinin **Yapay Zeka(YZ)**’nın önemli bir kolu olan Makine Öğrenmesi ile ilgili makalelerini çok kısa özetleri ile sınırlı tutarak meslektaşlarımıza sunmak istedik. Amacımız ilk kez online dergimizde MÖ ve Yapay Zeka konusuna yer vererek tartışılmasına aracılık etmektir. Yoğun istatistik ve

matematik, yoğun yeni kavramlar içeren bu yapının öğrenilmesinin bu özet yazı ile olanaklı olmadığını biliyoruz.

Ancak bu özeti bir başlangıç olarak görmek gereklidir. Yazıda geçen bazı İngilizce kelimeleri Türkçeleştirmek için çaba göstermedik ve orijinal adı ile kullandık. İleriki günlerde bu kelimelerin Türkçe anlamlarına kavuşacağını umuyoruz.

Daha sonraki sayılarımızda YZ ve MÖ konularına sürekli yer vermek istiyoruz. Sizlerden gelen istek, öneri ve yazılar doğrultusunda. Böylesine önemli olarak gördüğümüz bu alanın değerli meslektaşlarımız tarafından sahip çıkılıp çoğaltılmasının önemini burada vurgulamak istiyoruz.

Yapay Zeka konusunda Medikal fizikçilerin yeri ile ilgili yazıda dile getirilen görüşü buraya da taşımak istiyoruz: ***“Medikal fizikçilerin YZ konusunda klinik ile teknoloji arasında bir köprü ve en uygun ve benzersiz bir itici rolü olduğu, yeni teknolojileri geliştirmeye yönelik en başarılı meslek olduğu tıp ve özellikle radyasyon onkolojisi alanında tartışmasız kabul edilmektedir.”***

Uluslararası Medikal Fizik Günümüzü en iyi dileklerimizle kutluyoruz.

Son cümlemizi MedFiz@Online elektronik dergimizi 5 yıl boyunca yaşatan meslektaşlarımıza teşekkür ederek bitiriyoruz.

Saygılarımızla.

Haluk ORHUN

BAŞAKŞEHİR ÇAM VE SAKURA ŞEHİR HASTANESİ

RADYASYON ONKOLOJİSİ BÖLÜMÜ

Medikal Fizik Uzm. Sümeyra Can

Medikal Fizik Uzm. Nilgün Nalbant

Başakşehir Çam ve Sakura Şehir Hastanesi 21 Mayıs 2020 tarihinde hizmete açılmıştır. Sağlık Bakanlığı (Kamu) ve Rönesans Holding (Özel) iş birliği ile yapılmış olan hastanemiz 8 farklı hastanenin birleşiminden oluşan bütünlük bir yapıya sahiptir ve Radyasyon Onkolojisi Kliniği Onkoloji Hastanesinde yer almaktadır. Radyasyon Onkolojisi Kliniği 29 Haziran 2020 tarihinde hasta tedavisine başlamıştır. Kliniğimiz kanser tedavisinde radyoterapinin gerekli olduğu hemen tüm durumlarda hastalarına gerekli tedaviyi uygulayabilecek bilgi birikimi, personel ve ekipman ile donatılmıştır. Tedavi için başvuran hastalar alanlarında deneyimli hekimler ve medikal fizik uzmanları tarafından tedavi edilmektedir. Tedavi kararları gerek hastane içinde gerekse de hastaneler arasında düzenli olarak yapılan ve kanser ile ilgili diğer uzman hekimlerin de katıldığı ortak toplantılarda verilmekte, hastaların tedavi ve izlemleri de ekip çalışması prensiplerine uygun olarak sürdürülmektedir.

Misyonumuz; araştırma öğrenme ve öğretme yoluyla çalışan ve hasta memnuniyetini üst düzeyde tutarak kanser hastalarının yaşam kalitesini artırmak, etik ilkelere bağlı olarak kanser tedavisinde multidisipliner yaklaşımı benimsemek, gelişmiş teknolojiyi kullanarak kanser tedavisinde ulusal ve uluslararası alanda referans gösterilebilecek yenilikçi, yaratıcı, çağdaş ve akademik kurum olmaktır.

Kliniğimiz 7 poliklinik, 7 ofis, 2 tedavi planlama odası, toplantı odası, sınıf, 1 kurşun blok döküm odası, 3 dozimetri ekipman odası, 2 personel dinlenme odası, 1 CT simülatör ve kumanda odası, 2 LINAC ve kumanda odası, 1 Tomoterapi ve kumanda odası, içerisinde hasta uyanma odasının da bulunduğu 1 Brakiterapi Ünitesi bulunmaktadır. Aynı zamanda hastanemiz bünyesinde yatan hastalarımız için 24 yataklı yataklı servisimizde kanser hastalarımız için hizmete hazırdır. Kliniğimiz 1 Doçent Radyasyon Onkoloğu, 3 uzman doktor, 4 medikal fizik uzmanı, 2 hemşire, 6 radyoterapi teknikeri ve 1 dozimetrist ve 1 tıbbi sekreteriyle birlikte hastalara hizmet vermektedir.

Mevcut Tedavi Yöntemleri

Bölümümüzde eksternal (dışarıdan) tedavi, brakiterapi (tümör veya ilgili organ içerisinden) ve intraoperatif (ameliyat sırasında tümör yatağına) radyoterapi olanakları bulunmaktadır.

Kliniğimizde;

Görüntü Eşliğinde Radyoterapi (IGRT)

Yoğunluk Ayarlı Radyoterapi (IMRT)

Hacimsel Yoğunluk Ayarlı Ark Terapi (VMAT),

3 Boyutlu Konformal Radyoterapi,

Streotaktik Radyocerrahi (SRS),

Streotaktik Vücut Radyoterapisi (SBRT)

Intraoperatif radyoterapi (IORT)

teknikleri kullanılmaktadır.

Akademik ve Bilimsel Etkinlikler

- Bölüm içi bilimsel toplantı

- Bölüm içi seminerler
- Tıbbi Onkoloji ve Radyasyon Onkolojisi konferansları

Kliniğimiz tarafından gerçekleştirilen tümör konseyleri

- Baş-boyun kanserleri ortak konseyi
- Jinekolojik kanserler ortak konseyi
- Göğüs hastalıkları ortak konseyi
- Meme hastalıkları ortak konseyi
- Ortopedi ortak konseyi
- Pediatrik tümörler ortak konseyi
- Beyin cerrahisi ortak konseyi
- Kemik iliği transplantasyon konseyi
- Genel cerrahi ortak konseyi
- Pediatrik santral sinir sistemi tümörleri ortak konseyi

Teknik Alt Yapı

Radixact Tomoterapi Cihazı

Radixact Tomoterapi Tedavi cihazı, akıllı tedavi planlaması sayesinde, merkezi veri yönetimi ve ultra hassas tedavi uygulaması ile tam entegre bir platforma sahiptir. Radixact, çok çeşitli bireysel tedavi ihtiyaçları olan hastalar için farklı tedavi modaliteleri sunar. Yeni nesil Tomotherapy cihazları 360 derece helikal kesit radyoterapisini entegre ve kompakt tek bir cihaz içinde gerçekleştirebilmektedir. Cihazda bulunan Bilgisayarlı Tomografi detektörlerini kullanarak alınan gerçek üç boyutlu (3B veya 3D) görüntüler eşliğinde hastanın günlük anatomik değişimlerine takip edip, ayak uydurarak 3 boyutlu tedavileri çok hassas bir şekilde

yapabilmektedir. Cihazın tasarımı itibarıyla 40 cm en ve 135cm uzunluktaki alan içinde sürekli 360 derece helikal veya sabit açılarda tedavi uygulayabilmektedir. Radixact cihazındaki hareket senkronizasyon özelliği ile hasta en az yan etki ile ışınlanır. Tümör lokasyonunun kritik organlara çok yakın olduğu bölgelerde (Baş boyun vb.) homojen ve düzgün doz dağılımı sayesinde organ fonksiyonları maksimum düzeyde korunabilmektedir.

Radixact Tomoterapi cihazının en önemli avantajı; geniş tedavi alan boyutları sayesinde tüm kemik iliği, tüm vücut ışınlaması, kraniyospinal ışınlamalarının kolaylıkla yapılabilmesidir. Aynı zamanda cihaz bünyesinde bulunan tomografi çekebilme özelliği sayesinde görüntü eşliğinde radyoterapi yapılabilirdi gibi, tekrar doz hesaplamasına olanak sağlamasıyla adaptif radyoterapinin yapılabilir olması Radixact cihazının en üstün özelliklerinden biridir.



Elekta Versa HD Linear Accelerator

Başakşehir Çam ve Sakura Şehir Hastanesi Radyasyon Onkolojisi Kliniğinde kanser tedavisinde en ileri teknolojilerden biri olan yeni nesil radyoterapi cihazı ELEKTA VERSA HD kullanılmaktadır. Tedavi sırasında hastaya verilen dozların en doğru şekilde hesaplanması sağlam organların zarar görmesini

engellemektedir. Cihazın lineer hızlandırıcılar içerisinde 5 kat daha az sızıntı doz geçirgenliğine sahip MLC yapısı, sağlam organları korurken ve ikincil kanser oluşum riskini de en aza indirmektedir. Ayrıca bu teknoloji, diğer cihazlara göre tedavi süresini büyük oranda kısaltması ile de ön plana çıkmaktadır.

Üstün Teknolojik Özellikleri

- Yoğunluk ayarlı radyoterapi, görüntü kılavuzluğunda radyoterapi ve sterotaktik yani nokta atışı ile tek cihazda birçok tedavi olanağı sağlar.
- Conebeam CT (Düşük doz volumetrik BT) çekilebilmesi ile set-up pozisyonu hataları minimuma indirgenmektedir.
- Elekta Agility sisteminde bulunan 40 cm x 40 cm tam alan boyunca 160 x 5 mm çok yapraklı kolimatör (MLC) yapısı sayesinde hedef tümörün şekli en keskin şekilde belirlenir.
- Çok yapraklı kolimatör hızı diğer lineer hızlandırıcılara göre daha hızlı hareket etmesi tedavilerin daha hızlı verilebilmesine imkân sağlamaktadır.
- Terapötik olmayan dozda önemli derecede azalma sağlar.
- Versa HD ayrıca, modern ergonomisi, hasta dostu olan daha yumuşak ve parlak dışı, düşük mekanik gürültüsü, yeni kullanıcı kontrolleri ve ayrıca hasta için daha güven verici ve rahat bir atmosfer yaratmak için konulan ortam ışıklandırma efektleri sayesinde hasta konforunu artırır.
- Dünyada gerçeğe yakın simülasyon sonuçlarını veren Monte Carlo doz hesaplama algoritmasının kullanıldığı tek tedavi planlama sistemine sahiptir. Bu sayede tedavi dozu

tümörlü dokuya olması gerektiği gibi verilmektedir.

Hexapod Sistemi:

Cihazda bulunan kV ve MV görüntü çekebilme sayesinde görüntü kılavuzluğunda radyoterapi yapabilmektedir. Aynı zamanda cihaza entegre Versa-HD Hexapod sistemi tedavi esnasında set up pozisyonundan milimetrik sapmaları en yüksek hassasiyetle dedekte ederek tümöre istenilen yoğunlukta ve %100 e yakın doğrulukla tedavinin yapılmasına olanak sağlar. Böylece tedavi esnasında tümör çevresindeki sağlam dokularda maksimum korunma sağlanır. Tedavi esnasında senkronize hareketi takip özelliği sayesinde hareketli organların bulunduğu akciğer, meme, prostat ve spinal bölge kanserlerinin tedavisinde büyük fark yaratır.



Aktif Solunum Kontrol Sistemi (ABC)

Göğüs ve akciğer gibi solunum hareketlerinden etkilenen anatomik yapılar radyoterapi esnasında planlanan dozdan daha fazla doz alabilir. Ancak Elekta Versa HD cihazı ile entegre Aktif Solunum Kontrol sistemi ile bu sorun giderilerek hareketli organların maksimum düzeyde korunması sağlanır. Bu sistem özellikle akciğer ve meme radyoterapisinde önemlidir.

Basit ve etkili nefes tutma teknikleri sayesinde hastanın solunum hareketi ABC ile rahatlıkla takip edilir. Cihaza entegre özel yazılımı ile 3D Konformal, Yoğunluk Ayarlı Radyoterapi ve Volümetrik Ayarlı Radyoterapi tedavileri etkili bir şekilde uygulanabilir.

Elekta Brakiterapi Flexitron

Kliniğimizde bulunan Elekta Flexitron brakiterapi cihazı sektördeki son teknolojiye sahip olan bir cihazdır. Modern brakiterapi ihtiyaçlarını karşılamak için, geniş aplikatör seçenekleri ile kullanımda kolaylık, kusursuz tedavi sağlama ve kolay manevra yeteneği gibi güvenilirlik içeren önemli özelliklere sahip olması tedavi doğruluğu açısından kazanımlarımız arasındadır. Ayrıca hareketlerin takip edilmesi ve güvenlik sebeplerinden dolayı makinenin kullanıcı hareketlerini kaydetmesi de önemlidir. Brakiterapi uygulamalarının personelin radyasyondan korunması, tedavi süresinin kısa olması, hastaya ayakta tedavi seçeneği sunması, hedefe daha kusursuz bir doz sağlaması gibi birçok avantajları bulunmaktadır.

Intraoperatif Radyoterapi

Kliniğimiz intraoperatif radyoterapi uygulamasını yapabilen ender devlet hastanelerimizden olup XOFT IORT cihazı bulunan tek devlet hastanesidir. XOFT IORT geleneksel lineer hızlandırıcılar gibi personel açısından çok fazla koruma gerektirmeyen, güvenli bir şekilde taşınabilen, özel aplikatörlere sahip ve içinde bulunan minyatürize kaynaklarla düşük enerjili X-ışını (50 kV) üreten bir radyoterapi cihazıdır.

IORT uygulaması, ameliyathanede cerrahi işlem sırasında uygulanan ve yaklaşık 20-40 dakika süren bir tedavidir. Bu tedavi; ameliyat sırasında cerrahi ekip, radyasyon onkoloğu ve sağlık fizikçisi ile tek seansta uygulanmaktadır. Böylece subklinik hastalık bölgelerinin ya da cerrahi eksizyonun tam olarak

sağlanamadığı durumda makroskopik hastalığın bulunduğu yer ışınlanmış olur. Uygulama sırasında, tümör çıkarıldıktan sonra cihaza ait aplikatör tümörlü bölgeye yerleştirilir. Gerekli ölçümler yapıldıktan sonra o bölgeye yüksek doz ışın verilerek seans tamamlanır. IORT, ortalama on yıldır dünyada yaygın olarak kullanılan ve meme kanserinde çok fazla klinik çalışması olan bir tedavi yöntemidir. En sık, erken evre meme kanserinde uygulanmıştır. Meme koruyucu cerrahi yapılmış hastalarda meme içindeki yinelemelerin büyük çoğunluğunun tümör yatağında olmasından kaynaklı uygulanan kısmi meme ışınlamasının IORT ile yapılması oldukça avantajlıdır.

Philips Big Bore CT-Simülatör Cihazı

Radyasyon Onkolojisinde Planlama BT görüntüsü tedavinin doğrulukla yapılabilmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Hastanemiz Radyasyon Onkolojisi Kliniği'nde yüksek görüntü kalitesine sahip Philips Marka Big Bore CT-Simülatör Cihazı kullanılmaktadır.

Big Bore, doğru etkili hasta işaretleme ve simülasyon iş akışını kolaylaştırmak için gelişmiş araçlar sunar. Tam anatomik görüntüleme için 90 cm gantry açıklığına ve 75 cm gerçek tarama FOV özelliğine sahiptir. Hasta işaretlemesine güvenmek için görüntüleme düzlemi ile lazer işaretleme düzlemi arasında 2 mm'den daha az konumlandırma hassasiyeti sağlar. Mükemmel görüntü kalitesi ve doğru şekillendirme teknikleri sayesinde tedavi planlarının temelini oluşturan planlama BT görüntüleri yüksek görüntü çözünürlüğü ile elde edilmiş olur.

Klinik Kadromuz**Radyasyon Onkolojisi Eğitim ve İdari Sorumlu**

Doç. Dr. Didem KARAÇETİ

Uzman Doktorlar

Uzm. Dr. Ayben YENTEK BALKANAY

Uzm. Dr. Evrim DUMAN

Uzm. Dr. İlknur HARMANKAYA

Medikal Fizik Uzmanları

Sümeyra CAN

Nilgöl NALBANT

Özge ATİLLA

Sinem KARAHAHAN

Radyoterapi Teknikerleri

Nihat KUTLU

İsmail AKÇAL

Rumeysa ÇELİK

Eren DEMİRCİ

Sena Yağmur KILIÇ

Hakan Altıntaş

Hemşireler

Esma TURĞUT

Hatice UYSAL PAKSOY

Sekreter

Sakine DİNÇ

**Med. Fiz. Uzm. Sümeyra Can**

2014 yılında Los Angeles Kaliforniya Üniversitesi (UCLA) Biyomedikal –Medikal Fizik Departmanında klinik eğitimini

tamamladı ve Kaliforniya Üniversitesi Hastanesi Radyasyon Onkolojisi Kliniğinde Asistan Medikal Fizik Uzmanı olarak çalıştı. 2015 senesinde Ankara Üniversitesi Nükleer Bilimler Enstitüsü Medikal Fizik Doktora Programından kabul aldı. Halen doktora eğitimine devam etmekte olup Başakşehir Çam ve Sakura Şehir Hastanesi Radyasyon Onkolojisi Kliniğinde Sağlık Bakanlığı Sorumlu Medikal Fizik Uzmanı olarak görevine devam etmektedir.

**Med. Fiz. Uzm. Nilgöl Nalbant**

1987 İstanbul doğumludur. Lisans eğitimini 2010 yılında

Kocaeli Üniversitesi FEF Fizik bölümünde tamamladı. Yüksek Lisans Öğrenimini ise 2013 yılında İstanbul Üniversitesi SBE Tıbbi Radyofizik bölümünde tamamladı. 2010-2014 yılları arasında Meditel Medikal A.Ş. Fizikçi olarak görev almıştır. Bir süre Dicle Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyasyon Onkolojisi'nde; 2015-2020 yılları arasında Medikalpark Bahçelievler Hastanesi Radyoterapi Bölümü'nde çalışmıştır. 2020 Mayıs itibarıyla Başakşehir Çam ve Sakura Şehir Hastanesi Radyasyon Onkolojisi'nde Rönesans Holding Sorumlu Medikal Fizik Uzmanı olarak görev yapmaktadır.

MEDİKAL FİZİK 3.0 (MP3.0):**“KLİNİKTE MEDİKAL FİZİĞİN ROLÜNÜ YENİDEN TANIMLAMA VE VURGULAMA”****Med . Fiz. Uzm. Basri Günhan (Ph.D.)**

Bildiğiniz üzere Ekim-Kasım 2018 medfiz@online sayı:17’de aynı konu hakkında Amerikan Medikal Fizikçiler Derneği (AAPM) internet sayfasından çeviri ile MP3.0 hakkında bir yazıyı kaleme almıştık. Aynı zaman diliminde AAPM tarafından oluşturulan bir komite ile Ehsan Samei de medikal fizik dergisinde (Med Phys 45 (9), September 2018) bu konu hakkında bir yazı kaleme aldı. Daha önceki yazıyı biraz daha genişleterek komite yazısını aktarmaya çalışacağım. Yazının başlığını “Klinikte fiziğin rolünü yeniden tanımlama ve vurgulama” olarak çevirmek sanırım hatalı olmaz. Yazı öncelikle Amerika Birleşik Devletlerindeki sağlık sisteminin sorunları ve detayları ile başlayıp bu bölümün sonuna doğru şöyle devam etmektedir:

1. Geçmiş

Sağlık sisteminde ekonomik olarak değeri sabit tutulamaz olan değişikliklerin geri düşmesine rağmen oyunda olan başka etkenler de vardır. Kaynaklar sınırsız olmayıp, giderek azalırken, sağlık sisteminde kişiselleştirmiş ve kanıta dayalı ve değer tabanlı olarak vermek için zorunlu ve aynı zamanda ihtiyaç olan düzenlemeler vardır. Otomasyon, “machine learning” ve “big data” gibi engelleyici teknoloji çeşitleri ortaya çıkmaktadır. Bu teknolojiler toplumumuzda hali hazırdaki birçok mesleği tehdit etmekte olup sağlık sistemi de bu tehdidin dışında kalmamaktadır. Sağlık sisteminde siyasi, ekonomik, teknolojik ve düzenleyici faktörler geleneksel servis modelleri üzerinde

“mükemmel fırtına” şeklinde etki yaratacak hatta tüm meslekler medikal fiziği de içine alacak şekilde etkilenecektir.

Bu girişten sonra yazı, sağlıkta medikal fiziğin önemi ile devam etmektedir.

2. Sağlık Sisteminde Medikal Fiziğin Rolü

Eğer bilimden faydalanılırsa ve nitelik olarak desteklenirse geniş anlamda sağlık sistemine ivmeli değişiklikler gelebilir. Bu değişikliklerle yüzleşilirken, medikal fizik bir yol ayrımında olacak veya bu değişikliklerden faydalanacak ya da olumsuz etkilenecektir. Medikal fizik bilim, yenilik ve nitelik olarak kabul görmüş iken, bu değişiklikleri sadece incelemekle kalmaz aynı zamanda sağlık sistemini geliştirmek için anlamlı şekilde uyumunu sağlamaya çalışacaktır. Bu katkı, mesleğin kendisi için ekonomik boyut katarken, etik zorunluluklar tarafından da daha fazla motive edilecektir. Medikal fizik, “medikal” adanmışlığa rağmen halk sağlığını daha iyi duruma getirmek için mesleği iyi yönde kullanacaktır. Başka bir deyişle, medikal fizikçiler (meslek ve kapasitenin konusu olarak) (etik bir zorunluluk olarak) ve (yaşamsal mesele olarak) sağlık sisteminde bu değişiklikleri içerecektir. Potansiyelin tam farkına vararak, bununla birlikte, disiplin içinde kesin değişen sözleri ve yenilikleri tıbbın içindeki fiziğe aktaracaktır.

Medikal fizikte istenilen ve gerekli olan bu evrim, ilerlemeyi bütünleştirmek, stratejik hedefler ve başarının ölçüsü için motive edilmelidir. Medikal Fizik 3.0 (MP3.0) medikal fizikte sürdürülebilir mükemmellik modelinin tanımlanması ve

desteklenmesi için bir girişimdir. Medikal fizik bunu tıbbın hali hazırdaki durumunu bilerek yaparken kendi geldiği yeri de yeniden gözden geçirmektedir. Bir medikal fizikçi hem bir bilim insanı hem de insan sağlığına katkıda bulunan bir uzmandır. MP3.0; medikal fizik içerisindeki kültürü güçlendirmek için stratejiler akıl etmekte olup bu şekilde fiziğin insan sağlığına olan etkisini etkin ve anlamlı bir şekilde ilişkilendirmek istemektedir.

Gelecekte olması olası değişiklikler medikal fiziğe büyük mücadele alanları açacak, klinik içindeki güvenlik, hassaslık ve yeniliği güçlendirmek için büyük fırsatlar getirecektir. MP3.0'ın hedefi; stratejiler geliştirerek gelecekteki belirsizliği akıl edip medikal fizikçilerin bu fırsatları en iyi şekilde yakalamalarını güvence altına almaktır. Bu ise medikal fizikçilerin tıp içinde yeteneklerini geliştirmek ve artırmak şeklinde olmalıdır. Bu görüşle, MP3.0 ikna ve motivasyon ile medikal fizikçiler özgün ve önemli uzmanlıklarını masaya koymalı ve hasta sağlığı medikal fizikçi katkısı ile geliştirilmeli ki her klinikte bir medikal fizikçi olmak zorunda olmalıdır. MP3.0 benzer inisiyatifleri radyoloji, halk sağlığı, gastroenteroloji ve hemşirelik gibi diğer sağlık alanlarında da uygulamalıdır.

Tanınmış özgün bir disiplin olan medikal fizik, sağlık camiasına etkisini ve katkısını sunmalıdır. Medikal Fizik özünde, bilimin klinik uygulaması ve fizik kurallarının insan sağlığına katkısını sunmaktadır. Buradaki "klinik" kelimesi sadece klinik medikal fiziğe (uygulanmalı fiziğin kliniğe uyum ve transferi) karşılık gelmeyip aynı zamanda alandaki araştırma ve eğitimi de içeren diğer uygulamalarıdır. Araştırma güçlü bir şekilde klinik öncelikler tarafından uzun dönem uygulama anlayışı ile yönlendirilir. Bunun gibi

eğitimde klinik ve araştırma uygulamaları ile bilgilendirilir ve böylece bu şekilde yönlendirilir. Buna karşılık, diğer eşdeğer önemdeki disiplinler farklı klinik yönlendirmeler alırlar, örneğin, biyoloji ve fiziğin (biyofizik) radyasyonla biyolojik dokunun kesişimi (radyobiyojoloji), ve biyomedikal teknoloji ile kesişimi ise biyomedikal mühendislik olarak adlandırılabilir. Disiplinler arasındaki bu nüans farkları uygulama ve bölgesel tanımlamalara bağlı olup birbirinin alanlarına girmenin onaylanması demek değildir. Fakat daha çok değerli ve tamamlayıcı görüşün ortak hedeflere açılmasıdır.

Daha sonra yazı, değişimin esas ve temelleri üzerine vurgulama yapmaktadır.

3. Değişimin Esas ve Temelleri

Fizikçiler radyoloji ve radyasyon onkolojisindeki tıbbi "buluşların" başlatıcıları arasındadır. Bu rol görüntüleme ve radyasyon onkolojisinde yeni teknolojilerin araştırılması ve geliştirilmesinde bugün hala kritik öneme sahiptir. Medikal fizikçilerin güçlü analitik ve problem çözme yetenekleri, teknik uzmanlıkları ve klinik işlemlerdeki bilgileri fizikçileri bu klinik servislere önemli katkı sunan kişiler haline getirmektedir. Medikal fizikçiler eforlarının büyük kısmını güvenlik ve cihaz değerlendirmeye adanmışlardır. Bu katkı doğal olarak mesleğe büyük bir kabul edilebilirlik kazandırmış, ulusal olarak kabul edilmiş derecelendirme ve sertifikalandırma programları oluşturmasını (ki bu programları eğitimi standartlaştırma çerçevesinde "Medikal Fizik Eğitim Programlarının Derecelendirmesi" adı altında (CAMPEP) ve Amerikan Radyoloji Komitesi "Board" (ABR)'ın derecelendirmesi ile) sağlamıştır. Mesleğin bir kalıba sokulması (standardizasyonu), ki

bu doğal ve oldukça faydalıdır, mesleğe de yeni yarış alanları yaratmıştır. Bu standartlaştırma ve keşif arasındaki detone durum ile kaynak ve keşif arasındaki kısıtlamalar medikal fizikteki gerçeklerdir. Benzer ikilemler kaynak ve en iyi zamanlamanın ayarlanması için üniversite eğitimi ve klinik eğitim arasında da vardır. Bir bilim insanı olarak medikal fizikçiler ve mesleğe yeni başlayanlar (stajyerler) araştırma, keşif ve yeni buluşlarını klinik yeteneklerini ve deneyimlerini artırırken eşzamanlı olarak yaparlar. Fakat bu dengeyi kurmak sınırlı kaynak ve artan iş hacmi içinde zor olmaktadır. Biraz daha ileri gidersek ABR a göre standartlaştırılmış test etme formatı tartışılır şekilde hedefi yansıtmazken mesleği uygulamada gerekli olan asgari dinamik klinik ayarları içermektedir. Beklenen iş ve mücadelenin bir uzantısı olarak asgari müşterekte buluşmanın niyeti ile kritik düşünce ve klinik uygunluk ikinci planda kalmaktadır. Bunun karşıtı olarak, teknik olarak güçlü bir fizikçi basit fizik problemlerini çözmede çok detaycı kalabilir bu ise büyük klinik hastaya yönelik işlerde yetersiz kalmasına neden olabilir. Her iki durumda da medikal fizikçiler kendilerini klinik gerçekler karşısında ya tamamlayıcı teknisyen veya ulaşılamayan detaycı akademisyen olarak sınırlandırır. Geleceğin çalışan ve istekli mesleği olmak için medikal fizikçiler bugün bu gerilimler karşısında akıl dolu olmalı ve kendilerini çalışan ve ulaşılabilir kılmak zorundadırlar. Her gün yeni keşifler ortaya çıkarken ve eğitim programlarının kapasitesi genellikle aynı kalırken çoğu zaman eğitim hedeflerini gözden geçirirken sonuç değişmez kalabilir. Lisans ve "residency" programları şartlarına yeni konular eklemek zordur, nadiren bu programların süresini uzatırlar veya güncellemeleri yapmak için programdan ana konular çıkarılabilir. Var

olan kabul edilmiş programın değişmesi, standartlaşmış bilgi bazlı ve resmi müfredatın varlığı, (bu standartlaşmış ve bilgi bazlıdır) ile kuralcı işleyiş ve becerileri öğrenme ihtiyacı medikal fizikçilerin hasta sağlığındaki kilit rolü ile anlaşılmaktadır. Aynı zamanda, bu yapılar medikal fizikçinin önemini küçümsememeli ve medikal fizikçi bir bilim insanı olarak eğitilmelidir. Bir fizikçinin gerçek gücü çevresinin analizini tam olarak yapma yeteneği olmalı, problem ve zayıflıkları yakalamalı, çözüm önerileri sunmalıdır. Bir medikal fizikçi, özellikle, yeteneklerini zengin klinik bilgisi ve hisleri ile birleştirerek bir bütün olarak sağlık sisteminde etkin olmalıdır. (Bu "sistem tabanlı uygulama" olarak adlandırılır.) Böyle bir yeteneği derecelendirmek oldukça zordur. İyi tanımlanmış veya bilgi tabanlı öğrenme amacı olan birinin performansını ölçmek aslında oldukça kolaydır. Bununa birlikte, hali hazırdaki değerlendirme yöntemleri motivasyon ve geliştirme ölçme kadar fonksiyonel çalışmasa da içeriğin farkında olarak, bir çalışma yürütürken derin bilimsel düşünceyi göz önünde bulundurmak ve farkında olmak gerekir. Medikal fizik diğer disiplinlerden gelen katkılarla kendi önceki durumuna dönmüştür, ihtiyaç olan gereklilikler diğer bilimsel alanlardan alınmalı, eğitim programları ve tecrübelerle yeniden kazanılmalıdır.

MP3.0'ın en büyük hedefi, tüm klinik tıp fizikçilerinin bilimsel prensipleri kullanan mesleki yeterlilik ve bakım kalitesini artıran etik bir yetki ile bilim insanı ve sağlık hizmeti sağlayıcıları olarak çalışmasıdır. Hasta sağlığı çok disiplinli bir takım çalışmasına bağlı olduğundan bu sadece medikal fizikçinin ustalığına değil aynı zamanda derin bilgi, etkili iletişim ve liderlik yeteneklerine de bağlıdır. Hasta sağlığını daha iyi hale getirmek isteği ancak işi yapacak kişinin ortak klinik

dilini konuşması veya bulmasıyla mümkün olacaktır. Ne yazık ki medikal fizikçilerin klinikle kaynaşma (entegre) derecesi klinikteki konuşulan dildeki büyük farklar ve kişisel mesleki yetenekler nedeniyle istenildiği kadar iyi değildir. Bazı medikal fizikçiler "makine fizikçisi" olarak bilindiklerinden klinik karar alma aşamalarından izole durumda olup hizmet kalitesini iyileştirecek fırsatlardan uzak kalmaktadırlar. Diğer bir kısmı ise yöneticiler ile doğrudan teması kesilmiş, sağlık sistemi politikaları ve taktikler ile sesleri kesilmiş bulunmaktalar. Halbuki onlar çabuk değişen teknolojiye kolayca ayak uydurabilecek yetenektedirler. Fizikçiler ayrıca performanslarını sergileyebilecekleri bir nicelik performans göstergesi olmadığı için kendi değerlerini etkili olarak ifade edememektedir.

Genel olarak, tıp bütün disiplinlerden faydalanmalıdır. Olay biyoloji ve kimya bilimine geldiğinde bu iki bilim dalının etkisi ve katkısı kabul edilmiştir. Örneğin, birçok akademik tıp merkezi, etkisi görülen, tıp odaklı temel biyoloji ve kimya içermektedir. Bununla birlikte, fizik, böyle bir tanınırlığı ve geniş etkili bir katılımı görmemektedir. Bunun yerine, medikal fizik uygulamasının etkinlik alanı birçok ülkede ve Amerika Birleşik Devletleri'nde şu anda bilim ve teknolojinin "tıpta radyasyon" ve ilgili diğer dallar, diagnostik radyoloji, radyasyon onkolojisi ve nükleer tıp ile medikal sağlık fiziğine yönelmiş durumdadır. Medikal fizik şu anda bu alanda oldukça ciddi bir başarı sağlamıştır. Bununla birlikte, fiziğin tıptaki uygulamaları radyasyonla ilgili alanın dışına ortopedi, nöro bilim, oftalmoloji, medikal photonics, cerrahi, nano tıp, radiogenomics, dişçilik, elektro fizyoloji, vasküler tıp gibi adını burada yazamadığımız birçok alana taşmaktadır. Bazı bireysel medikal fizikçilerinin

geleneksel tıp fizik uygulamalarındaki kayda değer çabalarına rağmen, tıp fiziği mesleğini şekillendirmek ve insan sağlığına daha fazla fayda sağlamak için fizik bilimi uzmanlığından yararlanmak için keşfedilmemiş önemli fırsatlar bulunmaktadır. Bu ise hasta hizmetlerinin medikal fizikçiler tarafından her zaman geliştirilme potansiyeli olduğunu göstermektedir. Bu potansiyele olanak sağlamak ve uygulamanın alanını genişletmek için tıpta henüz keşfedilmemiş fizik alanlarının bilim ve eğitim üzerinde yeni disiplinler olarak inşa edilmelidir. Sağlık hizmetleri profesyonelleri olarak, medikal fizikçiler bugün birçok medikal işleme kayda değer şekilde kalite, güvenlik ve yenilik katmaktadır. Fakat uygulamanın hali hazırdaki ve gelecekteki gelişimi açısından bu katkılar tam, geniş ve devamlılığı olacak şekilde her medikal işlemde, görüntüleme veya tedavi aşamasında olmalıdır. Bu her prosedürün her hastada optimal düzeyde uygulandığını gösterecektir. Bu hem genel hem de bilimsel anlamda tüm klinik fizikçilerin klinik olarak ortaya çıkacak teknik sorunlara kendi uzmanlıklarını etkin bir şekilde uygulama fırsatı verecektir. Böyle yapmak için her bir fizikçi gerekli klinik bilgiye sahip olmalı, tüm klinik süreçlerine hâkim olmalı ve kendi problem çözme ve analitik yeteneklerini hastaların iyileşmesi ve işlemlerin iyileştirilmesi yönünde kullanmalıdır. Bugün medikal fizikte yapılan bilimin büyük kısmı klinik uygulamalara yansımamaktadır. Hali hazırdaki disiplindeki bilgi açık bir şekilde klinik olarak hedef ve nicel göstergelerini takip edecek şekilde tanımlanmalıdır. Disiplin içinde hali hazırda sahip olunan bilimsel birikim klinik olarak daha detaylı bir şekilde tanımlanarak, hedefin tanımlanmasında ve kalitenin niteliğinin takip edecek göstergeler izlenerek klinik hasta sağlığı içeriğine

daha fazla değer katacaktır.

Eğer gelişemezse, tıbbi fizik mesleğinin karşılaşacağı tehditler vardır. Artan değer baskısı yüzünden, hastane yöneticileri çalışan düzeyini ve masraf dengelemesini daha dikkatli takip ediyorlar. Bakım görevlerinin birçoğu teknolojik olarak sonuçta metalaştırılabilir ve daha az maliyetli işgücüne devredilebilir. Eğer medikal fizik alanında gelişmelere ayak uyduramaz ise, kliniğin ekonomik gerçeklerine de bağlı olarak medikal fiziğin durumunu gözden geçirmeye kapı açarak çözülecek bir sorun olmak yerine değişikliklerin benimsenmesi gereken bir duruma düşecektir. Eğer klinik medikal fizikçiler inisiyatif almaz ve hasta odaklı ilgili yeni yollar geliştirip değişiklik yapmazlar ise son bağlamda odadaki yerde olmayabilirler. Hatta daha önemlisi, etkin sağlık servisi bilim insanlarının yenilikçi, kesin ve kanıta dayalı çözümlerini ortaya çıkan ihtiyaçlara göre düşünmeliler ve teknolojinin sağlık sistemi içine taşıdığı gelişen problemlere göre çözüm bulmalıdırlar -sadece medikal görüntüleme ve radyasyon tedavisi değil. Böylece, fiziğin aktif var olmasının ve medikal fiziğin kasıtlı olarak yeniden tasarlanması dışında nihayetinde söz konusu olan sağlık bilimi ve pratiğinin kalitesi ve iyileştirilmiş bakım için kaybedilen bir fırsattır. Medikal fiziğin yeniden gözden geçirilmesi fizikçinin durumunun iyileştirilmesi yönünde olacak, klinik karar almalarda katkısının olması sağlanacak ve çalıştığı doktorlar ile iş birliği içinde, fizik ve ilgili bilimsel disiplinlerde fikirler getirme ve hasta bakımına en üst düzeyde fayda sağlama fırsatları oluşturacaktır.

Daha sonraki başlık ise Medikal 3.0'ın bileşenleri olup daha önceki yazıda kısaca verilen başlıklar bu

çalışmada üç başlık altında detaylandırılmıştır. Önce Tablo.1. de Medikal Fizik 3.0'ın hedefleri verilmiştir.

4. Medikal Fizik 3.0 Bileşenleri

MP3.0 tıpta gerekli sürdürülebilir fizik uygulamalarının klinik uygulamalar, araştırma ve eğitiminde bulunabilirliği üzerine kurgulanmıştır. Bu hedefe ulaşmak için, MP3.0 medikal fiziğin üç geniş alanda odaklanmasını öneriyor:

Bilimsel yönlendirme: Mükemmel medikal fizik bilim ve bilimsel prensiplerin hem yeni gelişmelere hem de yeni klinik uygulamalara uygulanmasını içerir. Her üç alanda da bu, bursta (kanıta dayalı ve metodik olmak), hassasiyette (nicel olmak) ve zihniyette (yenilikçi olmak) kendini gösterir. Yenilik her alanda gelişme olarak tanımlanabilir, örneğin, daha iyi anlama, daha pratik çözümler, daha iyi hizmet verme, daha iyi teknolojik çözümler, daha iyi eğitim ve daha iyi düzenlemeler olarak düşünülebilir.

Servis yönlendirmesi: Mükemmel medikal fizik, medikal fizikçiler sadece bilim insanı olmadığı fakat aynı zamanda sağlık profesyoneli oldukları zaman mümkün olacak. Bu ikili durumda, fizikçiler sağlık sunucuları olarak ya klinikte sağlayıcı ya da araştırma ve eğitim olarak katkı sunacaklardır.

Sistem-tabanlı uygulama: Mükemmel medikal fizik eşzamanlı olarak medikal fizikçilerin bir bilimsel aktiviteye odaklanırken aynı zamanda tüm sisteme de hâkim olmasıdır. Bu bütüncül yaklaşım düşüncesi fizikçinin özgün bir şekilde sistemi bir bütün olarak düşünmesini sağlayıp takip etmesine ve en iyi sonucu alması için optimizasyon yapmasına neden olacaktır.

Tablo 1: Medikal Fizik 3.0'ın stratejik hedefleri**Klinik uzmanlık**

AMAÇ: Bilimsel yönelimli sağlık sistemi sunmak için teknolojinin ötesini düşünmek.

- Teknoloji ve uygulamanın minimum uygulama normlarına uygunluğunun sağlanması
- Bağımsız bir uzman olarak hasta ile doğrudan ilişki kurmak
- Klinik akış içerisinde medikal fizikçinin rolünün ve dahil olduğu için özelliklerini anlamak.
- Klinikte uygulamaların daha rahat ilerlesi uğruna inisiyatif kullanılması
- Klinik performansına uygun olacak şekilde kıstasları belirlemek, klinik prosedürlerin optimizasyonu ve hali hazırdaki verinin geriye dönük incelemesini yapmak.
- Klinik fiziği medikal fiziğin henüz uygulanmadığı alanlarla buluşturmak
- Fikir birliği oluşturarak medikal fizikte klinik burs olanakları sağlamak.

Bilimsel Uzmanlık

AMAÇ: Medikal fiziğin tüm uygulama alanlarında bilimsel yenilikler modellemek

- Medikal fiziğin, biyofizik, radyobiyojoloji ve biyomedikal mühendislik gibi kardeş disiplinlerle olan katkısının uyumunu anlamak.
- Bilimsel raporlama ve incelemede hesap verebilirlik, takip edilebilirlik ve denetlenebilirliği arttırmak.
- Bilimsel veri ve kaynakların bilimsel ve klinik topluluğa açıklığını sağlamak.
- Yardım kuruluşları ile (Fon sağlayıcılar) iyi ilişkiler geliştirip, bağlantı kurulmasını sağlamak
- Fizikçileri radyasyon tıbbı dışındaki alanlara açmak, örneğin, photonics, dişçilik, ortopedi, cerrahi, kardiyojoloji, sanal gerçeklik, nano tıp, radiogenomics, veri bilimi, nöro tıp.
- Bilimsel akrabalığın olumsuz sonuçlarından kaçınarak burs çeşitliliğini sağlamak.
- Finansal kaynak ve yayınlar için hakemli işlemlerde alternatif ve destekleyici araştırmaları arttırmak, örneğin, "crowd sourcing", tekrarlanabilirlik testleri, zorunlu veri paylaşımı ve hibelerin gerçek etkisini anlamak.

Eğitimsel Uzmanlık

AMAÇ: Yüksek kalitede eğitim elde etmek için etkin bir şekilde diğerlerini güçlendirerek sağlığı geliştirmek.

- MP3.0 zihniyet ve hedeflerini de içerecek şekilde medikal fizik eğitimini güncellemek.
- Medikal fizik eğitimini dört bileşeni içerecek şekilde dengelemek, kritik düşünce, bilimden uygulamaya, ve liderlik.
- Medikal fizik eğitimine yeni yetenek eklemek, örneğin, sistem mühendisliği, biyoistatistik, informatik, insan etkileri, güvenlik mühendisliği, geliştirme mühendisliği, istatistik, bilgisayar bilimi ve biyoloji
- Eğitim programları sonuçlarını değerlendirme ve

ölçüsünün geliştirilmesi.

- Bilimsel ve liderlik yetenekleri olan nitelikli kişiler ve alt uzmanlıkları
- Etkin eğitimin en iyi uygulamalarında yeterlilik kazanmak, örneğin, ters yüz edilmiş sınıflar, proje tabanlı öğrenim, simülasyon uygulamalarıdır
- Farklı sağlık uzmanları için kitleye yönelik eğitim faaliyetleri oluşturmak, örneğin, doktorlar, fizikçiler ve yardımcı sağlık çalışanları.

Liderlik Uzmanlığı

AMAÇ: Liderlik ve yöneticilik uygulama yetenekleri ve nitelikli, kendine güvenen ve etkin uygulamalı medikal fizik.

- Beraber çalıştıkları doktorlar ile sürekli eşit koşullarda olarak hizmet etmek için güven kazanmak
- Medikal fiziğin sağlık sistemine, bilime ve daha iyi bir sağlık için vereceği değerleri olduğunu özümsemek,
- Bilimsel mükemmellik idealizmi ile bir kişinin kaynaklarının idaresinin arasındaki dengeyi yetenek kazanımı.
- Amacı temel ihtiyaçları karşılamak olan memnuniyeti teşvik eden farkındalığı oluşturmak
- Dil ve kelimeleri sağlık hizmetleri sunucularının farklı grupları için düzenlemek, bilimsel-klinik uyumsuzlukları anlamak ve çare bulmak.
- Üst düzey yöneticiler ve bölüm arasında yönetsel ilişkileri kurmak.
- Sağlık sisteminde, akademik, yönetsel ve sağlık politikalarında liderlik rolünü alacak donanıma sahip biri için örnek yönetsel ve vizyona sahip lider yetiştirmek.

Sürdürülebilirlik

AMAÇ: MP3.0'ın uygulanabilirliğini mümkün ve sürdürülebilir hale getirmek.

- Hali hazırdaki ihtiyaçlara dayalı olarak uygulama standartlarının zamanında güncellenmesi için bir sistem oluşturulması
- MP3.0 uygulaması için ihtiyaç duyulan çalışan modeli ve iş gücü oluşturması
- Akademik ve endüstriyel merkezli ortaklıkla kaliteli ve etkin uygulama ile akıllı otomasyon aletleri geliştirerek MP3.0 için kaynaklar teşvik edilmesi.
- Bilimin pratiğe çevrilmesi için sağlam yollar uygulanması, örneğin, dergi özetleri, hasta merkezli bakıma yönlendirilmiş çalışma grupları, atölyeler.

Görülebilirlik:

AMAÇ: Klinik ve medikal fiziğin değerini ifade etmek.

- Yönetici, doktor, diğer sağlık profesyonelleri ve hastalara en iyi iletişim ve sosyal yardım projelerini uygulamak ve kararlaştırmak.
- Savunuculuk, iletişim ve sosyal yardımla medikal fiziğin değerini ortaya koymak ve göstermek
- İlgili topluluklar ve organizasyonlarla diyalogu güçlendirerek medikal fiziğin gerekliliği için bir güç oluşturmak.

Bir önceki sayfada sıralanan mükemmel tanıma dayanarak MP3.0 teşvik eden stratejik hareketleri olabilir yapan üç yön uzmanlık, sürdürülebilirlik ve görünebilirliktir. Tablo 1. bu üç yönün her birinin özelliklerini sunmaktadır.

Daha sonra tabloda verilen başlıkların her biri detaylandırılarak anlatılmıştır. Bunlar sırasıyla;

Uzmanlık:

Disiplin dört profesyonel uzmanlık isteyen klinik, bilimsellik, eğitim ve liderlik içinde uzman medikal fizikçilerin bilgi tabanlı profesyonellikleri ve uzmanlıklarının uyumunu içermektedir (*akıllı uygulamacılar "smart practitioner"* olarak adlandırılabilir) bu hali hazırda alanında olan birçok başlığı içine almaktadır fakat bunlardan bazıları tamamen veya kısmen anlaşılmamış olabilir. Bu aynı zamanda tıpta medikal fizik pratiğinin uzantı olarak içinde olup medikal fizik kuralları dışında olan bir durumu içerebilir fakat fizik katkısından faydalanılabilir. (*Akıllı ilişkilendirme "smart expansion"* olarak adlandırılabilir)

- Kliniksel olarak, MP3.0 medikal fizikçileri cesaretlendirerek sadece asgari gereksinimlere sahip olmanın ötesine gitmesini ister, bu da ancak disiplinin bilimsel esaslarına dayanan tecrübeyi kazanarak ve hasta sağlığında sürekli gelişmeyi sağlayarak mümkün olacaktır. Bu mesleğin şu andaki durumunun güncellenmiş durumunu içermekle birlikte henüz girilmemiş alanları girilerek sağlık için fiziğin katkısının güçlendireceği şekilde olacaktır. Bunlar ise akademik olarak kabul edilebilir sınırlar içinde bilimin uygulanması ile mümkündür.

- Bilimsellik, MP3.0'ın amacı medikal fiziğin tüm alt alanlarını bilimsel mükemmellik ve yenilik için cesaretlendirmek, bu durum ise mühendislik, biyo-tıp ve informatik gibi ayırt edici disiplinleri içermektedir. Bu aynı zamanda fiziğin sistematik uygulamalarının tıbbı geniş anlamda uygulamasını içerecek, bu alanlar radyasyon tıbbının da ötesinde klinik medikal fizik ve ötesini içerecektir.
- Eğitimsel olarak MP3.0 insan sağlığını daha ileri götürüp geliştirmek için güncel ve güçlendirilmiş öğrenim yeteneklerini destekleyerek mesleğe yeni başlayanlar ve profesyonellerin daha iyi olmasını sağlayacaktır. Eğitimin genişletilmesi MP3.0'ın medikal fizik müfredatının önemli bir parçası olmasını amaçlamaktadır.
- Liderlik yönü, MP3.0 akıl ve mücadelenin kritik önemini tanıyıp yönetim ve idarede sağlığa etkinlik ve özgüven için teşvik eder. Bu aynı zamanda sağlıkta, akademik veya yönetimde medikal fizik katılımcılarının daha fazla cesaretlendirilmesini içermektedir ki bu ise medikal fizikçilerin bilimsel yeteneklerinin sınırını genişletmesine ve etkili olmasını sağlayacaktır.

Devamlılık

Süreklilik alıştırma ve uzmanlığın genişletilmesinin pragmatizm ile takibini gerektirmektedir, böylece istenilen sonuçlar ulaşılabilir hale gelebilir ve sınırlı ve azalan kaynaklar bağlamında sürdürülmelidir. MP3.0 pratik anlamda sağlam yollar bularak, pragmatik donanım ve yazılım kaynakları ile, gerçekçi insan gücü modelleri, yeni eğitim stratejileri ve kaynakların

değerlendirilmesini amaçlayarak keşfetmek istemektedir. Bu şekilde, süreklilik sadece akıllı uygulamacıları “smart practitioners” değil aynı zamanda akıllı model pratiği, akıllı aygıtlar ve akıllı kuralları da gerektirecektir. Süreklilik, yeni kaynakların meşrulaştırılmasını içermeyebilir fakat medikal fizik sorumluluklarının serbest kaynaklara aktarılmasını ve böylece yeni hedeflere kilitlenmelere olanak sağlayabilir.

Görülebilirlik

Görülebilirlik mesleğin etkin bir şekilde sağlık hizmeti sağlayıcılarına (örneğin, doktorlar, medikal fizikçiler yardımcı sağlık çalışanları) yöneticiler ve hastalara görünmesini içermektedir. MP3.0 yukarıdaki bileşenlerin her birine fiziğin değerli katkılarını etkili bir şekilde ifade etmek ve haklı göstermek için akıllı savunma işini yaparak “smart advocacy” gelişmesini amaçlamaktadır.

Sonuç ise aşağıdaki şekilde özetlenmektedir.

5.ÖZET

Ekonomik, teknolojik ve düzenleyici kuvvetler nedeniyle sağlık sistemi ani dönüşüm dönemine gidiyor. Bu ise beraberinde medikal fizik disiplinlerine büyük mücadele ve fırsat alanları oluşturmaktadır. Medikal fiziğin insan sağlığına sürekli ve etkili katkısını gösterdiğinden ve bütünde alanın gelecekteki bu mücadelede olduğundan emin olmalıyız. Bu bağlamda, Medikal Fizik 3.0 (MP3.0) AAPM in bu alanda inisiyatif olarak oluşturduğu bir rehberdir. Tıbbın kendisi gelişirken disiplinin evrimini somutlaştırmak için MP3.0 sağlığın diğer alanlarında olan birçok benzer inisiyatifler ile aynı durumdadır. Bu inisiyatifler kendi geleneksel modellerinin değişmesinin gerektiğinin önemini kabul ederek ani

değişen, hali hazırdaki durumda değerli kalmayı sürdürebilmeliler. MP3.0 sürdürülebilir mükemmellikle hastaya daha fazla odaklanarak, (teknolojinin aksine) bilim ve servis destekli, sistem odaklı düşünce ile medikal girişimleri tamamen hasta yararına yapmayı hedeflemektedir. Geniş anlamda MP3.0'ın üç stratejik izdüşümü:

- Uzmanlık, medikal fizik uygulamasında bilginin mükemmelliği her iki alanda da hali hazırdaki uygulama (klinik, bilimsel, eğitimsel ve liderlik) ve gelecekte medikal fiziğin ilerleyebileceği alanlarda bütün tutmaktır.
- Sürdürülebilirlik, mesleğin uzun dönemde değerinden emin olmak ve sağlamak için ihtiyaçlara işaret etmektedir.
- Görülebilirlik, medikal fizikçinin klinik rolünün klinik meslektaşlar, yöneticiler ve hastalar tarafından kabul edildiğine işaret etmektir.

Bugüne kadar, MP3.0 komitesi web varlığı oluşturarak uygulamalar, büyüyelebilecek alanlar, teşvik edici hikayeler ve video ürünleri ki bunlar öğrenci adaylarına, medikal fizikçilere, hastalar ve yöneticilere yönelik seçilmiştir. Ayrıca, yönetici dergilerinde ve tıbbi fizik dergilerinde (5), ulusal ve uluslararası konferanslarda sunumlarda (19), yüz yüze ve sosyal medya etkinliklerinde (3) çok sayıda makaleye öncülük etmiştir. Gelecekte planlanan faaliyetler arasında, paydaşların anketleri, AAPM Konseylerinin faaliyetleri ile sinerji iş birliği, medikal fizik mesleği ile ilgili önemli Performans Göstergeleri tanımına öncülük edilmesi ve alt-komitelerdeki ilerlemeleri içermektedir. (Bunların her biri akıllı uygulamacılar, akıllı büyümeler, akıllı aletler, akıllı uygulama, akıllı kurallar, akıllı savunmalar ve akıllı iletişim gibi

konulara odaklanacaktır.) Bu dokümanda ortaya konan başlıkları geliştirmeye ve mesleğin uzun dönemde değerini geliştirmek için yeni stratejiler geliştirirken tıpta çalışan tüm fizikçilerden iş birliği, geribildirim ve eleştirilerini bildirmeye davet ediyoruz.



**Med. Fiz. Uzm. Basri Günhan
(Ph.D.)**

Neolife Tıp Merkezi İstanbul

İlk ve orta öğretimini Malatya'da tamamladıktan sonra 1989 yılında Ankara Üniversitesi Fen

Fakültesi Fizik Mühendisliği bölümünden lisans diplomasını aldı. Askerlik görevini takiben 1991 yılında İngiltere'de The University of West London'da (Brunel University) MSc. in Medical Radiation Physics programına devam etti. 1997 yılında İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalında Medikal Fizik Uzmanı olarak çalışmaya başladı. İstanbul Üniversitesi Onkoloji Enstitüsü Tıbbi Radyofizik Bölümünde 2001 yılında yüksek lisansını ve 2010 yılında aynı bölümde doktorasını (Ph.D.) tamamladı. Çalışma hayatına 2007 yılında İtalyan hastanesinde devam etti ve 2010 yılında halen görev yapmakta olduğu Neolife Tıp Merkezinde çalışmaya başladı.

YAPAY ZEKA / MAKİNE ÖĞRENMESİ / MEDİKAL FİZİK

Haluk Orhun

Giriş: Editörün notu

A APM, Medical Physics(MP)'dergisinin Mayıs 2020 (Volume 47/Issue:5) tarihli sayısı büyük oranda "Makine Öğrenmesinin (MÖ) Modern Medikal Fizikteki Rolü" konusu üzerine yoğunlaştı. Bu alanda değişik uzmanlardan alınan makaleler okuyuculara sunuldu.

MP Dergisinin Yapay Zeka (YZ)'nın önemli bir kolu olan Makine Öğrenmesi ile ilgili makalelerini çok kısa özetleri ile sınırlı tutarak meslektaşlarımıza sunmak istedik. Amacımız ilk kez online dergimizde MÖ ve Yapay Zeka konusuna yer vererek tartışılmasına aracılık etmektir. Yoğun istatistik ve matematik, yoğun yeni kavramlar içeren bu yapının öğrenilmesinin bu özet yazı ile olanaklı olmadığını biliyoruz.

Ancak bu özeti bir başlangıç olarak görmek gereklidir. Yazıda geçen bazı İngilizce kelimeleri Türkçeleştirmek için çaba göstermedik ve orijinal adı ile kullandık. İleriki günlerde bu kelimelerin Türkçe anlamlarına kavuşacağını umuyoruz.

Daha sonraki sayılarımızda YZ ve MÖ konularına sürekli yer vermek istiyoruz. Sizlerden gelen istek, öneri ve yazılar doğrultusunda. Böylesine önemli olarak gördüğümüz bu alanın değerli meslektaşlarımız tarafından sahip çıkılıp çoğaltılmasının önemini burada vurgulamak istiyoruz.

Modern medikal fizikte Makina Öğrenmesi/Derin Öğrenme'sinin önemi:

Yapay zeka (YZ) /(Artificial Intelligence-AI), 4. sanayi devriminden bu yana bilimsel yaşamımızda en

temel dönüşüm olarak düşünülmektedir. Endüstriyle beraber YZ'nın en büyük yansıması tıp alanında hissedilmekte olup, bilgisayarlardaki hastaya özgü bilgilerin kullanılması ve bu aşamada medikal fizik alanındaki teşhis ve tedavi yöntemleri makine/derin öğrenme algoritmalarının kullanılmasına olan ilgiyi arttırdı. Hastaya özgü bilginin boyutu ve ulaşılan bilgi işlem gücünün çok yüksek olması çeşitli teşhis ve tedavi yöntemlerinde makine/derin öğrenme (ML/DL) algoritmalarını kullanmaya yönelik büyük ilgi gündeme geldi. Doğal olarak bu süreç doktorlara teşhiste önemli bir zaman ve destek sağladı. YZ'nın **radlyolojide**, bilgisayar yardımıyla hastalığı yakalama, sınıflandırma, teşhis, **radlyasyon onkolojisinde** otomatik konturlama, tedavi planlaması, yanıt ve kantitatif görüntü modelleme (radiomics, radyogenomics), görüntü rehberliği, hareket takibi ve kalite güvencesi (QA) gibi uygulamaları ilk akla gelen başlıklar olarak sayabiliriz. Bilgisayar Destekli Tanı yöntemi, yapay zekanın tıptaki en erken başarı öykülerinden biridir.

Bu arada, YZ uygulamaları içindeki sorunları, kısıtlamaları, tuzakları ve riskleri de unutmamak, gündemden uzak tutmamak çok önemli ve gereklidir. 1950'lerin sonlarında modern YZ ve MÖ'nin başlangıcından bu yana, medikal fizikçiler, YZ destekli tıbbın bu yeni çağını başlatarak, radyolojide karar destek sistemleri ve radyoterapide tedavi planlaması da dahil olmak üzere tıpta gelişmeleri ve uygulamaları konusunda en ön sırada yer almaktadır. Bununla birlikte, bu yeni dönem, YZ'nın çeşitli tıp alanlarında etkili, etik ve güvenli bir şekilde uygulanması için benzersiz teknik zorluklar da sunmaktadır. Hesaplama becerileri ve alan bilgisi ile, medikal fizikçileri

araştırmacı ve son kullanıcı olarak bu zorlukların üstesinden gelmek için benzersiz bir konumdadır ve bu dönüştürücü teknolojilerin uygun ve güvenli bir şekilde uygulanmasını sağlar.

Medikal fizikçilerin YZ konusunda klinik ile teknoloji arasında bir köprü ve en uygun ve benzersiz bir itici rolü olduğu, yeni teknolojileri geliştirmeye yönelik en başarılı meslek olduğu tıp ve özellikle radyasyon onkolojisi alanında tartışmasız kabul edilmektedir.

Medikal fizikçiler için makina öğrenmesi/derin öğrenme'ye giriş

Yapay (YZ) Zeka Nedir; İnsan beyni öğrenme, anlama, problem çözme yeteneğine ve karar verme özelliğine sahiptir. Bu sonuç insanın zeki olduğu anlamına gelir. İnsanın bu davranışlarının benzerini bir bilgisayara yüklenerek zeki makinalar yaratılması hedefine İngilizce olarak "Artificial Intelligence/AI), Türkçe olarak "Yapay Zeka/YZ" adı veriliyor. Günümüzde YZ, sürücüsüz arabalar, üretimdeki robotlar, akıllı şehirler, satranç ve benzeri oyunlar, tıp ve diğer sektörlerde yer alıyor. Ek olarak YZ, yüz tanıma gibi görsel algı, konuşma tanıma, karar verme ve dil çevirisi gibi normal insan zekası gerektiren işlerin yapılmasını sağlayan bir dizi olanak sağlıyor.

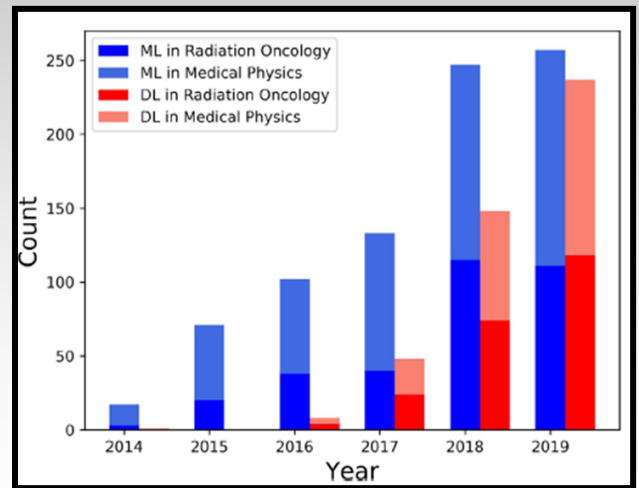
YZ doğası gereği, beyin nasıl öğrenir, nasıl karar alır, nasıl problem çözer sorularına cevap verebilmek ve kendi zekasını oluşturabilmek için gelişmiş algoritmalar, s/w'ler ve sistemlere yer verir.

YZ yalnızca bir bilgisayar bilimi olarak değil, fizik, matematik, istatistik, fizyoloji, biyoloji, sosyoloji, nöron bilimi, gibi disiplinler arası bir ortak çalışmayı kullanır.

Sonuç olarak, YZ'nin insan beynini taklit etmeyi planlayan ve değişik bilimlere bünyesinde barındıran bir bilim dalı olduğunu söyleyebiliriz.

Makine Öğrenmesi (MÖ) ve Derin Öğrenme (DÖ)

Nedir ?; MÖ ve DÖ, YZ'nin bir alt birimleridir. Başka bir ifade ile YZ şemsiyesinin altında yer alır ve özellikle tıp, onkoloji ve medikal fizik alanında son yıllarda çok büyük ilerleme kaydetmiştir (Resim 1.) Bu araçlar, çok önemli uygulamaları ile kullanıldığı alanda büyük katkılar sağlamaktadır.



Resim 1: Son yıllarda Radyasyon Onkolojisi ve Medikal Fizik alanında MÖ ve DÖ ile ilgili yayınların sayıları.

Örneğin hastalığın yakalanması, teşhis, görüntü segmentasyonu, otomatik tedavi planlaması, kalite güvencesi (QA), radiomics, outcome modelling vb. gibi.

Makine Öğrenmesi (MÖ)'nin temel amacı geçmişteki verileri kullanarak gelecek için tahminlerde bulunmaktır. Bu problemleri çözmek için Makine Öğrenmesi yöntemleri geliştirilmiştir. Makine öğrenmesi, bir problemi o probleme ait veriye göre modelleyen bilgisayar algoritmalarının genel adıdır. Bu nedenle MÖ, herhangi bir kod yazmadan veri kümesi hakkında ilginç şeyler söyleyebilen bir algoritma oluşturulmasıdır. Algoritma, gelen veri ile ilgili olarak kendi mantığınca verileri sınıflandırabilir, gruplayabilir. Doğru tahminler yapabilmek için algoritma eğitilebilir.

Makine öğrenmesi genel olarak 3 bölüme ayrılabilir:

- Denetimsiz (Unsupervised Learning) Öğrenme
- Denetimli (Supervised Learning) Öğrenme
- Pekiştirilmiş Öğrenme

Bu kavramları açıklamadan önce bir örnek üzerine yoğunlaşalım. Bir sepette 4 çeşit meyva olsun. Örneğin elma, kiraz, muz ve üzüm. Bu sepet resmi üzerinden meyvaların gruplandırılarak isimlerinin ve sayılarının ne olduğu algoritmadan isteniyor olsun.

Denetimsiz öğrenme kullanıldığında, kullanılan algoritma, meyveler konusunda önceden eğitilmediği (öğretilmediği) için meyveleri sadece rengine, büyüklüğüne göre gruplayabilir. İsmi ve diğer özellikleri konusunda bir tahminde bulunamaz. Bu tür algoritmalara kümeleme (clustering) adı verilir.

Denetimli öğrenme algoritmaları daha önce meyvelerin özellikleri konusunda eğitildiği için meyvelerin büyüklüğüne, rengine ve şekline göre meyve isimlerini çok hızlı olarak verilebilir. Sonuç üzerinde tahmin yapabilir ve geliştirebilir. Bir anlamda, meyvelerin tüm özellikleri bir girdi olarak kullanılmaktadır. Bu tür algoritmalara örnek olarak, logistic ve lineer regresyon örnekleri verilebilir.

Özet olarak, Denetimli öğrenmede oluşturulan model ile, bir grup girdi değerine karşılık onlara ait hedef değerleri verilerek aralarındaki ilişkiyi öğrenmesi ve hedef değerlere en yakın çıktıların üretilmesi amaçlanır. Elde edilen en iyi model, yeni girdi değerleri için en yakın çıktıyı da verebilecektir. Denetimsiz öğrenmede ise hedef değerleri olmadan sadece girdi değerleri arasındaki ilişki ortaya çıkarılmaya çalışılır. Bu ilişkiler yardımı ile birbirine

yakın değerler gruplandırılır yani kümeleme yapılır. Yeni bir girdi bu kümelerden hangisiyle ilişkili ise o kümeyle ait olacaktır.

Pekiştirmeli (takviyeli) öğrenme yönteminde, hedef çıktıyı vermek için bir danışman yerine, elde edilen çıkışın verilen girişe karşılık iyi ya da kötü olarak değerlendiren bir kriter kullanılmaktadır.

Derin Öğrenme ise bir veya daha fazla gizli katman içeren beyin yapısı içinde var olan yapay sinir ağları ve benzeri makine öğrenme algoritmalarını kapsayan çalışma alanıdır. Yani en az bir adet yapay sinir ağının kullanıldığı ve bir çok algoritma ile, bilgisayarın eldeki verilerden yeni veriler elde etmesidir. Yakın zamanda görüntü tanıma problemlerinde ve doğal dil işlemede muazzam başarı gösteren derin öğrenme, geniş makine öğrenimi algoritmaları ailesinin bir alt kategorisidir. Genellikle sinir ağı modeli (neural network) mimarilerine dayanır, ham girdilerden kademeli olarak daha yüksek seviyeli özellikleri çıkarmak için birden çok katman kullanır.

MÖ ve DÖ için veri gereksinimi:

Pratik tıbbi problemleri çözmek için makine ve derin öğrenme modelleri oluştururken, önce başarılı bir eğitim için ne kadar veriye ve beklenen verinin kalitesine ihtiyaç duyulduğu çok önemlidir. İstatistiklere göre MÖ / DÖ algoritmaları için hazır tarifler olmadığından, cevap genellikle karmaşık olabilir. Bu amaçla geliştirilmiş simülasyon öğrenme eğrileri oluşturularak yeterli veri hesap edilebilmektedir.

MÖ/DÖ, medikal fizik ve uygulamalar:

MÖ ve DÖ algoritmaları, radyasyon onkolojisinde verimliliği ve güvenliği artırma, tedavi planlaması ve kalite güvencesi alanında kendine önemli bir yer bulmuştur. Bu araçlar aynı zamanda sonuç tahminini

ve radyasyon onkolojisi tedavisinin kişiselleştirilmesi ve iyileştirilmesi amacıyla da kullanılabilmektedir. Bu olanakları etkin bir şekilde kullanmak için, medikal fizikçilerin eldeki sorunu tanımlamaları, MÖ / DÖ işleyişini bilmeleri, kullanmak için uygun algoritmaları / modelleri belirlemeleri, uygun büyüklükte verileri toplamaları ve uygun şekilde doğrulama gerçekleştirmeleri gerekir. Olası tuzaklara ve bunlardan nasıl kaçınılacağına dikkat edebilmelidir. Dahası, MÖ/ DÖ algoritmalarını standart klinik iş akışına yerleştirmek de çok önemlidir. Medikal fizikçiler, devam eden eğitimlerinin bir parçası olarak en son MÖ / DÖ gelişmelerinden haberdar olmalı, ilgili literatürü rutin klinik uygulamalar için daha yakından tanımaları gerekmektedir.

Radyoterapide Kalite Kontrolü: Makine Öğrenmesinin rolü ve araçları:

Kalite Güvencesi (QA) ve Makine Öğrenimi (ML), birçok kesişme alanına sahip çok önemli konulardır. Radyasyon Onkolojisi ve medikal fizikçi alanında bu iki kavramın nasıl ilişkili olduğu bu bölümde vurgulanmak istenmektedir.

Bilindiği üzere tedavi planlamalarında kullanılan pencil beam ve monte carlo algoritmaları bir anlamda Artificial Intelligence (AI) ve ML uygulamalarına benzer. Gelişmiş ML yöntemleri kullanarak yalnızca tedavi planlamasındaki QA uygulamaları, görüntülerin doğruluğu, planlamalardaki hataların bulunması ve sayılarının azaltılmasını değil, hasta için reçete edilen tedavi planının en iyi şekilde nasıl uygulanacağı hakkında uzman görüşü gerektiren yönleri de kapsama alanına alır. Bir anlamda girilen verilerin çıktı (plan) üzerindeki sonuçlarını önceden tahmin edebilir.

Knowladge Temelli Planlama:

Günümüzde, 3D konformal radyasyon tedavisi

planlamasından sonra "inverse" tedavi planlama aşamasına geçilmiştir. Burada amaç, hedeflenen klinik sonuçların bir matematiksel yöntem (algoritma) kullanılarak optimize edilmesidir. Ancak çok sayıda parametrelerin devreye girmesi, bunların incelenmesi ve en doğru sonucun (planın) bulunması oldukça zordur veya kolay değildir. "inverse" planlamayı bir üst düzeye çıkarmak amacıyla daha önce onaylanmış planların verileri ve daha önceki deneyimler kullanılarak, karşılaştırma yöntemiyle hedefe yönelik en sağlıklı planı bulmak için "Knowladge Temelli Planlama KBP" geliştirilmiştir. Böylece, daha verimli, doz-volüm sonuçlarına , kabul edilebilir ve daha yüksek tedavi kriterlerine ulaşılabilir. KBP yönteminde, planlanın kalite kontrolleri KBP'nin denetiminde bir uygulama (algoritma) yoluyla olmayıp, başka bir algoritma kullanılarak ve manuel olarak hesaplanmaktadır.

Görüleceği üzere, kullanılabilen verilerin niteliği (sınırlılığı ve azlığı) ve kalite kontrolü konusu KBP planlamasında daha yeni tekniklerin gündeme gelmesine olan ihtiyacı arttırmaktadır.

Dozimetrik QA:

MÖ kullanarak ve dozimetrik prosedürler geliştirilerek elde edilecek plan sonuçlarının tahmin edilebilmesi mümkün görünmektedir. Böyle bir model, başarısızlık riski taşıyan planların denetlenmesi için de kullanılabilmektedir.

Düşünülen model, öngörülen dozun ve dolayısıyla doz volüm histogramı'nın dağılımını ve ikinci olarak, tedavi cihazının elde edilen planı uygulama performansını önceden tahmin etmekte çok önemli bir gelişme sağlayabilecektir.

MÖ aracılığıyla üretilen planların kalitesi (QA), veri kaynakları zenginleştikçe, olgunlaştıkça, büyüdükçe,

algoritmalar geliştikçe yükselecek ve artacaktır.

Burada en önemli konu, uygulamalarda MÖ yoluyla elde edilen planların test edilip doğrulama ihtiyacının da artacağına, beklenmeyen zayıf sonuçlarla karşılaşılabilmesinin unutulmamasıdır.

Veri Kalitesi:

Girilen veri yapısının ve biçiminin belirsiz ve zayıf olduğu durumlarda, MÖ modellerini oluşturmak, sonuç ile ilgili tahminleri yapmak önemli zorluklara neden olmaktadır. Verilerin eksik olması ve standart olmaması MÖ algoritmalarının gücünü azaltmaktadır.

Modelleme sınırlamaları:

Son dönemlerde, verilerin büyüklüğü ve yapılarına bağlı olarak MÖ yerine DÖ algoritmalarının kullanılmasının daha etkin bir yöntem olduğu ifade edilmektedir. Test edilen modelin öğrenme eğrisi ve sistemin optimizasyonu için gereken hasta sayısının (veri girişinin) önemini burada vurgulamak gereklidir.

Sonuç:

Radyasyon onkolojisinde, MÖ modellerine bağlı olarak, çok büyük bir potansiyelin olduğu bilinmektedir. Özellikle, otomatik tedavi planlaması ve QA bu potansiyelin çok önemli iki ayağı olarak öne çıkmaktadır.

MÖ'nin uzun vadede medikal tedaviye yönelik yeni yaklaşımlarının hızla gündeme gelmesi beklenmektedir. Özellikle, radiomiks ve radyogenemiks gibi bilimsel yaklaşımların devreye girmesi ile birlikte daha kapsamlı radyoterapi planlamalarının yaratılması gündemdedir.

MÖ araçlarının, sisteme entegrasyonu sırasında insan gözetimi, karar verme ve müdahale etme noktalarının önceden belirlenmesi çok önemlidir.

Bu zorlukların üstesinden gelmek, üretici firmalar dahil, radyasyon onkolojisi topluluğunun uyumlu

çabalarını gerekli kılmaktadır. Böylece, MÖ araçlarının üstleneceği sayısız rol hasta bakımı ve tedavisi için çok yararlı bir hal alacaktır.

Radyasyon Tedavisi Sonuç Modeli ve Tahmini için Makine Öğrenmesi:

Yeniden tekrar edersek, MÖ'in radyasyon onkolojisinin değişik alanlarında artan bir yeri bulunmaktadır. Örneğin, tedavi planlaması ve optimizasyonu, segmentasyon, QA, konturlama ve görüntü rehberliğinde radyoterapi gibi. Bu bölümde radyasyon sonuç modelinin yaşamasal bölümleri olan lokal tümör kontrolü (TCP) ve normal doku komplikasyonu (NTCP)'nin MÖ ile olan ilişkisi üzerinde durulmaktadır.

Yakın geçmişte, bu yaklaşımlar lineer quadratik model aracılığı ile tedavide uygulanan model doz ve doz sonuçları gibi dozimetrik faktörler üzerine kurulu iken, MÖ algoritmaları ile doz sonuçları dozimetrik olmayan faktörleri de kullanarak hesaplanmaktadır. Örneğin, Komorbidite, yaş, performans durumu, görüntüleme, genetik bilgiler gibi.

Radyoterapinin multidisipliner özelliği gün geçtikçe daha baskın bir rol almakta, normal ve tümör dokusunun kontrol olasılığı medikal fizikçiler ve radyasyon onkolojisi uzmanları için çok önemli olmaktadır. Ek olarak en fazla karşılaşılan zorluklardan biridir. Daha önce de bahsedildiği gibi, radyasyon onkolojisi MÖ tabanlı yöntemlerin geliştirilmesi için çok uygundur. Ancak bu algoritmaların yetersiz ve dengesiz verilerden kaynaklanan yanıltıcı etkilerine karşı uyanık olmak da çok önemlidir.

Radiomiks için Makine Öğrenmesi ve Derin Öğrenme Yöntemleri:

Radiomiks, medikal görüntülerin, büyük ölçekli veri

araştırması aracılığı ile, klinik ve biyolojinin en uç noktalarına ulaşarak nicel görüntü analizinden ortaya çıkan yeni bir alandır.

Bu gereksinim, medikal görüntülerinin insan gözünün gördüğünden çok daha fazla zenginlik taşıdığının bir sonucu olarak ortaya çıkmıştır. Örneğin, MRI, CT, PET ve USG gibi değişik modalitelerden elde edilen ve radiomiks özellikler diye bilinen görüntünün yoğunluğu, şekli, büyüklüğü, hacmi ve tümör yapısı geniş bir bilgi sağlamaktadır. Tümör biyopsisinin aksine, üç boyutlu bir değerlendirme olanağı sunar. Böylece, MÖ ve DÖ algoritmaları aracılığı ile teşhis ve hastalığın geleceği ve tedavi sonrası yaşam beklentisi ve tedavinin yan etkileri üzerine tahmin edici bilgi verir.

MÖ ile tümörün iyi veya kötü huylu olmasının değerlendirilmesi yanında, tümörün konturunun çizilmesi de gerçekleşir.

Sonuç olarak radiomiks, kanser tedavisinde kullandığı yeni giriş parametreleri sayesinde MÖ ve DÖ algoritmaları aracılığı ile geleceğe yönelik yeni tahmin olanakları sunmaktadır.

Radyoterapide Genomiks Modeli: İstatistikten Makina Öğrenimine

Radyoterapide, RadyoGenomiks, normal ve tümör dokusunun radyasyona tepkisini inceleyen gen ile ilişkili değişkenlerin toplamının incelenmesi olarak ifade edilebilir.

Radyoterapi tedavilerinin kişiselleştirilebilmesi için radyoGenomiks verilerinin MÖ veri girişlerine eklenmesi gereklidir. Böylece, kullanılan MÖ algoritması kişisel olarak tedavi sonuçlarını daha hassas olarak tahmin edebilme yeteneğine kavuşacağı düşünülmektedir.

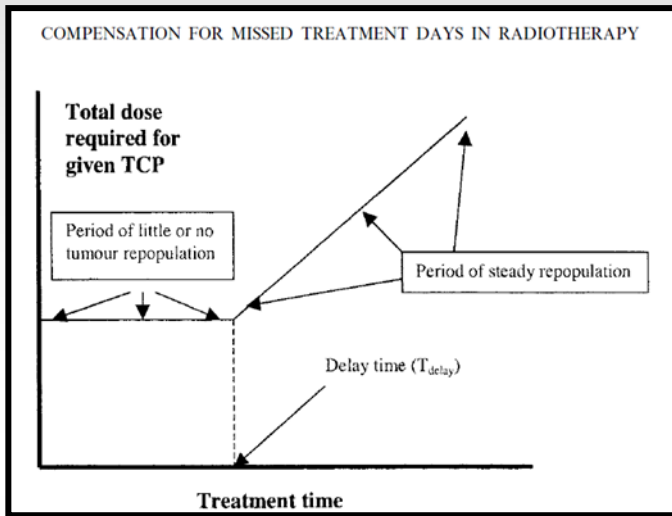
Kaynak

- Medical Physics, Vol.47, No.5, May2020

ARA VERİLEN TEDAVİLERDE HESAPLAMA YÖNTEMİ: GAP HESABI

Med. Fiz. Uzm. Habibe ALTAŞ

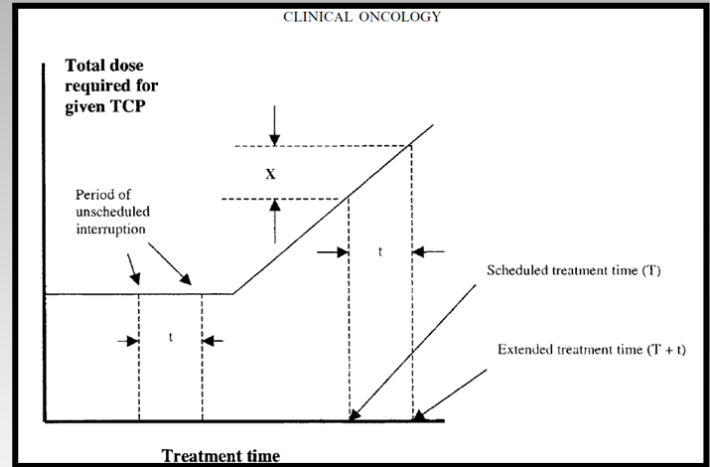
Bir radyoterapi tedavisinde, tedavinin planlanmamış olarak kesintiye uğraması (gap) hızla artış gösteren tümör hücrelerinde lokal kontrolün azalmasına neden olur. Bu şekildeki tedavi boşlukları daha önceden yapılan çalışmalar ile hesaplanarak toplam tedaviye eklenip verilen eksik dozun tamamlanması sağlanmıştır [1,2].



Resim 1. Tümör kontrol olasılığı (TCP) için verilecek toplan dozun tedavi süresini nasıl değiştirdiğini gösteren şema. Yatay çizgiden sonraki eğimli artış gecikme süresinden sonra dozun nasıl sabit bir şekilde arttığını göstermektedir.

Resim 1.'de tümöre karşılık verilen toplam dozun (örn. 2 Gy fraksiyonlar halinde doz verildiğinde TCP %50) varsayılan tedavi süresini şematize etmektedir. Eğer tedavi, tümör hücrelerinin yeniden çoğalmasından önce tamamlanabilirse (T_{delay} olmadığı durum söz konusu olduğunda) planlanan doz sabittir ve T_{delay} 'den bağımsızdır. Ancak T_{delay} süresi eklendiğinde tümörün hücrelerinin çoğalması (repopülasyonu) eklenmekte ve doz zamana bağlı olmaktadır. Bu koşullar altında repopülasyon etkisiyle reçete edilen

dozun gün olarak telafi edilmesi için ekstra doz eklenmesi gerekmektedir.



Resim 2: Planlanmamış bir tedavi boşluğunun tedavi uzamasına olan etkisini gösteren şema. Eğer tedavi uzamasıyla oluşan tümör repopülasyonu için buna ekstra doz (X) verilmesini gösterir.

Formüller;

Biyolojik etkin doz (BED) ;

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

n fraksiyon sayısı, d fraksiyon başına doz, T toplam tedavi süresi, T_{delay} tedavi başladığı andan itibaren ertelenen zaman, α ve β (Gy) radyosensitivite parametreleri ve K (Gy gün⁻¹ 1 günlük repopülasyonun BED eşdeğeridir. Köşeli parantez içindeki ifade bağıl etkinlik faktörüdür (RE). α/β ve K dokuya özgüdür ve BED hesaplanırken uygun değerler seçilmelidir. Örneğin BED_3 gösterimi α/β değerinin 3 olarak alındığı 100 Gy₃ şeklinde ifade edilmektedir. Alt indis kullanımı benzer boyutlarda olmasına rağmen biyolojik dozun fiziksel dozdan kavramsal olarak farklı olduğunu belirtmektedir. Örnek olarak Gy₁₀ olarak ifade edilen biyolojik dozun ölçüm sonucu ortaya çıkan Gy₁₀ değerlerine

eklenebilirken Gy₃ biyolojik dozunun bu değere eklenmesine izin verilmez.

$$BED = n \times d \times \left[1 + \frac{d \times (1 + h)}{(\alpha/\beta)} \right] - K \times (T - T_{delay}) \quad (2)$$

Buradaki revize edilmiş olan (2) nolu denklemdeki h ifadesi tamamlanmayan onarımın artış faktörüdür. Fraksiyonlamanın farklı olduğu vakalar için bu değer kullanılması önemli olduğunu belirtmek gerekir.

Baş-boyun kanserlerinde genellikle α/β değeri RTOG'de belirtilen 10 Gy değeri kullanılmaktadır [3,4]. Geç yanıt veren normal dokular için α/β değeri genellikle 3 Gy olarak alınır. Beyin ve Spinal Cord gibi kritik organlar için hesaplamaların 2 Gy eşdeğeri alınarak yapılması gerekmektedir. Repopülasyonu dengelemek için BED'e karşılık gelen dozu temsil eden K değerini 0,9 Gy gün⁻¹ olarak verilmiştir [5,6]. Örneğin günlük 2 Gy fraksiyon kullanıldığında, günlük fiziksel doza $T_{delay} = K/[1 + 2/10] = 0,75$ Gy gün⁻¹ gerektirmekte, bu da her gün başına verilen 2 Gy fraksiyonu için (0,75/2)×100=%38'lik bir değer, repopülasyonla mücadelede boşa gitmektedir.. Serviks tümörleri için zaman faktörü baş-boyun tümörlerine oranla yaklaşık yarısı kadardır (≈0,5 Gy gün⁻¹) Meme tümörleri için K faktörü 0,3 Gy gün⁻¹ civarında olması muhtemel iken, prostat tümörleri için 0,1-0,3 Gy gün⁻¹ arasındadır.

Kesilen her tedavi bireysel olarak değerlendirilmelidir ve bu da dizi genel adımın izlenmesini gerektirecektir: Planlanmamış bir gap meydana geldiğinde, önce kalan tedavi süresi ve verilecek fraksiyon sayısını belirlenir. Hafta sonları tedaviye devam etmek veya tedavinin tamamını ya da bir kısmını günde iki defa vermek şeklinde başlangıçta reçete edilen tedavi süresini koruyarak vermenin bir yolu olup olmadığını

araştırılır. Eğer bu mümkünse radyobiyojik hesaplamalar yapmaya gereksinim olmayabilir. Verilecek 1 ve 2 numaralı örnek böyle bir durumla ilgilidir. Bu seçenek mümkün değilse (yani belirtilen tedavisi süresi içinde tedaviyi tamamlamak mümkün değilse):

- Öncelikle belirtilen program için normal doku ve tümör BED'lerini hesaplanır. Her iki BED'de (1) nolu formül ile hesaplanır ancak geç reaksiyona giren normal doku için K değeri sıfır alınır.
- Planlanmamış gap'e kadar toplam tedavi için verilen dozun BED'i yani Pre-gap BED'i belirlenir.
- Verilecek geç normal BED'i yani Post-gap BED belirlenir.
- Tedavi süresini minimum arttırması muhtemel tedavi seçeneklerini gözden geçirilerek (günde iki fraksiyonasyon, hiperfraksiyonasyon veya arttırılmış fraksiyon dozları gibi), daha sonrası gerekli geç normal BED değerini elde edebilmek için fraksiyon başına gerekli olan doz hesaplanır (Verilecek 3-5 numaralı örneklerdeki gibi).
- Tercih edilecek telafi seçeneği için normal doku ve tümör ait hesaplanan BED'ler tekrar gözden geçirilir. Eğer tümör BED'i başlangıçta belirlenenen önemli ölçüde küçük ise telafi dozunun ayarlanabilmesi için klinik değerlendirme gerekebilir. (Verilecek 4-5 numaralı örneklerdeki gibi).

Verilen örneklerde plan dışı kesintilerin çoğunluğu 5 gün veya daha kısa süreli kesintiler içeriyorsa hesaplaması nispeten kolaydır. Sadece 1 ila 2 günlük boşluklar farklı merkezlerde farklı şekillerde uygulanmaktadır. Örneğin 46 günlük tedavide baş-boyun tümörü için (kategori 1) 70 Gy/35fx'lik bir

Tablo 1. Oluşan Gap'ler için seçilecek yöntemlerin yarar ve zorluklarını içeren tablo [6]

Yöntem	Yararları	Zorlukları
(1a) Fraksiyon başına toplam doz ve zaman hafta sonu günlerinde gerektiği gibi davranarak koruyun	Genel süre, fraksiyon boyutu, fraksiyonlar arası aralık ve Terapötik indeks korunur.	Uygun olmayan saat ve maliyetler. Programın sonunda meydana gelen boşluğun uygun olmaması.
(1b) Gerektiğinde günde 2 kez tedavi ederek fraksiyon başına dozu ve zamanı koruyun.	Genel süre ve fraksiyon boyutu korunur.	Zamanlama zorlukları ve 6-8 saatlik aralıkla verilmesi gereken birkaç fraksiyon ile muhtemel geç normal doku tolerans kaybı
(2a) Gerektiğinde Gap süresi için fraksiyon başına dozu arttırarak toplam süreyi koruyun.	Her tedavi gününde bir fraksiyon mevcut ve toplam süre korunur.	Fraksiyon başına yüksek doz kullanılan uygulamalar için uygun değildir. Tümör kontrolü için eşdeğerlik aranması geç reaksiyonlarda artışa neden olur : Terapötik indeks olumsuz etkilenir. Geç reaksiyonlar için eşdeğerlik aramak düşük tümör dozajına yol açar.
(2b) Gap sonrası toplam süre korunarak düşük değerli geniş fraksiyonların kullanılması.	Toplam süre korunur. Ve hala günde tek fraksiyon uygulanır.	Yukarıda belirtilenlerle benzer sonuçlar.
(3a) Tedavi süresinin uzamasının kaçınılmaz olduğunun kabul edilmesi ve süreyi en aza indirmek için fraksiyon başına artan doz kullanarak fraksiyon ekleyin.	Öngörülen programın kısmen düzenlenmesi	Terapötik indeks olumsuz etkilenmiştir. Hem azaltılmış tümör kontrolünü ve artmış geç etkilerin kabul edilmesini gerektirebilir.
(3b) 3a'da olduğu gibi azaltılmış bir değer ancak günde 2 fraksiyonla tedavi genişletilir.	Öngörülen programın kısmen düzenlenmesi	3a sonuçlarına benzer, ancak terapötik indeks bozulması çok belirgin değil.

program, pazartesi günü başlayan bir tedaviye denk geldiğinde (hafta sonları hariç tutularak) 7 haftalık bir periyotla uygulanabilir, ya da hafta ortası uygulanmaya başlandı ise tedavi sekinci haftaya kadar uzar ve spesifik hesaplamalar gerekir. Yaygın olarak kullanılan 4 haftalık tedaviler için de benzer şekilde hesaplamalar yapılabilmektedir.

Örnek 1. 70 Gy/35fx olarak planlanan 46 günlük tedavi süresince 3. haftanın kaybı (10 fx verilmiş ve kalan 25 fx'lik tedavi dozu): Tedavinin hafta başından itibaren başladığı ve gap sonrası 4. haftanın başı itibariyle tedaviye devam edeceği ve 25 fraksiyonun tamamlanması için kalan 26 günün (hafta sonları dahil edilerek) verilmesi şekilde uygulanan bir telafi yöntemidir. Ancak hafta sonları uygun değilse; hafta içi verilecek 20 gün'e ek olarak kalan 5 fraksiyonun ardışık günler olmamasına önem verilerek arada 6-8 saatlik gap ile günde iki kez tedavi dozunu değiştirmeden verilebilir.

Örnek 2. 70 Gy/35fx olarak planlanan 46 günlük tedavi süresince 6. haftanın kaybı (25 fx verilmiş ve 10 fx kalan tedavi dozu): Tedavinin ilk başlangıç gününün pazartesi olduğu, ve verilen 6. haftadaki aradan sonra 7. haftanın pazartesi günü tedaviye başlanmasıyla birlikte eğer mümkünse hafta sonunu da dahil ederek 7 gün için 7 fx verilmesi ve aralarda boşluk bırakarak bazı günlerde fraksiyon dozu değiştirilmeden tedavi arasında 6-8 saatlik ara verilecek şekilde çift fraksiyon verilerek (örneğin pazartesi, Çarşamba ve Cuma gününe denk gelecek şekilde) planlamada oluşan bu tedavi boşluğu telafi edilebilir.

1'inci ve 2. Örnekte oluşturulan çözüm yolları fraksiyon dozunu ve toplam tedavi süresinde herhangi bir değişim içermemektedir. Bi-fraksiyonlu

günlerin birer gün ara ile uygulanması herhangi bir kantitatif değerlendirme veya ciddi radyobiyolojik durum oluşturmaz. Bir sonraki verilecek örnekler daha zor durumlarda ortaya çıkan vakalar için uygulamaları göstermektedir.

Örnek 3. 70 Gy/35fx olarak planlanan 5. haftanın kaybı (5 fraksiyon): Reçete edilen normal doku BED₃ değeri (1) nolu denklemde K=0 uygulanarak;

$$35 \times 2 \times \left[1 + \frac{2}{3}\right] = 116,7 \text{ Gy}_3$$

bulunur. Gap uygulanana kadarki sürede verilen dozun BED₃'ü hesaplandığında bulunan değer;

$$30 \times 2 \times \left[1 + \frac{2}{3}\right] = 100 \text{ Gy}_3$$

olur. Eksik kalan ve verilmesi gerek BED₃ ise **116,7-100=16,7Gy₃** olarak bulunur ve buradan, tümör için hesaplanan BED₁₀ (1) nolu denklemde K=0,9 ve T_{delay} = 28 gün alınarak:

$$35 \times 2 \times \left[1 + \frac{2}{10}\right] - (46 - 28) \times 0,9 = 67,8 \text{ Gy}_{10}$$

elde edilir. Öncelikle doz tamamlamak için 2 Gy'den 5 fraksiyon daha doz alacakmış gibi ele alırsak (8. haftayı kapsayan biçimde) hafta içinde tedavi edildiği kabul edilerek tedavi süresine 7 gün eklendiği durumda; tümör repopülasyonunu hesapladığımızda **7x0,9=6,3 Gy₁₀** olarak bulunur. Ya da günlük doz periyodunu Cumartesi-Çarşamba günleri arasında planlandığında 5 gün eklemesi gerekir ve önceki alternatife göre daha düşük **(5x0,9=4,5 Gy₁₀)** bir değer elde edilir. Başka bir seçenek olarak da Cumartesi ve Pazartesi günleri için 2 fraksiyonluk bir tedavi düşünersek değerimiz **3x0,9=2,7 Gy₁₀** olur.

Tümör BED₁₀'unu başlangıçta reçete edilene uygun hale getirebilmek için toplam dozu arttırmamız ve bununla birlikte normal doku BED₃'ünü de arttırmamız gerekecektir. Fraksiyon başına dozun artırılması, tedavinin uzamasını en aza indirecektir

ancak geç yanıt veren kritik dokunun fraksiyon başına doz değişikliklerine karşı daha fazla duyarlı olması, normal doku biyolojik dozunu tümörden fazla arttıracaktır. Tedaviye 5 gün eklendiği düşünülerek hesaplama yapılırsa; BED₁₀ (toplam tedavi gün sayısı **46+5=51** gün);

BED₁₀ (pre-gap) + BED₁₀ (post-gap) - Tümör Repopülasyon Faktörü = Gereken BED₁₀

$$30 \times 2 \left[1 + \frac{2}{10} \right] + 5 \times d \times \left[1 + \frac{d}{10} \right] - (51 - 28) \times 0,9 = 67,8 \text{ Gy}_{10}$$

Denklem çözümünden **d=2,62** Gy bulunur. **5x2,65** Gy değeri tümör için gerekli olan dozu verecektir. Daha önce tümör için gerekli olacağını hesapladığımız ekstra gereken BED₁₀ için bulunan **5x0,9=4,5** Gy₁₀ değeri 2 Gy'lik periyotlara eklenemez. Burada dikkat etmemiz gereken husus biyolojik Gy₁₀ ile fiziksel dozun birbirinden farklı olduğu ve toplanamayacağıdır. Normal doku için gerekli telafi dozu ise;

BED₃ (pre-gap) + BED₃ (post-gap)

$$30 \times 2 \left[1 + \frac{2}{3} \right] + 5 \times 2,62 \times \left[1 + \frac{2,62}{3} \right] = 124,5 \text{ Gy}_3$$

Günlük 2 Gy doz üzerinden denklemi revize ettiğimizde

$$\text{Toplam doz } 2 \text{ Gy} \times \left[1 + \frac{2}{3} \right] = 124,5 \text{ farkı Gy}_3$$

74,7 Gy olarak bulunur. 2 Gy eşdeğerlik olarak verilmesi ise **37fx2Gy** şeklinde düzenlenir.

Normal doku dozunun mümkün olandan yüksek olduğu düşünülürse farkı bölmek mümkündür, yani küçük bir normal doku BED₃ artışını kabul ederken öngörülenden daha küçük bir BED₁₀ artışı amaçlanır. Örneğin arttırılmış bir doz olarak fraksiyon başına 2,3 Gy vermek istediğimizde denklem şu şekilde olmaktadır;

$$30 \times 2 \left[1 + \frac{2}{10} \right] + 5 \times 2,3 \times \left[1 + \frac{2,3}{10} \right] - (51 - 28) \times 0,9 = 65,9 \text{ Gy}_{10}$$

Normal doku BED₃'ü ise aşağıda belirtilen şekilde olur.

$$30 \times 2 \left[1 + \frac{2}{3} \right] + 5 \times 2,3 \times \left[1 + \frac{2,3}{3} \right] = 120,3 \text{ Gy}_3$$

Böylece telafi için verilen 2,3 Gy'lik fraksiyon dozu; tümör BED'i ve normal doku BED'i ara verilmiş tedavi için sırasıyla %3,5 düşük, %3,1 yüksek olarak bulunur. Bu her fraksiyon başına verilen yüksek ve düşük değerlerin etkileri, değerlendirilerek test edilebilir. Gap sonrası hipofraksiyasyon seçeneğinin iyi olmadığı vurgulanmakta ve fraksiyon dozu azaltılarak günde iki fraksiyon kullanılabiliyorsa daha iyi bir sonuç elde edilmesi muhtemel olduğu düşünülmektedir [6].

5 günden daha uzun gap süresine sahip olan vakalar ise tedavi süresini arttırdığı için çok daha önemlidir.

Örnek 4. 70 Gy/35fx (46 gün) olarak planlanan tedavide 6. ve 7. haftanın kaybı (10 fraksiyon):

Burada Örnek 3'te olduğu gibi planlanmamış gap'e kadar hasta tedavisi verilmiş, ancak tedavinin önemli kısmı eksik kalmıştır. Tedavi süresinin uzamasını en aza indirmek için günde bir kez tedavi verilmesi gerekiyorsa, günlük fraksiyon dozunun arttırılması kaçınılmazdır. 5 fraksiyonda 8. haftada verilmesi gereken tedaviyi tamamlamak için süreyi 7 gün arttırmak toplam tedaviyi 53 güne uzatmak olur. Geç normal doku BED₃'ü (**116,7Gy₃**) elde etmeye çalışarak fraksiyon başına gereken doz hesaplandığında;

BED₃ (pre-gap) + BED₃ (post-gap) = Gereken BED₃

$$25 \times 2 \left[1 + \frac{2}{3} \right] + 5 \times d \times \left[1 + \frac{d}{3} \right] = 116,7 \text{ Gy}_3$$

d = 3,22 Gy olarak elde edilir. Benzer şekilde tümör BED₁₀ için denklemi hesapladığımızda ise;

$$25 \times 2 \left[1 + \frac{2}{10} \right] + 5 \times 3,22 \times \left[1 + \frac{3,22}{10} \right] - (53 - 28) \times 0,9 = 58,8 \text{ Gy}_{10}$$

bulunur. Fraksiyon başına dozu arttırmamıza rağmen reçete edilen dozdan %13,2 daha az bir BED₁₀ elde

edilir. 8. Haftaya başlanmadan önceki hafta sonu tedaviye mümkünse ve 7 gün boyunca da 2,57 Gy'lik bir fraksiyon dozu verildiğinde ile değer 60,1 Gy₁₀ olarak elde edilir. Eğer 11 fraksiyon 7 güne dağıtılsa (4 gün boyunca günde iki fraksiyon olarak verilerek) gerekli fraksiyon dozu 1,87 Gy'e düşer ve tümör BED₁₀ 61,9 Gy₁₀ olur. Bu son değer hala öngörülen BED₁₀'dan %8,7 oranında az olduğu için, önceki örnekte gösterildiği gibi fraksiyon başına doz arttırılarak elde edilen bir tedavi olarak düşünülebilir. Ekstrem vakalarda günde 3 kez fraksiyonlama ancak tamamlanmayan normal doku onarımından potansiyel zarar dikkate alınarak düşünülebilir.

Bir başka opsiyon olarak da haftasonu veya günde bi-fraksiyon tedavi kabul edilmez ise, hafta içi süresince kalan tedavi **46+14=60** gün uzatılarak verilmiş olur. Bunun için BED₁₀

$$25 \times 2 \left[1 + \frac{2}{10} \right] + 5 \times d \times \left[1 + \frac{d}{10} \right] - (60 - 28) \times 0,9 = 67,8 \text{ Gy}_{10}$$

d = 2,85 Gy ve BED₃ değeri **139,8** Gy₃ olacak şekilde olması gerekenden %19 yüksek elde edilmesi ile hafta sonu tedavi ve bi-fraksiyonasyondan kaçınılmasını tümör dozunu arttırırken sonuç olarak BED₃ değerinin de bu oranda artacağını göstermektedir.

Örnek 5. 70 Gy/35fx (46 gün) olarak planlanan tedavide son 13 günlük fraksiyonun eksik kalması: Zor vakayı temsil eden bu örnekte tedavi süresini en aza indirmeyi amaçlayarak 10 fraksiyonu Cumartesi-Çarşamba günü arasında 5 günlük bi-fraksiyon şeklinde verileceği varsayılarak süre **46 + 5 = 51** güne uzatılır. İlk olarak tamamlanmayan onarımın etkisini ihmal ettiğimizi ele alırsak, (1) nolu denklemde öngörülen BED₃'ü (116,7 Gy) korumak için fraksiyon başına doz (d)

$$22 \times 2 \left[1 + \frac{2}{3} \right] + 10 \times d \times \left[1 + \frac{d}{3} \right] = 116,7 \text{ Gy}_3$$

d = 2,41 Gy ve Tümör BED₁₀'u

$$22 \times 2 \left[1 + \frac{2}{10} \right] + 5 \times 2,41 \times \left[1 + \frac{2,41}{10} \right] - (51 - 28) \times 0,9 = 62 \text{ Gy}_{10}$$

Kritik normal dokular için tamamlayan onarımının sağlanmasını hesaplamak için (2) nolu denklemden yararlanarak gap sonrası BED₃ hesaplanır. Minimum 6 saatlik ara ile verilen bir bi-fraksiyonluk tedavide hesaplanmış olan h değeri 0,407 alınarak denklemde yerine konulduğunda ve **K=0** alındığında;

$$22 \times 2 \left[1 + \frac{2}{3} \right] + 10 \times 2,41 \times \left[1 + \frac{2,41 \times (1 + 0,407)}{3} \right] = 124,7 \text{ Gy}_3$$

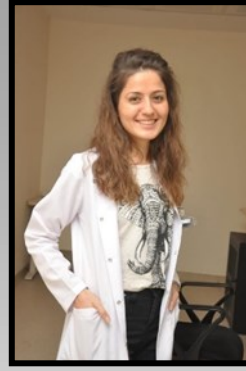
bulunur (7). Bu değer tamamlanmayan onarım ihmal edildiği durumdan %6,7 daha fazladır. Eğer fraksiyonlar arası süre 4 saate düşürülür ise de h değeri 0,549 olur ve BED₃ değeri 127,4 Gy₃ ile %9,1 daha fazla bulunur. h faktörü fraksiyonlar arasındaki süre az olduğunda ve bi-fraksiyonasyon günleri ardışık olduğunda (gece onarım yetersiz olacağından – 18 saatlik süre) kullanılmaktadır.

Yukarıdaki örneklerde verildiği gibi aniden ortaya çıkan bir tedavi boşluğundan kaynaklı oluşabilecek eksik dozun telafisinin yapılması gerektiği Tümör BED'i hesaplandığında önem arz etmektedir. Birçok klinikte bu hesaplamalar, gerek hazır tablolardan yararlanılarak yapılmakta gerekse daha önceden hazırlanmış bir excell formülizasyonuna işlenerek yapılmaktadır. Olası bir aksaklık durumunda gerekli olan hesaplamayı yapabilmek adına verilmiş olan formüllerden ve örneklerden yararlanarak mevcut klinikte olası cihaz arızası, hasta kaynaklı gecikme ya da başka olası bir nedenden dolayı meydana gelen tedavilerde gap için gerekli adımlara uyup verilen örneklerden de yararlanarak istenilen sonuca

ulaşılabilir.

Kaynaklar

- Hendry JH, Bentzen SM, Dale RG, et al. A modelled comparison of the effect of using different ways to compensate for missed treatment days in radiotherapy. Clin Oncol 1996;8:297–307.
- Slevin NJ, Hendry JH, Roberts SA, Agren-Cronqvist A. The effects of increasing the treatment time beyond three weeks on the control of T2 and T3 laryngeal cancer using radiotherapy. Radiother Oncol 1992;24:215–220.
- Fowler JF, Harari PM. Confirmation of improved loco-regional control with altered fractionation in head and neck cancer. Int J Radiat Oncol Biol Phys 2000;48:3–6.
- Withers HR, Peters LJ. Transmutability of dose and time. Comments on the 1st report of RTOG 9003 (KK Fu et al) . Int J Radiat Oncol Biol Phys 2000;48:1–2.
- Jones B, Dale RG, Deehan C, et al. The role of biologically effective dose (BED) in clinical oncology. Clin Oncol 2001;13: 71–81.
- Royal College of Radiologists. "The timely delivery of radical radiotherapy: standards and guidelines for the management of unscheduled treatment interruptions." (2008). p.23-33.
- Dale, R. G., et al. "Practical methods for compensating for missed treatment days in radiotherapy, with particular reference to head and neck schedules." Clinical Oncology 14.5 (2002): 382-393.



Med. Fiz. Uzm. Habibe ALTAş

1989 yılında İzmir'de doğdu. 2013 yılında Eskiřehir Osmangazi Üniversitesin Fen Edebiyat Fakóltesi Fizik Bölümü'nden mezun oldu. 2013-2016 yılları arasında Optik firmasında Fizikçi olarak çalıştı. 2016-2018 yılları arasında Uludağ Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı'nda Sağlık Fiziği yüksek lisans eğitimini tamamladı. 2018-2019 yılları arasında Celal Bayar Üniversitesi Radyasyon Onkolojisi kliniğinde görev yaptı. 2019 yılından itibaren Isparta Şehir Hastanesi'nde Sağlık Fizikçisi olarak görevine devam etmektedir.

İletişim: habibealtas@gmail.com

BAŞ&BOYUN IMRT VE VMAT UYGULAYAN KLİNİKLERDE IAEA DESTEKLİ ULUSAL “END-TO-END” KALİTE DENETİMİ

Medikal Fizik Uzm. Emin TAVLAYAN

Bir yaz günüydü. Annemin kapağı çıkmış elbise dolabını tamir etmeye çalışıyordum. Eşek ölüsü gibi ağır kapak, tabanı yerde ama üstüme yaslanmış cebelleşirken, Yavuz hocam aradı. Emin, IAEA böyle böyle bir çalışma başlatmış. Gönüllü ülkeler topluyorlar biz de katılsak, yapabilir miyiz? Her akli başında fizikçi gibi bir adım geri attım. Önce defans! Nasıl olacak ki? Neden sadece baş-boyun? End-to-end işini nasıl çezeceklermiş? Dedi ki bir fantom varmış, ölçüm almak için gezeceksiniz işte; göndereyim oku. Fantomla ülkeyi gezip ölçüm almak mı? Dedim hocam yaz bizi de. Tüm diyalog boyunca kapak kolumdaydı.

Imrt ve Vmat tekniklerinin uygulanmaya başlanması ile fizikçinin düzenli yapması gereken kalite kontrol testlerinin sayısı oldukça artmıştı. 3G den 4G ye geçmek gibi kulağa basit bir geçiş gibi geliyordu ama artan alan sayıları, monitör unitler ve ışınlama sırasında en az 10 kat fazla doz hesabına dahil olan mlc'ler... Adı “bu hastaya imrt yapalım” olarak kaldı ama denetlenmesi gereken parametreler çok daha fazla artmış oldu. IAEA de bu konuda bağımsız uzmanlar tarafından yapılacak bir kalite denetimi ile ülkelerdeki ve Avrupadaki tabloyu ortaya koymak istiyordu. Neden baş-boyun sorusunun cevabı da bu bölgede uygulanan tedavilerin karmaşıklığıydı. Teknik olarak baş-boyunda, klinikteki bir cihazla, yeterli kalitede ışınlama yapılabiliriyorsa, diğer cihazlarda ve diğer anatomik bölgelerdeki ışınlamalarda da herşeyin yolunda olduğu varsayılacaktı. Mantıklıydı. IAEA in desteği de yol yordam kısmındaydı. Materyal metot

dökümanlarına ek iki adet tablo gönderdiler; birisi klinik ziyaretinden önce bilgileri istemek, diğeri de ziyaret sırasında birlikte doldurmak için. Hepsi de çok detaylı, net anlaşılır dökümanlardı. Türkçeye çevirdik, neyin önce yapılacağı gibi konularda küçük tutarsızlıklar bulduk, insiyatif aldık düzelttik. End-to-end olması için bir de fantom gönderdiler, adı SHANE'di. Shoulder head and neck, end-to-end'in kısaltmasıymış. İnsan anatomisine yakın komponentleri olan fantomun BT'sini çekip, planlayıp, cihaza yatırıp içinde iyon odası ve film ile ışınlayıp hemen orada sonuçların birlikte yorumlanması bu işi hiç bir boşluk bırakmadan çözmüş oldu. Garibim o fantom o kadar uzun süre gümrükte bekledi ki... Ben IAEA'e üniversite adresimi vermişim, projeyi üstlenen dernek, gümrük bedelini ödeyemeyen ben. Tüm dökümanlar revize edildi. Dernekten her türlü desteği alarak, geri gönderilmesine 2 gün kala çekebildik fantomu. Gümrükçü Hami abinin dediğine göre bizim Shane ordakilerle konuşmaya başlamış ufak ufak.

Başlıktaki son kısım da “Kalite Denetimi”. Biz bu konuda ülke olarak güzel bir noktadayız bence. Her cihazı 5 yılda bir kendi içimizde klinikten bağımsız arkadaşlarla denetliyoruz ve şık olan, TAEK, cihazın hasta tedavisinde kullanılabilmesi için bu denetimi zorunlu tutuyor. Kültür olarak yatkınız bu işlere ve kimse de yadırgamadı bu ekstra denetim işini. Katılan kliniklere tüm dökümanları yolladık birlikte okuduk, birlikte öğrendik. Vakit olsaydı da daha fazla klinik ekleyebilseydik ama gümrük nedeni ile Shane in maksimum 6 ay ülkede kalma izni vardı, 24 merkez sığdırabildik. Bütün ölçümleri Ege'den Ziya'mla,

Çapa'dan Canan kardeşim gerçekleştirdi. Müthiş bir emek verdiler. Klinikleri aksatmamak için merkezdeki fizikçi arkadaşlarla geceye kadar ölçüm aldılar. Dernek her adımda yanımızdaydı, tüm seyahatler, konaklamalar dernek bütçesinden karşılandı.

Teknik detaylarla kimseyi boğmak istemiyorum burda ama isteyen herkese dökümanları yollayabilirim. Ülke olarak anonim veriyi kongrede sunmak ve Avrupadaki yerimizi de öğrenmek hevesindeyim. Burada yapabileceğim şey nasıl testler yaptığımız ve nelerle karşılaştığımızla sınırlı.

İlk aşamada gönüllü kliniklere Shane in BT görüntüsünü ve yalancı konturları içeren veri setleri ve doldurulacak bir tablo gönderdik. Herkes fantomu planlama sistemine çekti ve klasik baş-boyun için, hedef hacme 70 Gy doz verirken parotisler ortalama 26 Gy'den az alsın gibi yaygın kullanılan kriterlerle örnek planlar yaptı. Buradaki püf nokta normalde klinikte bir hasta için ne kadar süre ayrılıyorsa aynı öyle bir iş yapmaktı. 8 tane ark ile 2 gün uğraşarak yapılan bir plan herşeyi sağlardı ama gerçek uygulamayı yansıtmayacaktı. Doldurulan tabloda da lineer hızlandırıcı ile ilgili, mlc tipi gibi detayların yanısıra mevcut BT modeli ve kullanılan relatif elektron yoğunluğu dönüşüm tablosu gibi veriler toplandı. Kliniklerden bu sanal veri seti ile yaptıkları planın cihazda hastaya özel kalite kontrolünü yapmalarını ve sonuçları göndermelerini istedik. Cihazın performansı ile ilgili testler ve picket-fence gibi mlc testleri istedik. Eksikler vardı. Normalde protokole göre "Söyleyin, klinikler düzeltmezlerse gitmeyin" diyordu. Söyledik ama gittik de. Sayıyı olabildiğince yüksek tutmak istedik. İki tane test klinik koşturmacada yanlış yapılmış diye kimseyi dışarda

bırakmadık. Gittiğimizde önce onları tamamladık, sonra ikinci faza geçtik.

Klinik ziyareti sırasında da önce Shane'in BT sini çekildi. İçinde yoğunlukları belirli materyaller olduğu için, klinikte çekilen ve ct-to-red eğrisinden geçip planlama sistemine aktarılan veri setinin yoğunlukları ile karşılaştırıldı. Ardından daha önce gönderilen sanal dicom görüntüleri ile füzyonu yapıp ve konturlar yeni veri setine aktarıldı. Bu aşamada aktarılan konturların beklenen hacimleri dahil kontrol edildi. Görüntü eşleştirme ve füzyon yapıyoruz yazılıma güvenip ancak konturları aktardıktan sonra tekrardan hacim hesaplayıp planlamayı denetlemek benim aklıma gelmezdi ne yalan söyleyeyim. Planı da aktarıp sadece dozu tekrardan hesapladık. Kriterler kontrol edildi, kayıplar yaşandıysa tekrardan optimize edildi. Cihazda fantom yerleştirildi ve bence önemli bir adımdı ki tüm sonuçları etkiledi. Klinikler kendi teknisyenleri ile görüntüleme olarak fantom setup'ını yaptılar. 125 cc'lik iyon odasını farklı konumlara yerleştirerek 3 adet hedef hacim ve bir adet te spinal cord için nokta doz ölçümü aldık. En son coronal düzlemde radyografik film ile tüm planın doz dağılımını ölçmüş olduk. Sonuçta beş kez hasta kaldırılıp tekrar setup yapıldı. End-to-end test için hasta alımından, dicom aktarmak, plan tasarımı yapmak, cihaz kalibrasyonu, mlc pozisyonu derken tüm işlemleri kapsayan %5 hata payını kabul eden nokta doz ölçümleri yaptık.

Örneklem dağılımı olarak iyi bir noktadaydık. Linac üreticileri, çalışan fizikçilerin iş deneyimleri ve kliniklerin maddi kaynakları gibi konularda homojene yakın bir dağılım olduğu söylenebilir. Duayenlerle de çalıştık, yeni mezun arkadaşlarla da. Teçhizatları fazla

fazla olanlarla da çalıştık, su fantomunu ortak kullananlarla da.

Sonuç olarak bir iki küsuratla tekrarlanan ölçümler hariç herkesin sonuçları %5 in içindeydi. Genel anlamda planlama kalitesi, setup, cihaz performansı gibi konularda gayet iyi durumda olduğumuzu söyleyebilirim. Çok daha basit konularda hata yaptığımızı farkettilik. Mesela bir Picket-fence testi imajı geldi çok şaşırtıcı: hiç bir mlc değeri ile aynı noktada değildi. Hatalı bir iki taneyi gözle yakalamak için yaptığımız test, panayır yeri gibi. Cihazın bu konumda olması olası değil. Sorduk, sorumlu arkadaş normalde yapılmadığı için aşına olmadığından planlamada mlc leri tek tek elle yerleştirmeyi denemiş, o kadar olmuş. Gittik ölçtük bazı merkezlerde 398 den farklı uygulamalar yapılmış, cihaz kalibrasyonu biraz farklı çıktı. Tüm ülke olarak bt değeri, rölatif elektron yoğunluğu dönüşüm eğrisi testinden geçenimiz yok. Yok. Valla yok. Bu arada bahsettiğim tek tek büyük hatalar periferdeki kliniklerden geliyordur sanılmasın, hiç öyle değil.

Özetle her gün yaptığımız işlerde ustalaşırken, zincirde arasına kontrol edilen noktalarda basit hataları tekrarlamışız gibi duruyor. BT eğrisini hazırlarken başkalarına danışmışız gibi tekrarlayan değerler var. Mesela 125 lik iyon odası ile yüzde derin doz ölçerken efektif noktayı ihmal eden, detektör merkezinde ölçüm alan ilk insan kimse çıksın söylesin. Çok tekrarlamışız bunu. Hepsi tek tek %0.5 hata yaratıyor olsa da sistematik olarak tekrarlanan uygulamalar gördük. Bunlardan bahsetmem yanılmasın, gerçekten iyi bir durumdayız. Amerikada 2012 yılında 128 merkezde %7 / 4mm kriterlerle end-

to-end test yapmışlar, kliniklerin %29'u geçememiş. Bizim elde ettiğimiz son değerler hepsini tokatlar.

Sadece bu tip baştan sona bağımsız kalite denetimleri ile yakalanabilecek ve çok kolaylıkla düzeltilecek minör hataların peşinde olduğumuz ve ilerleyen dönemde hep birlikte standartlarını belirleyip, rutin uygulamaya koymamız gerektiği kanaatindeyim. Tüm ölçümleri uygulayan, fantomu özel araçları ile gezdiren, gecelere kadar çalışan Ege Üniversitesi'nden Öğretim Görevlisi kardeşim Yusuf Ziya HAZERAL ve İstanbul Üniversitesi Onkoloji Enstitüsü'nden değerli meslektaşım Araştırma Görevlisi Dr. Fiz. Canan KÖKSAL'a emekleri için, Türkiye Radyasyon Onkolojisi Derneği ve hocam Prof. Dr. Yavuz ANACAK'a maddi ve manevi desteği için sonsuz teşekkürü borç bilirim.

Saygılarımla,

Medikal Fizik Uzm. Emin Tavlayan

Tüm öğrenimini Ege Üniversitesi'nde yapmıştır. Halen Ege Üniversitesi Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalında Öğretim Görevlisi olarak çalışmaktadır.

MR GÖRÜNTÜLEME YÖNTEMİNDEKİ BELİRSİZLİKLER VE RADYOTERAPİYE ETKİLERİ

Med. Fiz. Uzm. Duygu SENA

MR görüntüleme esnasında oluşabilecek bozulmaların birden fazla sebebi olabilir. Bu bozulmalar da elde edilen görüntülerde belirsizliklere yol açar. Her ne kadar yeni cihazlarda bu bozulmaları azaltacak yazılımlar geliştirilmiş olsa da yeterli olmadığı durumlar da mevcuttur. Özellikle beyin tümörü tedavilerinde hassasiyet ve belirsizlikleri mümkün olan en az düzeye indirmek oldukça önemlidir. Görüntülemedeki bu belirsizlikler iki başlık altında incelenebilir(1);

- Kaynağı hasta olan artefaktlar
- Kaynağı görüntü olan artefaktlar

Kaynağı Hasta Olan Artefaktlar

Özellikle kardiyak, solunum, peristaltik ve vasküler hareketler artefaktlara yol açmaktadır. Hasta pozisyonundaki yanlışlıklar ve mevcut ferromanyetik maddeler diğer hasta kaynaklı artefakt sebepleri olabilmektedir. Görüntüleme süresince hastanın hareketsiz kalması önemlidir. Bu birçok durumda mümkün olmamaktadır. Ayrıca hastanın isteği dışında gelişen solunum, kardiyak sistemleri gibi hareketlerin sonucunda artefaktlar oluşabilir. Hastanın ağrı veya diğer birçok sebepten hareketsiz kalamadığı durumlarda sedasyon iyi bir çözüm yolu olabilmektedir. Tıpkı radyasyon onkolojisinde hareketli tümör uygulamalarına benzer şekilde MR görüntülemesinde de kontrol dışı fizyolojik hareketler; vasküler, kardiyak, solunum hareketleri gibi artefaktları ortadan kaldırmak için işlem bu periyodik hareketlerin yalnızca bir safhasında yapılır. Bu işlemin ismi fizyolojik gate olarak bilinmektedir. Hastanın kontrol etmesi mümkün olmayan ve periyodik hareket

kaynaklı artefaktlar kolaylıkla minimize edilir. Görüntü alınacak bölgeye göre hasta pozisyonunun doğruluğu oldukça önemlidir. İncelemek yapılacak alanın sargı merkezine yakınlığı görüntü kalitesi ve doğruluğunu arttırmaktadır. Alıcı sargılarda mevcut hacim duyarlılığı sargı merkezinde en fazla ve merkez dışı noktalarda merkezden uzaklaştıkça giderek azalmaktadır. Hasta anatomisindeki mevcut ferromanyetik maddeler, markırlar, cerrahi klipsler, protezler görüntüde artefakt yaratır ve görüntü homojenitesini bozar. Hasta üzerinde çekim esnasında mevcut çeşitli maddeler de diğer artefakt kaynakları olabilmektedir.

Kaynağı Görüntü Olan Artefaktlar

MR işlemlerinde kaynağı görüntü olan birçok artefakt mevcuttur. Aliasing, truncation, kimyasal sapma, eddy currents (girdap akımları), coil loading (sargı yüklenmesi), radyo dalgaları etkileşimleri bunlara örnek olarak verilebilir.

MR görüntülemede Aliasing ayrıca wrap-around ismi ile de anılmaktadır. İlgilenilen alan (FOV) görüntü alınacak alandan küçük olduğunda meydana gelir. Aşağıdaki işlemler etkiyi azaltabilir;

- FOV genişletilmesi
- FOV dışındaki alanlarda saturasyon öncesi bandlar kullanılması
- Anti-aliasing yazılım kullanılması
- Faz ve frekans yönlerinin değiştirilmesi
- İlgilenilen alan dışındaki sinyali azaltmak için yüzey koili kullanılması

Truncation artefact, gibbs artefact veya ringing artefact olarak da bilinmektedir. Bu artefaktı oluşturan sebep faz kodlama step sayısıdır. Görüntü için gerekli

olan sürede sinyal kaydı yapılmamasından kaynaklanır. Bu bozulmayı düzeltmek için step sayısı arttırılabilir. Smoothing filtreler kullanılabilir. Eğer sınırlamalardan biri yağ ise “yağ baskılayıcı” kullanılabilir. Kimyasal sapma olayı ise yağ dokusu ve sudaki protonların farklı frekanslarda salınımından kaynaklanır. Görüntülemelerde su molekülleri baz alınır ancak yağ dokusundaki protonların da farklı salınımı görüntüde distorsiyon oluşturur. Kimyasal sapma olayı MR görüntüsünü en çok etkileyen ve düzeltilmesi sırasında daha çok kayba yol açan bozulmadır. Kimyasal sapma sebebi ile protonların frekansları farklı olacağından sinyalin geldiği kısım bilgisayarda yanlış değerlendirilecektir.

İçerisinden akım geçen iletkenlerin çevresi bir magnetik alanla çevrilidir. Bu magnetik alanın gücü, kendini oluşturan bu akımla direkt olarak ilişkilidir(2). Akımın büyüklüğü değiştiğinde palslı bir magnetik alan oluşturur. Bu magnetik alan içerisindeki maddeler elektrik iletkenliğine sahip ise madde içerisinde bir akım indükler. Bu akıma girdap akımı veya Eddy akımı adı verilmiştir. Eddy akımı kendini oluşturan akımın özelliklerini taşır fakat doğrultusu terstir. MR uygulamalarında multi-slice tekniğinde bu etki oldukça belirgindir. Artefaktın nedeni, multi-slice imaging sırasında gradient sargıların hızlı biçimde açılıp kapanması gerektiğinden, bu işlem sırasında shim sargılarda(shim coil)akımın değişmesine, buna sekonder olarak da magnet homojenitesinin bozulmasına neden olmasıdır. Günümüzde kullanılan yazılımlar sayesinde bu etki çok düşüktür. Diğer bir artefakt kaynağı ise radyo dalgalarıdır. Eğer sistem dış radyo dalgaları kaynaklarından yeterince ayrılmamış ise dış kaynak frekansı protonlara belirgin bir etki yaparak görüntüde bozulma oluşturur.

Distorsiyon

Radyoterapi planlamada BT ile birlikte, yumuşak doku hassasiyeti daha yüksek olduğundan MR görüntüleri füzyon yapılarak kullanılmaktadır. MR görüntüleme sırasında belirli sebeplerden kaynaklanan bozulmalar olmaktadır. Bunlar aşağıdaki gibi sıralanabilir (3,4)

- Gradyan alanlardaki ölçekleme hataları
- Kimsayal kaymalar
- Gradyan alanların lineer olmaması
- B0 Eddy akımı (girdap akımı)
- Ana magnetteki shimming anomalileri
- Farklı anatomik yapıların manyetik duyarlılıklarındaki farklılıklar

Radyocerrahi tedavilerinde uygulanan yüksek dozlar sebebi ile bu bozulmalar hayati önem taşımaktadır. Eğer düzeltilmezlerse sağlıklı beyin dokusu veya tümöre yakın kritik organlar beklendiğinden farklı dozlar alma olasılığı mevcuttur. MR görüntüleme için gradyan manyetik alanlar oldukça önemlidir. Ancak bu gradyan alanlar doğrusal kabul edildiğinden görüntülerde oluşan bozulmalar da göz ardı edilmiş olmaktadır. MR görüntüleme sistemlerinde doğrusal alan gradyanları, uzaydaki her nokta ile bir rezonans frekansının ilişkili olmasını sağlamaktadır. Ancak farklı rezonans frekanslarının uzamsal lokalizasyonu incelendiğinde doğrusal olmama veya tek biçimli olmama gibi durumlardan kaynaklanan hatalar olmaktadır. Doğrusal olmama sebebi ile MR görüntülerinde geometrik distorsiyon oluşmaktadır. Bu bozulmalar öngörüldüğünden, cihaz sistemlerinde otomatik olarak hesaplanıp minimum hale getirilebilme imkanı bulunmaktadır. Ancak bu geometrik bozulmalar dikkate alınmayacak ölçüde küçük kabul edildiğinden her klinikte distorsiyon düzeltilmesi yapılmamaktadır.

MR görüntüleme sürelerini kısaltmak için bazı düzenlemeler yapılmaktadır. Bu düzenleme için genellikle 'Echo-Planar Imaging (EPI)' yöntemi kullanılmaktadır(5). Yapılan bu düzenlemeler görüntüleme süresini kısaltsa da görüntü kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Görüntüleme hızı arttıkça girdap akımları da arttırmaktadır. İçinden akım geçen bir iletkeni çevreleyen manyetik alanın yönünde ya da yoğunluğunda yapılan değişiklikler girdap akımlarının oluşmasına sebep olmaktadır. Girdap akımlarının değişkenleri; döngü alanı, manyetik akı değişim hızı ve iletken direncidir. Bu değer, döngü alanı ve manyetik akı değişim hızı ile doğru, iletken direnci ile ters orantılıdır. Oluşan girdap akımının kendi manyetik alanı vardır ve ortamda olan manyetik alan ile birbirlerine karşı direnç göstermektedirler. Girdap akımları kendini oluşturan akımın özelliklerinde fakat tam tersi doğrultudadır. Bu sebeple, difüzyon ağırlıklı görüntülerde distorsiyon oluşmaktadır. Girdap akımlarının etkisini düzeltmek için bir düzeltme şeması kullanılmaktadır ve bu sayede difüzyon ağırlıklı görüntülerde oluşan distorsiyon en aza indirilebilmektedir.

Distorsiyonu meydana getiren bir diğer etken ise görüntülenen alanın homojen olmamasıdır. MR görüntülemede üretilen statik manyetik alanın homojen olması oldukça önemlidir. Manyetik alandaki değişim görüntüleme sırasında sinyal kaybına neden olmaktadır. Bunun sonucunda ise elde edilen görüntülerde yoğunluk ve geometri bozulmaları oluşmaktadır. Distorsiyonun en az olduğu alan manyetik alanın merkezidir. Merkezden kenarlara doğru ilerlendiğinde görüntü alanının homojenliği daha çok bozulmaktadır. Görüntüde gürültü oranı fazla ve yağ bastırma oranı doğru ayarlanmadığında

homojen olmama durumundan doğan distorsiyon artacaktır. Görüntüleme hacminin küçük tutulması, yağın bastırılması ve görüntülenen hacmin manyetik alan merkezinde olması distorsiyonu azaltacaktır.

Stereotaktik radyocerrahi (SRC) tedavisinde, belirlenmiş olan tümör dokularına maksimum doz verilirken çevresindeki sağlıklı dokular mümkün olduğunca fazla korunmaktadır. Normal dokuların korunması keskin doz düşüşleri ile sağlanır. SRC tedavilerinde uygulanan dozların çok yüksek olması nedeniyle hedefin en doğru şekilde lokalize edilmesi ve tedavide dozun doğru bölgeye uygulanması mutlak zorunluluktur. Nekroz riskinin yüksek olduğu beyin gibi dokularda SRC planlandığında görüntüleme, füzyon veya görüntü eşliğinde radyoterapi uygulamalarında gerçekleşecek küçük sapmalar büyük riskler oluşturabilmektedir. Görüntüleme sırasında oluşabilecek distorsiyonun hesaba katılmadığı durumlarda sağlıklı dokular yüksek dozlara maruz kalabilir ve bu durum istenmeyen sonuçlara yol açabilmektedir (6-7).

MR, yumuşak doku kontrastı çok yüksek bir görüntüleme sistemidir. Bu özelliği sayesinde benign ve malign dokuların ayrımını oldukça iyi gözlemlemeyi sağlar. MR görüntüsü, beyin tümörlerinin radyoterapi tedavi planlaması aşamasında da oldukça önemli bir role sahiptir. Hedeflenen maksimum doz mümkün oldukça tümör dokusunda tutulmaya çalışılır ve sağlıklı dokular korunur. MR görüntüsünün hem tumor hacminin belirlenmesinde hem de sağlıklı dokuların korunmasında büyük yeri vardır. Ancak MR görüntüsü, oluşumu itibari ile elektron yoğunluğundan meydana gelmediği için doğru bir radyasyon doz dağılımı elde edebilmek amacıyla BT

görüntüsü ile füzyonu yapılır. Elde edilen füzyon görüntüsü üzerinden tedavi planlaması sürdürülür. Beyin tümörlerinin tedavisinde radyoterapi önemli yer tutmaktadır. Klinik uygulamalarda MR görüntüleme tekniği ile dokulardaki fiziksel özellikleri en ince detayına kadar tespit etmek mümkün olabilmektedir. CT ile karşılaştırıldığında yumuşak doku kontrastlanması, hedef ve kritik organ sınırlarını belirlemedeki hassasiyeti nedeniyle intrakranial SRC tedavilerinde MR yoğunlukla uygulanmaktadır. Bu uygulamalardaki temel sorunlardan bir tanesi MR görüntülerinde oluşan geometrik distorsiyondur.

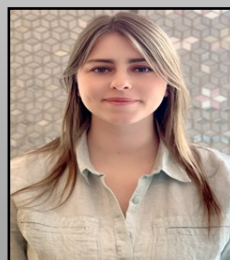
Dünyada yapılan çalışmalara göz attığımızda farklı sonuçlar görülmektedir. Moerland ve ark. 10 hasta ile yaptıkları çalışmada distorsiyonu 2-4 mm arasında hesaplamışlardır(7). Karger ve ark. ise fantomda farklı lokalizasyonlardaki distorsiyonu 1,5 T ve 3 T MR cihazlarında karşılaştırmışlar ve 3 T MR cihazlarında distorsiyonun en fazla olduğunu belirtmişlerdir(8). 28 hasta ile yapılan çalışma sonucunda Siebert ve ark. maksimum 3,9 mm, ortalama 1,2 mm distorsiyon hesaplamışlardır(6). Benzer şekilde Pappas ve ark Siemens 3 T ile yaptıkları çalışmada distorsiyonu ortalama 0,82 mm olarak hesaplamışlardır(3).

KAYNAKLAR

1. <https://radiopaedia.org/articles/mri-artifacts-1?lang=us>
2. Mangin JF, Poupon C, Bihan DL, et al. (2001). Eddy Current Distortion Correction and Robust Tensor Estimation for MR Diffusion Imaging, International Conference on Medical Image Computing and Computer Assisted Intervention, 186-194
3. Pappas EP, Alshanqity M, Moutsatsos M, et al, (2017). MRI-Related Geometric Distortions in

Stereotactic Radiotherapy Treatment Planning: Evaluation and Dosimetric Impact, Technology in Cancer Research and Treatment,16 (6),1120-1129

4. Wang D, Doddrell DM, Cowin G, (2004). A Novel Phantom and Method for Comprehensive 3-Dimensional Measurement and Correction of Geometric Distortion in Magnetic Resonance Imaging, 22, 529-542
5. Baldwin LN, Wachowicz K, Thomas SD, et al. (2007). Characterization, Prediction, and Correction of Geometric Distortion in 3 T MR Images, Med Physics 34 (2), 388-399
6. Seibert TM, White NS, Kim GY, et al. (2016). Distortion Inherent to Magnetic Resonance Imaging (MRI) Can Lead to Geometric Miss in Radiosurgery Planning Practical Radiation Oncology, 6(6), 319-328
7. Moerland MA, Beersma R, Bhagwandien R, et al. (1995). Analysis and Correction of Geometric Distortions in 1,5 T Magnetic Resonance Images for Use in Radiotherapy Treatment Planning Physics in Medicine and Biology, 40(10), 1651-1664
8. Karger CP, Höss A, Bendl R, et al. Accuracy of Device-Specific 2D and 3D Image Distortion Correction Algorithms for Magnetic Resonance Imaging of the Head Provided by a Manufacturer, Physics and Medicine and Biology, 2006; 51(12)



Med. Fiz. Uzm. Duygu SENA

1992 İstanbul doğumludur. Lisans eğitimini 2016 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü'nde tamamladı. Yüksek Lisans eğitimini 2020 yılında İstanbul Aydın Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Sağlık Fiziği Bölümü'nde tamamladı.

RT SON GELİŞMELER

Med. Fiz. Uzm. Boran GÜNGÖR

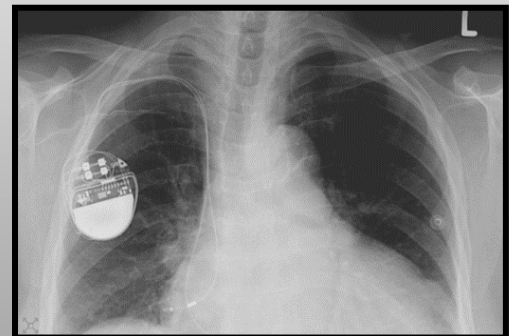
Bu bölümün amacı, radyoterapi ve ilgili alanlardaki güncel gelişmeleri derleyerek kısaca özetlemek ve okuyucuların bilgi sahibi olmasını sağlamaktır. Bu bağlamda, firma veya üretici kaynaklı haberlere yer verilebilmektedir. Bu haberler kesinlikle reklam veya tavsiye amacı taşımamakla beraber, yalnızca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

Yüksek RT Doz Hızları Kardiyak İmplant Cihazlar Üzerinde Etkisi (Mayıs 2020)

Kalp pili ve kardiyak implante elektronik cihaz (CIED) takılan hastalarda radyoterapi(RT) gerekliliğinde tedavi planı cihazın direkt radyasyon altında kalmasını engelleyecek şekilde yapılmaktadır.(Şekil 1) Fakat tedavide ani hasta hareketi sebebiyle geçici direkt radyasyona maruz kalma meydana gelebilmektedir. Daha önceki çalışmalarda 8Gy/min doz hızı altında CIED etkilenmesinin araştırıldığı fakat baş-boyun, servikal spine ve akciğer gibi Stereotaktik RT verilebilen durumlarda yeterli verinin olmadığı belirtilerek ; Japonya'dan araştırmacılar tarafından yüksek doz hızlarında (24 Gy/min 'e kadar) bu etkilerin araştırılarak bir çalışma yapıldığı belirtilmiştir. (Journal of Radiation Research , <https://doi.org/10.1093/jrr/rraa016>)

Bilindiği üzere cihazlar güç kaynağı, puls üretici ve yari iletken ve kontrol birimi içeren elektronik kısımdan oluşmaktadır; kontrol birimi radyasyon altında kalması durumunda yanlış kardiyak aktivite olarak algılanabilen aşırı akıma sebep olabilmektedir. Aichi Medikal Üniversitesi Hastanesi/Japonya'dan

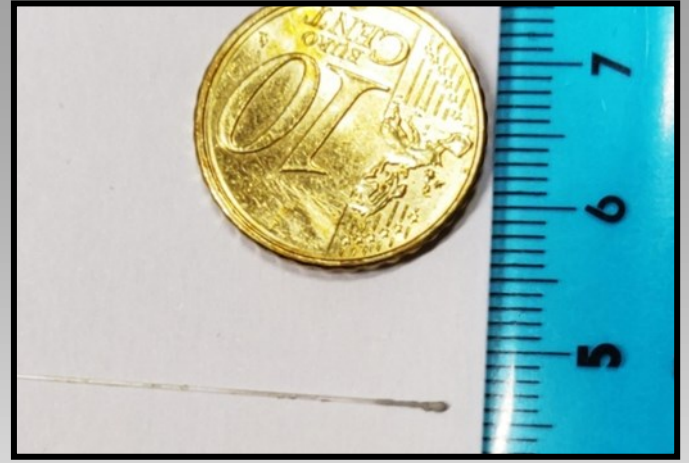
araştırmacılar tarafından yapılan çalışmada 2 kalp pili ve 2 kardiyak resenkronizasyon tedavi cihazının test edildiği; cihazların tedavi masasında doku eşdeğeri fantom içinde alan merkezinde 4-14 Gy/min doz hızları arası 6 MV FFF ve 4-24 Gy/min doz hızı arası 10 MV FFF demetler ile ışınlanarak ışınlama sırasında elektrokardiyogram kullanılarak CIED fonksiyon takibi yapıldığı belirtilmiştir. Düşük CIED bağımlı hastalar için , asenkronize (cihazla alakalı olmayan) puls varlığı hesaplanmış ve buna göre; 6 MV için 4-8 Gy/min durumunda cihazlardan birinde ve 10 Gy/min için tüm cihazlarda tespit edildiği, 10 MV için 4-24 Gy/min aralığında 2 cihazda tespit edildiği vurgulanmıştır. Farklı modellerin etkilenme seviyeleri değişebilmekle beraber, araştırmacılar tüm fonksiyon kayıplarının incelenip geçici ve geri döndürülebilir olduğunu ayrıca ışınlama bitince normal hale döndüklerini belirtmiş, hiçbir cihazda kalıcı, resetleme gerektiren veya puls kaybına sebep olan fonksiyon kaybı tespit edilmediği açıklanmıştır. (24 Gy/min seviyesi de dahil olmak üzere.) Sonuç olarak; hastanın tedavi sırasında doğru şekilde monitörize edilmesi durumunda CIED fonksiyon kaybının düşük etkisi olabileceği fakat 8 Gy/min üzerindeki doz hızları için planlama ve tedavi süreçlerinde daha fazla kontrol sağlanması gerektiği belirtilmiştir.



Şekil 1: Kardiyak implant elektronik cihaz ve ışınlama sırasındaki olası fonksiyon kaybı

Yüksek Çözünürlükte Dozimetrik Özellikli İnorganik Sintilatör Üretimi (Nisan 2020)

Aix-Marsilya Üniversitesi/Fransa ve Paoli-Calmettes Enstitüsü/Fransa 'dan araştırmacılar tarafından inorganik sintilatör eklenen optik iplik şeklinde, küçük duyarlı hacimli, daha az dedektör gürültüsü, daha iyi doz-cevap doğrusallığına sahip, verimli ve gerçek zamanlı dozimetri cihazı üretimi yapıldığı belirtildi (Med. Phys. 10.1002/mp.14002). Sintilatör olarak X-ışınlarına maruz kaldığında görünür ışık yayan gümüş içeren çinko sülfat (ZnS:Ag) kullanıldığı ve iyonize radyasyon altında daha az yüklü parçacık ürettiği için inorganik sintilatör kullanıldığı; Sintilatörle doldurulmuş 200 µm çaplı PMMA küre üretilip ortam ışığından korumak için gümüş kaplanarak optik kablunun diğer ucuna foton sayacı ve elektronik okuma ünitesi yerleştirilip sintilasyon sinyalinin gerçek zamanlı eşdeğer doza çevrilerek kullanıldığı açıklandı. (Şekil 2) Üretilen inorganik sintilasyon dedektörünü (ISD) denemek amaçlı su fantomu içerisinde 0.25 cm² kadar küçük alanların kullanıldığı ve cihaz performansının rutinde kullanılan 2 adet küçük alan dedektörü (1 ion chamber, 1 synthetic diamond) ile karşılaştırıldığı belirtildi. Cihazın diğer dedektörler ile karşılaştırılabilir duyarlı hacmi ($1.2 \times 10^{-5} \text{ mm}^3$) hesaplandığı ve yüksek signal-to-noise oranının yanında Cherenkov noise oranının da plastic içermeyen kablo ile daha da düşürülebileceği vurgulanmıştır. Doz cevabının geniş bir aralıktaki doz hızları için lineer olduğu ve çoklu ışınlamalarda stabil olduğu vurgulanan cihazın ilk olarak brakiterapi uygulamalarında test edilerek sonuçların paylaşılacağı eklenmiştir.



Şekil 2: İnorganik Sintilasyon Dedektör Boyutu

COVID-19 Hastalarında Düşük Doz RT Kullanımı (Haziran 2020)

Genellikle tek fraksiyon olarak verilen düşük doz göğüs radyasyonunun Covid-19 hastalarındaki ağır akciğer inflamasyonunu azaltabileceği ve ventilasyonu engelleleyebileceği ile ilgili çeşitli klinik denemelerin Amerika ve bazı diğer ülkelerde başladığı açıklandı. Ohio State Üniversitesi/Amerika 'dan araştırmacılara göre, bazı Covid hastalarında görülen "cytokine" fırtınasının (vücudun immune sisteminin sadece virüsle savaşmak yerine kendi hücre ve dokularına da saldırması durumu) engellenmesinde radyasyonun immun sistemi üzerinde kullanılabileceği belirtildi. Bu kapsamda ventilator kullanan ve ventilator kullanımından kaçınmak için oksijen verilen 2 ayrı hasta grubu üzerinde 2 farklı klinik denemenin devam ettiği vurgulandı (<https://doi.org/10.1101/2020.06.03.20116988>). Düşük doz radyasyonun genelde direkt antiviral etkisinin olmadığı fakat inflamasyonu azaltarak pnömoninin yan etkilerini yatıştırdığı vurgulandı. Emory Üniversitesi/Amerika'da da devam eden Covid-19 hastaları RT tedavisi erken analizlerine göre (inceleme aşamasındaki çalışma); 23-28 Nisan 2020 tarihleri arasında 5 hastada tek fraksiyon tüm akciğer radyoterapi uygulandığı, hastaların 7 gün izlendiği, 3

hastada 24 saat ve dördüncü hastada ise 96 saat sonra oksijen desteğinin kesildiği, hastaların 64-94 yaş aralığında olduğu, akut cilt-pulmonar veya GI/GU toksisitenin görülmediği açıklandı.İlgili 5 oksijen-bağımlı Covid-18 pnömoni hastasındaki düşük-doz tüm akciğer radyoterapinin klinik durumda hızlı gelişme sağladığı görüldüğü belirtildi.Ventilasyonlu hastalardaki testlerin "VENTED" adıyla Ohio State/ Amerika'da 24 hedef hasta ile yapılmasının, ventilasyonu engellemek amaçlı testlerin "PREVENT" adı altında 21 ayrı hastanede yapılmasının planlandığı eklendi.

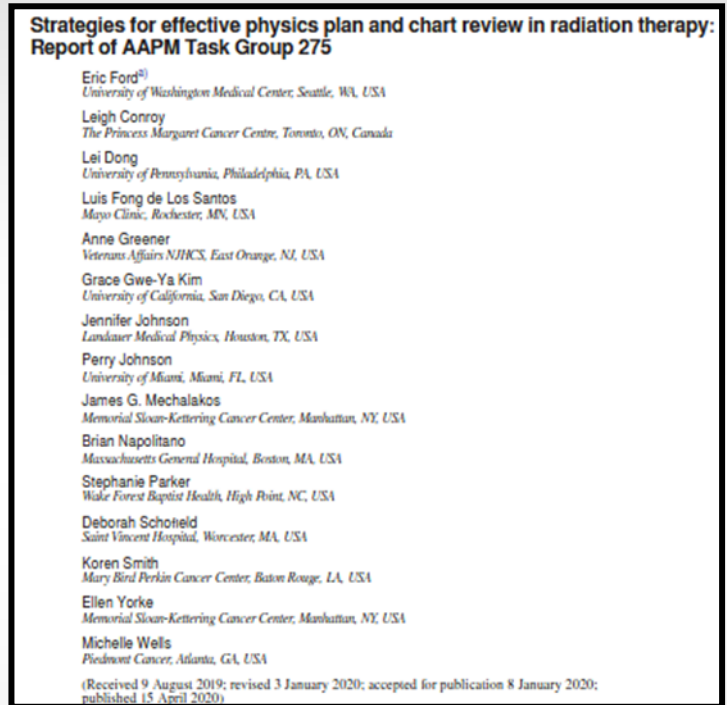
"Global Coalition for Radiotherapy" Oluşumu (Nisan 2020)

COVID-19 pandemisinin dünya sağlık sistemi için büyük bir sorun teşkil ettiği ve kanser tedavisinde tüm aşamalarda küresel bir zorlanmanın yaşandığı günümüzde, radyoterapi(RT) tedavisinde paylaşımları ve etkileşimleri arttırmak amacıyla, Nisan 2020 itibariyle "Global Coalition for Radiotherapy" adıyla (www.actionradiotherapy.org/global-coalition) bir oluşum ve portal hayata geçirilmiştir (Şekil 3). Bu koalisyonda profesyoneller, topluluklar ve endüstriyel unsurların hızlı iletişiminin, pandemik tecrübe ve very paylaşımının yanında teknik ve araştırma çözümlerinin de paylaşılmasının amaçlandığı belirtilmiştir. İlk dijital toplantının 41 katılımcı ile yapıldığı ve toplandıda Wuhan/Çin bölgesinden ilk elden tecrübelerinin aktararak, küresel RT veri toplama programları ve üretici çözümleri paylaşımlarının yapıldığı vurgulanmıştır.İlgili web sitesinin; uluslararası kaynaklar, bilimsel yayınlar, toplantı bilgileri, eğitim içerikleri ve forum içerikleri gibi unsurları içerdiği belirtilmiştir.



Şekil 3: "Global Coalition for Radiotherapy" web sitesi görünümü.

Güncel Raporlar (Nisan 2020)



Radyoterapi(RT) tedavi planlarının ve şemaların yetkili medikal fizikçi tarafından değerlendirilmesi güvenlik ve yüksek kalite açısından anahtar bileşen olmasına rağmen bu kapsamda kaynak veya yönerge eksikliği bulunmaktadır.AAPM TG-275 no'lu raporun amacının RT alanında fizik plan ve değerlendirme amaçlı pratik, kanıta dayalı kılavuz hazırlamak olduğu belirtilmiştir.Temelde medikal fizik uzmanlarına yönelik olan bu rapordan dozimetrist, radyasyon therapist, onkolog veya diğer grupların da yararlanabileceği vurgulanmıştır.Rapor kapsamına foton/elektron eksternal RT (EBRT), proton ve yüksek

doz hızlı brakiterapinin (HDR) de dahil edildiği, değerlendirme zamanının tedavi öncesi, haftalık ve tedavi sonu şeklinde gruplandırıldığı ve hata durumu ve etki analizinin her proses için en yüksek risk unsurlarını belirlemek üzere yapıldığı belirtilmiştir. Foton/elektron EBRT durumu için AAPM üyeleri anketinin içeriklerinin de eklendiği ve bu raporun draft versiyonunun 3 hafta boyunca yoruma açık şekilde bekletilerek gelen yorumlara göre revise edildiği eklenmiştir.

Raporun ana amaçları olarak; 1.mevcut veri ve tavsiyelerin gözden geçirilmesi ve uygulanmasının değerlendirilmesi, 2.mevcut uygulamalar üzerindeki medikal fizikçi topluluklarının görüş/anket/değerlendirme bilgilerini iletmek, 3.ilgili geribildirimlerin etkin kullanımı için risk tabanlı tavsiyeler sağlamak, 4.Yazılım üreticilerine yönelik sistem dizayn ve operasyon kapsamında tavsiyeler sağlamak açıklanmıştır. Raporun "Supporting Information" kısmında, içerikteki tüm tedavi modları için plan öncesi-haftalık-plan sonrası ayrımı ile hata modları,"checklist" ve örnekler şeklinde ayrıntılı olarak tablolar verilmiştir (Şekil 4).

KAYNAKÇA

- <https://academic.oup.com/jrr/article/61/3/419/5816666>
- <https://physicsworld.com/c/radiotherapy/>
- <https://www.medscape.com/>
- <https://www.thelancet.com/journals>
- <https://www.aapm.org/>

Table S1.A.i. Photon/electron EBRT high-risk failure modes for initial plan/chart review. Failure modes (FMs) with $RPN > 100$ are listed in order of decreasing RPN. For each FM the number of checks is listed, i.e. the number of different checks from Table C1.i which might identify this failure mode.

Process FM#	step	Failure mode	Cause	# checks	RPN	S	O	D
Table S1.A.ii. Photon/electron EBRT initial plan/chart review checks. Review check data are drawn from the AAPM all-member survey. For each check the number of corresponding failure modes (FM) is listed as well as the highest RPN of the corresponding FM. FMs that were not included in the final ten-point PMEA are listed as "NA". Status indications are: ++ priority check ($RPN > 100$ and use $> 60\%$), + physics check target for improvement ($RPN > 100$ and use $> 60\%$), and "OP" other professional priority check (i.e. $RPN > 100$ but outside the physics domain). The column "Auto. target" indicates checks that are targets for automation. "F" full automation, that is, can potentially be fully automated. "P" partial automation, i.e. can potentially automate whether particular information is present (e.g. a document exists) but not whether the information in it is correct.								
Physics check item	Corresponding failure modes	# FM	Highest RPN	Use Freq	Auto. Status	target		
Table S1.A.iii. Example checklist for photon/electron EBRT initial plan/chart review. These are adapted from the checks in Table A1.ii. All checks with failure modes of $RPN > 100$ are included and those with use frequency $> 60\%$ are indicated with an asterisk (*). This checklist is provided as an example only and is not meant as a definitive list of all the items to be checked in any given clinic.								

Şekil 4: TG-275, tedavi tipleri için hata modları,plan/şema kontrol listeleri ve örnek "checklist" tabloları

SEYFETTİN KUTER RADYASYON TEKNOLOJİSİ MÜZESİ

Med. Fiz. Uzm. Halil KÜÇÜCÜK

Med. Fiz. Uzm. Fadime ALKAYA

Seyfettin Kuter, ülkemizde tıbbi fiziğin akademik bir bilim dalı olmasını sağlayan ve mesleğinin duayeni unvanını hak etmiş öncü bilim insanımızdır. Mücadeleci ve yorulmak bilmez kişiliğinin yanı sıra kendisini niteleyebilecek en temel özelliği mütevazılığıdır. Her zaman kendisini ve alanındaki olanakları geliştirmek için çalışmış, bunu öylesine gösterişsiz ve sessizce yapmıştır ki adeta çevresine verdiği ışıktaki kendisini gizlemiştir.¹ Doç.Dr. Seyfettin Kuter'in en önemli eserlerinden biri de Radyasyon Onkolojisi tarihine ışık tutan ve ülkemizde alanında bir ilk olan " Seyfettin Kuter Radyasyon Teknolojisi Müzesidir." 1953 yılında Radyoloji ve Biyofizik Enstitüsü'nde göreve başladığında çok değerli radyoloji materyali ile karşılaşmış; bunların ne olduğu, ne zaman, nereden geldiğini ve kimler tarafından kullanıldığını merakla araştırmıştır. 40 yıllık çalışma dönemi süresince, birimde kullanılan yada kendisine getirilen tanı ve tedavi cihazları, onlara ait parçaları imkansızlıklara ve zorluklara rağmen titizlikle korumuştur.² Bu birikimler müze oluşturma yolundaki ilk adımın atılmasını sağlamıştır.

X ışınlarının keşfinin 100. Yılına denk gelen 1995 yılında müze Seyfettin Kuter'in mesleğine duyduğu tutkusu, aşkı ve emeği ile İstanbul Üniversitesi Onkoloji Enstitüsü zemin katta küçük bir alanda müze kurulur (Resim 1). 115 yıllık radyoloji ve radyoterapi materyallerini barındıran müzenin yer problemi nedeniyle daha büyük bir mekâna taşınmasına karar verilir. 29 Mart 2002 tarihinde şimdi bulunan alanda müze tekrar açılır (Resim2a,b). İstanbul Üniversitesi

Senatosu'nun 11 Nisan 2002 tarihli toplantısında alınan karar gereğince "Seyfettin Kuter Radyasyon Teknolojisi Müzesi" adı verilir¹. Müzenin 29 Mart 2002 tarihli açılış töreninde N. Tesla transformatörü ile katot ışını tüplerini çalıştırıp katot ışınlarının elde ediliş deneyi davetliler tarafından heyecanla izlenir (Resim 2c).



Resim 1: 1995 yılında kurulan ilk müze



Resim 2a,b: 2002 yılında müzenin yeni konumu



Resim 2c: Katot ışınlarının elde ediliş deneyi

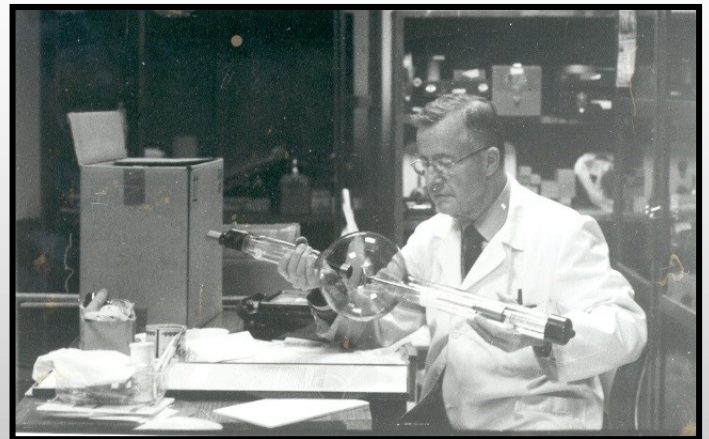
Müzenin Kurulma Fikri Ve Materyallerin Toplanması

Seyfettin Kuter radyoloji ve radyoterapide kullanılan cihaz, dozimetre ve bu materyalleri araştırması kolleksiyon haline getirip biriktirmesini şöyle anlatmıştır. “25 Mart 1953 tarihinde Radyoloji ve Biyofizik Enstitüsüne Radyoloji Fizikçisi olarak girdiğimde çok kıymetli Radyoloji materyali ile karşılaştım. (Örneğin: Hittorf-Crookes katot ışını tüpleri, gazlı Röntgen ışını tüpleri, sıcak katotlu Coolidge x- ışını tüpleri, kenetronlar, radyoterapinin ilk döneminde kullanılan dozimetreler, iyon odaları, radyum tedavisinde kullanılan metalik aplikatörler, radyum kaynakları ve Radyoloji fiziği eğitiminde kullanılan cihaz ve aletler). Bunların neler olduğu, nereden geldiği, hangi dönemlerde kimler tarafından kullanıldığını ve alındığını araştırdım. Bu Radyoloji materyalinin bir kısmı Osmanlı İmparatorluğu Dönemi (1895-1923 arası), Cumhuriyet Dönemi (1923-1933 arası) ve Üniversite Reformu sonrası (1933), kullanılmış büyük boyutlu Radyoloji cihazlarına ait aletler ve onların parçalarıydı. Benim 40 yıllık çalışma dönemimde kullandığım tanı ve tedavi cihazlarına ait parçaları (Röntgen tüpleri, kenetronlar, dozimetreler, ölçüm cihazları, nükleer tıp cihazları ve bu cihazlara ait elektronik komponentleri) ve çalışma dönemimde

kullandığım büyük cihazlara ait tanıtıcı parçaları (Co-60 Teleterapi, Lineer hızlandırıcı, diagnostik ve tedavi x-ışını cihazları tüpleri kenetronları ve nükleer tıp ölçüm cihazları gibi) koleksiyonuma kattım”.

Müzenin kuruluşu öncesi ve sonrası yaşanan zorluklar;

Hoca o dönemleri anlatırken; Müzeyi açtığım sırada emekliydim ben, çok büyük şahsi emekler sonucunda kuruldu. Fakat bizde maalesef öyle bir gelenek var ki, eski aletler hurdaya atılıyor, bir daha kullanılmaz diye, zor kurtardım onları yıllarca biriktirdim korudum der. Cihazlar ve onlardan çıkarılan parçalara olan bakış açısı geçen onca yıla rağmen çok da değişmedi. Sonunda hepsi eskiyip giden ve bulunduğu ortamda fazlalık olarak görülüyor. Aslında onlar kullanıldığı dönemin tanıkları. Müze, Seyfettin Kuter’in kişiliği gibi sade, mütevazı ve içerisinde bulundurduğu materyaller gibi tarihi 10 dolaptan oluşmaktadır, tüpler ve diğer materyaller titizlikle kendisi tarafından düzenlenmiştir (Resim 3).



Resim 3: Tüplerin ve diğer materyallerin düzenlenmesi Tarihteki İlk radyolojik Röntgen Cihazı ve Uygulaması

Radyolojinin başlangıcı 19. yüzyılın sonlarında Dr. Esad Fevzi'nin bilimsel merakına borçluyuz. İlk Türk Radyologları Dr. Esad Fevzi (1874-1901) ve Dr. Rıfat

Osman (1879-1921) Gülhane Askeri Tıp okulunun fizik laboratuvarında deney yapmak ve x-ışını elde etmek için kimyacı Vasil Nahum ve Ali Rıza Bey'den teknik işbirliği, yardım istemişler. Elde ettikleri Crookes katod ışın tüpünü ve Ruhmkorft yüksek voltaj bobini ve Fransız Hava Gazı Fabrikasından getirdikleri kuru pil bataryasını başarılı bir şekilde Röntgen Aygıtı haline getirerek bir cam fotoğraf plağı üzerine x-ışınlarını uygulamışlardır. Tarihteki ilk radyolojik röntgen cihazı ve uygulaması Boyabatlı Mehmet adında bir erin sağ bileğindeki şarapnel parçasını tespit etmek amacıyla gerçekleştirildi (Resim4 a,b,c).

Seyfettin Kuter Radyasyon Teknolojisi Müzesi'nde bulunan dolap ve içindekileri aşağıdaki gibi sıralayabiliriz;

Dolap 1

Radyoloji Fiziği eğitiminde kullanılan ders araç ve gereçleri: Crookes–Hittorf katod ışını tüpleri (Resim 5a,b), ve floresant materyali (Resim 5c) ampermetre, voltmetre, ohmmetre, indüksiyon bobinleri, yükseltici ve alçaltıcı transformatörler, rezistanslar, reostalar ve N.Tesla yüksek voltaj jeneratörü. Bu dolap Mekteb-i Tıbbiye-i Şahaneden kalma (1897-1955) (Resim 5d).



Resim 4: Türk-Yunan savaşında sağ kolundaki kurşun yerinin saptanması için radyografi yapılan er Boyabatlı Mehmet, 1897.



Resim 5: Er Boyabatlı Mehmet'in el grafisinde şarapnel parçası.



Resim 5a,b: Katot ve x-ışın tüpü



Resim 4a,b,c: Tarihteki ilk radyolojik röntgen cihazı ve uygulaması



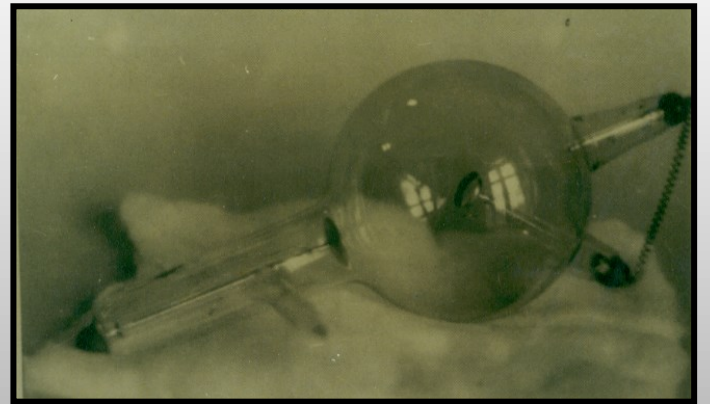
Resim 5c: Katot ışını crookes tüpü fluorescent materyali



Resim 5d,e: Dolap 1 Mekteb-i Tıbbiye-i Şahaneden kalma

Dolap 2

Osmanlı, Cumhuriyet ve Enstitünün kuruluşundan sonra ki dönemlerde kullanılan tanı ve tedavi Röntgen tüpleri; Gazlı Crookes (Resim 6a,b) ve sıcak katotlu Coolidge tüpleri (Resim 6c,d) (1900-1933), Neon-Helium gazlı deşarj tüpü (Dairesel) (Resim 6e).



Resim 6a,b: : Gazlı Crookes tüpleri

Dolap 3

Radyoloji ve Biyofizik Enstitünün kurulduğu ilk yıllarda ve sonrası kullanılan tanı ve tedavi cihazlarına ait Röntgen tüpleri, kenetronları (Resim 7a,b,c) (1933-1948) , Orijinal dolap.



Resim 6c: Colidge Röntgen tüpü (1927-1930)



Resim 6d: Müller marka, hava izolasyonlu Colidge Röntgen teşhis tüpü (1927-1930)



Resim 6e: Neon-Helium gazlı deşarj tüpü (Dairesel)



Resim 7a,b,c: Tanı ve tedavi cihazlarına ait Röntgen tüpleri (1933-1948).

Dolap 4

Stabilipan ve diğer cihazlara ait 220-250 kV derin tedavi tüpleri (Resim 8a), konüsleri (Resim 8b) ve düzleştirici filtreler (Resim 8c).



Resim 8a: Stabilipan I cihazına ait tüpler



Resim 8b: Stabilipan I cihazına ait konüsler



Resim 8c: Stabilipan I cihazına ait filtreler

Dolap 5

Teşhis ve tedavi tüpleri: (Resim 9a), kenetronlar (Resim 9b), Röntgen tüplerine ait anot ve katot parçaları. (1948-sonrası), Siemens döner anaotlu teşhis tüpü (Resim 9c), Siemens Dermopan-1 yüzeysel tedavi x-ışını cihazı tüpü 10, 29, 43 ve 50 kV 25mA (Resim 9d) Orijinal dolap.





Resim 9a,b: Teşhis ve tedavi tüpleri, siemens kenetron (1948-sonrası).



Resim 9c: Siemens döner anotlu teşhis tüpü



Resim 9d: Siemens Dermopan-1 yüzeysel tedavi x-ışını cihazı tüpü

Dolap 6

Nükleer tıp radyasyon ölçüm cihazları izotop sayıcı: (β , γ , Gayger Müller (Resim 10b), Radyoizotop ölçüm cihazı Amplikatörü (Resim 10c), İzotop el hesaplama aleti (Resim 10d), Kontaminasyon doz ölçüm cihazı (Resim10e) (1950 - sonrası).



Resim 10a: İzotop kamerası (β , γ)



Resim 10b: Gayger Müller (β , g) sayıcı tüpü



Resim 10c: Radyoizotop ölçüm cihazı Amplikatörü 1958



Resim 10d: İzotop el hesaplama aleti



Resim 10e: Kontaminasyon ölçüm cihazı

Dolap 7:

Radyoterapide kullanılan dozimetreler: (Resim 11a,b), iyon odaları (Resim 11c,d), radyoskopik ekran (Resim 11e), güneş konturmetre (Resim 11f), Deney düzeneği (Resim 11g).



Resim 11a,b: Radyoterapide kullanılan dozimetreler





Resim 11c,d: İyon odaları



Resim 11g: N.Tesla transformatörü ile katot ışını elde etmek için kullanılan deney seti



Resim 11e: Radyoskopik ekran



Resim 11f: Hasta vücut konturu almak için kullanılan güneş konturmetre

Dolap 8

Enstitüde kullanılan teşhis ve tedavi cihazlarına ait bazı elektronik tüpler: volt, amper ve ölçüm cihazları, tedavi saatleri (Resim 12a), cihaz control konsolları (Resim 12b.c), Linac magnetron, mikrodalg tüpleri (Resim 12d), mıknatıs (Resim 12e) ve optic cihazlar. (1950 - sonrası)



Resim 12a: Tedavi cihazı zaman ayarlama saati



Resim 12e: Mıknatıslar ve ölçüm cihazları

Dolap 9

Radyasyon ölçüm cihazları: (Resim 13a), surveymetreler (Resim 13b), personel cep ve film dozimetreleri (Resim 13c,d), kurşunlu cam.

Personel film dozimetreleri: Seyfettin Kuter tarafından 1956 yılında enstünün kısıtlı olan atölyesinde küçük boyutta kesilen röntgen filmini kağıda sarıp onu da kurşun plakalar arasına yerleştirmiş böylece ilk kişisel dozimetrenin yapılmasını sağlamıştır. Enstitü ve tüm İstanbul'daki Çapa, Cerrahpaşa, Şişli Etfal, Haseki ve verem savaş dispanserlerinde çalışan doktor teknisyenlere dağıtılarak doz takiplerinin yapılması gerçekleştirilmiştir. Bu dozimetreleri kullananlar buna radyasyon muskası adını takarak olayı adeta efsane haline getirirler. Taktıkları bu dozimetrelerin kendilerini radyasyondan koruduğunu sandıklarından "bana o muskadan vermezlerse röntgene girmem" diye itiraz ediyorlarmış. Seyfettin hoca, ilgili kuruluş olan ÇNAEM'in ilk personel atamalarının yapıldığı 1961 yılında görevi onlara devreder.



Resim 12b,c: Tedavi cihazı kontrol konsolu



Resim 12d: Mikrodalga hızlandırma tüpü



Resim 13a: Radyasyon ölçüm cihazı



Resim 13d: Kişisel film dozimetre

Dolap 10

Brakiterapide kullanılan, dozimetre (Resim 14a), Töre aplikatörleri (Resim 14b), Radyum uygulama aplikatörleri (tüpler, iğneler ve plaklar) (Resim 13c), Enstitü ve Radyoterapi ile ilgili yayınlar ve cihaz katalogları (1939-sonrası)



Resim 13 b: Surveymetre

Resim 14a: İntrakaviter brakiterapide kullanılan
Dozimetre

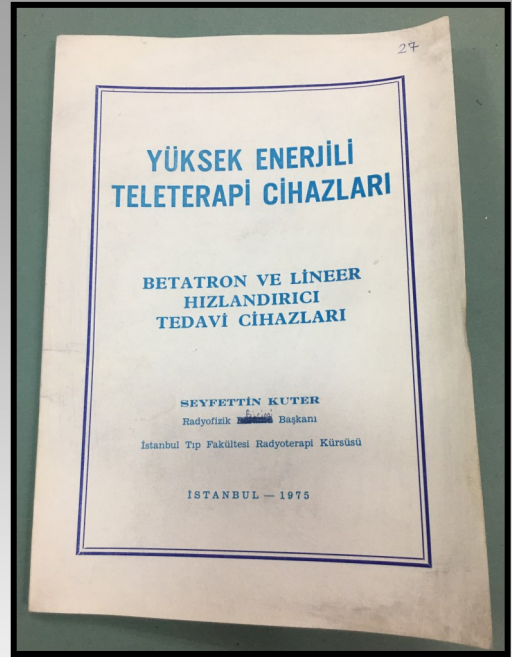
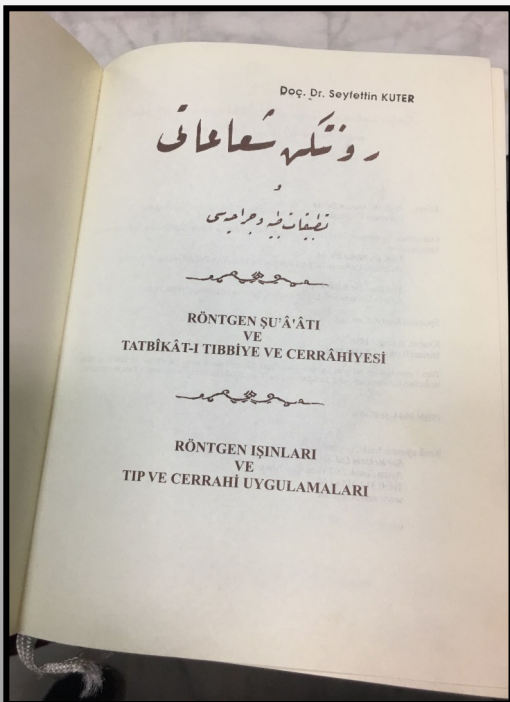
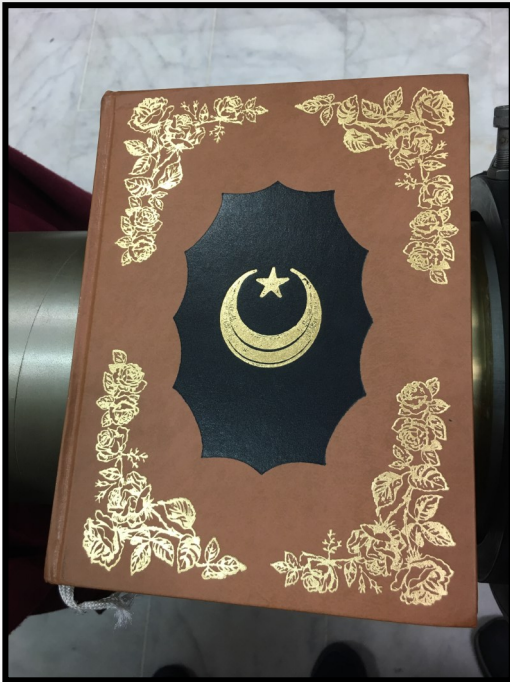
Resim 13c: Kişisel kalem dozimetre ve elektrometre



Resim 14b: Gökhan Töre İntrakaviter brkaiterapi



Resim 14c: Radium uygulama aplikatörleri (tüpler, iğneler ve plaklar)



Resim 14d,e,f: Enstitü ve Radyoterapi ile ilgili kitaplar

Müzede dolaplar içerisindeki materyaller dışında;

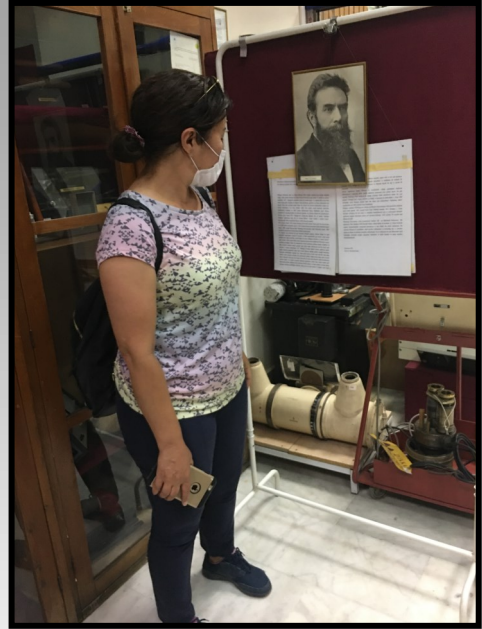
General Elektrik KX-10 model 140 kV, 10mA yüzeysel tedavi cihazı ve kontrol paneli (Resim 15a), Türkiye'de ilk kullanılan Lineer hızlandırıcı, siemens Mevatron XII (x,e⁻) cihazı hızlandırıcı tüpü (Resim 15b), siemens mamografi cihazı (Resim 15c), Türkiye'de ilk kullanılan siemens Gammatron I Co-60 cihazına ait MLC (Resim 15d).



Resim 15a: General Elektrik KX-10 model 140 kV, 10mA yüzeysel tedavi cihazı ve kontrol paneli



Resim 15b: Türkiye’de ilk kullanılan Lineer hızlandırıcı, siemens Mevatron XII (x,e-) cihazı hızlandırıcı tüpü



Seyfettin Kuter Radyasyon Teknolojisi Müzesi’ne girdiğinizde tek bir odadan oluşmuş olmasına rağmen, radyasyonun sağlıkta kullanımının yaklaşık 135 yıllık serüvenini barındıran materyallerin arasında zamanın nasıl geçtiğini anlamadan kendinizi kaybediyorsunuz. Müzenin sizi dış dünyadan uzaklaştıran sadece mistik havası değil aynı zamanda Seyfettin Kuter’in medikal fiziğe, mesleğine duyduğu tutku ve sevgiyi hissediyor olmanız.

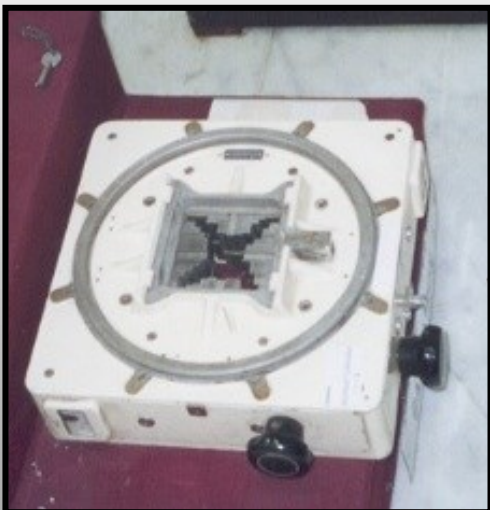
Sevgiyle, Özlemle ve Minnetle....

Kaynaklar

1. Dinç, G. Tıbbi fizikte öncü bir duayen Seyfettin Kuter. İstanbul Üniversitesi Onkoloji Enstitüsü, 2013 ISBN 978-975-404-921-3
2. Kuter, S. Seyfettin Kuter Radyasyon Teknolojisi Müzesi. Radyasyon Onkolojisi Derneği Bülteni.



Resim 15c: Siemens mamografi cihazı



Resim 15d: Türkiye’de ilk kullanılan siemens Gammatron I Co-60 cihazına ait MLC (1958)

POSTER: PROP (BT'DE HASTALARIN RADYASYONDAN KORUNMASI)

Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı'nın (International Atomic Energy Agency-IAEA) sağlık profesyonelleri, hastalar ve toplum üyesi kişiler için radyasyonun tıpta güvenli ve etkin bir şekilde kullanılması amacıyla derlediği "Hastaların Radyasyondan Korunması (Radiation Protection of Patients-RPOP)" alanındaki bilgileri içeren web sayfasında çeşitli posterler bulunmaktadır. Bu posterlerden Radyoloji alanından olanları Türk Radyoloji Derneği (TRD) Radyoloji, Moleküler Görüntüleme Fiziği ve Radyasyondan Korunma Çalışma Grubu ve Türkiye Atom Enerjisi Kurumu'nun (TAEK) ortak çalışması ile dilimize çevrilmiştir.

Biz de her sayımızda bu posterlerden bir tanesini yayınlamak suretiyle radyasyondan korunma eğitime katkı sağlamayı amaçlıyoruz. Posterler aşağıda verilen link aracılığıyla ücretsiz olarak indirilebilir, çoğaltılabilir ve paylaşılabilir.

- 10 Altın kural: BTde Hastaların Radyasyondan Korunması;

<https://www.iaea.org/sites/default/files/documents/rpop/poster-ct-radiation-protection-tr.pdf>

10 Altın kural: BTde Hastaların Radyasyondan Korunması

1. İncelemeyi sadece gerekli ise yapınız
Önemli sayıda görüntüleme işleminin gerekli olmadığı öngörülmektedir
İnceleme isteğini yapan hekim ile radyoloji uzmanı arasında konsültasyon önerilmektedir



US
Ultrason

MRI
Manyetik Rezonans Görüntüleme

2. Mümkün olan durumlarda iyonlaştırıcı radyasyonun kullanılmadığı alternatif görüntüleme yöntemlerinin (US, MRG) bilhassa genç hastalar için kullanılmasını teşvik ediniz

3. Hastanın hamilelik durumunu mutlaka sorgulayınız.
Hastaların hamilelik olasılığını mutlaka belirtmelerini sağlayacak özel işaretleri ve bilgilendirici materyalleri kullanınız



Hamilelik olasılığınız varsa bunu lütfen görevlilere bildiriniz!




Görüntü kalitesi: Gereksizce yüksek Görüntü kalitesi: Tanı için yeterli

4. Yüksek kalitede görüntüler göze hoş gelebilir, ancak bu görüntülerin elde edilmesinde hastalar daha fazla radyasyon almaktadırlar
Biraz gürültülü olan ancak tanısız bilgi kaybı içermeyen görüntüleri kullanmaya başlayınız

Görüntüler: MK Kalra, S. Singh, MGH Webster Center for Advanced Research and Education in Radiation

5. Her vücut bölgesi için, örneğin akciğer nodül takibi veya böbrek taşları gibi, endikasyona özgün BT protokollerini kullanınız.
Böylece, rutin ya da genel amaca yönelik protokollere göre % 50 -70 oranında daha düşük radyasyon dozunda tanısız görüntüler elde edebilirsiniz





IAEA

RPOP
Radiation Protection of Patients

İlgili Poster!
10 Altın kural: BT incelemeleri için uygun yönlendirmeler
<https://www.iaea.org/sites/default/files/documents/rpop/poster-ct-radiation-protection-tr.pdf>
<http://rpop.iaea.org>

Sayfa 1 / 2
Bilgisayarlı Tomografi Hastaların Radyasyondan Korunması

Çok fazlı BT'de radyasyon dozu , tek fazlı BT'ye göre
2-3 kat daha fazla olabilir

7. Işınlama parametrelerini hastaya ve vücut bölümüne göre ayarlayınız

8. Cihazınızı tanıyınız: Otomatik ışınlama kontrolü (AEC) sisteminin parametrelerinin farklı vücut bölgeleri ve farklı klinik durumlar için radyasyon dozunu nasıl hassas bir şekilde ayarladığını öğreniniz

Bir çok BT incelemesi otomatik ısınlama kontrolü kullanılarak yapılmaktadır.

9. İvi teknik

- Düşük kVp, mAs kullanınız
- Yüksek pitch seçiniz
- Tarama uzunluğunu sadece gerekli alana sınırlandırınız
- İlgili alan merkezini daima BT gantrisinin izomerkezine getiriniz
- Tüm BT protokollerinde taramanın başlangıç ve bitiş yerleri farklı klinik durumlar için belirtilmiş olmalıdır
- İnce kesitleri sadece gerektiği durumlarda kullanınız

PE=Pulmonary embol

PE protocol
Apices to adrenal
Apekslerden
adrenallere

Daha kısa tarama uzunludur

8:20-30 **doz. rozkladu**

Coordinators: BNP Kalia, B.
Singh, MGSN Webster
Center
for Advanced Research
and Education in Radiation

PE protocol
Apices to lung
bases

**Apekslerden
akciğer bazal**

İnceleme adı	Referans Düzeyi (CTDI _{wa})*
BT kafa	75 mGy
BT erişkin abdomen	25 mGy
BT erişkin akciğer	21 mGy
BT pediatrik abdomen (5 yaşında)	20 mGy
BT Pediatrik kafa (5 yaşında)	34 mGy

^aNCRP Report No. 172

10. Radyasyon doz değerlerinize dikkat ediniz ve tanısal rehber seviyelerle (DRL) karşılaştırınız

BT doz birimleri ve farklı vücut bölgeleri için önerilen doz düzeyleri hakkında bilgi sahibi olunuz



RPOP
Radiation Protection of Patients

Next/Previous

10 Aralık 2017: BT incelemeleri için uygun yönlendirilmeler

[https://www.elsevier.com/locate/S0022-0248\(20\)30282-0/content/Document/S0022-0248\(20\)30282-0/supplemental/S0022-0248\(20\)30282-0.pdf](https://www.elsevier.com/locate/S0022-0248(20)30282-0/content/Document/S0022-0248(20)30282-0/supplemental/S0022-0248(20)30282-0.pdf)

<http://rpop.iaea.org>

Smith 2/3

Bilgisayarlı Tomografi Hastanın Radyasyondan Korunması

7 KASIM 2020; MEDİKAL FİZİK GÜNÜNDE MEDİKAL FİZİKÇİ OLMAK

Editörün notu: (Fadime Alkaya)

Medikal Fizikçi olmak.....

Vildan arkadaşımın yazısını okurken, aklıma Nazım'ın "Yaşamak Şakaya Gelmez" adlı şiiri geldi ve tekrar okudum.. Yazının başına küçük bi alıntı



eklemek istedim.. Yaşamın tamamına dair ama ben Medikal Fizik, fizikçi kavramaları ve yazının içeriği gereği şiire bir de tevazunun (Seyfettin Kuter) gözünden bakayım dedim...



"YAŞAMAYI CİDDİYE ALACAKSIN,
YANI, O DERECEDE, ÖYLESİNE Kİ,
MESELA, KOLLARIN BAĞLI ARKADAN, SIRTIN DUVARDA,
YAHUT, KOCAMAN GÖZLÜKLERİN,
BEYAZ GÖMLEĞİNLE BİR LABORATUARDA
İNSANLAR İÇİN ÖLEBİLECEKSİN,
HEM DE YÜZÜNÜ BİLE GÖRMEDİĞİN İNSANLAR İÇİN,
HEM DE HİÇ KİMSE SENİ BUNA ZORLAMAMIŞKEN,
HEM DE EN GÜZEL,
EN GERÇEK ŞEYİN YASAMAK OLDUĞUNU BİLDİĞİN HALDE."

Nazım Hikmet Şubat 1948

Dünya Medikal Fizikçiler günü olarak kutlanan 7 Kasım tarihi aynı zamanda radyoaktivite ile ilgili çığır açan çalışmaları ile Medikal Fizik alanında öncü olan

Marie Curie 'nin doğum günüdür. Ama hepimizin bildiği gibi 1895 yılının soğuk bir kasım gecesinde karanlık bir laboratuvarında yalnız başına çalışırken tesadüfen X ışınlarını keşfeden Rontgen, tıbbın kaderini sonsuza dek değiştirmiştir. Fiziğin tıp alanına girdiği tarih bu kadar eski olmasına rağmen medikal fizik günü ilk defa 7 Kasım 2013 de kutlanmaya başlanmıştır. Ama yine de mesleğimizde farkındalık yaratmak için bunun önemli bir adım olduğunu düşünüyorum.

Peki "kimdir bu sorumluluğu ve stres katsayısı çok yüksek mesleği icra eden medikal fizikçi?" Burada her yerde bulabileceğiniz klişe tanımlardan söz etmeyeceğim tabi ki... Ben asıl bizim bakış açımızdan kimiz, ne hissediyoruz, anlatmaya çalışacağım.

Bir kere medikal fizik mesleğini seçmişseniz belirsiz çalışma saatlerini, haftasonu çalışmalarını en baştan kabul etmişsiniz demektir. Bölümde çalışan diğer arkadaşlarınız sizi gündüz tedavi planlama bilgisayar başında birtakım renkli harita gibi çizgilerle uğraşırken görürler. Şimdi "amma basite indirgedi" demeyin. Bizim bölümde bir hemşire arkadaşımız planlama odasına girip çıkarken bizim tedavi planlaması yaptığımızı görüp "fotshop gibi bir şeyler yapıp duruyorsunuz" demişti. Yani dışardan en basit hali ile görünümümüz bu. Oysaki medikal fizikçi olmak hasta kalite kontrolü, cihaz kalite kontrolü, yeni alınan cihazları kliniğe entegre etmek, tedavi planlamada cihaz modellemek ile başlayıp radyasyon güvenliğine kadar uzanan bir dizi görev ve sorumlulukları da baştan kabul etmektir. Bütün bu görev ve sorumluluklara ek olarak fizik ile ilgili olarak Cern de

yapılan deneylerden tutunda gökyüzündeki yıldız çarpışmalarına kadar herşeyi bilmeniz gerekirmiş gibi bir dizi gerekli gereksiz soru ile karşı karşıya kalmaktır medikal fizikçi olmak. Ama sanıyorum biz medikal fizikçilerin asıl maruz kaldıkları ve hiç hoşlanmadıkları tek soru ise " Eeee şimdi medikal fizikçi ne iş yapar" sorusudur. Yılmadan anlatırız, anlaşılacağımızdan kuşkulu olarak... Herkes bizi doktor hemşire, tekniker, hatta fizyoterapist sanır ... Söyleriz yine de ısrar ederler üzerinde beyaz önlük, forma olan bir meslek ile hitap etmeye...

Mesleğe ilk başladığım yıllarda belki de profesyonel meslek hayatımın 2. yada 3. günü. Bir hasta geldi. Malum o zamanlar hasta planları elle yapılıyor, konturlar hasta üzerinden elle alınıyor. Hasta bana "doktor hanım" diye hitap etti. Ben "doktor değilim medikal fizikçiyim" dedim. Hasta "peki hemşire hanım" diye cevap verdi... Ama asıl beni benden alan bir olay vardır ki o zaman çok sinirlenmişim ama bugün aklıma geldikçe gülerim. Meslek hayatımın ilk ayları. Amerikan hastanesinde işe girmişim. Fizikçiyim, üstüne bir de master yapmışım. Herkes mesleğimi sorsa diye bekliyorum. İnkâr edecek değilim, hoşuma gidiyor mesleğimi söylemek... Öyle mutlu mutlu gidip geliyorum işe...Bir gün Beşiktaş'tan taksiye bindim. Amerikan Hastanesi deyince şöför Bey hemen başladı sorgu suale... Aslında pek sevmem öyle şöförle falan konuşmayı ama meslek hayatımın ilk günleri, hoşuma gidiyor işte hani işimi filan sorar belki. Şöför bey " doktor musunuz " diye ilk yanlış tahmini yaptı." Yok" dedim. "Pekiii hemşire misiniz" diye aklına gelen ikinci beyaz üniformalı kişiyi saydı sanki hastanede başka çalışan yokmuş gibi. "Yok" dedim. Ahhh işte beklediğim soru geliyor. " E ne iş yaparsınız ki siz hastanede" dedi . Ben gayat havalı "Tıbbi Radyofizik

Uzmanıyım " dedim. Şöför Bey ne dese beğenirsiniz? "Valla iyi olacak hastanın doktor ayağına gelirmiş. Benim bagajda bir radyo var, kimse yapamıyor sevabına bir bakarmısınız" dedi..... Kendi kulağıma bile yabancı gelen bir sesle " Ne alaka " dedim ve neyseki ineceğim yere gelmişim, indim. Şöför hala arkamdan " canın sağolsun baksan eline yapışmazdı ya " diye sesleniyor. Bu arada genç meslektaşlara küçük bir not: Eskiden mesleğimizin tam bir adı da yoktu. O yüzden aklımıza ilk geleni söyledik. O gün bugündür asla ve asla Tıbbi Radyofizik demem medikal fizikçiyim derim.

Özetle; gerçekten gönül vermeden yapılamıyacak olan medikal fizik mesleğini yapıyorsanız sürekli bir mesleki kimlik savaşı vermeyi baştan peşinen kabul etmişsiniz demektir.

Kanser gibi bir hastalığın tedavisinde önemli bir rol üstlenip kimse tarafından bilinmemek, görülmemektir medikal fizikçi olmak. Bununla ilgili de bir anı anlatıp yazımı bitiriyorum. Bir iki yıl önce portörümüz geldi ve "filanca bey bölümde herkes için hediyeler getirmiş, dağıtayım" dedi. Sanıyorum o sırada da bir kutlama yapıyorduk yani tüm bölüm toplantı odasındaydık. Portör hastanın getirdiği hediyeleri tek tek herkesin ismini (Tıbbi kayıt sekreteri dahil) okuyarak verdi. Hastanın hediye vermediği iki kişi vardı o da ben ve meslektaşım Yücel...Anlatabiliyorum değil mi sorun hediye değil, sorun hastanın tedavisinde çok önemli bir rol ve sorumluluk üstlendiğimiz halde bilinir olmamak... Medikal fizikte 25. yılımı doldurmuş biri olarak yeniden dünyaya gelsem yine medikal fizikçi olurum. Tüm meşakkatlerine rağmen mesleğimizin en güzel tarafı kanser gibi amansız bir hastalığın tedavisinde rol almak, iyileşmelerine ya da ızdıraplarını dindirmeye katkıda bulunmak...Varsın

bilinmesin, varsın kimse bizi tanımasın...Kimse bilmiyorsa biz kendimiz biliyoruz ki radyoterapi alıp iyileşen ya da radyoterapi alıp ızdırabı biraz olsun dinen her kanser hastasında bizim de emeğimiz var...Ne mutlu ki onlara şifa dağıtılmasına aracı oluyoruz.

Tüm bilmeyenler için "Medikal fizikçi kimdir? sorusuna toplu bir cevap verelim o zaman....

Yok aslında diğer fizikçilerden farkımız ama biz Medikal Fizikçiyiz.

Med. Fiz. Uzm. Vildan Alban

Amerikan Hastanesi

"Bence başarıya giden yol meraktır. Merak olmadan atılan adım ve başarı boştur. Benim düşüncem merak olmadan başarı elde edilemez" Marie Curie

Merak, Medikal Fizikçi olmanın özünde var. Bu işin en değerli kısmı, üst düzey becerilerimizi ve tüm entelektüel kapasitemizi önemli olan bir iş üzerinde kullanmamızdır. Sahip olduğumuz her yeni fikir faydalıdır. Daha fazla okumak, daha fazla çalışmak ve daha fazla fikir sahibi olabilmek belki bir isim veya kazanç getirmeyebilir, ancak hastaların hayatlarına dokunup, yaşam kalitelerini arttırabiliriz.

Bu işin zorlu kısımları da çok elbette. Farklı meslek grubunda yer alan kişilerle aynı hedefe yürürken, sorumlulukları dengelemek yorucu. Kliniğin tüm zamanımızı almasına izin vermekte bazen kaçınılmaz. Bu sebeple ne istediğimizi, amacımızı, klinik rutin ile birlikte araştırmayı nasıl dengeleyeceğimizi gerçekten anlamalıyız. Hekim, tekniker veya firma mühendisi olmadığımız için bu meslek gruplarına güvenmeliyiz. Bu, birçok yönüyle harika. Ancak, bazen daha çok

hakim olmak ve daha fazlasını bilmek istediğimiz durumlar olabiliyor tabi ki. Olmalı da. Sormayan ve sorgulamayan bir beyin, rutine bağlamış ilerliyor olabilir, dikkat etmeliyiz.

Daha fazlasını yapamasak da BİZ MEDİKAL FİZİKÇİLER, her birimiz bir parça bilgi parıltısı yakalayabilmek için, hastalarımızın yaşanacak daha güzel günlerinin ve bizi insan olarak mesleki tatmine ulaştırabilecek tüm yaşananların ortasında duruyoruz. Hem de kimsenin göremediği, bir tanımı "radyasyonu" yöneterek. O kadar ortasındayız ki bazen pusulamız şaşabiliyor. O zaman bilime sığınmalıyız. Bizim, mesleki yüzümüz bilimdir, bildiklerimizdir, çözümlerimizdir.

Her mesleğin kendi rüyası vardır. O halde dünün rüyalarını bir kenara bırakalım. Bilginin meşalesini alalım ve geleceğin sarayını inşa edelim. Kişilerle değil, fikirlerle ilgilenelim. Sınırlarımızı zorlayarak buluruz. Bir sürü çarpıcı fikir var. Biz bu fikirleri gerçekleştirme arzusuna sahip olalım. Bu meslekte;

"Yap veya Yapma. Denemek diye bir şey yok" (Yoda)

Med. Fiz. Uzm. Dr. Aysun İNAL

Antalya Eğitim ve Araştırma Hastanesi Radyasyon

Onkolojisi Bölümü

7 Kasım 2013 yılında kutlamaya başladığımız Dünya Medikal Fizikçiler günü sağlık alanında görev yapan biz fizikçilerin tanı ve tedavide aldıkları rolü hastalara, sokaktaki insanlara, hatta diğer sağlık personellerine anlatmak ve mesleğimizi tanıtmak için çok önemli bir fırsat sunuyor. Medikal fizikçi olarak multidisipliner bir çalışma ortamında çalışırken gün içerisinde tıbbi ve teknik bilginizi kullanarak birçok soruya cevap vermeniz, karşınıza çıkan çeşitli problemlere de çözüm

bulmanız gerekiyor. Radyasyon onkolojisinde görev yapan bir medikal fizikçi olmak, hastaların tedaviye güvenle girmesini sağlamanın, bu tedaviden alacağı faydanın artırılmasına katkıda bulunmanın yanı sıra çalışanların radyasyon güvenliğini de sağlamak gibi bir sorumluluk da yüklüyor. Kliniğin her yerinde sorumluluk sahibi olup, çözümün bir parçası olarak görev alabilmek benim için mesleğimin en tatmin edici özelliği diyebilirim. Teknolojik gelişmelerin hızla arttığı günümüzde sorumluluklarımız artarken mesleğimizin önemi de daha çok ortaya çıkıyor diye düşünüyorum. İlerleyen günlerde de mevcut çalışma alanlarımızdan farklı tıbbi bölümlerde ve alanlarda da medikal fizikçilere ihtiyaç duyulacağına inanıyorum. Bu sebeple eğitimin hiçbir zaman bitmediğinin bilinciyle kendimizi her gün geliştirerek meslek hayatımızı devam ettirmemizin çok önemli olduğunu düşünüyorum. Bence sağlık gibi önemli bir konuda fark yaratabilmemize imkan veren bir mesleğimiz var, bunun önemini önce bizler kavramalı, sonra ulaşabileceğimiz herkese etkili yöntemlerle anlatmalıyız. Dünya Medikal Fizikçiler günü gibi anlamlı bir günü de bu bilinçle daha coşkulu kutlamalıyız diye düşünüyorum. Bütün meslektaşlarımın bu güzel gününü mutlulukla kutlarım.

Med. Fiz. Uzm. Esil Kara
Onko Ankara Onkoloji Merkezi

Türkiye’de medikal fizikçi olmak sorumluluğu olan, yetkisi olmayan, akademik kariyeri tam oturmamış; ayrıca, çalıştığınız alana (Radyoterapi, Nükleer Tıp, Radyodiagnostik Radyoloji) göre önemsenme derecesi değişen bir branştır. Otuz üç yıl Nükleer Tıp’ta çalışan medikal fizikçiyim. Bu işe başladığım

yıllarda, Nükleer Tıp alanında medikal fizikçi eğitimini veren bir yer yoktu. Türkiye Atom Enerji Kurumu belirli eğitimler düzenlese de çoğunlukla bunlar Radyoterapi ve Radyasyon Güvenliği konularını ağırlıkla içermektedir. Prof. Dr. Doğan Bor ile karşılaşmak; onun tedrisatından geçmek benim için büyük bir şanstı...

Doğruyu söylemek gerekirse geriye dönüp baktığımda Nükleer Tıp alanında şimdilerde medikal fizikçi olarak emek veren herkes Doğan Bor’un eğitiminden yararlanmıştır. Başka bir deyişle Nükleer Tıp ve Radyodiagnostik Radyoloji’de görev yapan medikal fizikçiler neredeyse tümüyle kendi çabaları ile bir yerlere gelmek zorunda kalmıştır. Türkiye’de, ister Nükleer Tıp ve Radyodiagnostik Radyoloji gibi unutulmuş alanlarda ister önemsendiği düşünülen Radyoterapi alanında çalışan medikal fizikçilerin akademik ortamda ve çalışma hayatında olması gereken yerde değiller. Türkiye’de, özellikle var olan Radyodiagnostik Radyoloji ve Nükleer Tıp kliniklerinin sayısına kıyasla buralarda hizmet veren medikal fizikçilerin sayısı bir türlü yeterli düzeye ulaşamamıştır. Medikal Fizik Derneği’nin gerekli girişimlerde bulunarak, arzu edilen desteği sağlayarak bu mesleğin çalışanlarına, sağlık alanında, önemli haklar kazandıracağını umuyorum.

Günümüzde temel bilimlerin giderek yok olduğu ülkemizde ister medikal ister diğer alanlarda, tüm fizikçilere (ve elbet tüm temel bilimcilere) gerçekten önem verileceği günlere kavuşmak dileği ile.

Med. Fiz. Uzm. Meral Hiçürkmez
Marmara Üniversitesi Pendik Eğitim ve Araştırma
Hastanesi, Nükleer Tıp Anabilim Dalı

Ne tıp ne fizik, medikal fizik veya sağlık fiziği yada tıbbi radyoterapi fiziği vs. biraz arada kalmış olmanın yanı sıra ülkemizde bir çok sorunları olan, hala olgunlaşmasını tamamlayamamış bir meslek. Fizik ve tıp teorik bilgi altyapısı üzerine kurulu olan hem teorik hem uygulamalı bir meslek dalı. Gerek kullanılan araç ve gereçlerin gerek yapılan ölçüm ve hesaplamaların çok hassas olması nedeniyle hem dikkat hem deneyim gerektirir. Bu dikkat gerekliliği ise sıkı bir ekip ister. Yapılacak bir hata bir hasta ile değil birçok hasta problemi veya tüm hastaları etkileyecek bir problem ile sonuçlanabilir. Sorumluluğunun oldukça yüksek olmasına rağmen başta Sağlık Bakanlığında çalışan arkadaşlarımız olmak üzere, gerek özel sektörde gerekse üniversitede çalışan her meslektaşımızın birçok çözüm bekleyen sorunları olduğunu düşünüyorum. Ülkemizde hak ettiği öneme ve değere ulaşabilmesi için öncelikle eğitim, iş tanımı ve özlük hakları gibi başlıca sorunlar ele alınarak bu sorunların çözüm yolları birlik ve beraberlik içinde belirlenmeli ve bir çözüme kavuşturulması için sıkı bir iş takibi ile üzerine gidilmelidir.

Med. Fiz. Uzm. Burçin Hazeral
İzmir Tepecik Eğitim Araştırma Hastanesi

1895'te X-ışınlarının, 1896'da radyoaktivitenin keşfi ve sonraki yıllarda radyoaktif elementlerle ilgili yapılan diğer keşifler ve teknolojik gelişmeler iyonlaştırıcı radyasyonun tıpta teşhis ve tedavi amacıyla kullanılmasına olanak vermiştir. O günlerden bugüne kadar medikal fizikçiler tıpta radyasyon teknolojilerinin kurulumunda, denetlenmesinde ve optimize edilmesinde kilit roller oynamaktaydı. Fakat son yıllarda yapay zekanın hızla gelişmesiyle birlikte fizikçilerin tedavide optimizasyon amacıyla yaptığı

birçok işlemin makinenin kontrolüne geçeceğini öngörmemiz gerekir. Özellikle çok yakın bir geçmişte oldukça fazla kullanılmaya başlanan Multi-Criteria Optimization(MCO) tabanlı planlamalar, fall-back planlamalar, scriptler, konturlamada model ve atlas tabanlı segmentasyon algortimaları, gantry ve kolimatör açısını optimize eden yardımcı uygulamaların önümüzdeki yıllarda büyük veri setleriyle beslenen makine öğrenmesiyle birlikte daha da geliştirilebileceğini ve medikal fizikçilere optimizasyon alanında çok daha az ihtiyaç duyulacağını ön görmek gerekir.

Gelecekte bu alanda yapay zekanın doldurduğu alanlar olsa da radyasyon güvenliği, kalite kontrol gibi alanlarda medikal fizikçilere olan ihtiyaç azalmayacak. Örneğin bir medikal fizikçinin bir hasta planlamasında doz hesabı ve optimizasyon için planlama başında geçireceği süre kısalsa bile; her hasta anatomik olarak farklılıklar gösterdiğinden planda hastaya özel ayarlamaların yapılması gerektirecek durumların olması oldukça muhtemeldir. Bunun yanında hastaya özel bir planda herhangi bir problem gerçekleştiğinde doktor, tekniker ve hemşirelerle olan iletişimi sağlayacak olan ve çözüm geliştirecek olan bilgisayarlar değil, yine medikal fizik uzmanları olacaktır. Yine gelişen teknoloji ile birlikte, planlama ve tedavi cihazının mekanik ve dozimetrik kalite kontrollerini, hasta QA'lerinin kontrollerini ve aksayan yerlerdeki düzeltmeleri yapacak ve en önemlisi bu hususlarda sorumluluk alan yapay zeka değil yine medikal fizikçiler olacaktır.

Son birkaç on yılda kanser tedavisinde teknolojinin ilerlemesiyle birlikte yoğunluk ayarlı radyoterapi, görüntü yönetiminde radyoterapi, stereotaktik

radyocerrahi, proton terapi gibi farklı tedavi modaliteleri dünya çapında uygulanmaya başlamış ve bu yeni teknolojilerin kurulumu, kalite kontrolü ve optimizasyonu medikal fizikçilerin ne kadar gerekli ve önemli olduklarını göstermiştir. Yakın gelecekte de microbeam radyoterapi, FLASH radyoterapi gibi tedavileri yapabilen cihazlarının kurulumu, kullanımı, dozimetrik ölçüm ve hesaplamaları, kalite kontrolü ve güvenliğiyle ilgili çalışmalarda fizikçilere birçok iş yükü düşecektir.

Bir yanda yapay zeka ile mevcut teknolojilerin optimizasyonları olsa da, diğer yanda gelişen teknolojiyle beraber gelen yeni iş yükleri oluşmaya devam edecektir. Kısaca uzmana olan ihtiyaç kompleks sistemlerin ve otomasyonun fazla olduğu her alanda olduğu gibi medikal fizik alanında da gelecekte olmaya devam edecek ve önemini yitirmeyecektir.

Medikal fizikçiler olarak önümüzdeki birkaç on yıl içinde yapay zeka alanında gerçekleşen gelişmelerden korkmadan ve bu gerçeğin farkında olarak kendi konumumuzu buna göre yeniden şekillendirmemiz gerekebilir. Bunun için özellikle biz genç medikal fizikçiler olarak büyüklerimizin tabiriyle "Atari pilotu" olmadığımızı ve öncelikle "fizikçi" olduğumuzu hatırlamalı ve medikal fizik alanında fizik donanımlarımızı öne çıkaran işlerle, yeni teknik ve yöntemler konusunda daha fazla okumalar ve çalışmalar yaparak kendimizi daima geliştirmeli ve ilerletmeliyiz. Böylelikle medikal fizikçilerin tıp alanındaki önemini her zaman güncel ve önemli tutmasına katkı sağlayabiliriz.

Med. Fiz. Uzm. Mehmet Fazıl Enkavi

Medicana International Ankara Hastanesi

Medikal Fizikçi'nin Türkiye'deki yeri ve önemini anlatmak için bu yazıya başladığımda, aklımda bir metinden çok bir dizi soru oluştu. Belki de her sorunun cevabı Medikal Fizikçi'nin varlığı neden önemlidir ve Medikal alanda neden vazgeçilmez bir istihdam ihtiyacı olduğunun cevabına ulaşmamıza yardımcı olur.

Türkiye de Medikal Fizikçi olmak?

1998 de mesleğe başladığım dönem ile bugün arasında meslekte yaşadığımız sorunlar, özlük hakları ve benzer sorunların süregeldiğini, çok yol alınmadığını söyleyebilirim. Hala Medikal Fizikçi mi, Sağlık Fizikçisi mi isim tartışmalarının devam ettiği düşünüldüğünde "Türkiye de Medikal Fizikçi olmak" sorusunun cevabı ortaya çıkıyor. Tabi ki ayın sadece karanlık yüzü yok. Tedavilerdeki gelişmeler Medikal Fizikçi'lerin önemini artırmış olması, meslek seçimlerinde Medikal Fizikçi tercihinin cazip hale getirmiştir.

Medikal Fizikçi eğitimi?

Yapılan çalışma ve geliştirilen eğitim programlarına rağmen hala süre gelen bir standart yoktur. Dolayısıyla alınan eğitimler sonrası Medikal Fizikçi olarak işe başlayan yeni meslektaşlarımız, bilgi eksiklikleri ve görev yerlerinde farklı zorluklar yaşamaktadır. Bu eksiklikler Medikal Fizikçi'nin otorite olma yolunda güven sarsıcı sonuçlar yaratmaktadır.

Neden Medikal Fizikçi istihdam edilmeli?

Tıptaki görüntüleme ve radyasyon tedavilerindeki yeni gelişmeler, Medikal Fizikçi'lerin istihdam edilmesinde önemli rol oynamış olup, Medikal Fizikçi'nin iş sahasını artırmıştır. Bu durum sevindirici bir gelişme olmuştur.

Yeni nesil Medikal Fizikçi?

Tıptaki görüntüleme ve radyasyon tedavilerindeki yeni gelişmeler, Medikal Fizikçi ihtiyacını belirlerken aynı zamanda alınan eğitim ve sahip olunması gereken bilgi donanımlarının da önemini tekrar ortaya çıkarmıştır. Teknolojik gelişmeler ve tıp alanındaki gelişmelerin birlikteliği düşünüldüğünde, eski alt yapıda ve konvansiyonel eğitimlerden vaz geçilmesi gerektiği ortadadır. Yeni nesil bir Medikal Fizikçi'nin; iyi derecede İngilizce bilmesi, ileri seviyede bilgisayar kullanabilmesi ve programlama yapabilmesi, anatomi ve radyofarmasi bilgisine sahip olması ve iletişim becerisinin olması vazgeçilmez unsurlardandır. Tüm bu donanımları sahip olduğu Fizik bilgisiyle harmanladığında Medikal Fizikçi için başarılı ve saygın bir kariyer yolu açılmaktadır.

Umuyor ve bekliyorum ki gelecek Yeni Nesil Medikal Fizikçi'ler tüm bu vasıflara sahip ve kariyerlerinde saygın bir konumda mesleklerini başarıyla icra edeceklerdir.

Med.Fiz.Uzm. Leyla Poyraz

İstanbul Tıp Fakültesi Nükleer Tıp Anabilim Dalı

Televizyon programlarında sezonun son bölümü yayınlandığında sunucunun bitiş cümlelerinde sıklıkla duyduğumuz bir cümle hep dikkatimi çekmiştir. "Siz sadece beni görüyorsunuz ama arka planda çalışan, beni sizlere ulaştıran kameramanından ışıksısına aslında onlarca kişiyiz ve onlara da bir alkış istiyorum". Programın yapımcısından yönetmenine kadar en değerli kişilerini belki çoğu zaman görmemiştir bile. Biz medikal fizikçilerin kamera arkasında duran o insanlara benzetirim. Hasta gelir doktorunu görür.

Tedavinin başladığı ve bittiği ana kadar radyoterapi teknikerine emanettir artık. Fakat arka planda bizi görmez, görse de yaptığımız işin tam olarak farkında değildir. İşte bu sebepten bana göre kamera arkasında çalışan, programı deyim yerindeyse organize eden o insanlara benziyoruz. Belki öğretmenler gibi her yıl milyonlarca insan hatırlamıyor günümüzü. Hatta birçok insan bu özel günün farkında bile değil. Lakin bu özel hasta gurubuna yardım eden bir mesleğe sahip olmanın gururunu her daim içimde yaşadım. Bir de kanseri yendiğini duyduğumdaki içime sığmayan sevinci kelimelerle tarif edemem. Bu yazı aracılığı ile bütün meslektaşlarımın gününü kutluyorum. (Mesleğiniz dışında birisi sizin medikal fizik gününüzü kutluyorsa o kişiye ayrı bir özen gösterin derim).

Med. Fiz. Uzm. Adem Özöndel

Denizli Devlet Hastanesi

-E okudun da noldun şimdi?

-Fizikçi.

-Müzikçi?

-Yok fizikçi, sağlık fizikçisi.

-Ha fizik tedavi..

-Radyasyon fizikçisi teyzecim.

-Radyo televizyon mu?

-Ya yok kanser tedavisinde fizikçi..

-Desene doktorum diye.. Sen de..

Başıma gelen bir hikayeydi bu. Belki de artık kazanması kolay, okuması zor bir bölümü bitirip, üzerine kimimiz bir, kimimiz iki yüksek lisans yaparak bugünlere geldik. Psikolojik olarak kolay olmayan ama işin görünmeyen kısmında, -kamera arkası veyahut mutfak diyelim, gizli kahramanlarız biz.Tedaviler biter,

doktor ve teknikere teşekkür edilir. Peki ya bizler? Bizler de başımızı yastığa rahat koymak adına çalışıyor, hastalarımızın bu zorlu yolculuklarında hayatlarına hep daha iyi dokunabilmek için araştırıp öğreniyoruz. Yeniliklere açık, dinamik bir alanda öğrenilen, edinilen her bilgi, edinilen her tecrübeyi insanlık adına birbirimizle paylaşıyoruz. Kimine göre 'ekranı rengarenk boyamak' olsa da işimiz.

Medikal fiziğin derinliklerini, dergi aracılığı ile bizlere ulaştıran tüm ekibin, eğitim süreçlerimizde bize engin bilgilerini açan tüm hocalarımızın, titizlikle ve doğrulukla çalışan tüm meslektaşlarımızın Medikal Fizikçiler gününü saygıyla ve sevgiyle kutlarım.

Umarım meslek olarak daha tanındık, bilindik ve daha değerli olduğumuz günler de gelir.

Med. Fiz. Uzm. Sevnur Taner
Ümraniye Eğitim Araştırma Hastanesi

Hepimizin hayatı boyunca edindiği, zaman zaman öncelik sırasını değiştirdiği kimlikleri vardır. Seçtiğimiz mesleğimiz de bu kimliklerden biridir. "Medikal Fizik Uzmanı" olmamın yaşattığı gurur ve mutluluk bu kimliğimi en önceliklilerden birisi yapmaktadır. İnsan hayatına direkt olarak etki edebildiğim, hastalara bilgilerim ışığında şifa olabildiğimi görmenin mutluluğunu kelimelerle tarife sığdıramayacak kadar büyük. Cihaz kurulum ölçümlerin, kalite kontrol ölçümlerini yapmak, gelişmekte olan teknolojinin bir parçası olan mesleğimizde iyi bir ekiple, hepimize rol model olan iyi bir takım lideri ile dinamik bir şekilde çalışmaktan gurur duymaktayım. Medikal fizik uzmanı olarak yapılan çalışmaları takip edip sürekli gelişmek, insanlığa daha iyi hizmet edebilmek için

çabalamaktan yorulmaktan gurur duymaya devam edeceğim.

Med. Fiz. Uzm. Pelin Salağzı
Medideal Med. Pro. ve Çöz. A.Ş.

Her yıl 7 Kasım gününü Dünya Medikal Fizik günü olarak kutluyoruz. Bu tarihin seçilmesinin nedeni radyoaktivite alanında çalışmalarıyla ünlü bilim kadını Marie Curie'nin doğum gününün olmasıdır. Bu durum medikal fizik gününe ayrı bir anlam katmaktadır. Bugünün anlam ve önemine binaen naçizane düşüncelerimi aktarmak isterim.

Genel olarak Medikal Fizik eğitimi düşündüğümüzde üniversitede aldığımız eğitimin hem teorik hem de uygulamaya yönelik (klinik) olması mesleğimizi dahi iyi öğrenmemize neden olmuştur. Klinik bilgi ve eğitim, bu tarz meslek gruplarında bazen teorik eğitimden daha önemli olabiliyor. Çünkü işimiz ne kadar bilgisayar başı bir iş gibi görünse de yaptığımız planlar ve/veya ölçümler direkt olarak hastaya etki etmektedir. Yapılacak bir hata ya da yanlış bir bilgi hastalar üzerinde geri alınamaz etkilere neden olabilir. Bundandır ki medikal fizikçiler olarak aldığımız eğitimden sonra uygulamalı staj veya stajlar yaparak klinik eğitimimizi geliştirmeye gayret gösteriyor ve mesleğimizi daha etkin icra etmeye çalışıyoruz.

Hayatımda hastane ziyaretlerim o kadar azdı ki kanser hastalarının tedavi süreçlerini çok yüzeysel olarak görüyordum. İş hayatımda hastaların çarpıcı derece zorlu tedavi süreçlerine tanık olmak benim için başlarda çok yıkıcıydı. Fakat zamanla işin daha bilincinde oluyor ve bu trajik durumlara kendimizi daha hazır hale getiriyoruz. Çünkü sorumluluk gerektiren zor işlerde çalışmak soğukkanlı olmayı da

gerektiriyor. Hastaların tedavi sürecinde yaşadıkları zorluklara tanıklık etmek kolay değil elbette, fakat bu zorlu süreçte onlara destek olabilmek, gördükleri tedavide bizim de biraz olsun katkımız olduğunu bilmek işin en güzel tarafı. Özellikle yapılan tedavi sonrasında hastaların iyileştiğini ve günlük yaşamlarına döndüklerini görmek süreçte yaşanan bütün zorlukları ve yorgunlukları unutturuyor. Böyle ciddi bir mücadelenin bir parçası olmaktan dolayı gurur duyuyorum ve her zaman gurur duyacağım. Tüm medikal fizikçilerin “Medikal Fizik Günü” Kutlu olsun. Sağlıkla kalın...

Med. Fiz. Uzm. Ebru Oruç Bakır

İstanbul Okan Üniversitesi Hastanesi – Radyasyon

Onkolojisi A. D.

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.



Radyoterapi Fiziği



Editörler

• Hatice Bilge Becerir • Fadime Alkaya



Radyoterapi Fiziği Kitabı, Medikal Fizik Derneği tarafından radyasyon onkolojisi alanında çalışan medikal fizik uzmanlarının ihtiyaç duydukları konularda bilgi edinmesi amacıyla hazırlanmıştır.

Bu kitap ayrıca radyasyon onkolojisinde hizmet veren radyasyon onkologları, radyoterapi dışında çalışan medikal fizik uzmanları ve radyoterapi teknikleri için faydalı olabilir.



Medikal Fizik Derneği tarafından hazırlanmıştır.



Genel Editörleri

A. Bahar Dirican B. Hatice Bilge Becerir C. Nezahat Olacak
D. Aydın Çakır E. Salih Gürdallı / Hilal Acar Demir
F. Gönül Kemikler / Fadime Alkaya G. Kadir Yarıy H. Bülent Yapıcı / Tamer Uğuz Gürsoy