

Medikal Fizik Derneği'nin Katkılarıyla

MedFiz@Online

e-DERGİ

ŞUBAT- MART 2021

medfizonline@gmail.com

www.medikalfizik.org

SAYI: 31



BU SAYININ ÖNE ÇIKAN KONULARI

- COVID-19 PANDEMİSİ SÜRECİNDE TÜRKİYE RADYASYON ONKOLOJİSİNİN DURUMU
- SERVİKS KANSERİ İÇİN RADYOTERAPİ: ASTRO KLİNİK UYGULAMA REHBERİ
- MODERN LİNAKLARDA MU DMAX YERİNE 10 CM DERİNLİKTE Mİ TANIMLANMALI?
- MEDİKAL FİZİK'DE YAPAY ZEKA ÜZERİNE YAPILAN ARAŞTIRMA SONUÇLARI
- FİZİK VE TIP: TARİHSEL BİR BAKIŞ AÇISI

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****Ali Can Yılmaz****Boran Güngör****Emre Şanlı****Osman Artunç Türe****Peyruze Gizem Kurt****Songül Barlaz Us****Yavuz Anacak**

(Yazarlar harf sıralamasına göre sıralanmıştır.)

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

İÇİNDEKİLER

- **MERHABA**
- **MERSİN ÜNİVERSİTESİ ONKOLOJİ HASTANESİ RADYASYON ONKOLOJİSİ BÖLÜMÜ**
- **COVID-19 PANDEMİSİ SÜRECİNDE TÜRKİYE RADYASYON ONKOLOJİSİNİN DURUMU**
- **SERVİKS KANSERİ İÇİN RADYOTERAPİ: ASTRO KLİNİK UYGULAMA REHBERİ**
- **MODERN LİNAKLARDA MU DMAX YERİNE 10 CM DERİNLİKTE Mİ TANIMLANMALI?**
- **GÖRÜŞ-KARŞIT GÖRÜŞ: Düşük Teknoloji (Kobalt Teleterapi vb.) cihazlar düşük gelirli ülkelerdeki radyoterapi için uygun mudur?**
- **HASTA-MEDİKAL FİZİKÇİ GÖRÜŞMELERİNDE HASTALAR TARAFINDAN SORULAN SORULARIN İNCELENMESİ**
- **BRAINLAB RADYOTERAPİ ÇÖZÜMLERİ**
- **MEDİKAL FİZİK'DE YAPAY ZEKA ÜZERİNE YAPILAN ARAŞTIRMA SONUÇLARI**
- **FİZİK VE TIP: Tarihsel bir bakış açısı**
- **RT' DEKİ SON GELİŞMELER**

e-posta: medfizonline@gmail.com

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

e-kopya

Medikal Fizik Derneği'nin katkılarıyla

MedFiz@Online DERGİSİNDE YAYINLANAN YAZILAR
YAZARIN SORUMLULUĞUNDADIR.

4 ŞUBAT 2021: Dünya Kanseri Günü:

Kansersiz bir gelecek yaratmak için tam zamanıdır.

Bilindiği gibi, her yılın 4 Şubat günü “Dünya Kanseri Günü (WorldCancerDay)” olarak, kansere karşı verilen savaşta kişilerin, kurumların ve devletlerin ilgisini daha yükseklerle çıkarmak ve katılımlarını arttırmak için Uluslararası Kanseri Kontrol Birliği (Union for International Cancer Control (UICC)) tarafından özel bir tarih olarak tanınmıştır.

Dünya Kanseri Günü hem ülkemizde hem de dünyada her yıl giderek daha fazla destekle gündeme gelmektedir. UICC, Dünya Kanseri Günü ile ilgili web sayfasında bu yıl önemli mesajlar vermektedir. Hiç yorum yapmadan UICC'den alıntı yapalım;



Harekete geçtiğimizde ne olur?

Kanser vakalarının üçte birinden fazlası önlenabilir. Erken tespit edilir ve uygun şekilde tedavi edilirse diğer üçte biri iyileştirilebilir.

Önleme, erken teşhis ve tedavi konularında doğru stratejiler uygulanarak, her yıl 3,7 milyona kadar hayat kurtarabiliriz.

Bugün kanser hakkında her zamankinden daha fazla şey biliyoruz.

Araştırma ve yeniliğe yatırım yaparak tıp, teşhis ve bilimsel bilgidir olağanüstü atılımlara tanık olduk.

Ne kadar çok bilirsek, risk faktörlerini azaltmada, önlemeyi artırmada ve kanser teşhisini, önlemeyi, tedaviyi ve bakımını iyileştirmede o kadar çok ilerleme kaydedebiliriz.

Son yıllarda, Birleşmiş Milletler, Dünya Sağlık Örgütü ve diğer BM kuruluşları, küresel bir bağlılığa acil ihtiyaç olduğunu kabul ettiler.

Liderler konuşup eyleme geçtiklerinde, kendimize tarih yazma ve kansersiz bir dünyaya doğru ilerleme şansı veriyoruz.

Bugün, kanser ölümlerinin yarısından fazlası (% 65) dünyanın en az gelişmiş bölgelerinde gerçekleşiyor. Daha yüksek gelirli bir ülkede yaşıyor olsanız bile, düşük gelirli, yerli, göçmen, mülteci ve kırsal toplumlar arasında eşitsizlikler hala var.

Kanseri önleme, teşhis, tedavi ve bakıma eşit erişim hayat kurtarabilir.

Kamusal ve politik okuryazarlığı ve kanserle ilgili anlayışı artırarak, korkuyu azaltır, anlayışı artırır, mitleri ve yanlış anlamaları ortadan kaldırır ve davranışları ve tutumları değiştiririz.

UICC devam ediyor; Bu Dünya Kanseri Gününde, harekete geçme taahhüdümüzün kanserin küresel etkisini azaltmada güçlü ilerlemeye yol açacağını biliyoruz. Yani, bu 4 Şubat tarihinde her türlü eyleminiz kalıcı ve olumlu bir değişim yaratacaktır.

Kansersiz bir dünya yaratma taahhüdünüze ihtiyacımız var. Bu Dünya Kanseri Gününde, kimsin ve ne yapacaksın? (I am and I will)?

Birlikte tüm eylemlerimiz önemlidir.



#IAmAndIWill
worldcancerday.org

Covid-19 salgını Radyasyon Onkolojisi bölümlerinde görev yapan tüm ekipleri gereğinden fazla olumsuz etkiledi ve etkilemeye devam ediyor. Bir sağlık çalışanı olan medikal fizikçiler bu salgından hem ders aldılar hem de gerekli fedakarlıkla görevlerini aksatmamaya çalıştılar, tıpkı diğer değerli ekipler gibi.

Covid-19 salgınında gerek bilimsel açıklamaları, gerekse uyarıları nedeniyle Türk Radyasyon Onkolojisi Derneği (TROD) çok önemli bir görevi yerine getirdi, getirmeye devam ediyor. Kısa süreceği çok tartışmalı olan bu salgında Radyasyon Onkolojisi alanında yapılan işleri toplu olarak sunmak amacıyla TROD Başkanı, Radyasyon Onkolojisi Uzmanı Sayın **Prof. Dr. Yavuz Anacak** hocamız bu sayımızda Covid-19 salgınına değerlendiren bir yazı yazdı.

Toplu olarak salgında yapılan işleri ve değerlendirmeleri yazıya döktü. Kendisine buradan teşekkürlerimizi iletiyoruz.

Şu anda elinize ulaşan 31. Sayımızla birlikte 6. Yılımıza adım atıyoruz. Bu aşamada, MedFiz@Online elektronik dergisinin geleceğini daha da netleştirmek, daha da sağlam temeller üzerine oturtulmasını sağlamak için yeni yılda , MedFiz@Online yapısında bulunan tüm arkadaşlarımızla bir toplantı düzenledik.

Amacımız birinci ağızdan aktif katkı sağlayan arkadaşlarımızla durum değerlendirmesi yapmaktır. Bir anlamda bugüne kadar yapılan çalışmaları masaya yatırmaktır amaç.

Tüm katılımcı arkadaşlarımız, öncelikli olarak, yayınının gelecek yıllarda da işlevini sürdürmesi

görüşüne oybirliği ile evet cevabını verdiler. Bu değerlendirme bizim açımızdan çok önemliydi, çünkü misyonunu tamamlamış bir çabanın devam etmesine gerek olmayabilirdi.

Daha sonra 30. Sayımızda yayınladığımız 5. Yıl değerlendirme yazısında sorduğumuz ve aşağıda tekrar verdiğimiz sorulara bizim de cevap vermemiz gerekiyordu.

Aynı formatta, aynı içerikte, aynı teknik özellikte mi devam etmelidir?

Veya yeni bir bakış açısı mı geliştirilmelidir?

Derginin daha kurumsal bir yapıya sahip olmasına ihtiyaç var mıdır?

Yönetimsel yeni bir organizasyon gerekli midir?

Dergide özel konuları izleyen ve değerlendiren çalışma grupları olmalı mıdır?

Uluslararası bir yapıya kavuşmalı mıdır? Örneğin İngilizce sayfalar ve önsözler gibi.

Hep birlikte, sorularımıza beklenenin de üstünde, ileriye yönelik değerli cevaplar oluşturduk. Ancak, bizlerin yorumları gelecek için önem taşıırken, medikal fizik toplumunun MedFiz@Online elektronik dergisi ile ilgili görüşlerini alma konusunda da görüş birliğine vardık.

Bu amaçla, hazırlanan bir anketin okurlarımıza ulaştırılarak görüşlerine başvurulması planlandı. Bu ankete verilecek cevapların MedFiz@Online yayınına daha güçlü bir yol haritası çizeceğine inanmaktayız.

Katılım oranlarının yüksek ve değerlendirmelerin çok fazla yol gösterici olacağına güvenimiz tamdır. Elde edeceğimiz verilerin meslektaşlarımızla MedFiz@Online elektronik dergi arasında daha güçlü ve dost bağlarının oluşmasına katkı yapacağı umudundayız.

Katılımcı ve demokratik olma özelliğimizin burada öne çıkması, kendimize olan güvenimizi de güçlendirmektedir. MedFiz@Online dergisi hepimize aittir.

İleriki sayılarımızda anket sonuçlarını sizlerle paylaşacağımızı bildirmek istiyoruz.

Saygılarımızla.

Haluk ORHUN



**World
Cancer Day**
4 February

#IAmAndIWill
worldcancerday.org

MERSİN ÜNİVERSİTESİ ONKOLOJİ HASTANESİ RADYASYON ONKOLOJİSİ BÖLÜMÜ

Fiz. Dr. Songül Barlaz Us

Mersin Üniversitesi Onkoloji Hastanesi 6 Mart 2020 tarihinde hizmete açılmıştır. 14 bin 500 metrekare kapalı alan üzerine kurulu 126 yatak kapasiteli hastanemiz, bölgede tam kapasiteli tek onkoloji hastanesidir.

Onkoloji hastanesi içinde yer alan Radyasyon Onkolojisi Bölümü, hastane tam kapasiteli olarak faaliyete girmeden önce, 18 Mart 2019 tarihinde hizmet vermeye başlamıştır. İlk etapta binadan bağımsız bir girişle hasta alınmaya başlanmış, hastane inşaatı tamamlandıktan sonra ana bina ile birleştirilmiştir. Bölümümüzde 3 poliklinik, 1 tedavi planlama odası, 1 CT simülatör cihazı, 1 Tomoterapi cihazı, 1 brakiterapi cihazı, müşaade odası, çocuk oyun alanı, dinlenme odaları ve ofisler bulunmaktadır. Ayrıca ileride ikinci bir radyoterapi cihazı konulmak üzere yapılmış 1 adet boş bunker vardır.

Radyoterapi endikasyonu konulan hastalar Radyasyon Onkolojisi Bölümü'nde, deneyimli çalışanlar sayesinde teknolojik cihazlarla bilimsel çerçevede tedavi edilmektedir. Bölümümüz 1 radyasyon onkolojisi uzmanı, 2 medikal fizik uzmanı, 10 tekniker, 1 hemşire, 1 sekreter ve 1 personel ile hizmet vermektedir. Günlük ortalama 60 hasta tedavi edilmektedir.

Misyonumuz Atatürk ilke ve devrimlerine bağlı, çağdaş düzeyde tedavi hizmeti sunmak, gelişmiş teknolojiyi kullanarak hasta memnuniyetini üst düzeyde tutmak, yenilikçi, yaratıcı bir kurum olarak ulusal ve uluslararası alanda gelişmeleri takip etmek,

sahip olduğu hizmet standartlarını sürekli geliştirmek, bilime ve eğitime hizmet etmektir.

Mevcut Cihazlar

Tomoterapi HDA Cihazı

Bölümümüzde Tomotherapy HDA cihazı bulunmaktadır (Şekil 1). Helikal tomoterapi, radyasyon tedavisi için entegre tedavi planlaması ve uygulama donanımı ile yeni bir tedavi yöntemidir. Tomoterapi cihazında 6 MV FFF foton enerjisi bulunur. Y yönünde 1 cm, 2,5 cm ve 5 cm genişliğinde jawlara sahiptir. 40 cm'lik X yönünde ise 64 MLC bulunmakta olup, MLC açılış kapanış hızları milisaniyeler mertebesinde. Sistem, 360° dönerek helikal tedavi uygulaması yapabilmektedir. Cihazda bulunan bilgisayarlı tomografi detektörlerini kullanarak alınan görüntüler ile hastanın her gün takibi yapılmakta ve olası anatomik değişimler tespit edilebilmektedir. Böylece, özellikle tümör lokasyonunun target hacme yakın olan tedavi alanlarında kritik organ dozu daha hassasiyetle sağlanabilmektedir. X-ışınının karşı yönünde bulunan beam stoper (ışın durdurucu), tedavi odası dozunu dozunu ve duvar zırh kalınlığını büyük oranda azaltmaktadır.

Tomoterapi HDA sisteminde, helikal ve direct modda, dynamic ve fixed jaw seçenekleriyle IMRT ve 3 boyutlu konformal radyoterapi planlamaları yapılabilmektedir. Ayrıca SRS tedavisi de uygulanabilmektedir. Tomoterapi cihazının en önemli avantajı, y yönünde 150 cm'lik geniş tedavi alan boyutları sayesinde tüm kemik iliği, tüm vücut ışınlaması ve kraniyospinal ışınlamalarının kolaylıkla yapılabilmesidir.



Şekil 1: Tomoterapi Cihazı

Elekta Flextron Brakiterapi Cihazı

Bölümümüzde bulunan Elekta Flextron brakiterapi cihazı sektördeki son teknolojiye sahip brakiterapi cihazlarından biridir (Şekil 2). Cihaz, geniş aplikatör seçenekleri sunmaktadır. Cihazın planlama sistemi dahil olmak üzere kolay kullanım ve manevra yeteneği gibi özellikleri modern brakiterapi ihtiyaçlarını karşılamaktadır. Ayrıca cihazın kullanıcı hareketlerini kaydetmesi, tedavi uygulamalarında personelin radyasyondan korunması, tedavi süresinin kısa olması, hastaya ayakta tedavi seçeneği sunması, hedefe daha kusursuz bir doz sağlaması gibi birçok avantajı bulunmaktadır.



Şekil 2: Brakiterapi Cihazı

CT Simülatör

Bölümümüzde Canon Marka Aquilion Lightning CT simülatör cihazı vardır (Şekil 3). Sistemin gantry açıklığı 78 cm'dir. 360°'lik rotasyonda 16 kesit alabilmektedir. Yüksek hızlı CT çekimi ile tedavi planlamaya uygun yüksek çözünürlüklü görüntüler elde edilebilmektedir.



Şekil 3: CT Cihazı

Tedavi Planlama Sistemi

Bölümümüzde 2 adet Accuray Precision tomoterapi tedavi planlama istasyonu ve 1 adet MIM konturlama istasyonu kullanılmaktadır. Brakiterapi tedavi planlaması için de tedavi planlama istasyonu mevcuttur.

Dozimetrik Ekipmanlar

PTW marka IMRT fantomu

PTW marka 1500 dedektörlü 2D array

PTW marka su fantomu

Tomoterapi Cheese Fantom

5 problu MOSFET

Fantomlara uygun iyon odaları, Pinpoint iyon odası, SRS diyot, P diyot, MicroDiomond dedektör, Geiger Müller dedektör



RADYASYON ONKOLOJİSİ KADROMUZ

Radyasyon Onkolojisi Uzmanı

Dr. Öğr.Üyesi Eda Bengi YILMAZ (Anabilim Dalı Başkanı)

Medikal Fizik Uzmanları

Öğr.Gör.Dr. Songül BARLAZ US

Öğr.Gör. Mehmet Bahadır ÇELİK

Teknikerler

Nazlı YIKAR (Sorumlu Tek.)

Hevidar ÖZDEMİR

H.Fırat ŞAHLAR

Gözde ÇALIŞKAN

Muhammet OLĞUN

Ayşegül YORMAZ

Fırat ÇALIŞKAN

Murat CİVELEK

İlker YEL

Seda ÖZER

Hemşire

Aynur CENGİZ

Sekreter

Özlem



Fiz. Dr. Songül BARLAZ US

1980 Ankara doğumludur. 2002 yılında Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fizik Mühendisliği Bölümü'nden, 2005 yılında Ankara Üniversitesi Fen

Bilimleri Enstitüsü Fizik Mühendisliği (Medikal Fizik) Anabilim Dalı'ndan mezun olmuştur. 2013 yılında İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elk-Elektronik Mühendisliği (Biyomedikal) Anabilim Dalı'nda doktora eğitimini tamamlamıştır. 2002-2004'de Dicle Üniversitesi, 2005-2014'de İnönü Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı'nda çalışmıştır. 2014 yılından itibaren Mersin Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı'nda Öğr.Gör.Dr. olarak görevine devam etmektedir.

COVID-19 PANDEMİSİ SÜRECİNDE TÜRKİYE RADYASYON ONKOLOJİSİNİN DURUMU

Prof. Dr. Yavuz Anacak / Türk Radyasyon Onkolojisi

Derneği - TROD Başkanı

Aralık 2019'da Çin'in Hubei Eyaleti'nin Wuhan kentinde ortaya çıkan COVID-19 viremişi kısa sürede tüm dünyaya yayılmış ve Mart ayında DSÖ tarafından pandemi ilan edilmiştir. Türkiye'de ilk olgu 10 Mart tarihinde saptanmış, hastalığın Türkiye'ye ulaşmasıyla birlikte yayılmayı önlemek için Sağlık Bakanlığı (SB) ve diğer ilgili kurumlar tarafından günlük yaşamı kısıtlayan önemli tedbirler alınmıştır. COVID-19 mortalitesi açısından riskli grupta yer alan kanser hastaları ve bu hastaların tedavisi ile uğraşan onkoloji merkezleri de pandemi sürecinden ve alınan önlemlerden etkilenmiştir. Bu önlemler arasında tam teşekküllü hastanelerin "Pandemi Hastanesi" haline getirilmesi, bu hastanelerdeki yoğun bakım ve yataklı servislerin COVID-19 hastalarına tahsis edilmesi, tanıya ve tedaviye yönelik uygulamaların ve cerrahi işlemlerin acil olanlar dışında ertelenmesi ve bu hastanelerde çalışan personelin dönüşümlü olarak COVID-19 kliniklerinde görevlendirilmesi yoluna gidilmiştir. Kanser hastalarının tedavisine yönelik olarak radyoterapi ve kemoterapi hizmetlerinin devam etmesi kararı verilmesine rağmen çeşitli nedenlerle onkoloji hizmetlerinde yavaşlama ve aksamalar olmuştur:

65 yaş üzeri kişilere getirilen sürekli sokağa çıkma yasağı: Kanser hastalarının önemli bir kısmını 65 yaş üzerindeki kişiler oluşturmaktadır. Bu yaş grubunun sokağa çıkma yasağına tabi olması bu kişilerin sağlık

hizmetine erişiminde aksamalara neden olmuştur. Kanser tedavisi olan hastalar sağlık kuruluşlarından aldıkları izin yazıları ile onkoloji merkezlerine erişebilmiş, ancak kanser semptomları olan ancak henüz tanı konmamış hastaların tanı ve tedavi için onkoloji merkezlerine ulaşmasında sorunlar yaşanmıştır.

COVID-19 algısının kanser kaygısının önüne geçmesi: Mart ayı başlangıcından itibaren toplumun gündeminin ilk sırasına oturan COVID-19 hastalığı algısı olarak diğer tüm sağlık sorunlarının önüne geçmiştir. Kanser tanısı olan hastaların bir kısmında da COVID-19 kaygısı nedeniyle onkoloji merkezlerine gitmeme, tedaviyi reddetme gibi davranışlar gözlenmiştir.

Şehirlerarası seyahat kısıtlaması: Pandemi önlemleri arasında bulunan şehirlerarası seyahat kısıtlaması neticesinde küçük şehirlerden büyük metropollerdeki donanımlı merkezlere hasta akışı neredeyse tamamen durmuştur. Hastalar bulundukları şehirdeki onkoloji merkezlerinde tedaviye başlamış veya metropollere ulaşım yasağının kalkmasını beklemeyi tercih etmişlerdir.

Onkoloji merkezlerinde çalışan personelin COVID-19 kliniklerinde görevlendirilmesi: SB pandemi yönergesi çerçevesinde pandemi hastanelerinde görev yapan sağlık personeli COVID-19 kliniklerinde geçici olarak görevlendirilmeye başlanmıştır. Bu personelin bir kısmı karantina koşullarına tabi tutulmasına rağmen, bir kısmı da radyoterapi merkezinde görev yapmaya devam etmiştir (nöbet sonrası çalışma). Bunun sonucunda hem radyoterapi

merkezlerinin işgücü kapasitesinde azalma olmuş, hem de bu personelden kanser hastalarına bulaş riski ortaya çıkmıştır.



Prof. Dr. Yavuz Anacak / TROD Başkanı

COVID-19 tanısı veya şüpheli temasa bağlı karantina nedeniyle personel eksikliği: Radyasyon onkolojisi personelleri de diğer sağlık çalışanları gibi COVID-19 bulaşı için risk altındadır. Bu dönemde radyoterapi personeli arasında da enfekte olanlar görülmüş ve buna bağlı bazı merkezlerde ciddi işgücü kayıpları ortaya çıkmıştır.

COVID-19 bulaşını önlemeye yönelik olarak onkoloji merkezlerinde hızlıca bir işleyiş yeniden yapılanmasına gidilmiştir. Radyoterapi merkezleri SB yönergeleri, Türk Radyasyon Onkolojisi Derneği (TROD) ve uluslararası meslek örgütlerinin (ASTRO, ESTRO, IAEA gibi) önerileri çerçevesinde idari sistemi, altyapısı, hasta ve personel kapasitesine bağlı olarak hastalar ve personel arasında salgını engelleyecek idari önlemleri uygulamaya koymuştur. Radyasyon onkolojisi merkezlerinin uygulamaya koyduğu idari önlemler şu şekilde sıralanabilir:

- **Randevu aralarının uzatılması:** Günlük radyoterapi uygulamalarında tedavi tekniğine, cihaza ve merkezin çalışma koşullarına bağlı olarak genellikle her 10-20 dakikada bir hasta randevusu verilmektedir. Pandemi döneminde ise hem sosyal izolasyon koşulları hem de her hastadan sonra kullanılan ekipmanın ve tedavi masasının dezenfeksiyon işlemleri nedeniyle bağlı olarak randevu süreleri pek çok merkezde uzatılmıştır.
- **Kontrol polikliniklerinin durdurulması:** Onkoloji merkezlerinin çok büyük çoğunluğunda pandemi önlemleri çerçevesinde acil durumlar haricinde kontrol hastalarına hizmete ara verilmiştir. Bazı merkezlerde kontrol hastalarına uzaktan erişim ile hizmet sağlanmıştır.
- **İzole ekipler halinde çalışılması:** Radyoterapi merkezinde aynı anda bulunan kişi sayısını azaltmak ve olası bir bulaş durumunda tüm çalışanların etkilenmesinin önüne geçmek için çoğu merkezde radyasyon onkoloğu, sağlık fizikçisi, hemşire ve radyoterapi teknikerinden oluşan izole ekipler kurulmuş, bu ekipler birkaç gün ile bir hafta arasında değişen vardiyalar halinde çalışmışlardır.
- **Bazı tedavi yöntemlerinin ertelenmesi:** Pandemi önlemleri ve personel eksikliğine bağlı olarak eksternal radyoterapi dışındaki bazı uygulamalarda kısıtlamaya gidilmiştir. Bu dönemde radyoterapi ile eşzamanlı kemoterapi uygulamaları ve brakiterapi uygulamaları bazı merkezlerde durmuştur. Anestezi ekiplerinin hizmet verememesine bağlı olarak çocuk

hastaların tedaviye alınmasında güçlükle yaşanmıştır.

- **Radyoterapi planlarında değişiklikler:** Radyoterapi uygulamalarında etkinliği daha önce gösterilmiş ve giderek daha popüler olan hipofraksiyone tedavi şemaları sıklıkla uygulanmıştır. Günlük daha yüksek dozun uygulandığı ve fraksiyon sayısının azaltıldığı bu şemalar ile hastaların onkoloji merkezlerine geliş gidiş sayısı çok daha azdır.

Yukarıda sıralanan güçlüklere rağmen hiçbir radyoterapi merkezinde hizmet tamamen durmamış, radyoterapi merkezleri hasta yeni kabul etmiş ve tedaviler büyük aksamalar olmadan sürdürülmüştür. TROD COVID-19 pandemisinin birinci pikinin sonunda, mayıs ayında Türkiye'deki radyoterapi merkezlerinde pandemi sürecinde alınan idari önlemleri, tedavi planlarındaki değişiklikleri, yeni başvuran ve tedavideki hasta sayısını, COVID-19 tanısı alan radyoterapi hastası ve personel sayısını değerlendiren bir anket yapmıştır. Anket Türkiye'deki 136 radyoterapi merkezine gönderilmiş ve 126 merkezden (%92,6) gelen yanıtlar değerlendirilmiştir.

Pandemi Hastanelerindeki Radyoterapi Merkezleri

Ankete yanıt veren 126 radyoterapi merkezinden 101'i (kamudaki merkezlerin %90'dan fazlası ve özel merkezlerin %55'i) pandemi hastanesi ilan edilen sağlık tesislerinde yer almaktadır (Tablo-1). Bu merkezlerde görev yapan 213 radyoterapi personeli (139 radyasyon onkoloğu, 34 hemşire, 7 radyoterapi teknikeri, 12 memur ve 21 temizlik görevlisi) geçici olarak COVID-19 kliniklerinde görevlendirilmişlerdir. Türk Radyasyon Onkolojisi Derneği COVID-19 kliniklerinde görev yapan veya nöbet tutan personelin

sonraki günlerde kanser hastalarının tedavisinde yer almasının personelden hastalara viral bulaş riski yaratması nedeniyle Sağlık Bakanlığı nezdinde girişimlerde bulunmuş ve 14 Nisan 2020 tarihli Sağlık Bakanlığı yönergesiyle bu uygulamadan vazgeçilmiştir.

Tablo-1. Sağlık Bakanlığı tarafından pandemi hastanesi olarak ilan edilen sağlık tesislerinde yer alan radyoterapi merkezleri

	Radyoterapi merkezi	Pandemi Hastanesi	%
Toplam	126	101	80.1
Üniversite Hastanesi	44	40	90.9
SB Hastanesi	42	39	92.9
Özel	40	22	55.0

Radyoterapi Merkezlerinde İdari Önlemler

Radyoterapi merkezlerinin 115'inde (%91,2) COVID-19 pandemisine yönelik idari önlemler alınmıştır. Personel arasında bulaşı önlemek için izole ekipler oluşturularak vardiya sistemine geçilmesi en sık yapılan uygulamadır (96 merkez- %76.2). Tedavi randevularının aralarının açılması, izlem polikliniklerinin durdurulması, günlük anestezi gerektiren çocuk hastaların tedavilerinin ertelenmesi, eşzamanlı kemoterapi uygulamalarından vazgeçilmesi, brakiterapi uygulamalarının ertelenmesi diğer önlemler arasındadır (Tablo-2). Radyoterapi merkezleri bu önlemleri uygulamaya sokarken en sıklıkla TROD önerileri (102 merkez), SB yönergeleri (90 merkez) ve hastane yönetiminin talimatlarını (77 merkez) kullanmışlardır (Tablo-3). Uluslararası meslek örgütlerinin kılavuzları, diğer merkezlerin deneyimleri ve YÖK yönergeleri de idari önlemler için kullanılmıştır.

Tablo-2: COVID-19 pandemisi sırasında Türkiye’deki radyoterapi merkezlerinde uygulanan idari önlemler

	Sayı	%
Toplam	115	91.2
İzole ekipler ile vardiya sistemi uygulandı	96	76.2
Tedavi randevularının araları açıldı	76	66.1
Takip polikliniği durduruldu	59	46.8
Anestezi ile çocuk hasta alımı durduruldu	7	6.1
Brakiterapi uygulamaları durduruldu	2	1.7
Eşzamanlı kemoterapi durduruldu	2	1.7
Yeni hasta alımı durduruldu	1	0.8

Tablo-3: Radyoterapi merkezlerinde uygulanan idari önlemlerin kaynağı

TROD önerileri	102	76.2
SB yönergeleri	90	78.3
Hastane yönetimlerinin talimatları	77	66.9
ESTRO/ASTRO ve IAEA kılavuzları	54	46.9
Diğer merkezlerin deneyimleri	22	19.1
YÖK yönergeleri	17	14.7

Radyoterapi merkezleri pandemi sırasında hastaların sağlık kuruluşuna mümkün olduğunca az gelmelerini sağlamak için tedavi planlarında da bazı değişiklikler yapmışlardır (Tablo-4). Haftada 5 gün uygulanan ve palyatif tedavilerde 2-4 hafta, küratif tedavilerde 6-8 hafta süren standart fraksiyonasyon şemalarına alternatif olan ve tedavi sürelerini en az 1-2 hafta kısaltan hipofraksiyone radyoterapi şemaları tüm dünyada olduğu gibi Türkiye’deki radyoterapi merkezlerinde sıklıkla kullanılmıştır. Cerrahi sonrası adjuvan radyoterapi uygulamaları ötelenmiş, uygun hastalarda 6-8 hafta sürecektir radyoterapi uygulamalarının yerine öncelikle cerrahi veya kemoterapi tercih edilerek hastanede daha az kalmanın sağlanması amaçlanmıştır. Bu dönemde bazı merkezler neoadjuvan kemoterapi uygulamalarından vazgeçmişlerdir.

Tablo-4: COVID-19 pandemisi sırasında Türkiye’deki radyoterapi merkezlerinde tedavi planlarındaki değişiklikler

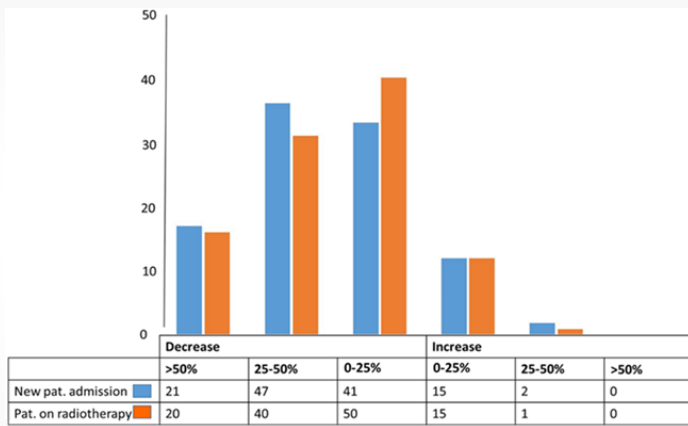
	Sayı	%
• Tedavi değişiklikleri	117	92.8
Hipofraksiyone radyoterapi şemaları tercih edildi	114	97.4
Adjuvan radyoterapilerin ötelenmesi	76	64.9
Radyoterapiye eşdeğer cerrahi-kemoterapi tercih edildi	31	26.4
Neoadjuvan radyoterapi uygulamalarından vazgeçildi	12	10.3

Radyoterapi Hasta Sayılarındaki Değişiklikler

Pandemi önlemleri nedeniyle sağlık merkezlerine erişim güçleşmiştir. Sağlık kuruluşlarındaki personelin COVID-19 kliniklerinde görevlendirilmesi, yataklı servislerin ve yoğun bakımların COVID-19 hastalarına tahsis edilmesi kanser tanı ve tedavisi için gerekli işlemlerde aksamalara ve gecikmelere neden olmuştur. COVID-19 algısının kanser korkusunun önüne geçmesi ve buna bağlı olarak hastaların tanı ve tedavi için onkoloji merkezlerine başvuruyu geciktirmeleri de buna katkıda bulunmuştur. Tedavi görmekte olan hastalar arasında da tedaviyi erteleyen ya da tamamen reddedenler gözlenmiştir. Sonuçta hem radyoterapi merkezlerine başvuran yeni hasta sayısında hem de radyoterapi gören hasta sayısında % 50’ye varan azalmalar saptanmıştır (Şekil-1). Hasta sayısındaki azalmalar özellikle metropollerdeki tam teşekküllü hastanelerde yer alan gelişmiş radyoterapi merkezlerinde daha belirgindir. Daha küçük şehirlerdeki merkezlerin bazılarında hasta sayısında artış olmuştur. Şehirlerarası seyahat kısıtlaması nedeniyle ulaşımda yaşanan güçlükler, uluslararası seyahatlerin durması nedeniyle yurtdışı hasta akışının durması da metropollerdeki tam teşekküllü

merkezlerde görülen hasta azalmasının diğer nedenleri arasında sayılabilir.

Hasta sayısındaki azalma toplumda kanserin azaldığı anlamına gelmemektedir. Kanser sıklığı ile COVID-19 arasında bir bağlantı yoktur ve kanser sayısı tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de artmaya devam etmektedir. Hasta sayısındaki azalma kanser yakınması ve kanser tanısı olan hastaların tanı ve tedaviye erişmediğini veya geç eriştiğini göstermektedir. Tanı ve tedavideki gecikmelerin sonucunda da ileri evre hasta sayısında önceki yıllar ile kıyaslanmayacak derecede bir artış olduğu gözlenmektedir.



Şekil-1: Pandemi sürecinde radyoterapi merkezlerine başvuran hasta ve radyoterapi gören hasta sayılarında radyoterapi öncesi döneme göre değişim.

Radyoterapi Çalışanları ve Hastalarda COVID-19 tanısı

Pandeminin Türkiye’de birinci pikini yaptığı ilk 2 ayda radyoterapi merkezlerinde görev yapan 47 personel (20 radyasyon onkoloğu, 4 sağlık fizikçisi, 6 radyoterapi teknikeri, 7 hemşire, 5 memur ve 5 temizlik görevlisi) kesin COVID-19 tanısı almıştır (Tablo-5). Bunlardan yirmisi (15 radyasyon onkoloğu ve 5 diğer personel) aynı merkezde görev yapmaktadır birkaç gün ara ile COVID-19 ile

bulaşmıştır. Merkez yeni hasta alımını geçici olarak durdurmuş, karantina süresince güçlükle faaliyete devam edebilmiştir. Bir başka merkezde de dört sağlık fizikçisinin üçü kesin ve birisi de şüpheli COVID-19 tanısı almış, merkezin faaliyetleri ciddi derecede etkilenmiştir. Bu talihsiz örnekler izole ekipler oluşturarak vardiya sistemine geçilmemesi sonucunda ortaya çıkmış ve personel arasında hızla yayılan virüs merkezlerin faaliyetlerini durma noktasına getirmiştir. COVID-19 tanısı alan personel hastalığı genellikle hafif atlatmış, yoğun bakım gereksinimi olmamıştır.

Tablo-5: Pandeminin ilk iki ayında COVID-19 tanısı alan radyoterapi personeli

Toplam personel	47
Radyasyon onkoloğu	20
Sağlık fizikçisi	4
Radyoterapi teknikeri	6
Hemşire	7
Memur	5
Temizlik görevlisi	5

Radyoterapi görmekte olan hastalar arasında da COVID-19 bulaşı saptanmıştır (Tablo-6). 34 merkezde toplam 54 hasta kesin COVID-19 tanısı almıştır. Bu hastalardan 33’ünde tedaviye ara verilmiş, 5 hastada tedavi kesintisiz devam etmiş ancak 13 hastada tedavi erken sonlandırılmıştır. Tedavi sonlandırılması talebi çoğunlukla hastalardan gelmiştir. Bu dönem içerisinde 3 hasta COVID-19 nedeniyle kaybedilmiştir. Pandeminin ilk iki ayında Türkiye’de COVID-19 tanısı alan radyoterapi hastalarında ölüm oranının %5,5 olduğunu söyleyebiliriz. Bu oran kanser hastalarındaki ölüm oranlarını bildiren diğer raporlar ile de benzerlik göstermektedir.

Tablo-6: Pandeminin ilk iki ayında COVID-19 tanısı alan radyoterapi hastaları

Toplam tanı	54	
Tedavi kesintisiz devam etti	5	%9,3
Tedaviye ara verildi	33	%61,1
Tedavi iptal edildi	13	%24,1
Hasta vefat etti	3	%5,5

Pandeminin ikinci pikinin sonunda Türk Radyasyon Onkolojisi Derneği yine tüm radyoterapi merkezlerini kapsayan bir anket çalışması daha planlamış ve 2020 sonunda COVID-19 pandemisinin Türkiye’de radyasyon onkolojisi alanındaki etkilerini araştırmayı hedeflemiştir. Henüz sonuçları yayınlanmayan bu çalışmanın da ileride alınacak önlemlere yol göstermesi beklenmektedir.

Sonuç

COVID-19 pandemisi süresinde tüm sağlık sisteminde olduğu gibi radyoterapi hizmetleri de olumsuz etkilenmiştir. Radyoterapi merkezleri bu süre içerisinde kesintisiz çalışmış, ancak günlük uygulamalarda önemli değişiklikler yapılmıştır. Pandeminin ilk günlerinde SB yönergeleri ve bilgilendirmeleri, TROD önerileri ve kılavuzları radyoterapi merkezlerine yol göstermiş, bu sayede düzenleme ve önlemlerin merkezler arasında standardizasyonu sağlanabilmiştir. Bu dönemde hasta sayısındaki azalmaya rağmen tüm radyoterapi merkezlerinin faal durumda olması ve yeni hasta kabulüne devam etmesi başarı sayılmalıdır. Pandeminin ilk günlerinde personelin COVID kliniklerinde görevlendirilmesi personel arasında ve personelden hastaya bulaş riskini arttırdıysa da TROD’un SB ile temasları sonucunda bu uygulamadan vazgeçilmiş ve izleyen günlerde onkoloji çalışanları sadece yalnız merkezlerinde görev yapmışlardır.

Pandeminin ilk günlerinde birkaç merkez dışında COVID-19 bulaşı açısından ciddi sorun yaşanmamıştır.

Pandemi döneminin ne kadar süreceği belli değildir. TROD pandemi koşullarının tamamen ortadan kalkmasına dek Türkiye radyasyon onkolojisi camiası, SB ve diğer ilgili kuruluşlar ile iletişim içinde olacak, kanser hastalarının ve onkoloji çalışanlarının sağlığı, mesleki ve sosyal sorunlarının çözümü için uğraşacaktır.

Kaynaklar

- Anacak, Y, Onal, C, Ozyigit, G, Agaoglu, F, Akboru, H, Akyurek, S, Gursel, B, Igdem, S, Yalman, D, Yıldız, F, Kaytan Sağlam, E. Changes in radiotherapy practice during COVID-19 outbreak in Turkey: a report from the Turkish Society for Radiation Oncology. Radiother Oncol (2020), doi: <https://doi.org/10.1016/j.radonc.2020.06.014>
- Zhu N, Zhang D, Wang W, et al. A Novel Coronavirus from Patients with Pneumonia in China, 2019. N Engl J Med 2020; 382(8): 727-33. <https://doi.org/10.1056/nejmoa2001017>
- TC Sağlık Bakanlığı (COVID-19) istatistikleri. 2020, May 03. <https://covid19bilgi.saglik.gov.tr/>
- Gemici C, Yaprak G. Covid-19 outbreak in a major radiation oncology department; which lessons should be taken? Radiother Oncol 149 (2020), 107-108. <https://doi.org/10.1016/j.radonc.2020.03.044>
- TC Sağlık Bakanlığı. Kanser hastaları tanı ve tedavi merkezlerinde alınması gereken enfeksiyon kontrol önlemleri. 2020, April 14. <https://covid19bilgi.saglik.gov.tr/depo/>

[enfeksiyon-kontrol-onlemleri/COVID19-KanserHastalariTaniVeTedaviMerkezlerindeAlinmasiGerekenEnfeksiyonKontrolOnlemleri.pdf](#).

- Türk Radyasyon Onkolojisi Derneği. COVID-19 Pandemisi sırasında radyoterapi önerileri. 25 Mart 2020. <https://trod.org.tr/haber.php?id=1694>
- Liang W, Guan W, Chen R, et al. Cancer patients in SARS-CoV-2 infection: a nationwide analysis in China. Lancet Oncol 2020; 21(3): 335-7. [https://doi.org/10.1016/s1470-2045\(20\)30096-6](https://doi.org/10.1016/s1470-2045(20)30096-6)
- Williamson E, Walker AJ, Bhaskaran KJ, et al. OpenSAFELY: factors associated with COVID-19-related hospital death in the linked electronic health records of 17 million adult NHS patients. medRxiv 2020.05.06.20092999. <https://doi.org/10.1101/2020.05.06.20092999>

SERVİKS KANSERİ İÇİN RADYOTERAPİ: ASTRO KLİNİK UYGULAMA REHBERİ

Med. Fiz.Uzm. Emre Şanlı

Kanser taramalarında ve önleyici tedbirlerdeki gelişmelere rağmen serviks kanseri morbidite ve mortalitenin önemli bir nedeni olarak kalmaya devam etmektedir. ABD 'de her yıl 13,000 yeni vaka görülmekte ve bu vakaların 4250'sinden fazlası ölümle sonuçlanmaktadır.¹ Dünyada ise bu sayı daha da artmakla birlikte yıllık 600,000 'den fazla serviks kanseri vakası ve buna bağlı 260,000 ölüm meydana gelmektedir.² Hastalığın pelvis içindeki kritik normal dokulara yakın şekilde lokal olarak yayılma eğilimi, çoğu zaman etkin tedaviyi zorlu kılmaktadır. Son 20 yılda cerrahi prosedürler, eksternal radyoterapi (EBRT), brakiterapi teknikleri ve kemoterapi yönünden önemli ilerlemeler gerçekleşti. Bu yeni yaklaşımlardan bazıları yüksek kaliteli kanıtlara dayalıyken bazıları ise daha sınırlı kanıtlarla kabul görmektedir.

2020 yılında *American Society for Radiation Oncology* (ASTRO) tarafından, serviks kanseri olan kadınlarda küratif tedavi düşünüldüğünde ortaya çıkan 5 klinik anahtar soru üzerine kanıta dayalı öneriler getirilmesi amacıyla "*Radiation Therapy for Cervical Cancer: An ASTRO Clinical Practice Guideline*" başlıklı bir rehber yayınlamıştır. Bu rehberde amaç skuamöz hücreli karsinomların ve adenokarsinomların dahil olduğu invaziv üterin serviks karsinomların küratif yaklaşımlı tedavisiyle sınırlandırılmıştır. Bu rehberde serviks kanserinin radyoterapi (RT) ile tedavi edilmesi ve bu tedavinin endikasyonları, teknik ve sonuçlarına odaklanılmıştır. Buna yönelik olarak, radyasyon onkoloğu, jinekolojik onkolog, medikal onkolog,

radyasyon onkolojisi asistanı, medikal fizikçi ve bir hasta temsilcisinin bulunduğu birçok disiplinli görev grubu oluşturulmuştur. Görev grubu tarafından kanıta dayalı öneriler geliştirmek için Ovid MEDLINE veri tabanından alınan insan deney çalışmaları üzerinde literatür taraması yapılmıştır. Bunun sonucunda ulaşılan kanıtlar için öneri gücü ve kanıt kalitesi üzerindeki görev grubu üyelerinin fikir birliği "Delphi" yaklaşımı kullanılarak değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonucunda elde edilen kanıt kalitesi formülize edilmiş olup, anahtar soru başlıkları altında getirilen öneriler elde edilen kanıtlarla birlikte sunulmuştur.

Sözü edilen 5 anahtar soru şunlardır;

1. Sistemik tedavili ve sistemik tedavisiz

postoperatif RT: Serviks kanseri için primer cerrahiye takiben, sistemik terapili veya sistemik terapisiz postoperatif radyoterapinin verilmesi ne zaman uygundur?

2. Sistemik tedavili ve sistemik tedavisiz

Definitif RT; RT sonrası histerektomi

Serviks kanseri için sistemik tedavili ve sistemik tedavisiz definitif RT 'nin uygulanması ne zaman uygundur? RT sonrası histerektominin yapılması ne zaman uygundur?

3. Yoğunluk Ayarlamalı Radyoterapi (IMRT):

Definitif veya postoperatif RT alan serviks kanseri hastalar için IMRT uygulanması ne zaman uygundur?

4. Brakiterapi:

Serviks kanseri için definitif veya postoperatif RT alan hastalar için brakiterapi ne zaman endikedir?

5.Brakiterapi tekniği: Serviks kanseri definitif RT alan hastalar için optimal doz/fraksiyonasyon şeması, görüntüleme ve brakiterapi tekniği nedir?

Bu yazıda “*Radiation Therapy for Cervical Cancer: An ASTRO Clinical Practice Guideline*” başlıklı ASTRO rehberi bazı konu içeriklerine dikkat çekilerek özetlenmeye çalışılmıştır. ASTRO rehberindeki sözü edilen anahtar sorulardan 1. ve 2. ‘si daha çok tıbbi konular içermesi nedeniyle özetlenen içeriğe dahil edilmemiştir. Bu yazıda yalnızca 3., 4. ve 5. anahtar soru başlıklarından söz edilmiştir.

Anahtar Soru 3: Yoğunluk Ayarlamalı Radyoterapi (IMRT) (Tablo 6)

Definitif veya postoperatif RT alan serviks kanseri hastalar için IMRT uygulanması ne zaman uygundur?

Tablo 6: IMRT için öneriler

Anahtar Soru 3 Önerileri	Öneri Gücü	Kanıt kalitesi
Kemoterapili veya kemoterapi olmaksızın postoperatif RT ile tedavi edilen serviks kanseri kadınlarda, akut ve kronik toksisiteyi azaltmak için IMRT önerilir.	Güçlü	Orta (akut) 50,51
		Düşük (Kronik) 50,51
Kemoterapili veya kemoterapi olmaksızın definitif RT ile tedavi edilen serviks kanseri kadınlarda, akut ve kronik toksisiteyi azaltmak için IMRT kullanımı koşula bağlı olarak önerilir.	Şartlı	Orta (akut) 53,58
		Orta (kronik) 53,55,59-62
Kısaltmalar; IMRT = yoğunluk ayarlamalı radyoterapi, RT = radyoterapi		

Geçmişte serviks kanserinin post-operatif ve definitif tedavisi ön/arka veya 4-alan kullanılarak 2-boyutlu tedavi planlama teknikleriyle uygulanmaktaydı. IMRT tekniği getirdiği daha iyi kritik organ koruma, doz konformitesinin artırılması ve daha yüksek dozları

uygulayabilme yetenekleriyle birçok malignitenin tedavisinde benimsenmiştir. Serviks kanserinin postoperatif ve definitif tedavisinde yapılan dozimetrik çalışmalarda IMRT kullanımıyla birlikte, mesane, rektum, kalın bağırsak ve kemik iliği yapılarının RT ‘ye bağlı almış oldukları dozlarda klinik olarak önemli azalmalar olduğu gösterilmiştir.^{50,53,55,57}

IMRT ‘nin 2-B ve 3-B RT ‘ye karşı retrospektif karşılaştırmalarında IMRT kullanımıyla akut ve kronik toksisitelerde azalmalar bulunmuştur.^{35,36,50,52-56,57,58,60-63,69-74}

RTOG 1203 (TIME-C), erken evre endometrial veya serviks kanseri hastaların postoperatif radyoterapisinde 3-B RT ve IMRT’nin karşılaştırıldığı, yayınlanmış tek faz III randomize kontrollü çalışmadır.⁵¹ Bu çalışmada, hastaların raporladıkları akut gastrointestinal ve üriner bulgulara önemli iyileşmeler gösterilmiştir. Çalışma bu tip hasta gruplarında mümkünse IMRT kullanımını desteklemektedir.⁵¹ IMRT ‘nin hastalığa özgü sağ kalım veya genel sağ kalımı artırması açısından 2-D/3-D tekniklerine üstün olduğuna dair veri bulunmamaktadır.

Postoperatif ve definitif serviks kanseri tedavisinde IMRT için sözü edilen endikasyonlara rağmen, hedef hacim belirsizlikleri, IMRT konusunda deneyim ve tesis kaynaklarında eksiklikler olması durumunda 3-B RT kabul edilebilirdir. Tedavi sırasında günlük tedavi doğruluğunun sağlanması için ortogonal kilovoltaj (KV) görüntüleme ve rutin hacimsel görüntüleme (örn. Cone beam CT, CBCT) gereklidir. IMRT ve IGRT’nin incelendiği faz II çalışmasında, serviks kanseri için günlük IGRT uygulanan hastaların postoperatif ve definitif RT ‘sinde, IGRT ile birlikte hematolojik durumda ve gastrointestinal toksisitede klinik anlamlı

iyileşme gösterilmiştir.⁵⁴ KV görüntüleme sonrasında CBCT uygulanmasıyla, mesane ve rektum doluluğuna bağlı değişkenlik gösterebilen postoperatif hedef (proksimal vajina, rezidüel parametria, +/- rezidüel ultrasakral ligamentler ve nodal bölgeler) ve definitif hedefin (uterus, serviks, parametria, proksimal vajina ve nodal bölge) planlanan hedef hacim (PTV) içerisinde olup olmadığı kontrol edilebilir.⁷⁵ Bütün hedefler yapılar üzerinde mesane doluluğuna bağlı oluşabilecek tüm sapmalar, mesane dolu ve mesane boş olarak çekilmiş CT simülasyon görüntüleri elde edilmesiyle bir internal hedef hacim (ITV) içerisinde birleştirilebilir. Uterus ve serviks pozisyonunda sıklıkla karşılaşılan günlük dramatik değişiklikler göz önüne alındığında, intakt serviks kanseri için definitif RT uygulandığında ITV'nin oluşturulması ayrıca gerekmektedir.

Uygun marjlarla dikkatli hedef tanımlaması yapılmaz ve IGRT uygulanmaz ise, intakt serviks kanseri için öncelikli risk hedefin kaçırılma potansiyelidir. Tedavi hedef hacmi doğrudan anterior rektal yüzeyin karşısında olduğu için (-ki ideal hedef hacmi rektal kontura doğru önemli ölçüde genişler) tedavi planlama sırasında aşırı rektal korumadan kaçınılmalıdır. Postoperatif ve definitif senaryolarda hedef tanımlama için referans konturlama atlasları mevcuttur.⁷⁶⁻⁸¹

IMRT, ayrıca nodal tutulumlara boost dozu uygulanması için kullanılabilir. Gerekli boost dozu yüksek tutulu nodülün boyutuna bağlıdır. Tutulu nodülün boyutu, lokasyonu, brakiterapiden gelecek katkı ve fraksiyon başına uygulanacak doz temelinde, tutulu nodüllere genel olarak 5500 ve 6500 cGy aralığında doz uygulanmaktadır.⁸² Nodal boost

uygulanması, özellikle ince bağırsak ve duodenum olmak üzere, normal doku doz toleransları karşılandığı sürece ardışık veya eşzamanlı olarak uygulanabilir. Nodal boost ışınlamalarında, boost hacmi yakınında bulunan ince bağırsağın korunmasına özen gösterilmelidir.

Anahtar Soru 4: Brakiterapi (Tablo 7)

Serviks kanseri için definitif veya postoperatif RT alan hastalar için Brakiterapi ne zaman endikedir?

Tablo 7: Brakiterapi için öneriler

Anahtar Soru 4 Önerileri	Öneri Gücü	Kanıt kalitesi
İntakt serviks kanserine definitif RT alan kadınlar için brakiterapi önerilir.	Güçlü	Orta 84,88
Postoperatif tüm pelvis RT alan serviks kanserli kadınlar için, pozitif marjin varlığında bir brakiterapi boost 'u şarta bağlı olarak önerilir. Uygulama önerisi: Brakiterapi tekniğinin seçimi lokasyona ve pozitif marjinleri hacmine dayalıdır.	Şartlı	Düşük 89

Brakiterapi lokal ileri serviks kanseri hastalar için definitif tedavinin ayrılmaz bir bileşenidir. Brakiterapinin getirdiği keskin doz gradienti, pelvis merkezine yüksek konformal dozların verilmesini mümkün kılarak toksisitenin azaltılmasına ve tümör kontrolünün artırılmasına imkân sağlar. Brakiterapili veya brakiterapisiz tedavi edilen hastaların karşılaştırıldığı herhangi bir randomize veri olmamasına rağmen, ulusal veritabanlarından edinilen

randomize olmayan raporlar brakiterapi kullanımıyla tutarlı daha iyi sonuçlar bulmuşlardır. Çoklu geniş ulusal retrospektif veri setlerinede, 2003 ve 2011 yılları arasında serviks kanseri kadınlarda IMRT ve beraberinde SBRT kullanımı artış gösterirken, brakiterapi kullanımı azalım göstermiştir.^{47,48} Brakiterapinin "boost" olarak kullanımı IMRT veya SBRT ile karşılaştırıldığında tutarlı şekilde daha iyi sağ kalımla ilişkilidir. Brakiterapinin ihmal edilmesi sağ kalım üzerinde kemoterapinin uygulanmamasından daha güçlü bir negatif etkiye sahiptir.⁸⁵ Daha küçük çaplı diğer retrospektif çalışmalarda, benzer şekilde brakiterapi yapılan hastalarda, yapılmayan gruplara göre daha iyi sağ kalım sonuçları elde edildiği gösterildi.⁸⁶⁻⁸⁸ Bu nedenle ne SBRT ne de IMRT, brakiterapinin yerini tutması açısından uygun değildirler ve karmaşık medikal faktörler nedeniyle uygunsuz oldukları dikkate alınmalıdır. Orijinal radyasyon onkolojisi departmanı kompleks komorbiditeleri bulunan bir hastayı destekleme konusunda limitli kapasiteye sahipse hastanın brakiterapi için ikincil bir merkeze sevk edilmesi gerekir. Önceki 2-B prospektif grup çalışmalarında yüksek kontrol oranları ve kabul edilebilir toksisite sonuçları bulundu, son dönemde 3-B IGBT teknikleriyle daha iyi sonuçlar elde edildi.^{11,16-19,22,23,90-}

¹⁰² Prospektif ve retrospektif grup verileri, 3 boyutlu planlamayla brakiterapi uygulaması yapıldığında yüksek oranda servikal kontrol ve azalan toksisite gösterilmiştir. Bu nedenle brakiterapi birçok merkezde standart uygulama olarak ortaya çıkmaktadır.^{93,95,97,99,100,103}

Serviks kanseri için cerrahi takiben adjuvan RT veya kemoradyoterapi, belirli klinik ve patolojik karakteristiklerin varlığında yüksek lokal kontrol ve

sağ kalım oranı sonuçları vermektedir. Histerektomi sonrası adjuvan radyasyonun ayarlanmasında brakiterapinin rutin rolünün değerlendirmesinde veri eksikliği vardır ve özel bir öneri getirilmemiştir. Ancak küçük ölçekli retrospektif çalışmalar brakiterapinin daha iyi sonuçlar ortaya çıkarabileceğini göstermişlerdir.¹⁰⁴ Brakiterapi postoperatif dönemde pozitif bir mukozal marjin varlığı durumunda düşünülebilir. Brakiterapiyle basit intrakaviter teknikler kullanılarak pozitif marjin üzerine lokalize boost radyasyon dozun uygulanır. Vajinal mukoza yüzeyi ötesindeki pozitif marjinler (örn: paramateryal, paravajinal) ya da pozitif makroskopik marjinlerin dahil olduğu riskli bölgeye yeterince konformal dozu gönderebilmek için ileri bir brakiterapi tekniğine (örn: intrakaviter çok kanallı silindir) veya interstisyel iğnelere gerek duyulabilir. Brakiterapiye uygun olmayan riskli bölgeler için hedefe yönelik eksternal bir RT boost düşünülebilir.

Anahtar Soru 5: Brakiterapi Tekniği (Tablo 8)

Definitif RT alan serviks kanseri hastalar için optimal doz/fraksiyonasyon şeması, görüntüleme ve brakiterapi tekniği nedir?

Tablo 8: Brakiterapi tekniği için öneriler

Anahtar Soru 5 Önerileri	Öneri Gücü	Kanıt kalitesi
Brakiterapi uygulaması için optimal görüntüleme ve teknik		
Brakiterapi alan serviks kanseri bir kadın için, mümkünse prosedür içerisinde görüntüleme önerilmektedir.	Güçlü	Düşük 105
Brakiterapi alan serviks kanseri bir kadın için, hacimsel tabanlı reçetelendirmeye MRG veya BT-tabanlı planlama yapılması önerilmektedir.	Güçlü	Orta 65,93,99,100,106-109
Brakiterapi alan serviks kanseri bir kadın için, hacimsel tabanlı planlama yapılamıyorsa 2-boyutlu/nokta tabanlı planlama yapılması önerilmektedir.	Güçlü	Orta 11,16-18,100
Brakiterapi uygulaması için optimal doz/fraksiyonasyon şeması		
Definitif RT ile tedavi edilen serviks kanseri bir kadın için, EBRT ve brakiterapi toplam dozu EQD210 olarak ≥ 8000 cGy olmalıdır.	Güçlü	Orta 93,111
Definitif RT ile tedavi edilen serviks kanseri bir kadın için, Tablo 10 'da belirtilen normal doku doz sınırlamalarının dikkatle değerlendirilmesi koşuluyla, HR-CTV D90 'ın reçete edilen doza (≥ 8000 cGy) eşit veya daha fazla olması önerilmektedir. Uygulama önerisi; Zayıf yanıtı veya büyük hacimli hedefe sahip (>4 cm) hastalar için, D90 ≥ 8500 cGy olması mantıklıdır. Yalnız intrakaviter yaklaşımla uygun hedef ve/veya riskli organ doz sınırlamaları elde edilemediğinde, intrakaviter ve doku içi tekniklerin hibrit olarak uygulanması doz dağılımının iyileştirilmesine yardımcı olabilir.	Şartlı	Orta 94,112-114
Brakiterapinin optimal riskli organ sınırlamaları		
İntakt serviks kanseri için brakiterapiyle tedavi edilen kadınlarda, riskli organların hacimsel olarak konturlanması ve uygun doz sınırlamalarının kullanılması önerilir.	Güçlü	Orta 60,63,72,77-79
Brakiterapiyle tedavi edilen intakt serviks kanseri kadınlar için hacimsel planlama mümkün değil ise 2-boyutlu/nokta tabanlı doz sınırlaması uygulanmalıdır.	Güçlü	Orta 8,11-13
Kısaltmalar: BT = bilgisayarlı tomografi; EBRT = eksternal radyoterapi; EQD210 = α/β oranı 10 olan 2 Gy eşdeğeri doz hesaplaması; HR-CTV = yüksek riskli CTV hacmi; MRG = magnetik rezonans görüntüleme; RT = radyoterapi		

Tablo 9: 4500 cGy EBRT ile kombinasyon halinde yaygın kabul gören brakitearpi doz rejimleri

Doz / Fraksiyon (cGy)	Fraksiyon sayısı	Toplam doz (EBRT + Brakiterapi) EQD2 ₁₀ (cGy)
500	6	8180
550	5	7980
600	5	8430
700	4	8390
800	3	8030
Kısaltmalar: EBRT= eksternal radyoterapi; EQD2 ₁₀ = α/β oranı 10 olan 2 Gy eşdeğeri doz hesaplaması		

Tablo 10: Doz sınırlamaları

Riskli organ	İdeal doz sınırlaması (cGy) (EQD ₂)	Maksimum* doz sınırlaması (cGy) (EQD ₂)	ICRU nokta doz (cGy) (EQD ₂)	Referanslar
Rektum	<6500 D2cc	<7500 D2cc	<7500 nokta doz	95,102,115,117,118
Mesane	<8000 D2cc	<9000 D2cc	<9500 nokta doz	115,117-120
Vajina (Rekto-vajinal nokta)	<6500 nokta doz	<7500 nokta doz	---	95,116
Sigmoid†	<7000 D2cc	<7500 D2cc	---	120
Bağırsak (kolon) ‡	<7000 D2cc	<7500 D2cc	---	120,121

Kısaltmalar; ICRU = International Commission of Radiation Units and Measurements; EQD₂= α/β oranı 3 olan 2 Gy eşdeğeri doz hesaplaması; D2cc = riskli organın 2 cc (2 ml) 'sinin almış olduğu minimal doz.

* Tedaviyi yapan hekimin klinik kararına göre, tedavi hedeflerini yeterince tedavi edebilmek için maksimum sınırlamalarının aşılmasının gerekli olduğu durumlarda geçerlidir.

† Rekto-vajinal nokta, vajinal kaynaklardan vajinal mukozanın 5 mm posterioruna tanımlanır.

‡ Sigmoid ve bağırsak için doz sınırlamaları büyük ölçüde uzman görüşüne bağlıdır, çünkü doz yanıtına dair çok az kanıt vardır.

Tablo 11: Görüntü rehberliğinde brakiterapi için hedef hacim tanımlamaları¹¹⁸

Hacim (Volüm)	Hedef Hacim Bileşenleri	Doz Hedefleri
GTV	Brakiterapi zamanındaki gros tümör, görüntüleme veya muayene ile belirlenir	Minimum olmak üzere, doz ≥ 8000 cGy olmalıdır
HR-CTV	GTV, tüm serviks ve belirsiz (indeterminate) T2 ağırlıklı MRG sinyali bölgeleri (örn, gri bölgeler)	D90 ≥ 8000 cGy, ileri hastalık veya başlangıç tedaviye zayıf yanıt durumunda doz artırımı düşünülür
IR-CTV	Asimetrik genişlemeli HR-CTV, *kritik organlara doğru genişleme yoktur hastalığın başlangıçta tutulu olduğu bölümler dahil edilir.	Opsiyonel: D90 ≥ 6000 cGy, ileri hastalık durumunda doz artırımı düşünülür.

Kısaltmalar: GTV = gros tümör hacmi, HR-CTV = yüksek riskli hedef hacim; IR-CTV = Orta riskli hedef hacim; MRG = manyetik rezonans görüntüleme.

*IR-CTV genişletme uterusun superioruna doğru ek 0.5 cm ile birlikte 0.5-1 cm 'dir. *The IR-CTV expansion is 0.5-1.0 cm globally with an additional 0.5 cm superiorly into the uterus, inferiorly into the vagina, and laterally in bilateral para-cervical tissues.

Hacimsel tabanlı hedefler (Tablo 11); Gross tümör hacmi, yüksek riskli klinik hedef (HR-CTV, high risk clinical target volume) ve orta risk klinik hedef hacimleri (IR-CTV, intermediate risk clinical target volume) 2005 yılında GEC-ESRTO (Groupe Européen de Curiethérapie - European Society for Radiotherapy & Oncology) tarafından tanımlanmıştır.¹²³

Bu hacimsel kavramların geçerlilik kazanması bazı çoklu retrospektif ve prospektif serilerden gelmekte

geçerlilik kazanmaktadır. Bu çalışmaların en geniş kapsamlılarından birisi olan retroEMBRACE 'de, IGBT ile tedavi edilen kadınlarda daha iyi lokal kontrol, azalan toksisite ve artık lokalden ziyade sistemik olan baskın başarısızlık paterniyle 2-boyutlu brakiterapi serilerine göre değişmiş bir nüks paterni bulguları elde edilmiştir.^{93,99,101,103,109,124} Lokal kontrol oranlarındaki iyileşmenin yanı sıra, prospektif olup randomize olmamasına rağmen, lokal ileri hastalık için kemoradyoterapi ile tedavi edilen, 2-boyutlu plan

yapılan hastalara karşı 3-boyutlu planlama yapılan hastalardaki grade 3 ve grade 4 toksisiteelerde önemli miktarda azalma olduğunu belirten veriler vardır. (% 22,7 vs. %2,6, $P<002$).¹⁰⁰ Tüm bu çalışmalar birlikte değerlendirildiğinde, görüntü rehberliğinde brakiterapi yaklaşımının kullanılmasıyla daha iyi tedavi yanıtları ve toksiside azalma olgusu destek bulunmaktadır.

2-boyutludan 3-boyutlu planlamaya geçiş standardize bir yaklaşım gerektirir. Brakiterapi öncesinde rezidüel hastalığın yayılımını değerlendirmek için diagnostik tarama veya simülasyon amaçlı bir pelvik MRG, brakiterapi planlamasında yardımcı olabilir. Aplikatör yerleştirme süreci brakiterapi sırasındaki rezidüel hastalığın yayılımının ve hasta anatomisinin dikkate alınmasını gerektirir. Standard tandem ve ovoid/ring/mold aplikatörler EBRT sonrası rezidüel hastalık yayılımını her zaman yeterince kapsamayabilir veya çevredeki riskli organların optimal korunmasına imkân sağlayamayabilir. Standart tandem ve ovoid ya da tandem ve ring aplikatörlere ek olarak interstisyel iğneler normal riskli organ doz sınırlamaları karşılanırken hedef üzerinde daha yüksek dozları mümkün kılarak doz dağılımının optimize edilmesine yardımcı olabilirler.¹²⁵

Aplikatör yerleşimini değerlendirmek için intraoperatif görüntüleme yapılmalıdır. Transabdominal veya transrektal ultrason ile gerçek zamanlı görüntü rehberliğiyle uterin perforasyon riskini azaltılabilir.¹⁰⁵ Bu prosedür süresince bilgisayarlı tomografi, MR görüntüleme veya düz filmler gibi diğer görüntüleme modaliteleri alternatif olarak kullanılabilirler. Ancak düz filmlerin perforasyonu her zaman gösteremeyebileceği dikkate alınmalıdır.

Simülasyon ve tedavi planlaması için kullanılan görüntüleme modaliteleri açısından MRG veya BT'nin her ikisi de standarttır. MRG, BT 'ye kıyasla daha üstün yumuşak doku tanımlaması sağlaması ve böylece serviks ve rezidüel hastalığın daha gözlemlenmesini daha da kolaylaştırması nedeniyle avantaja sahiptir. MRG, BT 'ye göre daha uzun tarama süresine sahip olması ve radyasyon onkolojisi departmanları için daha az ulaşılabilirlikte olması nedeniyle dezavantaja sahiptir. MRG ve BT tabanlı brakiterapi planlamaları karşılaştırıldığında benzer riskli organ doz volüm histogramlarına sahip oldukları görülmektedir. Ancak BT, MRG ile karşılaştırıldığında, özellikle ileri hastalıkta tümör genişliğini olduğundan fazla göstermektedir.^{107,126} Bu durum özellikle EBRT süresince gerileyen parameteryal hastalık uzanımının tanısı için de geçerlidir.¹²⁷ Dozimetrik planlama BT üzerine yapılacak olsa bile BT ile füzyon edilerek konturlamaya yardımcı olması açısından, brakiterapi tedavisine yakın tarihte MRG görüntüsü çekilmesi faydalı olabilir.

Eksternal RT ve brakiterapi için reçete edilen dozların EQD2₁₀ ($a/b=10$, 2 Gy eşdeğeri hesaplanan doz) dozlar toplamı ≥ 8000 ve 8500 cGy arasında olmalıdır. EBRT 'ye zayıf yanıt vermiş, adenokarsinom histolojisi bulunan veya evre III hastalık için toplam doz ≥ 8500 olarak belirlenebilir. EBRT ile kombine edilmesi önerilen brakiterapi dozları Tablo 9 'da listelenmiştir. Birçok merkezli retrospektif analiz çalışması, HR-CTV için $D90 \geq 8500$ cGy ve lokal kontrol arasında korelasyon olduğunu göstermiştir.¹¹⁴

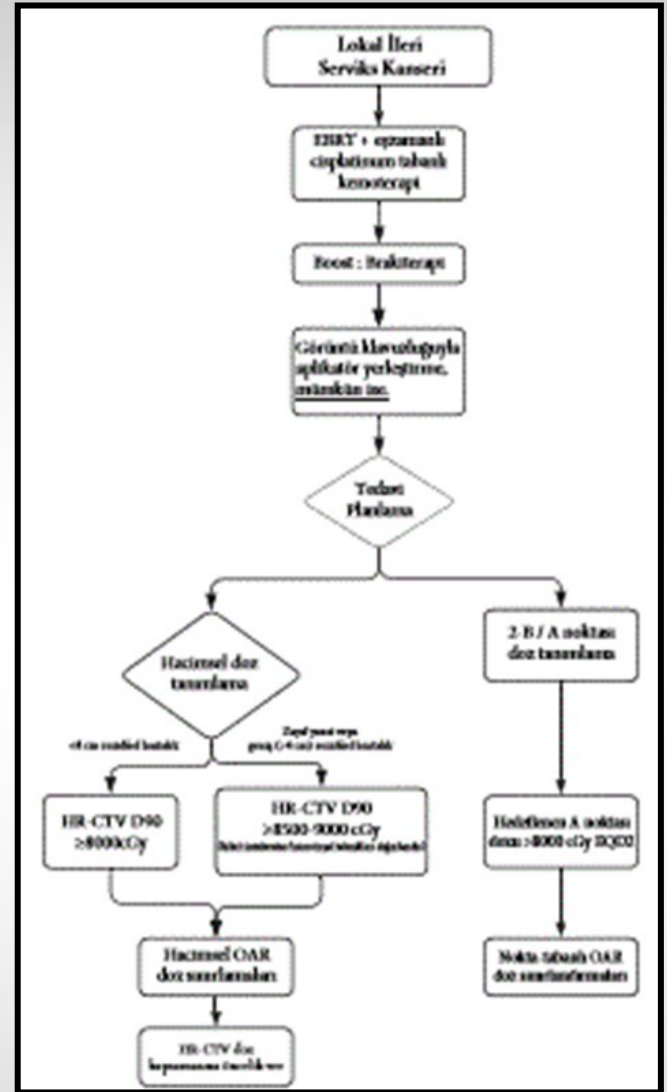
3-boyutlu planlama imkânı olmadığı koşullarda, A-noktasına göre doz tanımlanması ile standard 2-boyutlu görüntüleme yapılması önerilir. Reçete edilen doz önerilen toplam EQD2₁₀ doza uygun olmalıdır.

Önceki uygulamalarda yüksek kalitede A-noktası tabanlı brakiterapilerde lokal kontrol oranları %80 'in üzerindeydi. Bu nedenle A-noktası tabanlı planlama, hacimsel tabanlı planlama imkânı olmadığı şartlarda opsiyon olarak görülmektedir.¹¹

Serviks kanseri brakiterapisinde en önemli riskli organlar; mesane, rektum, sigmoid/kalın bağırsak ve vajinadır. Geç rektal morbiditesinde doz volüm etkisinin ön görülmesi için eşik doz, rektum D2cc ≤ 6500 cGy 'de tutulması gerektiği belirtilmektedir.⁹⁵ Rektum D2cc ≥ 7500 cGy ve 0 cGy alan hastalar karşılaştırıldığında, 3 yıl içerisinde yüksek dereceli toksisite olan fistül riski sırasıyla; %12,5 ve %2,7 bulunmuştur. Tek merkezli veriye göre mesane D2cc ≤ 8000 cGy olması önerilmektedir.¹¹⁹ EBRACE çalışması EBRT ve brakiterapi kombinasyonundan gelen retrovajinal noktadaki toplam doz ile vajinal stenöz arasında ilişki olduğunu göstermiştir (6500 cGy 'de % 20, 7500 cGy 'de %27 ve 8500 cGy 'de %34) ve bu noktadaki dozun ≤ 6500 cGy 'de tutulması önerilmiştir.^{96,116} Optimal sigmoid/kalın bağırsak doz sınırlamalarının belirlenmesi için yürütülen bir çalışmaya ihtiyaç vardır. Riskli organ korumasının çoğu kadının hayat kalitesini artırması beklenmesine rağmen, servikal tümör kontrolü öncelikli öneme sahiptir. En iyi çabalara rağmen riskli organ doz sınırlamalarının karşılanamadığı durumlarda, mevcut durumu hasta ile dikkatli bir şekilde tartışarak tümörün kapsanmasına öncelik verilebilir.

Brakiterapi için doz hedefleri, düşük doz hızlı, atımlı (pulsu) doz hızlı veya yüksek doz hızlı tekniklerle sağlanabilir. Yüksek doz hızlı ve düşük doz hızlı için doz dönüşümü EQD2 formülleri kullanılarak gerçekleştirilebilir. Fakat düşük doz hızlı, daha büyük fiziksel kaynaklar gerektirmesine, bilgisayarlı doz

optimizasyonu eksikliğine ve birçok klinik durumda sınırlı envantere bağlı olarak tedavinin hedeflerine ulaşılması doğrultusunda daha sınırlı beceriye sahiptir. Genel olarak, yüksek doz hızlı ve pulsuslu doz hızlı, optimizasyon nedeniyle doz verme konusunda daha esnek yöntemlerdir. Ancak görev grubu herhangi bir doz hızına yönelik özel bir öneri sunmamaktadır.



Şekil 4: Lokal ileri serviks kanseri algoritması

Kaynak

- Radiation Therapy for Cervical Cancer: An ASTRO Clinical Practice Guideline [https://www.practicalradonc.org/article/S1879-8500\(20\)30094-1/fulltext](https://www.practicalradonc.org/article/S1879-8500(20)30094-1/fulltext)
1,2,8,11,12,13,16,17,18,19,22,23,35,36,47,48,50,51,52,53,55,56,57,58,59,60,61,62,63,65,69,70,71,72,73,74,76,77,78,79,80,81,82,84,85,86,87,88,89,90,91,92,93,94,95,96,97,98,99,100,101,102,103,105,106,107,108,109,111,112,113,114,115,116,117,118,120,121,124,125,126,127

**Med. Fiz. Uzm. Emre Şanlı**

2013 yılında Gaziantep Üniversitesi Fizik Mühendisliği Bölümü 'nden mezun oldu. 2017 yılında İstanbul Medipol Üniversitesi 'nde sağlık fiziği

yüksek lisans eğitimini tamamladı. 2017 yılından itibaren Özel Anadolu Sağlık Merkezi'nde medikal fizik uzmanı olarak görev yapmaktadır.

MODERN LİNAKLARDA MU DMAX YERİNE 10 CM DERİNLİKTE Mİ TANIMLANMALI?

Med. Fiz. Uzm. Osman Artunç Türe

AAPM TG- 51 (1) ve IAEA TRS-398 (2) gibi geniş çapta kabul edilen kılavuzlar sayesinde linak kalibrasyonu dünya genelinde eskiye nazaran daha tutarlı ve doğru hale gelmiştir. Modern linaklarda fotonlar genellikle 10 cm derinlikte suda kalibre edilir ve 1 monitör birimi (MU) maksimum doz derinliğinde (dmax) 1 cGy'ye karşılık gelecek şekilde yapılandırılır. Bu kurulum standartları klinikler tarafından değiştirilebilir. Bazı görüşler, gereksiz yere karmaşaya girilmeden yani 10 cm derinlikteki ölçümden dmax'a geçmek için PDD (yüzde derin doz) düzeltme faktörünü kullanmak yerine, hata eğilimini azaltma düşüncesi ile MU'yu 10 cm'de tanımlamanın daha uygun olduğuna inanıyor. Diğer bir görüş ise MU tanımında değişime gidilmesinin herhangi bir gerçek faydasının olmayacağına, hatta bunun karışıklığa ve muhtemelen ciddi sonuçlara yol açabileceği fikrini savunuyor.

MU hesabı son birkaç yılda tedavi planlamalarındaki yenilikler ile daha karmaşık hale gelmiştir. Geçmişten bugüne MU hesaplamaları su fantomu kullanılarak commisioning sırasında belirlenmiştir. Hastaya özgü anatomik bilgilerin hesaplama sistemlerine dahil edilmesi ile tedavi planlama sistemleri içinde doz hesaplama doğruluğunda ek iyileştirmeler meydana gelmiştir. İlk bilgisayar algoritmaları hastaya özgü yüzeysel kontur bilgisine dayalı olarak iki boyutlu doz dağılımını hesaplardı. Diagnostik görüntüye dayalı 3 boyutlu tedavi planlamalarının gelişmesi ile hastaya özgü anatomik bilgilerin doz hesaplamalarında kullanılmasına başlandı. Bu bilgiler kullanılarak

karmaşık iki veya üç boyutlu doz algoritmaları ile verilen dozun hesaplanması bilgisayar sistemlerine bırakılmıştır. Bu bilgilerin doğruluğu manuel bir hesaplama yöntemiyle kontrol edilmelidir.

Günümüzdeki teknolojik gelişmelere rağmen, çeşitli nedenlerden dolayı manuel hesaplamalar halen gerekli olacaktır. Bazı hastalar bilgisayar hesaplamalı tedavi planına ihtiyaç duymayabilir ve tedavileri için MU'yu manuel olarak hesaplamak gerekebilir. Bu eskide kalmış bir yöntem olmasına rağmen özellikle palyatif veya acil durumlarda kullanılabilir. İkinci olarak bilgisayar, doz hesaplama işlemini çok hızlandırırsa da, MU değerinin doz algoritmaları tarafından tüm koşullar için daha doğru hesaplandığına dair bir garanti yoktur. Çeşitli ticari tedavi planlama sistemlerinde kullanılan algoritmalar dozu belirlemek için farklı tekniklere sahiptir. AAPM, TG-40 ve TG-114 bilgisayar hesaplama algoritmalarının alternatif bir hesaplama yöntemi ile bağımsız olarak doğrulanmasını önermektedir. Planlama algoritmasının karmaşıklığı arttıkça bu kontrol daha da önemli hale gelir.

Yıllar boyunca dozu en doğru şekilde ölçmek için birçok protokol sağlanmıştır. TRS-398, TRS 277, TG-21, TG-51, DIN-6800, THX-1138, HPA-1964, HPA-1983, NCS-2000 ve daha fazlası. Çoğu MU hesabı için en az 5 cm'lik bir ölçüm derinliği tanımlar. Yeni protokoller (TRS-398 ve TG-71) iyon odasının izosentrik pozisyonunu şart koşar ve çok hassas ölçümler yapılmasına imkan tanır. MU'yu belirlemek için şu anda birçok manuel yöntem kullanılmaktadır. Farklı yaklaşımların kullanılması, isimlendirmelerin

yanlış anlaşılmasına neden olabilir veya önemli parametrelerin hesaplama yönteminde yanlış kullanılması ile hesaplama hatalarının oluşma olasılığını artırabilir. Ayrıca birden fazla tekniğin kullanılması iş akışı verimliliğini azaltır. Kliniklerin kurum içi MU hesaplama protokollerinin farklılığı, klinikler arasında geçiş yapan personelin yeniden eğitilmesi gerekliliği ile sonuçlanır. Ölçülen dozun kalibrasyonu hangi koşullarda yapılırsa yapılsın sonuçta verilmek istenen doz hep aynı olacaktır. Temelde fizikçi bunu ölçmek için ölçülen doz ile MU'lar arasındaki oranı sağlayan bir sayı belirler. Linakların güvenli parametreler içinde çalışması gerektiğinden bazı MU değerleri fizikçilere tanıdık gelir ve kabaca doz tahmini yapmasını sağlar.

Protokollerin MU hesaplamalarında, normalize edilen referans doz hızı veya doz başına MU (d_0) kalibrasyon sırasında klinikler tarafından belirlenir. Belirlenen koşullarda " d_0 " 1cGY/MU olmak zorunda değildir. Bu durumda normalizasyon koşullarını referans koşullardan ayırmamız gerekir. Örneğin, TG-51 referans derinliğinin (d_{ref}) 10 cm'de kalibre edilmesini zorunlu kılar. TG-71 raporunda ise fotonlarda normalizasyon derinliğinin 10 cm'de, d_{max} 'da veya başka bir derinlikte kalibre edilmesini kullanıcı tercihine bırakır. Elektronlar için normalizasyon derinliği sabit SSD'de su fantomunda merkezi eksen boyunca maksimum doz derinliğinde hesaplanır.(4,5)

Fotonlar için normalizasyon derinliği seçimi yapılırken birkaç konu dikkate alınmalıdır. d_0 , d_{ref} 'ten farklıysa, d_{ref} 'deki MU başına kalibrasyon dozunun, d_0 'daki MU başına doza dönüştürülmesi gerekir. Bu dönüşüm için kullanılan PDD verileri yanlış veya kusurlu ise bu dönüşüm potansiyel bir hata kaynağı oluşturur.(3) d_0

d_{max} 'a eşit ise başka belirsizlikler de ortaya çıkabilir. Fotonlarda saçılmadan kaynaklanan elektron kontaminasyonu bu bölgedeki dozun belirlenmesini zorlaştırır.(6) Diğer yapılan çalışmalar da göstermiştir ki daha yüksek enerjiler için elektron kontaminasyonu d_{max} 'dan çok daha derine nüfuz eder.(7)(8) Fotonlar için normalizasyon derinliği $d_0 = 10$ cm seçilir ise kalibre edilmiş MU değerinin diğer derinliklerde, özellikle d_{max} 'da doz başına MU'ya dönüştürülmesi ile ilgili belirsizliği ortadan kaldırır. Ayrıca abzorbe doz ölçümlerinde 10 cm'den d_{max} 'a geçişlerde kullanılan PDD faktörü her enerji ve iyon odası için farklı olduğundan bu faktör yanlış kullanılır ise sonuçlar da hatalı olacaktır.

10 cm'lik normalizasyon derinliğinin seçilmesinin ek avantajları vardır. Aynı enerjiye sahip farklı cihazlar klinik olarak daha uygun bir derinlikte eşleştirilecektir. Bu şekilde hastaları bir cihazdan diğerine taşıırken planlanmış MU'daki farklılıklar azaltılabilir. Bazı alan boyutlarındaki dozimetrik değerler d_{max} 'dan daha büyük derinliklerde önemli ölçüde değişmez. Bu durum dozimetrik ölçümleri hataya daha az duyarlı hale getirir. Bazı tedavi planlama sistemlerinde 10 cm derinlikte ölçülen output faktörleri gerekli olur ve bu nedenle kullanıcıların bu verileri yine de ölçmesi gerekir. 10 cm'lik normalizasyon derinliğinin seçilmesi, hem commisioning sırasında hem de yıllık denetimlerde fazladan işin tekrarlanmasını ortadan kaldırır. d_0 için başka bir derinlik seçilirse bu derinlik, klinik olarak kullanılan en küçük alan boyutu ve en büyük SSD için yüzde derin doz ölçümlerinde belirlenen d_{max} değerine eşit veya bundan büyük olmalıdır.(3)

Ölçüm derinliğinin 10 cm seçilmesinin avantajları olduğu kadar dezavantajları da vardır. Bu yenilik radyoterapi alanlarındaki çalışanlara ek zorluklar getirebilir ve linak üreticileri ile tedavi planlama sistemi (TPS) arasında daha fazla karışıklığa neden olabilir. Bu küçük bir değişiklik değildir. İlgili birçok sistemin güncellenmesi veya tekrar commissioning edilmesi ve senkronize edilmesi gerekecek, ayrıca uzmanların değişikliklere göre yeniden eğitilmesi gerekecektir. Yeni tanımlamada MU'nun 10 cm'deki tüm enerjiler için 1 cGy=1 MU olması ile birlikte foton enerjisi MU'ya daha az duyarlı hale gelecektir. Bu nedenle, hastanın tedavi planlanması sırasında yanlış bir foton enerjisi seçilirse veya tedavi planlanandan farklı bir enerji ile uygulanırsa, planlanan doz dağılımındaki hatanın büyüklüğü gözden kaçabilir. Yani kullanıcı yanlış enerji kullanıldığında bunu fark edemeyebilir.

Mevcut kalibrasyon kuralları tek tip bir geometrik kurulumu zorunlu kılmaz. SSD veya SAD, dmax veya diğer derinliklerde kurulum yapılabilir. Çünkü her birinin kendine göre avantajları vardır. Imaging and Radiation Oncology Core (IROC) 'un 2400'den fazla kurulumun verisi ile yaptığı çalışmada % 73'ü SSD 100 cm dmax'ta, % 25'i SAD 100 cm dmax'ta ve % 2'side SAD'da diğer derinliklerde kurulmuştur. (S.F. Kry MD Anderson Cancer Center)

Aslında günümüzde kullanılan tüm modern tedavi cihazlarında uygulanan tedavilerde (Tomotherapy, Halcyon, ViewRay, Elekta Uniq gibi) sabit bir kaynak cilt mesafesi kullanılmaz. Bu cihazlardaki tüm tedaviler izomerkezde veya izomerkeze yakın bir şekilde gerçekleştirilir. Birçok farklı cihazda 90 ila 140 cm arasında değişen farklı SAD'lar kullanılmaktadır. Tüm

cihazlar için 10 cm derinlikte MU tanımlandığında cihazların türünden ve enerjisinden bağımsız MU kavramı daha basit hale gelecektir. Tüm cihazlar için normalizasyon değiştirilince MU'yu takip etmekten vazgeçebilir ve tek kavrama uyan herkese açık bir ifadeye sahip olabiliriz.

Prensip olarak her iki MU tanımı da eşdeğerdir ve birini seçmemiz gerekir. MU'nun 10 cm'de tanımlanmasının avantajları düşünülmelidir. Çoğu merkez için 10 cm'lik normalizasyon derinliğinin klinikler için büyük bir değişikliğe gebe olduğu kabul edilmelidir. Aştığımız dmax kurulumu başlangıçta seçilmiş olan olduğundan yeni kurulumla geçmek kullanıcıların takdirine bırakılmıştır.

Kaynaklar

- Almond PR, Biggs PJ, Coursey BM, et al. AAPM's TG-51 protocol for clinical reference dosimetry of high-energy photon and electron beams. Med Phys. 1999;26:1847–1870.
- Andreo P, Burns DT, Hohlfeld K, et al. Absorbed Dose Determination in External Beam Radiotherapy: An international Code of Practice for dosimetry based on standards of absorbed dose to water. IAEA Technical Report Series No 398. Vienna; 2000.
- Monitor unit calculations for external photon and electron beams: Report of the AAPM Therapy Physics Committee Task Group No. 71. Citation: Medical Physics 41, 031501 (2014); doi: 10.1118/1.4864244
- F. M. Khan, K. P. Doppke, K. R. Hogstrom, G. J. Kutcher, R. Nath, S. C. Prasad, J. A. Purdy, M. Rozenfeld, and B. L. Werner, "Clinical electron-beam dosimetry: Report of AAPM Radiation

Therapy Committee Task Group No. 25," Med. Phys. 18, 73 109 (1991).

- International Commission on Radiation Units and Measurements, "Prescribing, recording, and reporting photon beam therapy," ICRU Report No. 50 (International Commission on Radiation Units and Measurements, Bethesda, 1993).
- Dutreix, B. Bjarngard, A. Bridier, B.Mijnheer, J. Shaw, and H. Svensson, "Monitor Unit Calculation for High Energy Photon Beams," ESTRO Booklet 3 (Garant Publishers, Leuven, Belgium, 1997).
- T. C. Zhu, A. Ahnesjo, K. L. Lam, X. A. Li, C. M. Ma, J. R. Palta, M. B. Sharpe, B. Thomadsen, and R. C. Tailor, "Report of AAPM Therapy Physics Committee Task Group 74: In-air output ratio, Sc, for megavoltage photon beams," Med. Phys. 36, 5261–5291 (2009).
- B. R. Thomadsen, S. S. Kubsad, B. R. Paliwal, S. Shahabi, and T. R. Mackie, "On the cause of the variation in tissue-maximum ratio values with source-to-detector distance," Med. Phys. 20, 723–727 (1993)
- Purdy JA. Relationship between tissue-phantom ratio and percentage depth dose. Med Phys. 1977;4:66–67.
- In modern linacs monitor units should be defined in water at 10 cm depth rather than at dmax (Received 7 May 2018; revised 21 May 2018; accepted for publication 24 May 2018; published 20 June 2018) [https://doi.org/10.1002/mp.13015]



Med. Fiz. Uzm. Osman Artunç Türe

Lisans eğitimini 2016 yılında Gebze Teknik Üniversitesi Fizik Bölümü'nden mezun olarak tamamladı. 2018 yılında

Acıbadem Üniversitesi Sağlık Fiziği Yüksek Lisans programını bitirerek Medikal Fizik Uzmanı unvanını aldı. 2019 yılı Şubat ayından beri Acıbadem Altunizade Hastanesi'nde Medikal Fizik Uzmanı olarak görevine devam etmektedir.

GÖRÜŞ-KARŞIT GÖRÜŞ: Düşük Teknoloji (Kobalt Teleterapi vb.) cihazlar düşük gelirli ülkelerdeki radyoterapi için uygun mudur?

Med. Fiz. Uzm. Boran Güngör

Yüksek gelir seviyeli ülkelerde (high income countries- HICs) radyoterapi (RT) servislerinde kullanılacak sistemlerin seçimi ve karar verme mekanizması çeşitli faktörlerin dengesine bağlıdır. Düşük gelir seviyeli ülkelerde (low income countries – LICs) karar vericiler yüksek gelirli meslektaşlarının üstesinden geldiği tüm faktörlere ek olarak geri ödeme zorlukları, servis-bakım hizmet problemleri, hasta yükü, yüksek gelir seviyeleri için hazırlanmış fiyatlandırmalar gibi kısıtlamaları göz önünde bulundurmalıdır. HIC'ler için vazgeçilmiş Co60 Teleterapi sistemleri LIC'ler için çekici görünebilir ve bu durum ile ilgili iki karşıt görüş sunacak olan iki uzmanın yazıları derlenmiştir.

Öneriyi savunan Jatinder Palta Ph.D., Virginia Üniversitesi/Amerika 'da Radyasyon Onkolojisi Bölümünde başkan olarak çalışmaktadır. AAPM ve ASTRO kurullarında görev yapmış ve halen Veterans Health Administration'da Ulusal Fizik Şef olarak çalışmaktadır.

Öneriye karşı çıkan Godfrey Azangwe, Ph.D., Zimbabwe Ulusal Bilim ve Teknoloji Üniversitesinde Bölüm Başkanıdır. Aberdeen Üniversitesi/İskoçya ve IAEA Dozimetri Laboratuvarı /Avusturya'da çalışmıştır.

Olumlu Görüş (Jatinder R. Palta, Ph.D.): Açılış Yazısı

2018 yılında 18 milyon olan yıllık global kanser vakalarının 2035 de 25 milyon vakaya çıkması beklenmekte ve tüm vakaların yaklaşık yarısı RT

almalıdır. Tüm vakaların yaklaşık %70 kadarı düşük-orta gelir seviyeli (LMIC) ülkelerde olacağı tahmin edilmektedir. Dünya çapında 350 milyondan fazla insanın RT erişimi bulunmamaktadır ve yaklaşık 200 milyon kişi hiçbir RT sistemi olmayan LIC'de bulunmaktadır. LMIC'lerde 5000 den fazla RT merkezine ihtiyaç bulunmakta ve hastaların %80'lik kısmının ileri evre olduğu tahmin edilmektedir.

Bu aşamada soru; artan taleple başa çıkmak için RT teknoloji seviyesi ne olmalıdır? Düşük teknoloji Co60 Teleterapi veya karmaşık bilgisayar kontrollü ve görüntü kılavuzlu Linak sistemleri olarak iki seçenek vardır ve maalesef ara çözüm bulunmamaktadır. Fiziksel altyapının zayıf olduğu, sık sık elektrik kesintileri yaşanan ve zayıf telekomünikasyon içeren bölgelerde kobalt sistemleri iyi seçenektir. Linak sistemleri ayrıca istikrarlı güç kaynağı, uygun iklim koşulları ve sürekli bağlantı gerektirir. Yapılan çalışmaya göre LMIC'lerdeki Linak sistemlerinin HIC'deki benzerlerine göre daha fazla kesinti süresi ve arıza oranına sahip olduğu gösterilmiştir. Dahası, modern LINAC'ların tüm gelişmiş işlevlerinden tam olarak yararlanmak için gelişmiş görüntüleme (örneğin, bilgisayarlı tomografi (CT), manyetik rezonans ve pozitron bilgisayarlı tomografi (PET-CT) ve üç boyutlu tedavi planlama sistemleri gereklidir. Bu gereksinimler, sınırlı mali kaynakları olan ülkeler için önemli bir zorluk teşkil etmektedir. Teleterapi sistemleri altyapısı daha sağlam ve ortam koşullarına daha toleranslıdır. Sonuç olarak, LMIC'lerdeki RT ihtiyacının ağırlıkla palyatif olması ve Teleterapi

sistemlerinin maliyet/iş hacmi avantajına bakıldığında en iyi seçenek olduğu deneyimlenmiştir.

Karşıt Görüş (Godfrey Azangwe, Ph.D.): Açılış Yazısı

RT alanında, küratif/palyatif amaçlı veya klinik kanıta dayalı olarak nasıl bir teknoloji seviyesi kullanılacağı gibi dengeli yaklaşım uygundur. IMRT,VMAT veya stereotaktik gibi yüksek seviyeli teknikler üstün dozimetrik özellikler ve düşük toksisite sebebiyle standart hale gelmiştir.Kobalt için de sınırlayıcı faktör cilt reaksiyonları olabilir. Literatüre göre düşük enerji gamma Co60 cihazları baş boyun kanserleri gibi ışınlanan alanın ayrımının küçük olduğu tümör tiplerinde ideal olduğu, Linak sistemlerinin de vücut kalınlığının 20cm den büyük olduğu serviks, özefagus, akciğer ve prostat gibi LIC'lerde ağırlıkla görülen kanser tiplerinde daha uygun olduğu belirtilmektedir. Geçmişte Kobalt ve Linak sistemleri arasında ciddi maliyet farkları var iken günümüzde durum değişmektedir ve tek enerjili basit Linak sistemleri maliyetleri düşmeye devam etmektedir. Ayrıca, her 5-7 yılda bir değişmesi gereken Kobalt kaynağının da söküm, nakliye ve güvenlik maliyetleri bulunmaktadır. Sağlık hizmetleri ele alınırken düşük gelirli, orta gelirli ve yüksek gelirli ekonomiler için iki veya üç katmanlı bir sistem yerine küresel bir perspektiften kanser yönetimine de bakılması önerilmektedir. Ayrıca tedavi nedenlerine olduğu kadar kanserin tipi ve evresine de odaklanılmalıdır.Tek bir askeri jet uçağının maliyeti birçok ülkenin tüm RT sisteminin kurulması ve işletilmesi maliyetine denk gelmektedir.

Olumlu Görüş (Jatinder R. Palta, Ph.D.): Çürütme/İspat

Ekonomilere dayalı kademeli kanser tedavisi sistemleri gerekliliği ve dünyanın herhangi bir yerindeki herhangi bir hasta için en uygun tedavileri sağlanması gerektiği doğru olmakla beraber; gelişmiş RT sistemlerinin kaynakları sınırlı bir ortamda konuşlandırılması zor olabilir. Çoğu zaman, yüksek karmaşıklıkta ekipmanın klinik olarak devreye alınması için gerekli temel bileşenlerin gözden geçirilmemesi, çeşitli faktörler nedeniyle genellikle aylarca veya yıllarca kullanılmamasına neden olur. RT cihaz alımında hasta popülasyonuna ek olarak maliyet-fayda oranının değerlendirilmesi gerekliliğine ek olarak altyapıdaki potansiyel sınırlamalar (simulatör, CT, su tedarik, elektrik vb.), mimari gereksinimler, yazılım gereksinimleri, yerel servis gereksinimleri, hekim gereksinimleri gibi sınırlamalar göz önünde bulundurulmalıdır. Karar verme sürecinin, hekimi, fizikçileri ve RTT içermesi gereken disiplinler arası ekibi içermesi çok önemlidir. Bu şekilde alıcılar, kullanıcılar ve satıcılar tesisin ihtiyaçlarına tam olarak senkronize edilir. Böyle bir süreç, düşük karmaşıklıkta Co-60 teleterapi sistemlerinin önümüzdeki birkaç yıl boyunca RT küresel erişimde muhtemelen baskın bir varlığa sahip olacağını açıkça gösterecektir.

Karşıt Görüş (Godfrey Azangwe, Ph.D.) : Çürütme/İspat

Radyoterapi için ekipman seçimine yüzeysel değil, bilimsel bir bakış açısıyla bakılması gerekmekte ve etkili tedaviler, mevcut teknoloji ve uzmanlıkla birlikte klinik ihtiyaca dayanmalıdır. Tedavinin LIC'de olup olmayacağı gibi ekonomik durum genelleştirilirse,

yatırımın uzun vadeli bir taahhüt olduğu zorluğuyla karşılanabilir ki bazı ülkelerin 2030'a MIC veya HIC olma planları bulunmaktadır. RT departmanını, tedavi ettikleri kanserlerin aralığı ve aşamalarına göre ekipman ve tedavi tekniklerini seçebilmeli, klinik ihtiyaca bağlı olarak düşük karmaşıklıktan yüksek karmaşıklığa kadar bir dizi teknolojiye erişim sağlanmalıdır.

LIC'de bakım sözleşmesi olmayan bir Co60 ünitesine ve yedekleme hizmetlerinde bir durumu, HIC'de LINAC ile karşılaştırmak doğru değildir. Bu yaklaşım insanlara, karmaşıklık düzeyi düşük teknolojinin sağlam hizmet kullanılabilirliği ve yedek hizmetler gerektirmediğine dair yanlış bir algı verebilmektedir. Merkezler, klinik ihtiyaca dayalı sağlam satın alma planları oluşturmaya odaklanmaya teşvik edilmeli ve bu sürecin bir parçası olarak hizmet sözleşmeleri ve ekipman değiştirme planlarını dahil etmelidir. Nitelikli medikal fizik uzmanı eksikliği faktörlerden biri olarak belirtilmektedir, ancak bu, IAEA'nın diğer kurumlar ve profesyonel derneklerle işbirliği içinde küresel düzeyde konuyu ele alma çabaları sayesinde değişmektedir.

Ülke gelirlerine dayalı olarak hangi teknolojilerin uygun olduğu konusunda önyargıda bulunmak, ekipman satıcılarının, CE veya FDA standartlarını başka şekilde karşılamayacak ekipmanı, yalnızca düşük maliyetli teknoloji sağlama ihtiyacı nedeniyle LIC'lere kullanılabilir hale getirmesine sebep olabilir. Klinik ihtiyaçlar bir teknolojinin diğerine göre açık avantajlarını ortaya koyuyorsa, hizmet ve altyapı desteğine yatırım yapmak için çalışılmalıdır. Kaynaklar, kurumların gelişmiş teknikler sunmasına izin vermiyorsa veya erken evre kanser hasta sayıları

düşükse, bunlar tek bir sevk merkeziyle sınırlandırılarak, bunlardan yararlanacak hastalar için tedaviler sağlanabilir. Politikacıların sözleri/vaatleri önemlidir fakat bu ancak Medikal Fizik uzmanları olarak RT ekipmanı edinme söz konusu olduğunda kanıta dayalı karar vermeyi savunursak gerçekleşebilir.

Kaynak

- Medical Physics 47, Issue 10, 2020 (S. 4671-4674) (<https://doi.org/10.1002/mp.14137>)

HASTA – MEDİKAL FİZİKÇİ GÖRÜŞMELERİNDE HASTALAR TARAFINDAN SORULAN SORULARIN İNCELENMESİ

Med. Fiz. Uzm. Peyruze Gizem Kurt

Editörün Notu: [Journal of Applied Clinical Medical Physics](#) dergisinin 9 Haziran 2020 tarihli Volum21, Issue 8. sayısında yayınlanan **“A review of patient questions from physicist—patient consults”** başlıklı makalenin özet tercümesi aşağıda sunulmaktadır. Makalenin aslına ilgili dergiden başvurulabilir.

Hastalar, radyoterapiyi karmaşık ve kafa karıştırıcı bir tıbbi uzmanlık olarak görürler. Radyoterapi ile ilgili kavramların yaygın olarak yanlış anlaşılması ve bu kavramlara ön yargı ile yaklaşılması hastaların kafasında tedavilerinin teknik ve tıbbi boyutu ile ilgili birçok soru işareti oluşturmaktadır. Bu durum ışın tedavisi alan hastalarda sorularına internet üzerinden yanıt bulmaya çalışma eğilimi görülmektedir.

Çalışmalar çevrimiçi erişilebilir bilginin halk için çok karmaşık ya da anlaşılması güç nitelikte olduğunu ortaya koymuştur. Bu kanıttan bağımsız olarak yakın zamanda yapılmış bir araştırma ışın tedavisi ile ilgili hasta eğitimi için üretilmiş materyallerin okunabilirlik düzeyinin tutarlı bir çizgide ilerlemediği sonucuna varmıştır. Buradan yola çıkarak hastaların tedavileri hakkında yanıtlanmamış sorulara ve tedavileri hakkında endişelere sahip olmaya devam etme durumundan söz edebiliriz. Aynı zamanda cevaplanmamış sorular hastada kafa karışıklığı üzüntü kaygı gibi durumları tetikleyerek ışın tedavisinin sonuçları üzerinde olumsuz etkiler yaratabilir.

A review of patient questions from physicist–patient consults

Todd F. Atwood | Derek W. Brown | Titania Juang | Kevin L. Moore |
Kristen A. McConnell | Jennifer M. Steers | James D. Murphy | Arno J. Mundt |
Todd Pawlicki

Hasta danışma sürecine medikal fizikçiler de dâhil edilerek bu sorulardan bir kısmının üstesinden gelinmeye çalışılmıştır. Bağımsız, profesyonel medikal fizikçilerin sürece dâhil edilmesi hastalarla tedavinin teknik boyutları hakkında konuşmaları, hastalardaki endişe düzeyini düşürme, doğru bilgi sunma ve hasta memnuniyeti üzerinde etkili olduğu görülmüştür. Hasta danışma süreçlerine tıbbi fizikçileri dâhil etmek hastaların kavrama düzeyini ve otonom düşünebilme düzeyini arttırabilir.

Gereç ve Yöntemler

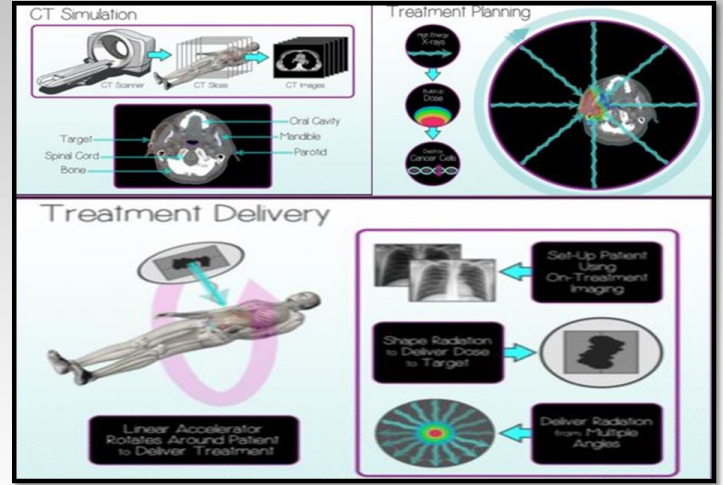
4 Medikal fizikçi hasta danışma süreçlerine dâhil olabilmek adına kapsamlı bir eğitim programını tamamladı. Bu eğitim tıp fakültesi tarafından yürütülen bir günlük hekim -hasta iletişim atölyesi, fizikçiden fizikçiye uygulama (pratik) oturumları, eğitilmiş aktörlerle simüle edilmiş hasta etkileşimleri ve fakülte tarafından gözlemlenen hasta danışmanlarını içeriyordu.

Katılım gösteren her bir medikal fizikçi için hasta iletişimi konusunda 9 yeterlilik alanı tanımlandı. Her biri 5 puanlık bir ölçekte puanlandı. Bu eğitimin amacı medikal fizikçileri hasta iletişimi konusunda etkili birer konuşmacı haline getirmek ve bilgiyi sunma konusunda onları bilgilendirmektir. Medikal fizikçi ve hasta görüşmelerine katılan hastalar, kılavuz bir çalışmanın ögesi yani klinik deney katılımcısı olarak,

ya da özel bir talep ile katıldılar. Bunun için gerekli koşullar; ışın tedavisi almak ve akıcı şekilde İngilizce konuşmaktı.

Medikal fizikçiler tarafından her hastayla 2 görüşme gerçekleştirildi. Bu görüşmelerden ilki bilgisayarlı tomografiden (BT) önce, ikincisi ise tedavi uygulama sürecinden hemen önce yapıldı. Bu görüşmeler dışında hastaların görüşme talepleri not alındı. İlk medikal fizikçi ve hasta görüşmesinde katılımcılara medikal fizikçinin rolü, BT'nin çalışma prensibi, tedavi planlama ve süreçleri hakkında genel bir bilgi verildi. İkinci hasta görüşmesinde ilk görüşmedeki medikal fizikçiler hasta ile bir araya gelerek, tedavi planlaması ve uygulama süreçleri hakkında detaylı bilgi verdiler. Bu görüşmede hastaya bilgi verici 3 grafik sunuldu. Bu eğitici materyaller tartışmalara kılavuz olmak, ilgili bütün içeriğin sunulduğundan emin olmak ve hasta sorularını kolaylaştırmaya olanak sağlamak adına kullanıldı. İlk grafik BT canlandırma resimlerinin hedef doku ve normal doku taslaklarını çıkarmadan nasıl kullanıldığını açıklamak için kullanıldı. Bu grafik hastanın BT taramasından bir resim kullanılarak hasta için kişiselleştirildi. İkinci grafik ise hedeflenen dokuya gerekli dozun verilmesi ve bu dokunun etrafındaki normal dokulara gereksiz doz verilmesinden kaçınmak için ışın açılarından nasıl yararlanıldığını tarif etmek için kullanıldı. Bu grafik hastanın BT taramasından alınan bir resim üzerinde doz renklendirilmesi ve ışın açıları gösterilerek hasta için kişiselleştirildi. Üçüncü grafik tedavi verme sürecinde alınan taramaların tedavi öncesinde hastayı hazır hale getirmek için nasıl kullanılacağı ve lineer hızlandırıcının radyasyonu nasıl yaydığı, nasıl şekillendirdiğini açıklamak için kullanıldı. Bu grafik bütün hastalar için aynı kaldı. Kişiselleştirilmiş grafikler sayesinde medikal fizikçi ve

hasta görüşme süreci bir standarda kavuştu. Kişiselleştirilmiş resimler her hastanın aynı bilgiyi almasını ve hastaların bilişsel ön yargılarını hafifletme konusunda etki gösterdi. 3 grafiğin örnekleri, verilen görsel aşağıda tasvir edilmiştir (Görsel 1).



Görsel 1: Fizikçi ve hasta görüşmeleri için oluşturulmuş bilgi grafiği örnekleri. Birinci grafik bilgisayarlı tomografi (BT) canlandırma sürecini açıklamaktadır (bu görsel hastaya ait BT resmi üzerinde hedef doku ve normal dokular gösterilerek hasta için kişiselleştirilmiştir). İkinci görsel tedavi planlama sürecini açıklamaktadır (bu görsel hastaya ait BT resmi üzerinde doz dağılımı ve ışın açıları gösterilerek kişiselleştirilmiştir). Üçüncü görsel tedavi uygulama sürecini açıklamaktadır (Bütün hastalar için aynı görsel kullanılmıştır).

Görsel 1. Fizikçi ve hasta görüşmelerine tam bir genel bakış (tasarım, uygulama ve özel amaçlar dâhil) ve hasta endişe ve hoşnutsuzluk değerlendirilmesi için kullanılan ölçekler başka bir yerde detaylı olarak açıklanmıştır. Çalışmanın ilk aylarında (Ağustos 2016-Aralık 2017) fizikçi ve hasta görüşmelerini takiben hasta sorularının tamamı fizikçiler tarafından yazıya döküldü. Kalan süre aralığında (Ocak 2018-Aralık 2019) yalnızca ilk kez karşılaşılan sorular periyodik olarak soru listesine eklendi. Sorular anlaşılabilir bir

şekilde listelenerek sınıflandırıldı. Hastalar sıklıkla aynı soruları farklı şekillerde sordukları için benzer sorular uygun görüldüğünde tek bir soru halinde birleştirildi. Ağustos 2016'dan Aralık 2019'a kadar 152 fizikçi ve hasta görüşmesi gerçekleştirildi. Görüşmelere katılan medikal fizikçiler iki amaçla soru inceleme sürecine dâhil edildiler; bunlardan ilki, benzer soruları birleştirmek ikincisi ise kategoriler ile ilgili karar vermek. Tek soru olarak birleştirilmiş iki soru örneği şunlardır; "Farklı radyasyon türleri var mıdır?" ve "Bütün radyasyon türleri aynı mıdır?".

Bulgular

Palyatif, küratif, SRS, SBRT, görüntü kılavuzluğunda solunum hareket yönetimi ve yüzey takibi yapan yardımcı sistem teknikleri ile tedavi alan hasta grupları çalışmaya dâhil edildi. 152 hasta-medikal fizikçi görüşmesi sonucunda 88 farklı soru soruldu. İlk görüşme (BT öncesi) yaklaşık olarak 15 dakika hazırlık süresi ve yaklaşık olarak 15 dakika hastayla geçirilen süreden oluşmaktadır. İkinci görüşme (tedavi öncesi) yaklaşık bir saatlik hazırlık süresi ile 30 dakika hasta ile geçirilen süreden oluşmaktadır. İkinci görüşmedeki hazırlık süresinin çoğu hastanın tedavi planının gözden geçirilmesi ve bilgi grafiklerinin oluşturulmasına ayrıldı. Genel anlamda hastalar ikinci görüşmede, ilk görüşmede sorduklarından daha fazla soru sordular. Soruları gruplandırma süreci 4 kategoride sonuçlandı. a) Tedavi planlama ve uygulama b) Genel radyasyon sorunları ya da endişeleri c) Güvenlik ve kalite güvence soruları d) Tıbbi sorular. Benzer sorular birleştirildikten sonra soruların kategori dağılımı ve bu kategorilerde sık sorulmuş 5 soru Tablo 1'de verilmiştir. Veri grubu Tablo 1' de aynı şekilde benzer sorular birleştirildikten sonra hastalar tarafından sorulmuş soruların detaylı

listesini içermektedir.

Tartışma

Tedavi planlama ve uygulama kategorisinde diğer 3 kategoriden daha fazla soru bulunmaktadır. Bu durum medikal fizikçi hasta görüşmelerinin standartlaşmış sürecinden ve kişiselleştirilmiş grafiklerinden kaynaklanıyor olabilir. Bu iki kaynak hastalara rehberlik etti ve hastaların bu konudaki hedef sorularını oluşturmalarına yardımcı oldukları görüldü. Hastalar en çok tedavilerinin hastalıkları için nasıl uyarlandığını ve sağlıklı dokular için radyasyonun nasıl sınırlandırıldığını merak ediyordu.

Bilgi grafikleri hastanın soru sormasını kolaylaştıracak olanaklar sundu. Bazı hastalar görüşme sürecine sormak istedikleri bir soru listesi ile katıldılar. Diğerleri ise görüşmede rahatlatma seviyesine ulaşıncaya kadar soru sorma konusunda çekingen davrandılar. Hastalara sorularının olup olmadığı sorulunca, ilk adımda sorularının olmadığını belirtmeler de bilgi grafiklerini görmeleriyle soru sormaya başladılar.

En az soru sayısına sahip kategori tıbbi sorular kategorisi oldu. Bu beklenen bir şeydi çünkü görüşmelerin başında hastalara medikal fizikçi ve radyasyon onkoloğu arasındaki fark açıkça belirtilmiş ve bu tür bir giriş hasta sorularının tedavinin teknik yönleri hakkında olmasını sağlamıştır. Sorulan tıbbi sorular ise sıklıkla tedavinin olası yan etkileri hakkında oldu. Medikal fizikçilerin bu soruları yanıtlamayarak, bir sonraki görüşmede bu sorular ile ilgili bilgilerin radyasyon onkoloğu tarafından verileceğini belirtmesi hastaları rahatsız etmemiştir.

Tablo 1: Hastaların merak ettikleri sorular

Kategori (soru sayısı, soruların yüzdeliği)	İlgili kategoride sık sorulmuş sorular
Tedavi planlama ve uygulama soruları (54 soru %61.4)	Ne tür bir radyasyon alıyorum? Tedavi planım benim için uyarlandı mı? Tedavi planım nasıl oluşturuldu? Radyasyon tümörlü alan dışında bir yeri etkiliyor mu? Tedavi makinesi nasıl çalışır?
Genel radyasyon soruları ya da endişeleri (15 soru %17.1)	Radyasyonun farklı türleri var mı? Radyasyon kansere sebep olabilir mi? Radyasyon beni radyoaktif hale getirir mi? Radyasyon tümörlü hücreleri nasıl öldürür Vücut tümörlü hücreler öldükten sonra onları nasıl dışarı atar?
Güvenlik ve kalite güvencesi soruları (13 soru %14.8)	Tedavi makinesinin doğru dozu uyguladığını nereden biliyorsunuz? Tedavi sırasında durumumu kontrol ediyor musunuz? Tedavi sırasında bir şeylerin ters gitme sıklığı nedir? Tedavi makinesi birileri tarafından kontrol ediliyor mu? Tedavi planımı doğruluğundan emin olmak adına başka biri inceledi mi?
Tıbbi Sorular (6 Soru %6.8)	Ne tür yan etkiler beklemeliyim? Yan etkileri ne zaman hissetmeye başlayacağım? Tedavinin etkisini ne zaman fark etmeye başlayacağım? Yeme/içme alışkanlıklarını devam ettirebilir miyim? Etkinlik alışkanlıklarına devam edebilir miyim?

Sonuç

Fizikçi hasta görüşmeleri, hastalarla ışın tedavisinin teknik yönlerini daha ayrıntılı olarak ele alma fırsatı sağladı. Hasta sorularının uygun bir şekilde dört kategoriye ayrılabilmesi bunun basit olabileceğini gösterdi.



**Med. Fiz. Uzm. Peyruze
Gizem Kurt**

1994 yılında Mardin’de doğdu. Lisans eğitimini 2016 yılında İstanbul Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü’nde tamamladı.

2019 yılında İstanbul Aydın Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü Anabilim Dalı’nda Sağlık Fiziği Yüksek lisans eğitimini tamamladı. 2018-2019 yılları arasında Bahçelievler Medical Park Hastanesinde gönüllü olarak çalıştı. 2020 Kasım ayından itibaren Erzurum ATATÜRK Üniversite Hastanesi’nde Sağlık Fizikçisi olarak görev yapmaktadır.

İletişim: peyruzegizemkurt@gmail.com

BRAINLAB RADYOTERAPİ ÇÖZÜMLERİ

Med. Fiz. Uzm. Ali Can Yılmaz

Brainlab (Münih, Almanya) 1989 yılında kurulmuş; radyocerrahi, hasta konumlandırması, tedavi kalitesi arttırmaya yönelik yazılımlar ve cerrahi navigasyon gibi alanlarda ürünleri bulunan bir firmadır. Görüntülerin güvenli bir şekilde işlenmesini kolaylaştıran ve bulut tabanlı çözümler de sunan bir yazılım şirketidir.

Brainlab, kişiselleştirilmiş tedavilerin öneminin üzerinde daha fazla durulduğu günümüz koşullarında, tedavi edilecek bölge ve hastalığa uygun olarak farklı çözümler ile her endikasyon için farklı elementlerden oluşan radyocerrahi planlama sistemini sunmuştur. Kapsamlı bir yazılım uygulamaları olarak değerlendirilebileceğimiz Brainlab Elements, klinik iş akışını kolaylaştıran, günlük rutinlerdeki verimliliği arttıran kullanımı kolay endikasyonlara özgü çözümler sunmaktadır.

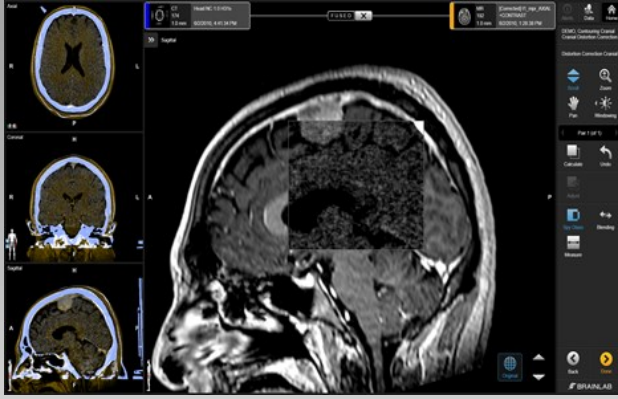
Elements Füzyon

Farklı görüntüleme modaliteleri (CT, MR, PET, vb...) ile füzyon işlemini gerçekleştirmektedir. Tüm sistemlerin yapabildiği gibi füzyon işlemleri bu sistem aracılığı ile 1-2 saniyede otomatik olarak yapılabilir.

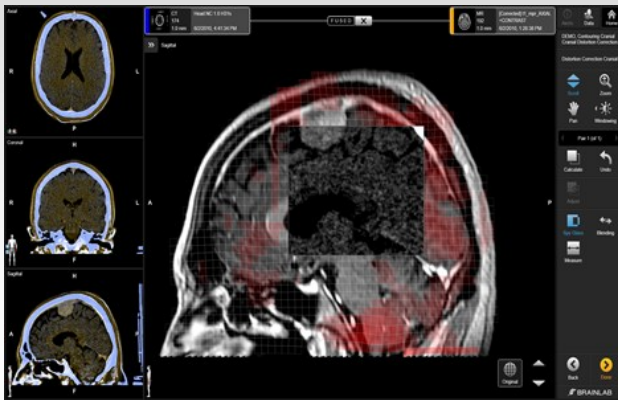
Elements Distortion Correction

“Elements Distortion Correction Cranial” yazılımı ile kranial hastalarda kullanılan görüntü modelitelerinde eşleştirme yapılırken füzyondan gelecek belirsizliği azaltmak amaçlanmıştır. Bildiğiniz gibi radyocerrahi ekstra hassasiyet gerektiren bir tedavi şeklidir.

Konvansiyonel RT’de verilen yüksek marjlardan dolayı MR distorsiyonu göz ardı edilebilir belki; ancak küçük hedeflerinin minimal marjlarla tedavi edildiği SRS tedavilerinde göz ardı edilemez. MR görüntülerinde, cihaza ve hastaya bağlı olmak üzere distorsiyon görülmektedir. Cihaza bağlı distorsiyonlar günümüz MR cihazlarında bulunan yazılımlarla düzeltilebilmektedir ancak tamamen sıfıra indirilememektedir. Cihaza bağlı bu reziduel distorsiyon ve asıl random hataya sebep olan hastaya bağlı distorsiyon için piyasadaki tek çözüm “Elements Cranial Distortion Correction” yazılımıdır. Bu yazılım CT görüntüsünü referans alarak, kullanılacak olan MR görüntüsü üzerinde bir çeşit elastik füzyon yapmaktadır. Diğer elastik füzyon algoritmalarından farkı ne derseniz; sistemdeki doku tanıma algoritması sayesinde anatomik yapıları tanımakta ve hesaba katmaktadır. Bu sayede kranial hastalıklarda altın standart olan MR görüntüleri üzerinde elastik füzyon yaparak, geometrik olarak referans görüntüleme olan CT ile tam anlamıyla bir eşleştirme mümkün olmaktadır. Kranial hastalardaki distorsiyon miktarı; MR cihazına, çekim protokolüne ve hastadan hastaya göre değişiklik göstermektedir (Resim 1 a-b). Distorsiyon değeri hastada merkezden yüzeye doğru gittikçe de artmaktadır. Bu sebeple MR üzerinde düzeltilen distorsiyon değeri ile ilgili bir genelleme yapılamamaktadır.



Resim 1a: Füzyon görüntüsü



Resim 1b: Distortion Correction görüntüsü

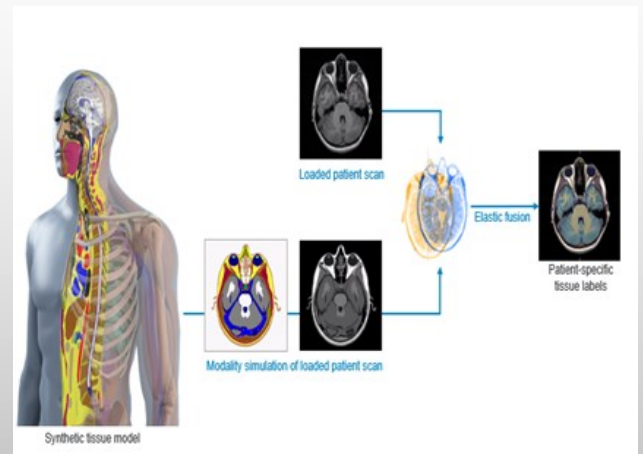
Elements Spine Curvature Correction

Geleneksel füzyon algoritması ile vertebra bölgesinde füzyondan sonra omurganın eğriliği sebebi ile CT-MR eşleştirmesi tam olarak uyumlu olmamaktadır. Spinal hastalarda çekilen CT ve MR görüntülerinde hastanın pozisyonu, yatış şekli ve hastanın duruşundan kaynaklı pozisyon farklılıkları olmaktadır. Bu farklılıklar düşünüldüğünde spinal bölgede görüntü eşleştirme işleminde rijit füzyon yeterli olmamaktadır. Bu sebeple birçok farklı firma deforme edilen füzyon programları ile bu soruna çözüm aramaktadır. Bu çözümler kemik yapıda da deformasyon yaparak sadece görsel olarak bir füzyon gerçekleştirmektedir. "Elements Spine Curvature Correction" doku tanımlama algoritması sayesinde kemik yapının elastik olmadığını ve kemik yapıda bozulma olmayacağını öngörmektedir. Vertebralardaki kemik yapılar sistem tarafından

algılanır sadece yumuşak dokuda deformasyon yapılarak, spinal kıvrımlarına uygun bir şekilde görüntüler üzerinde eşleştirme yapılmaktadır.

Anatomical Mapping

Günümüzde birçok tedavi planlama sistemi kritik organ konturlaması için atlas tabanlı otomatik konturlama seçenekleri sunmaktadır. Ancak her hastanın anatomisi farklı olduğu için genellikle bu kütüphane tabanlı atlas sonuçlarını düzeltmek gerekir ve aslında düzeltmek yeniden oluşturmaktan daha fazla zaman almaktadır. "**Elements Anatomical Mapping**" adı verilen otomatik OAR konturlama sisteminde farklı olarak yukarıda belirtilen doku tanımlama algoritması ile **her hasta için kendi MR-CT** görüntüleri üzerinden otomatik konturlama gerçekleşir (Resim 2). Bu yazılım ile dakikalar (bir-iki) içerisinde, günlük rutinde saatler sürebilecek, atlas tabanlı organ segmentasyonu yapılmaktadır. Sistem bu segmentasyonu yaparken Sentetik doku modellemesi yapmaktadır.



Resim 2: Sentetik doku modellemesi

Sisteme yüklenen görüntü ile kütüphanede bulunan veriler arasında elastik füzyon yapılmaktadır. Bu sayede yüklenen görüntü serisi üzerinde sistem, istenilen kritik organları en doğru şekilde o hasta için

özel konturlamaktadır. Sistemin daha verimli ve doğru çalışması için; Kranial ve basal Ganglia bölgesinde çizim yapılması isteniyorsa sisteme MR görüntüsü yüklenmelidir. Eğer baş-boyun, toraks, pelvis ve spinal bölgede kritik organ çizimi yapılması isteniyorsa sisteme CT görüntüsü yüklenmelidir. Sistem CT'den hangi anatomik bölge olduğunu otomatik algılayıp o bölgeye uygun yapıları konturlamaktadır. Örneğin; pelvis bölgesinde mesane ve rektum gibi yapıları çizerken toraks bölgesinde akciğerler, kalp gibi farklı yapıları otomatik olarak konturlar.

Elements SmartBrush

Farklı radyoterapi çözümlerinde çizim yapmak için genellikle axial düzlem üzerinden çizim yapılmaktadır. "Elements SmartBrush" ile istenilen düzlemde (Axial-Sagittal-Coronal) çizim yapılabilmektedir. Ayrıca, istenilen 3 düzlemde (Axial-Sagittal-Coronal) herhangi 2 tanesinde birer kesit çizim yapılarak 3 boyutlu otomatik hedef oluşturmak mümkündür.

Elements SmartBrush Spine

Spinal hastalarda hedef hacim tanımlaması için SmartBrush'ta olduğu gibi 2 farklı düzlemde birer kesit çizim yapılarak GTV hacmi oluşturulduğunda, sistem otomatik olarak bize "International Spine Consortium Guidelines" çalışmasında belirtildiği şekilde CTV hacmini ve kesilmiş spinal kanal hacmini kendisi oluşturmaktadır.

Elements SmartBrush Angio

Damarsal bir bozukluk olan AVM (Arteriyovenöz malformasyonlar) hastalarında radyocerrahi tedavi şekli olarak kullanılacak ise AVM'nin nidusunun ışınlanması gerekmektedir. AVM hastaları için altın görüntüleme yöntemi Dijital Subtraksiyon Anjiyografi

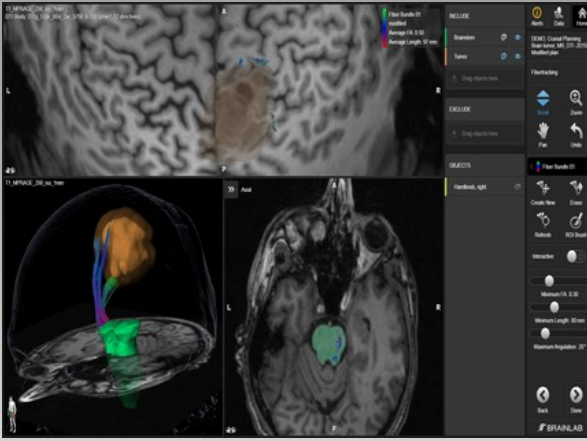
(DSA) olduğu için 2 boyutlu bir görüntü üzerinden 3 boyutlu bir hedef oluşturulması cihazlar ile gelen planlama sistemlerinde ya mümkün değildir ya da stereotaktik lokalizasyon gerektiğinden (Gamma Knife) invaziv bir yöntem olan DSA'nın stereotaktik çerçeveye birlikte tekrar edilmesi gerekebilir. "Elements SmartBrush Angio" yazılımı ile farklı MR sekansları ve DSA görüntüsü aracılığı ile vasküler olarak füzyon yapılarak, otomatik olarak AVM nidus tanımlaması yapılabilmektedir. Dolayısıyla bu hastalar için zaten var olan tanı amaçlı çekilmiş DSA görüntüleri kullanılarak nidus tanımlaması ve otomatik konturlama yapılabilir.

Elements Fibertracking RT

"Elements Fibertracking" yazılımı kullanıcılara, ilgili alandaki beyaz cevher yapıları hakkında ayrıntılı bilgiler vermektedir. Bu sistemin kullanılabilmesi için Difüzyon Tensör Görüntüleme (DTI) MR sekansının sisteme yüklenmesi gerekmektedir. Beyin Projeksiyonu görünümü ile Cortex'te istenilirse belirli bölgelerde istenilirse belirli alanlarda fiberler (yolaklar) oluşturulabilir (Resim 3) ve bu yapıların tedavi hacmi ile ilişkisi değerlendirilebilir (Resim 4). Böylece hastaya uygun tedavi planlaması yapılırken kişiselleştirilmiş tedavi yapılması olanaklı hale gelmektedir.



Resim 3: Fiberların oluşturulması



Resim 4: Oluşturulan fiberlerin hedefle ilişkisi

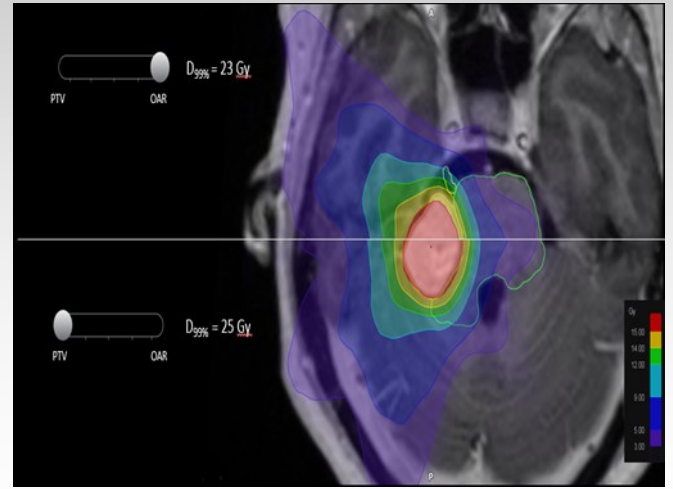
Planlama

Elements sisteminde, üç farklı planlama modülü bulunmaktadır. Bu modüller; Elements Multiple Brain Mets, Elements Cranial SRS ve Elements Spine SRS'tir. Bu farklı planlama yazılımları özellikle tecrübeye bağlı ve kullanıcıdan kullanıcıya farklı sonuçların ortaya çıkabileceği radyocerrahi gibi zor bir alanda önceden oluşturulan protokoller kullanılarak otomatik olarak planlama yapılmaktadır. Doz ve ark yerleşimi için protokoller seçilerek hesaplama tuşuna basılır ve birkaç dakika içinde plan elde edilir. Sistem kritik organ doz limitleri için bize trafik ışıkları ile ilk bakışta planı değerlendirmemizi sağlar. Pencil Beam ve Monte Carlo algoritmaları mevcuttur.

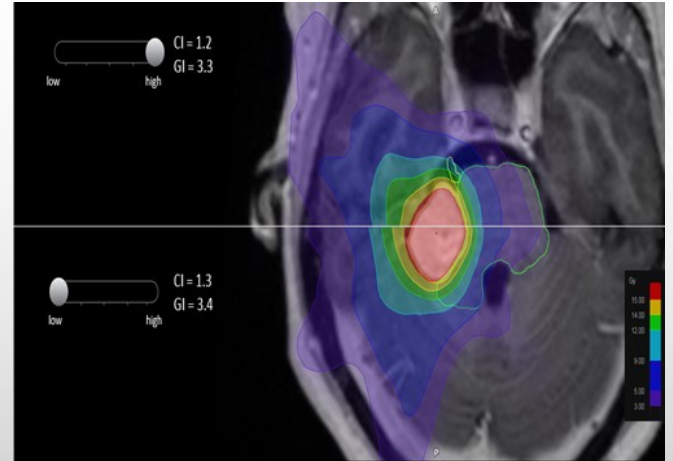
Elements Cranial SRS

Elements Cranial SRS yazılımı en yüksek doğrulukta ve hassasiyette planlama yapmaktadır. Elements bir radyocerrahi planlama sistemi olduğu için her adımda doğruluk gözetilmektedir. Planlama sisteminin ilk adımı olan beam data modellemesi 0,5cm x 0,5cm alan boyutundan başlamaktadır. 4Pi optimizasyon algoritması ve VMAT planlama tekniği ile planlama yapmak kolaylaşmıştır. Birkaç saniye içinde hedefin radyolojik derinliğine ve kritik organlarla olan ilişkisine bakılarak hastaya özel en uygun ark yerleşimi seçilir.

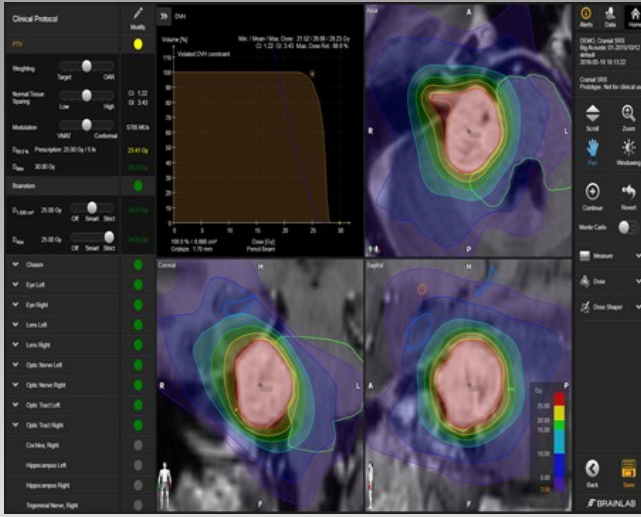
Bu ark yerleşimi en deneyimli fizikçiler için bile zaman alabilecekken hastaya özel en iyi seçimi sistem otomatik olarak yapmaktadır. Plan isteğe bağlı olarak VMAT ağırlıklı veya Conformal ağırlıklı olabileceği gibi, PTV-kritik organ arasında da ayarlama yapılabilir, sağlıklı doku koruması artırılabilir veya azaltılabilir (Resim 5,6,7).



Resim 5: Kritik organ için, Dmax değerinin ayarlama barı aracılığı ile ayarlanması (iki uç değer arası ayarlama)



Resim 6: CI-GI değerlerinin bar aracılığı ile ağırlığının ayarlanması

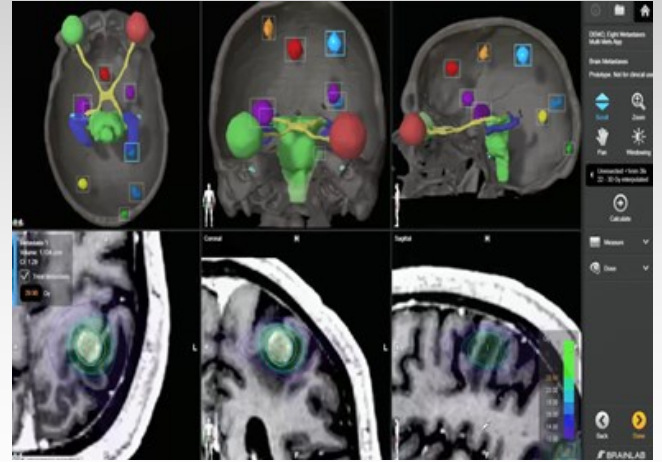


Resim 7: Cranial SRS optimizasyon sayfası görüntüsü

Elements Multiple Brain Mets

Çoklu metastazlara radyocerrahi uygulamasının arttığı günümüzde Elements'in ilk yazılımı olarak 5 yıl önce çıkan ve binlerce hastanın tedavi edildiği "**Elements Multiple Brain Mets**"; çoklu beyin metastazlarını tek bir izomerkez ile tedavi edebilmek için oluşturulmuştur. 30 yıllık radyocerrahi deneyimi ile Brainlab tedavinin her aşamasından gelebilecek olan belirsizliğin farkında ve yalnızca plana değil tüm iş akışına önem vermektedir. Bu önem, MR distorsiyonundan otomatik metastaz konturlamasına, küçük alan dozimetrisinden, tedavinin güvenilir bir şekilde hastaya verilmesine kadar birçok alanı kapsamaktadır. **Elements**, normal doku dozunun en az olduğu teknik olan dinamik konformal arklar ile çoklu metastazları kısa sürede ışınlamayı mümkün kılmıştır. Sistem, minimum sağlıklı dokuyu minimum düzeyde ışınlamak radyolojik derinliği belirler ve aynı düzlemde birden fazla metastaz varsa bunları aynı ark ile ışınlamayacak şekilde (giderken bir metastaz dönerken diğer metastazı ışınlayacak şekilde) arkları optimize eder (Resim 8). Yapılan çalışmalarda, beyin dokusunun aldığı V10 ve V12 değerlerindeki artışın nekroz riskini arttırdığı gösterilmiştir. Brainlab'ın bu sistemi bu verilere dayanarak sağlıklı dokulardaki doz

miktarını daha fazla düşürmeye çalışmaktadır. Sonuç olarak, tüm sistemler istenilen hedefe istenilen dozu verebilmektedir. Ancak "Elements Multiple Brain Mets" yazılımının en büyük avantajı sağlıklı dokuları maksimum derecede korumasıdır. Dinamik konformal ark tedavisinin getirisi olan tedavi hızı ve yüksek QA geçiş değerleri avantajlarından bazılarıdır.

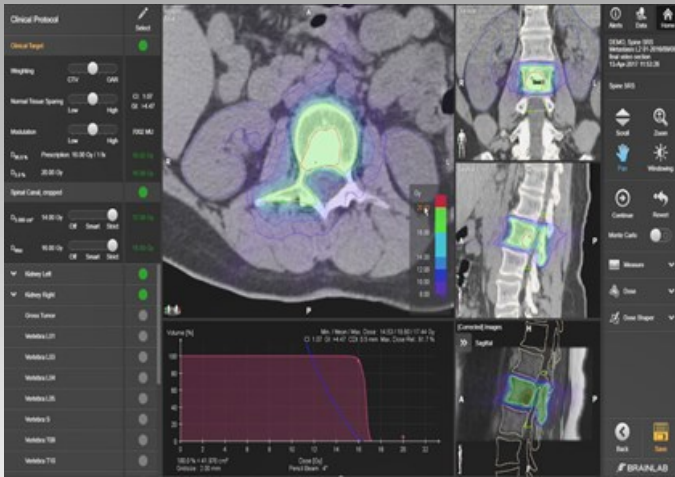


Resim 8: Çoklu beyin Metastazı hastası planlama görüntüsü (Yeni versiyon)

Elements Spine SRS

"Elements Spine SRS", otomatik GTV, CTV, Spinal Kanal konturlamasıyla, kemik dokuyu tanıyan elastik füzyonuyla birlikte yine spinal tedavilere özel bir algoritma ile çalışan otomatik planlama sistemi sunmaktadır. Vertebraların şeklinden dolayı planlarda istenilen doz dağılımını sağlamak ve spinal kord üzerindeki dozu azaltmak kolay değildir. Sistem daha iyi plan sonuçları verebilmek için yazılım arka yüzünde belirlenen hedefi bölmektedir ve bölünen bu her bir hedef için farklı bir ark tayin etmektedir. Böylelikle konvansiyonel VMAT algoritmaları ile elde edilmesi zor olan spinal kord doz düşüşünü sağlamaktadır (Resim 9). Ayrıca istenildiği takdirde hedef yapının kompleksitesine bağlı olarak ark sayısını otomatik olarak kendisi belirlemektedir. Böylelikle VMAT

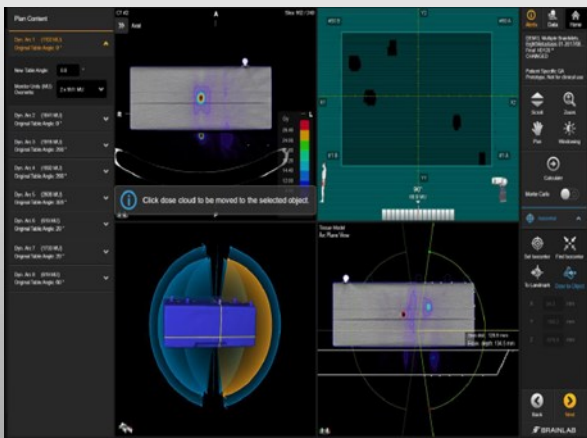
planları ile çok daha iyi hedef dozu ve spinal kord korunması sağlamaktadır.



Resim 9: Spine SRS optimizasyon sayfası görüntüsü

QA

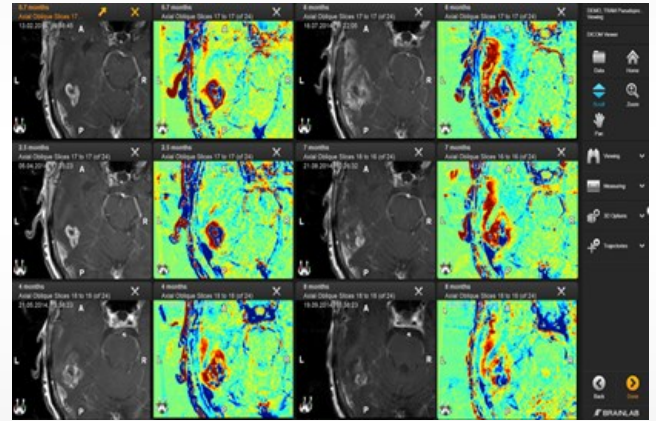
Sisteme tanımlanan fantom ile, yapılan plan fantom üzerinde tekrar hesaplatılarak, nokta doz ölçümü ile planların QA'i yapılabilmektedir. Tüm planlama sistemlerinde olduğu gibi Brainlab'ın planlama sistemleri için de "beam data" ölçümlerinin yapılması gerekmektedir. Brainlab planlama sistemleri daha önce belirttiği gibi "beam data" ölçümleri için ölçüm verilerinin 0,5 x 0,5 cm'lik alanlardan başlayarak ölçülmesi gerekmektedir. Hasta bazlı QA için yenilikçi ve kullanıcı dostu bir yazılım planlamanın son elementi olarak yer almaktadır (Resim 10).



Resim 10: Örnek QA ekran görüntüsü

Elements Contrast Clearance Analysis

Tedavi sonrası yanıt analiz programı olarak değerlendirebileceğimiz "Elements Contrast Clearance Analysis", kranial hastalarda tedavi sonrasında hasta takibinde aktif tümör ile ilgili bize bilgi vermektedir. Yazılım, yüksek ve düşük vasküler aktiviteye sahip beyin bölgelerinde verilen kontrast maddenin temizlenmesini ve birikmesini inceleyen yüksek çözünürlüklü MR tabanlı bir yöntemdir. Yazılım ayrıca, "Treatment Response Assessment Maps (TRAM)" olarak isimlendirilmektedir. Yüksek ve düşük vasküler aktiviteyi farklı şekilde renklendirir, yüksek (mavi) ve düşük (kırmızı) vasküler aktiviteye sahip beyin bölgelerini tanımlamak için kullanılır (Resim 11).



Resim 11: Farklı zamanlarda TRAM ile hasta kontrolü

ExacTrac X-Ray

"ExacTrac", hastanın iç anatomisine dayanan ayrıntılı pozisyon doğruluğu için anlık X-Ray görüntüleme sağlayan ve Linak sistemlerinden bağımsız bir sistemdir. Altı boyutlu masaya sahip olan farklı marka-model linaklarda, altı boyutta hasta pozisyon düzeltmesi sağlamaktadır. Hızlı ve son derece hassas bir X-Ray görüntüleme sistemi olan ExacTrac, stereotaktik kranial radyocerrahi tedavileri için ayrıntılı hedef görüntüleme ve farklı masa ve gantri

rotasyonlarında konumlandırma ve izleme olanağı sağlar. ExacTrac görüntü kılavuzluğunda radyoterapi ve radyocerrahi tedavileri sırasında milimetre değerinin altında hassasiyet sağlar. ExacTrac X-Ray, masa ve gantri açısına bakılmaksızın fraksiyon içi hareketi saptayarak mevcut IGRT çözümlerini desteklemektedir. Linak bazlı IGRT sistemi tarafından ayarlanan hastanın başlangıç pozisyonunun, tüm tedavi uygulaması boyunca X-Ray görüntüleme ile sürekli olarak doğrulanmasını sağlar. Farklı masa ve gantri rotasyonlarında tedavi sırasında da ExacTrac ile hastanın olası pozisyon değişiklikleri tespit edebilmektedir. Tümörü görselleştirilmesinin zor olduğu veya solunum veya rastgele hareket nedeniyle tümör hareketinin algılanması gereken tedavi endikasyonlarında, tedaviden önce markerler yerleştirilebilir. ExacTrac, altı boyutlu füzyon yazılımını kullanarak markerları görselleştirebilmekte ve yerini tespit edebilmekte kullanıcılara kolay bir çözüm sunmaktadır. "The Volume of Interest (VOI)" aracı, tedavi bölgesindeki anatomiye odaklanarak görüntü doğruluğunda, klinik doğruluğu ve güveni artırır. Sistemi kullanan kişi, kemik yapılarda (costa, vertebra, vb.) istediği alanları altı boyutlu füzyonundan hariç tutabilir ve bu da istenilen bölgeye uygun füzyon kolaylığı sağlamaktadır. Tanımlanan VOI, diğer tedavilerde ve fraksiyon içerisindeki hareketi izlemek için otomatik olarak kullanılır.

ExacTrac Dynamic

ExacTrac Dynamic, ExacTrac X-Ray sistemine ek olarak, tedavi öncesinde ve tedavi sırasında hastanın yüzey, termal ve X-Ray görüntülemesinin yapmasına ve hastanın pozisyon doğruluğunun takip edilmesine olanak sağlayan bir sistemdir (Resim 12). Brainlab,

Nisan 2020 itibari ile Avrupa'da ticari satış ve klinik kullanım izin hakkını temsil eden CE sertifikasını, sonrasında da FDA onayını almıştır. Bu sistem ile, RT'de ilk defa termal kamera sistemi kullanılmıştır. ExacTrac Dynamic, kranial ve prostat dahil olmak üzere çok çeşitli hasta gruplarında hasta pozisyonlandırmasının ve tedavi sırasındaki takibinin submilimetrik hassasiyetle yapılabilmesini olanaklı hale getirmektedir.



Resim 12: ExacTrac Dynamic

Sonuç:

Mevcut olan sistemlere ek olarak Brainlab sisteminin sağlamış olduğu güçlü yazılım ve çözümler ile volüm tanımlama, planlama ve tedavi takiplerinin hassasiyetle yapılabilmesi radyoterapinin her aşamasının doğruluğunu ve kalitesi artırarak klinik iş akışını kolaylaştırmaktadır. Özellikle ExacTrac Dynamic ile planlama CT'si üzerinden elde edilen yüzey bilgisi ile hastanın ilk pozisyonlandırması otomatik olarak (marker veya tattoo [kalıcı iz] gerekmeden) yapılabilir. Bunlara ek olarak, hasta tedavi esnasından X-ray, yüzey ve termal görüntüleme sayesinde takip edilebilmektedir.

Kaynak

- <https://www.brainlab.com/>



**Med. Fiz. Uzm. Ali Can
Yılmaz**

1989 yılında İstanbul'da doğdu. 2013 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi Fizik Bölümü'nden mezun oldu.

2016 yılında Acıbadem Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Sağlık Fiziği yüksek lisans eğitimini tamamladı. 2016-2019 yılları arasında Acıbadem Kozyatağı ve Acıbadem Altunizade Hastanesi'nde çalıştı. Şu anda Promedis firmasında Brainlab RT Ürün Uzmanı olarak çalışmaktadır.

MEDİKAL FİZİK'DE YAPAY ZEKA ÜZERİNE YAPILAN ARAŞTIRMA SONUÇLARI

Editörün Notu:

19 Haziran 2019 yılında EFOMP (European Federation of Organisations for Medical Physics) bünyesinde oluşturulan "Yapay Zeka" çalışma grubu'nun "medikal fizik alanında yapay zeka araştırması sonuçları"nın özet tercümesini okuyucularımıza sunuyoruz. Bu yazı EFOMP'tarafından 03/2020 tarihli AUTUMN sayısında yayınlanan "The European Federation of Organisations for Medical Physics Bulletin/European Medical Physics News" başlıklı bülteninden (Sayfa: 47) alınmıştır.

Türkçeye Yapay Zeka diye tercüme ettiğimiz (Artificial Intelligence) terimi Jhon Mc Cartly tarafından 1956 yılında gündeme getirildi. Ancak geçtiğimiz son yıllarda bilgisayar teknolojisinin yüksek güce kavuşması ve büyük boyutta veriye ulaşması nedeniyle gündemde önemli bir yer aldı. Yapay Zeka teknolojisi insan performansının üzerinde potansiyel bir etki oluşturdu.

Bu alandaki gelişmeler, tanı, tedavi ile ilgili yayınlarda, ECR, RSN gibi sağlık örgütlenmelerinde ve medikal fizik alanında yansımalarını buldu.



EFOMP bünyesinde, Haziran 2019 yılında ilk defa bir Yapay Zeka çalışma grubu oluşturuldu. Bu grubun

temel amacı, tanısal görüntüleme, radyoterapi ve benzeri uzmanlık alanlarında çalışan medikal fizikçilerin eğitim programlarını yapay zeka konularını içerecek şekilde yeniden oluşturmaktır.

Çalışma grubu, mevcut çalışan medikal fizikçilerin yapay zeka alanındaki bilgi birikimlerini öğrenmek ve medikal fizik toplumunun yapay zeka konusundaki algılarını değerlendirmek için Şubat-Mart 2020 aylarında Avrupa ölçeğinde uluslararası bir anket gerçekleştirdi.

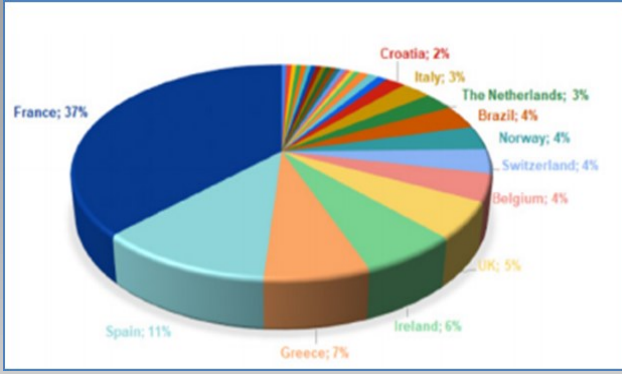
25 sorudan oluşan anket e-posta aracılığı ile iletildi.

Ankete 31 ülkeden toplam 213 yanıt verildi. Katılımcıların 150 (%69)'si erkek, 64 (%29) kadın oldu. 5 katılımcı bu bölümü boş bıraktı (Grafik 1.) Ortalama yaş 42 ± 10 , minimum 24, maksimum 79 idi. Cevap verenlerin %76'sı kamu, %24'ü özel sektörde çalıştıklarını belirttiler.

Katılımcıların %81'i yapay zekanın medikal fizik mesleğini geliştireceğine inandıklarını ifade ettiler. Ankette, medikal fizikçilere yapay zeka hakkında kişisel becerileriyle ilgili bir değerlendirme istendi.

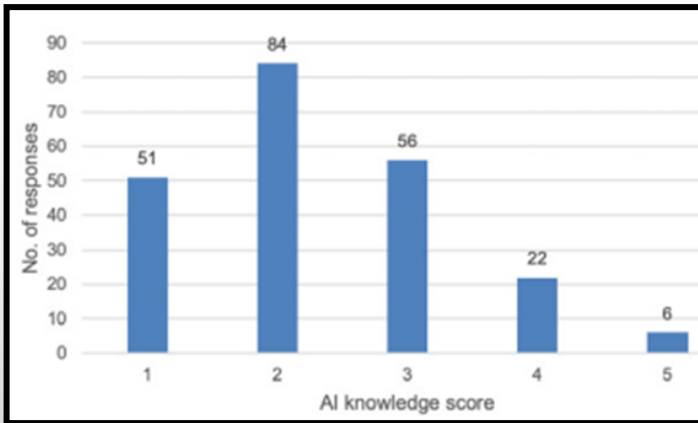
1-5 ölçek aralığında ortalama oran 2.3 ± 1.0 idi (Grafik 2.)

Cevap verenlerin %63'ü, sürekli öğrenme yolu, yüz yüze kurslar ve literatür yoluyla yapay zeka becerilerini geliştirdiklerini belirttiler. %88 oranındaki katılımcılar, medikal fizikçilerin yapay zeka hakkında özel eğitime ihtiyaçları olduğunu söylediler.



Grafik 1: Ankete katılanların ülkelere göre dağılımı.

Bazıları, yapay zeka kurslarının eksikliğinden duydukları endişelerden yakındılar. %96 oranındaki medikal fizikçi, yeteneklerinin yapay zeka aracılığı ile geliştirilebileceğini, %90'ı ise, medikal fizikçilere özgü bir yapay zeka okuluna gidebileceklerini ifade ettiler. %40 katılımcı, yapay zeka ile harmanlanmış bir kursa olumlu baktıklarını bildirdiler. Örneğin, yapay zekanın temelleri, QC uygulamaları, klinik akışa etkileri ve entegrasyonu, medikal görüntü analizi, programlama becerileri, veri iyileştirme ve kulanma, etik ve yasal yönler gibi.



Grafik 2: Medikal fizikçilerin yapay zekaya olan ilgilerinin 1-5 ölçeğinde dağılımı.

Anketteki diğer bir gözlem, katılımcıların %28'nin zaten yapay zeka ile ilgili projelerde yer aldığı şeklindeydi. Ancak, değerlendirilmesi gereken konu, %64 oranındaki kişinin yapay zeka projelerine ilgi duymalarına rağmen bu projelerde yer

almamalarıdır. Bu durumun geliştirilmesi dikkate değer bir olgu olarak tanımlanmıştır.

Yakın gelecekte yapay zeka projelerinde medikal fizikçilerin rollerinin dikkate alınması ve geliştirilmesi gerektiği ortaya çıkmaktadır.

Yapay zekanın klinik pratikteki yazılım ve teknolojisinde kadın medikal fizikçilerin erkeklere göre ilgilerinin ve bilgilerinin daha az olduğu anket cevaplarından anlaşılmaktadır. Örnek olarak, yapay zeka projelerine katılım erkeklerde %19 iken bu oran kadınlarda %3'tür.

Anket sonuçlarının daha ayrıntılı analizi "Physica Medica: European Journal of Medical Physics" dergisinde sunulmaktadır.

Anket değerlendirmesi aşağıda yer alan medikal fizikçiler tarafından yapılmıştır.

Federica Zanca is a medical physicist with more than 20 years of experience in healthcare, with a strong focus on innovation and digital transformation. She has a multidisciplinary background built across academia (Professor at the University of Leuven) and industry settings (Chief scientist and Director at GE Healthcare) as well as entrepreneurial competences.

Gabriele Guidi is Director of Medical Physics at the Az. Ospedaliero-Universitaria di Modena (Italy). He is currently a member of several working groups in EFOMP and the National Association.

Oliver Díaz is Lecturer at the Mathematics and Computer Science at the University of Barcelona (Spain). He is currently a member of several medical physics working groups: EFOMP Working Group on AI, AAPM/EFOMP task group No. 282,

Makaleyi özetle Türkçeye tercüme eden.

Haluk ORHUN

Fizik ve Tıp: Tarihsel bir bakış açısı

Editörün Notu: Geniş bir Türkçe özetini sunduğumuz aşağıdaki makale Lancet Dergisinin Nisan 2012 (Vol:379) tarihli sayısında yayınlanmıştır.

Bu makalenin MedFiz@Online e-dergisinde tercüme edilerek yayınlanması konusunda Lancet Dergisinden izin alınmıştır.

Physics and Medicine 1

Physics and medicine: a historical perspective

Stephen F Keevil

Makale yazarı **Dr Stephen F Keevil**, Londra'daki Department of Medical Physics, Rayne Institute, St Thomas' Hospital'de çalışmaktadır.

Medikal fizik, tanı ve tedavide iyonlaştırıcı radyasyonun artan kullanımına yanıt olarak 20. yüzyılın başlarında belirgin bir bilimsel disiplin olarak ortaya çıktı. Bu dönemde hastane bazlı çalışan fizikçiler için ilk kazanımların elde edilmesi ile birlikte, fizik tabanlı teknolojilerin geliştirilmesinde ve güvenli ve etkili bir şekilde uygulanmasında önemli bir rol oynamaya devam eden yeni bir medikal mesleğin temelleri atılmıştır.

Bununla birlikte, fizik ve tıp arasındaki ilişki, bu geleneksel tablonun önerdiğinden çok daha uzun ve daha zengin bir tarihe sahiptir.

Aslında, tıbbi fizik, ne kadar geniş tanımlandığına bağlı olarak 100 ila 5000 yaş arasında herhangi bir yerde olabilir. Lancet Dergisi serisinin yayınladığı bu ilk raporda, birkaç yüzyıl boyunca bazen kasıtlı olarak, belki de daha sık rastlantısal olarak bu ilişkinin nasıl geliştiğine dair geniş bir görüş ortaya çıkmaktadır.

Bir meslek ve bilimsel bir disiplin olarak medikal fiziğin önümüzdeki dönemlerde yeni fizik alanlarını kullanarak nasıl geliştiği görülmektedir.

Antik Çağ ve Orta Çağ:

Fiziksel teknikler medikal alanda en eski zamanlardan beri kullanılmaktadır. MÖ 3000 ve 2500 yılları arasında Mısır'da yazılan Edwin Smith Cerrahi Papirüsü bilinen en eski medikal belgedir.

Meme apselerinin, bir kızgın malzeme ile koterizasyon tedavisinin dikkate değer bir açıklamasını sunmaktadır.

Daha sonra, Yunan doktor Hipokrat (M.Ö. 460–377 dolaylarında) vücut sıcaklığının ölçülmesi için ilk kaydedilen yöntemi açıklamıştır. Hipokrat tekniği aslında termografiye benzeyen bir termal görüntüleme şeklidir (Resim 1.) MS 200 yılına gelindiğinde, Yunan Semadirek adasındaki rahipler, artriti tedavi etmek için manyetik halkalar satıyordu. Ortaçağ döneminin en büyük düşünürlerinden Alhazen görme fiziğinin açıklaması ve görme olayının göze giren ışık ışınlarının neden olduğunu deneysel olarak ifade edip optiğe önemli katkılarda bulunmuştur.

Alhazen dünyanın ilk gerçek bilim adamı olarak adlandırılmış olmasına rağmen, Leonardo da Vinci (1452–1519), insan vücudunun mekaniği ve optik üzerine yaptığı çalışmaları nedeniyle ilk medikal fizikçi olarak adı geçmiştir.



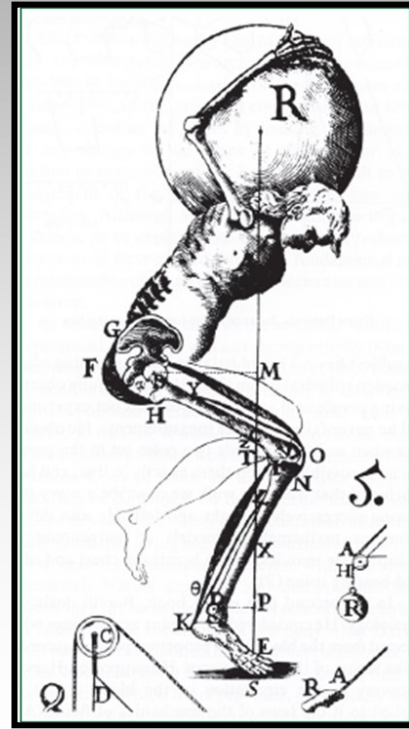
Şekil 1: Hipokrat termografinin çoğaltılması bu görüntü, çömlekçinin toğrağına batırılmış bir bez gönüllünün sırtına uyguladıktan 8dk sonra çekildi. Bezin kuruma hızı, cildin altındaki sıcaklıkla ilgilidir. Sağ taraftaki bölge daha önce bir kompres ile ısıtılmıştı. Ostuka ve Togawa, 2 IOP Publishing'in izni ile çoğaltılmıştır.

IATROFİZİK olarak MEDİKAL FİZİK:

17. yüzyıldaki bilimsel devrim bilim felsefesi ve pratiğinde değişikliklere yol açmıştır. **(Editör'ün notu:** 16. yüzyılda fizik bilimini ve fizik ilkelerini, canlı yapının açıklaması için kullanılması görüşleri gündeme gelmiştir ki, bu görüşlerin temsilcileri arasında Galileo, Descartes ve Steno sayılabilir. Bu görüşler de **iatrofizik** olarak adlandırılmıştır.) Ancak iatrofizik, şimdi anladığımız gibi medikal fizikten çok farklı bir girişimdi; Iatrofizik, medikal tanı ve tedavinin pratiklikleri yerine vücudun işlevi ve yaşamın doğası hakkında temel sorularla ilgiliydi.

Iatrofizik, vücut fonksiyonuna ilişkin yararlı bilgiler sağladı ve Giovanni Borelli'nin (1608-1679) (Resim 2.) çalışmasıyla biyomekaniğin gelişmesine yol açtı. 18.

yüzyılda Luigi Galvani (1737-98) ve Alessandro Volta (1745-1827) 'nin çalışmasıyla elektriğin kas aktivitesi oluşturduğunu ve bu süreçte elektrofizyoloji biliminin temelleri atıldı.



Resim 2. Giovanni Borelli'nin vücut mekaniği

John Elliotson (1791-1868), İngiltere'deki Üniversite Koleji Hastanesinde hipnotizma ile anestezi uygulanan hastalara ameliyat yapıyordu.

19. yüzyılda fizik tabanlı medikal teknoloji:

Modern klinik uygulama ve araştırmalar teknolojiye büyük ölçüde bağımlıdır ve hastaneler klinik ölçüm, tanı ve tedavi için fizik tabanlı cihazlarla donatılmıştır. Mikroskopun 17. yüzyılın başlarında icat edilmesi ve Santorio Sanctorius'un (1561-1636) sıcaklık, nabız hızı ve vücut kütlesinin klinik ölçümü üzerine öncü çalışmaları, bu tür tekniklerin gelişiminin ilk örnekleridir. 19. yüzyılda, vücuttaki mekanik, termal, elektrik, optik ve akustik süreçlerin kapsamlı bir araştırmasıyla öne çıkmıştır. Oftalmoskopi icat eden Hermann von Helmholtz (1821–1894) ve kılcal eylem, müdahale ve dalga ışık teorisi üzerine yaptığı çalışmalarla ünlü Thomas Young (1773-1829) da

görme fizyolojisine önemli katkılarda bulunmuştur ve bazı araştırmacılar tarafından oftalmolojinin kurucusu olarak kabul edilmektedir.

1856'da, difüzyon üzerine çalışmalarıyla ünlü Adolph Fick (1829–1901), yeni fizyolojik ölçüm tekniklerini, akciğer fiziğinin hesabını ve termodinamiğin vücudun ısı ekonomisine uygulanmasını içeren "Medizinische Physik'i" yayınladı. Başlangıçta, bu temel araştırmanın çoğunun medikal uygulama üzerinde çok az etkisi olmuştur, ancak 1816'da René Laennec (1781-1826) tarafından en ikonik medikal alet olan stetoskopun icat edilmesi de dahil olmak üzere bazı pratik gelişmelerin önemi büyüktü. 19. yüzyıldaki diğer medikal fizik örnekleri Duck tarafından, özellikle elektrofizyoloji başlığında verilmektedir.

19. Yüzyılda tıp eğitiminde fizikçilerin rolü de gündeme geldi. Michael Faraday (1791-1867,) 1835' in başlarında Londra'daki St George'un Hastanesinde konferanslar vermeye başladı. 19.yüzyılın sonlarına doğru İngiltere'de medikal lisans eğitimlerinde fizik zorunlu ders olarak yer aldı.

Avrupa'da 19.yüzyılın başlarında medikal fizik alanında ders vermek üzere akademik fizik departmanları kuruldu.

8 Kasım 1895 akşamı, Wilhelm Röntgen (1845–1923) "yeni bir ışın" keşfetti ve her şey birden değişti.



Resim 3: Frau Röntgen'in el röntgeni

20. YÜZYILDA MEDİKAL FİZİK:

19. yüzyılın son yılları fizik için verimli bir dönem oldu. 4 yıl içinde Röntgen x-ışınlarını, Henri Becquerel (1852–1908) radyoaktiviteyi ve Pierre (1859–1906) ve Marie Curie (1867–1934) radyumu ve radyoaktif izotopları keşfetti.

Bu bilim adamlarının hiçbiri modern anlamda medikal bir fizikçi değildi ve araştırmaları tıbbi uygulamalardan etkilenmedi. Ancak Röntgen, karısının elinin radyografilerini Ocak 1896'da (Resim 3) bilim adamları ile paylaştığında, konunun medikal alan ile ilgili olduğu hemen belli oldu.

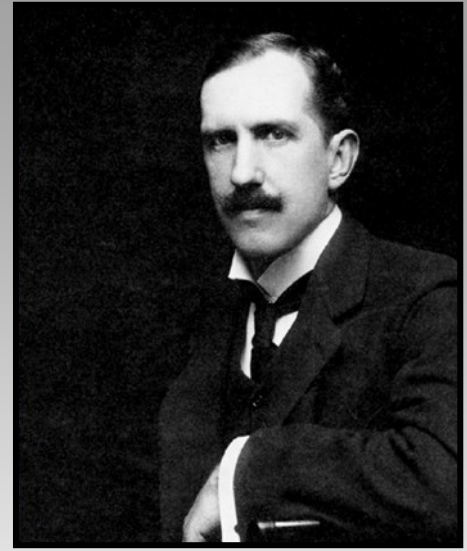
Mart 1896'da, ilk kez savaş alanında radyografi (röntgen) kullanıldı. Nisan 1896'ya kadar tıbbi görüntülemenin ilk bilim dergisi olan "Archives of Clinical Skiagraphy" de ilk klinik uygulamalara yer verildi.

1897'de dünyanın ilk radyolojik toplumu olan Röntgen Topluluğu Londra'da kuruldu ve medikal personel ve fizikçileri eşit şartlarda üye olarak kabul etti; Bu girişim halen "British Institute of Radiology" olarak görevini sürdürmektedir. X-ışınları hızla tedavi amacıyla kullanılmaya başladı. Şu anda ilk kullanıcının adı bilinmemektedir. Temmuz 1896'da mide kanserini başarısız bir şekilde tedavi eden Victor Despeignes (1866-1937) 'dir. 1922'de derin tedavi için 200 kV cihazı ortaya çıkana kadar yüzeysel tümörler tedavi edildi.

Radyasyonun zararlı etkileri çok erken görülmeye başlandı. 1898'de Röntgen toplumu (derneği de denilebilir), radyasyondan korunma amacıyla X-ışınının zararlı etkileri ile ilgili bir komite kurdu. Radyoizotopların biyolojik etkilerinin ortaya çıkması, kısa bir süre sonra oldukça önemli bir klinik uygulama alanına yol açacaktı. 1901'de Becquerel, bir radyum

parçasından radyasyona bağlı yanık oluştuğunu bildirdi. Bu bulgu, brakiterapinin (radyoaktif kaynakların vücudun yüzeyine, vücut boşluklarına veya interstisyel olarak iğneler şeklinde yerleştirilmeleri) radyum ile uygulanmasına yol açtı. İlk denemeler Becquerel'in raporundan sonraki bir yıl içinde yayınlandı ve radyum teleterapi (1913) denendi. Bu arada, x-ışını tüplerinin ve yoğunlaştırıcı ekranların geliştirilmesinde öncü olan Thomas Edison'un (1847-1931) asistanı olan Clarence Dally (1865-1904), ilk kez x-ışını matryr (ölümcül) olarak adlandırıldı.

1910'a gelindiğinde, tıpta iyonlaştırıcı radyasyonun ana uygulamaları x-ışını ile görüntüleme ve x-ışını ile radyoterapi gündeme geldi. Bunu görüntü kalitesi ve tedavi standardında hızlı teknolojik gelişmeler izledi. William Coolidge (1873-1975) tarafından daha güvenilir röntgen tüplerinin geliştirilmesi ile Rolf Sievert (1896-1966) tarafından radyasyon ölçümünün standardizasyonu, eşdeğer dozun SI birimleri ile tanımlanması çağın önemli köşe taşlarıydı. Bu arada, Fizikçilerin gelişmelerin merkezinde olmasına rağmen, hala klinik çalışmalara doğrudan katılmadığının altını çizmek gerekiyor. Dikkate değer bir istisna olarak, bir bilim adamı olan 1827'den 1927'deki emekliliğine kadar Londra'daki Kraliyet Kanser Hastanesi'ne (Royal Marsden'in öncüsü) fahri fizikçi olarak çalışan Charles Phillips (1871-1945), ilk gerçek medikal fizikçi olarak kabul edilir (Resim 4). Ancak 1913'te Sidney Russ (1879-1963) bir İngiliz hastanesi olan Londra'daki Middlesex Hastanesi tarafından resmi olarak atanan ilk fizikçi oldu. Russ radyasyondan korunmaya ve dozimetriye önemli katkılarda bulundu ve ilk kez kolimatörlü radyum teleterapi makinelerinden birini geliştirdi.



Resim 4: İlk medikal fizikçi: Major Charles Edmund Stanley Phillips

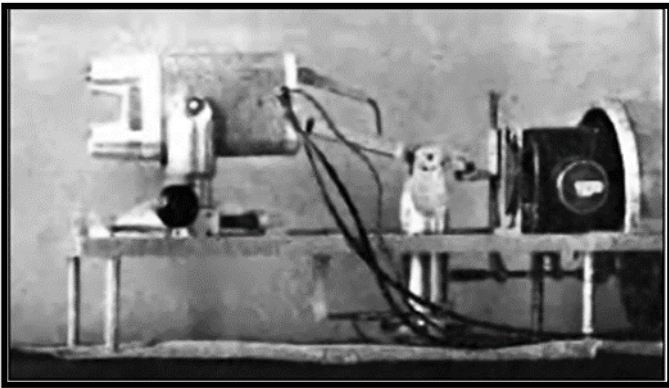
İngiltere'deki diğer büyük hastaneler, tıp fakültelerine bağlı medikal fizikçilerin uzmanlığını desteklemeye başladılar. Örneğin Frank Hopwood (1884-1954), St Bartholomew's Hastanesinde ve Gilbert Stead (1888-1979) Londra'daki Guy's Hastanesi'nde çalıştılar. 1932'ye kadar 10 ila 12 medikal fizikçi İngiltere'deki hastanelerde bulundu bu sayı 2. Dünya Savaşı sırasında 35-40'a kadar yükseldi.

Nükleer tıp, medikal radyasyon fiziğinin son parçaydı. Radyum ve radon kullanmaya yönelik başarısız erken girişimleri bir kenara bırakırsak, radyoaktif izleyicilerle görüntüleme belki de Manhattan Projesinin daha iyi sonuçlarından biridir. 1934'te radyoizotopların yapay üretimi sağlanmasına rağmen, tıpta pratik kullanım için yeterli miktarlarda izotopların üretilebilmesi için nükleer fizik teknolojisinde savaş zamanına bağlı gelişmelere ihtiyaç duyulmuştur.

Klinik olarak kullanılacak ilk radyoizotop, 1939'da Berkeley siklotronundan (Berkeley CA, ABD) üretilen ve tiroid araştırmaları için kullanılan ¹³¹I olmuştur. Bu ilk çalışmalarda görüntüleme yerine otoradyografi ve sayım teknikleri için kullanıldı. Aynı izotop daha sonra

hipertiroidizm ve tiroid kanseri tedavisi için kullanıldı. Daha sonra çok çeşitli diğer yapay izotoplar kullanılabilir hale geldi ve uygun kimyasal formlarda, bir dizi organ ile çalışılmasına izin verildi. Bununla birlikte, 1964'te yapılan görüntüleme deneyinden sonra, Tc-99m, uygun fiziksel ve kimyasal özellikleri nedeniyle hızla en yaygın kullanılan radyoizotop haline geldi.

1950'de Hollandalı nöroradyolog Bernard George Ziedses des Plantes (1902–1993), bir Geiger-Müller tüpünü hastanın tiroidi üzerinde hareket ettirerek, tiroid içindeki radyoaktivitenin dağılımını haritalamanın bir yolunu buldu. Hemen arkasından William Valentine Mayneord (1902-1988) rectilineer scanner'i bulunduğunu açıkladı (Resim 5). Bu gelişmeler nedeniyle nükleer tıp tamamen fonksiyonel görüntüleme tekniği haline geldi. Kariyerinin çoğunu Londra'daki Royal Marsden Hastanesinde geçiren Mayneord, radyasyon dozimetrisi, radyobioloji ve nükleer tıba çok sayıda önemli katkı yaptı.

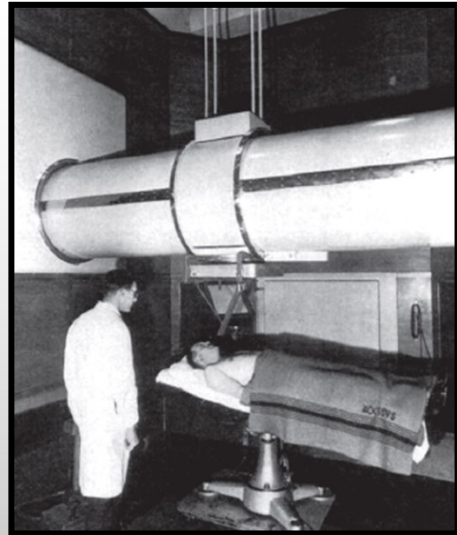


Resim 5: William Valentine Mayneord'ın rectilinear tarayıcısı.

Mayneord, fiziğin tek ve bölünmez olduğuna inandığı için medikal fiziği terimini beğenmiyordu. Bu nedenle disipline "tıba uygulanan fizik" demeyi tercih etti. Rectilineer tarayıcının yerini 1960'da Hal Anger (1920 -2005)'in ürettiği gamma kamer aldı. Single photon

emmission CT'si olarak bilinen nükleer tomografik görüntüleme 1960'da geliştirildi. Radyonüklidler tarafından gerçekleştirilen pozitron emisyonundan sonra annihilation fotonlarının yakalanması ile oluşan görüntüleme tekniği 1951'de rapor edildi. Bu çalışma ile, klinik PET sistemlerinin geliştirilmesine önemli katkı yapıldı.

Radyoterapide büyük bir yenilik dönemi 2. Dünya Savaşı'ndan sonra ve büyük ölçüde gerçekleşti. Temel nükleer fizik alanında, hızlandırıcı teknolojisindeki gelişmeler, Boston'daki Massachusetts Genel Hastanesinde (MA, ABD) mega voltajlı X-Işını tedavisinin uygulanmasına yol açtı ve 1930'ların sonlarında Londra'daki St Bartholomew Hastanesi'nde (Resim 6) 1949'da Kanadalı fizikçi Harold Johns (1915 -98) betatron hızlandırıcılarının kullanımına öncülük etti, Ayrıca, nükleer tıbbı başlatan yapay radyoizotopların radyoterapide de yararlı yan ürünleri vardı.



Resim 6. Dünyada megavolt radyoterapi cihazlarından biri. St Bartholomew's Hospital, London, UK, in 1937

1940'ların sonlarında, Cambridge, İngiltere'de uzman fizikçi ve doktor Joseph Mitchell (1909-87) ve Mayneord tarafından yapılan çalışmalar, nükleer reaktörde üretilen ^{60}Co 'ın alternatif bir yüksek enerji

kaynağı olarak benimsenmesine yol açtı. Radyoterapide radyuma göre daha yüksek bir doz girişkenliğine sahip ^{60}Co ışınları ile Telecobalt tedavisi ilk olarak Kanada'da Saskatoon, SK merkezinde Harold Johns tarafından geliştirilen Co-60 cihazı ile klinik olarak tedavi amaçlı kullanılmıştır.

Geliştirilmiş radyoizotop olanakları brakiterapide önemli gelişmeler sağladı. Mega voltajlı x-ışınlarının üretimi için doğrusal elektron hızlandırıcıları (linaclar), Londra (1953) Hammersmith Hastanesi'nde kullanıldı. Günümüzde, bu makineler teleterapinin en önemli tedavi cihazlarıdır. 1946'da, yüklü parçacıkların tedavide kullanılması, Amerikan parçacık fiziği öncüsü Robert R. Wilson (1914-2000) tarafından gerçekleştirilmiştir.

Medikal alanda üç ana görüntüleme kilometre taşı olarak gündeme geldi. Ultrason görüntüleme, 1930'lu yıllarda tahribatsız testler için kullanıldı ve 2. Dünya Savaşı sırasında özellikle elektronikteki gelişmeler sonucunda tekrar muazzam bir teknolojik gelişmeye sahip oldu. 1950'lerde tıbbi uygulamalar takip etti. 1973'te Godfrey Hounsfield (1919-2004) daha önce yapılan bağımsız çalışmaları da hatırlatarak, ilk X-Işını Bilgisayarlı Tomografi (BT) tarayıcısı (Resim. 7) fikrini açıkladı. Görüntülemeye devrim yaratan BT teknolojisi, MRI (Magnetik Rezonans Görüntüleme) teknolojisi ile başka bir düzeyde aşıldı. MRI, Amerikalı kimyager Paul Lauterbur (1929-2007) ve İngiliz fizikçi Peter Mansfield (1933 doğumlu) tarafından icat edilmiş olup, Nükleer fizik temeli üzerine geliştirilen MRI nükleer manyetik rezonans (NMR) bilgisine dayanmaktadır. Felix Bloch (1905–83) ve Edward Purcell (1912–97) tarafından geliştirilen MRI, iyonlaştırıcı radyasyondan yerine manyetik alanlardan faydalanmaktadır. Bugün, PET/CT, ve PET/MRI

kombinasyonları görüntülemeye multimodality (çok modlu görüntüleme) özellikleri kullanmaktadır.



Resim 7: Godfrey Hounsfield'in ilk x-ray CT scanner'i

İlk hastane fizikçilerinin görevleri temel olarak radyasyondan korunma ve radyoterapi ile ilgiliydi. Yeni görüntüleme teknikleri ve buna bağlı olarak radyasyonun yeni medikal uygulamaları geliştikçe, medikal fizik mesleğinde çalışan fizikçi sayısı arttı ve çalışma alanı giderek büyüdü. Ek olarak iyonlayıcı olmayan ışınlarla ilgili alanlar görüntüleme ve tedavi gibi amaçlarla kliniklerde kullanılmaya başladı.

Örneğin Hipokrat ilk olarak termal tedavi fikrini MÖ 4. Yüzyılda ortaya attı. Ancak, bilimci John Herschel (1792-1871) kızıl ötesi radyasyonun keşfi yapılmış olsa da modern kızılötesi termografi 1957 tarihine kadar ulaşır. Yine daha önce Yunanlıların güneş banyosu olarak kullandıkları tedavi edici ultraviyole ışınlarının keşfi ise büyük bir aradan sonra Ortaçağ İran'ında yeniden keşfedildi. Bilimsel olarak ultraviyole ışınlarının tedavi edici ve zararlı etkileri 18. ve 19. yüzyıllarda daha sistematik olarak kliniklerde kullanılmaya başladı.

Fizik ve tıp tarihinde bir diğer önemli gelişme lazerin icadı idi. 1960 yılında lazerle ilgili ilk tıbbi uygulamalar geliştirildi ve bu uygulamayı oftalmoloji ve dermatolojideki ilk uygulamalar takip etti.

Elektronik ve bilgisayar teknolojisindeki gelişmeler 20.

yüzyılda birçok alanda devrim yarattı, örnek olarak klinik ölçüm, özellikle odyoloji ve oftalmoloji sayılabilir.

19. yüzyılda olduğu gibi, fizikçiler bu ve benzeri alanlarda doğrudan klinikte yer almak yerine, kullanılmak üzere tıbbi araçlar sağlama eğilimindeydi.

Fiziğin tıbbı katkıları sonucunda fizikçiler bilimin ön saflarında yer aldı ve tanındı. Fizikçilerin bilimsel araştırmacı yönü ve bilimi klinik olarak yararlı teknolojiye çeviren yanlarıyla Nobel Ödülü'ne hak kazandılar.

Röntgen 1901'de ilk Nobel Fizik Ödülü'nü kazandı onları Becquerel, Curie'ler, Bloch ve Purcell takip etti. Nobel Fizyoloji Tıp Ödülü Hounsfield ve CT üzerindeki çalışmaları ve Lauterbur ve Mansfield ile birlikte MRI üzerine çalışmalar yapan Güney Afrikalı fizikçi Allan Cormack'a (1924–98) verildi. Joseph Rotblat (1908–2005) 1995 yılında Nobel ödülünü aldı.

Üniversite sonrası bilim uzmanlığı (Master of Science) derecesi, İngiltere'de ilk olarak bu alanda özel eğitim için 1970 yılında tesis edildi. Mevcut İngiltere halk sağlığı bölümünde çalışan 2000 adet medikal fizikçilerin katılması için. Böylece adı geçen fizikçiler İngiltere Sağlık Konseyi tarafından sağlık profesyonelleri olarak tanındılar. Tıpta Fizik ve Mühendislik Enstitülerine üye oldular. Tıpkı Amerika'daki AAPM ve Almanya'daki benzeri gibi. Adı geçen lokal örgütler, Avrupa düzeyindeki EFOMP ve uluslararası düzeydeki IOMP örgütlerine ve benzerlerine üye oldular.

Sonuçlar:

Bu raporda, yazar tarafından fiziğin tıp bilimine yaptığı katkı konusunda geniş ve ayrıntılı bir tarihsel yaklaşım sunuldu. Bu kısa sunuşta bu katkının önemi ve çeşitliliği açık olarak ortaya çıkmaktadır.

Alhazen, Leonardo ve iatrofizikçilerden itibaren fizik, fizyolojik fonksiyonun ölçülmesi ve anlaşılması için uygulanmıştır. Bu süreçte oftalmoloji, biyomekanik ve elektrofizyoloji gibi yeni disiplinler kuruldu. Diğer bilim adamları tanı ve tedavi için teknolojilerin geliştirilmesine

odaklandılar. Fizikçilerin sürekli olarak sağladığı verilerin iyonlaştırıcı radyasyonun uygulamada benzersiz bir durum yarattığı 20. yüzyılın başlarında ortaya çıktı.

Sonuç olarak, medikal fizik, yeni görüntüleme ve fizyolojik ölçüm teknikleri ortaya çıktıkça çeşitlenebilen farklı bir meslek grubu olarak ortaya çıkmıştır. Günümüzde, yeni fizik kaynaklı teknikler tıbbı evrildiği zaman medikal fizikçiler güvenli ve etkili klinik uygulama sağlama yolunda önemli bir role sahip olmuşlardır.

CT ve PET gibi birçok fizik tabanlı tıbbi yenilik, başlangıçtan itibaren klinik uygulamalar göz önünde bulundurularak odaklanmış araştırmalardan kaynaklanmıştır. Ancak sık sık büyük gelişmeler, temel bilim araştırmalarından tamamen öngörülemez yan ürün gibi düşünülen keşifler sayesinde olmuştur. Röntgen'in x-ışınlarını keşfi buna açık bir örnektir, ancak klinik pratiğe çeviri her zaman bu kadar hızlı veya basit olmamıştır. Manyetik Rezonans Görüntüleme, Bloch ve Purcell'in Nükleer Manyetik Rezonans'ı keşfinden yaklaşık 30 yıl sonra gerçekleşti.

Modern radyoterapi ve nükleer tıp farklı amaçlarla yapılan parçacık fiziği araştırmaları olmadan gerçekleştirilemeyecekti. Bunlar, şimdi İngiltere'de olduğu gibi, temel bilim araştırmalarına yapılan yatırımın değeri sorgulandığında önemli hususlardır. Büyük Hadron Çarpıştırıcısı gibi projeler sonucunda gelecek yüzyılda hangi tıbbi faydaların ortaya çıkabileceğini kim söyleyebilir?

Makaleyi özetle Türkçeye çeviren:

Haluk ORHUN

RT' DEKİ SON GELİŞMELER

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

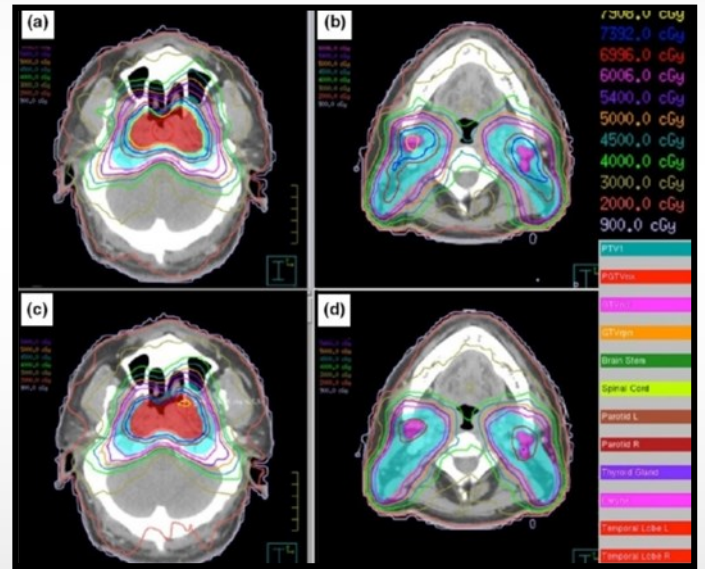
Med. Fiz. Uzm. Boran Güngör

Radyoterapi Plan Kalitesini Arttırmak Amaçlı MLC Yaprak Hızı Optimizasyonu (Kasım 2020)

Yüksek modülasyonlu doz dağılımı elde etmek için MLC hızının gantry dönüşü ile beraber yüksek olması gerekliliği bilinmektedir. Çin Medikal Bilimler Akademisi ve Pekin Union Medikal Kolej /Çin 'den araştırmacılar tarafından; spesifik kanser türleri için en yüksek kalite VMAT planı elde etmek amacıyla gereken optimum hızın araştırıldığı çalışma yapıldığı açıklandı. (*J. Appl. Clin. Med. Phys.* 10.1002/acm2.13020) (<https://aapm.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/acm2.13020>)

Yapılan çalışmada daha önce tedavi uygulanan karmaşık klinik tedavi olarak 6 Nazofarenks Karsinom (NPC) ve basit tedavi olarak 9 rektal kanser olgusunun kullanıldığı, her hasta için maksimum MLC hızının (MMLS) 1/1.5/2.25/3.5/5/7.5 ve 10 cm/s olduğu 7 farklı Linak temsil etmek amaçlı 7 plan konfigürasyonu yapıldığı ve diğer tüm plan parametrelerinin (enerji, doz hızı, ark özellikleri vb.) aynı seçildiği belirtildi. Uygulanan plan skorlaması üzerinden sonuçlara göre, rektal kanser planlarında MMLS 1 den 3.5 cm/s yükseldiğinde plan skorlarının dramatik olarak yükseldiği fakat bu hızdan sonra çok yavaş yükseldiği, bu durumun NPC olgularında dramatik olmamakla beraber aynı şekilde

hesaplandığı vurgulandı. MMLS'nin tümör boyutundan bağımsız olarak plan kalitesini etkilediği fakat MLC performansının sızıntı (Leakage) gibi başka parametrelere de bağlı olması sebebiyle daha fazla çalışmanın yapılabileceği ve aynı ekibin akciğer kanseri olguları için MLC geçirgenliğinin araştırıldığı diğer çalışması olduğu eklendi.



Şekil 1: Nazofarenks Karsinom planlarında Doz Dağılımı Karşılaştırılması. MLC hızı 1cm/s (a,b) ve 3.5 cm (c,d)

Radyoterapi Etkinliğini Arttırabilecek Nanoparçacık Duyarlastırıcı Kullanımı (Aralık 2020)

Radyoduyarlastırıcıların (RD) tümör hücrelerini radyasyona karşı duyarlastırarak normal doku zararını arttırmadan yüksek hedef dozu sağlayabildiği bilinmektedir. Radyoterapi etkinliğini arttırmak amaçlı yapılan bazı çalışmalarda nanoparçacıkların radyoduyarlastırıcılar olarak kullanımı gündeme

gelmiş ve ESTRO 2020 kongresinde son gelişmeler sunulmuştur;

Dual(Çift) Amaçlı Parçacıklar:

Grenoble Alpes Üniversites/Fransa'dan araştırmacıların gadolonyum tabanlı AGuIX nanoparçacıklarının radyoduyarlastırma ajanı olarak ilk insan denemelerine başlandığı belirtilmiştir.NANO-RAD1 adlı faz 1 çalışmasında , 4nm boyutlu ve MRI contrast olarak lokalizasyon takibi de yapılabilen AGuIX parçacıkları kullanılarak primer melanom, akciğer, meme veya kolon kanseri olan toplam 15 çoklu beyin metastaz hasta tedavisi yapıldığı belirtilmiştir. Parçacık enjeksiyonu sonrası 30Gy/10 fr tüm beyin protokolü uygulandığı ve maksimum tolerasyon dozunu belirlemek amaçlı, 15-100 mg/kg arası 5 AGuIX doz seviyesi kullanıldığı belirtilmiştir.Uygulama kriterleri olarak ilk fraksiyon radyoterapi öncesi enjeksiyon yapılarak 2 saat sonar nanoparçacık dağılımı için MR görüntüsü alınarak primer tümör tipinden bağımsız olarak tüm metastazlara nanoparçacıkların yerleştiği ve sağlıklı beyin dokusunda nanoparçacık olmadığının görüldüğü belirtildi.Herhangi bir sistemik reaksiyon veya lokal komplikasyon olmadan 100mg/kg tavsiye edilen faz 2 dozu ile tedavi yapılabildiği eklendi.Ayrıca, enjeksiyon sonrası yedinci günde AGuIX parçacıklarının tüm beyin metastazlarında hala bulunduğuve bu nedenle günlük radyoterapide doz değişimine olanak verdiği eklendi.Sonuçlara göre, 14 hastanın 12'sinde azalan tümör hacmi ile klinik fayda sağlandığı, tedaviden 1 ay sonrası tüm metastaz lezyonların analizine göre (toplam 255) AguIX alım seviyesi arttıkça daha büyük tümör cevabı olarak korelasyon gözlendiği vurgulandı.Çalışmayla ilgili faz 2 klinik denemelerin 15 Fransız hastanesinde 100

hasta ile devam edeceği, AguIX optimizasyonunun geliştirilmesi ve uzun dönem toksisite takibinin amaçlandığı eklendi.

Doz Geliştirilmesi:

Curie Enstitüsü/Fransa'dan araştırmacılar tarafından, radyoterapi-aktivasyonlu hafnium oxide nanoparçacıkların başboyun skuamoz hücre karsinomu (HSNCC) tedavisinde kullanımı açıklanmıştır. Non-toksik hafnium oksit nanoparçacıklarının (NBTXR3) IMRT tedavisi etkisini arttırmak için kullanıldığı belirtilen konuda; hücresel yıkımı tetiklemek için dizayn edilen NBTXR3 sisteminin ışınlanarak üretilen elektron sayısının artırılarak radyoterapi sırasında uygulanan dozun hücresel seviyede 9 kat arttığı vurgulanmıştır.Faz 1 çalışması olarak Fransa ve İspanya'dan 65 yaş üzeri ve kemoterapi uyumsuz 19 adet HNSCC III/IV hasta ile 4 nanoparçacık doz seviyesinin (tümör hacminin %5-10-15-22 seviyesi) test edildiği açıklandı.Tek intra-tümör enjeksiyon NBTXR3 verilerek 2Gyx35 FR RT planlandığı herhangi bir toksik veya advers etkinin görülmediği, tavsiye edilen doz seviyesinin %22 olmasına rağmen takip edilen 13 hastadan 9 hastada %10 ve üzeri doz seviyesinde tam tümör yanıtı görüldüğü belirtildi.Sonrasında genişletilen ve Avrupada 12 merkezden medyan yaş 70 olan 44 hastada uygulanan çalışmada %7 oranında hastanın nanoparçacık bağlantılı en az 1 ciddi yan etki yaşadığı ve ortalama &67.7 oranında hastanın tam yanıt aldığı açıklandı.Toplamda %84 oranında vakada cevap alındığı ve buna göre faz III çalışma planlandığı eklendi.

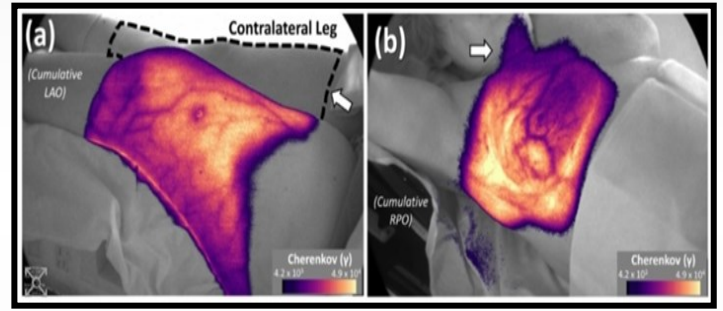
Radyasyon Tedavisinde Tedavi Demeti Görselleştirme Teknolojisi(Ocak 2021)

Radyasyon Demetlerinin gerçek zamanlı görselleştirilmesine ve verilen dozun izlenmesine olanak sağlayan Cherenkov görüntüleme sistem ile tedavi verifikasyonunun Dartmouth-Hitchcock Medical Center/Amerika’da kullanıldığı açıklandı.Foton veya elektronların cilt ile etkileşiminde oluşan Cherenkov etkisi tedavi demetinin ciltteki şeklini gösteren ışık üretilmesine sebep olur ve bu ışığın şiddeti verilen doz ile orantılıdır.Geliştirilen görüntüleme sisteminde her linak atımının imaj olarak oluşturulabildiği zaman ayarlı teknoloji kullanılmakta ve hasta üzerinde gerçek zamanlı imajlar oluşturulmaktadır.Geisel School of Medicine ve Dartmouth Engineering/Amerika’dan araştırmacılar tarafından geliştirilen sistemde tedavi alanı ve hasta pozisyonamanın verifikasyonunun yapıldığı doz haritaları kullanıldığı belirtildi.64 hasta üzerinde yapılan çalışmada (meme,sarkom,lenfoma ve diğer türler) tedavi tekniği olarak 3D konformal,total cilt elektron terapi , ark terapi ve tüm vücut ışınlaması tekniklerinin kullanıldığı açıklandı. (*International Journal of Radiation Oncology, Biology, Physics.* <https://doi.org/10.1016/j.ijrobp.2020.11.013>.)

Gün bazlı hasta pozisyonlama doğruluğu hesaplanması için 15 meme kanseri hastasının 129 fraksiyonu izlenmiş, Cherenkov emisyonlarının tedavi planlama sisteminden belirlenen yüzey dozu dağılımı ile eşleşmesi incenerek yapılan analiz sonucunda ortalama konformite mesafesi (MDC) indeksine göre ilk fraksiyon-fraksiyonlar arası karşılaştırmasının MDC<7mm olarak tespiti yapıldığı belirtilmiştir.Chenekov görüntüleme ile absorbe doz hesabı için, 3 hasta için ilgili bölgeye sintilatör diskleri

uygulanmış ve sistemin imajlar içerisinde sintilatörleri belirleyerek yoğunluğu doze çevirdiği açıklanmıştır.

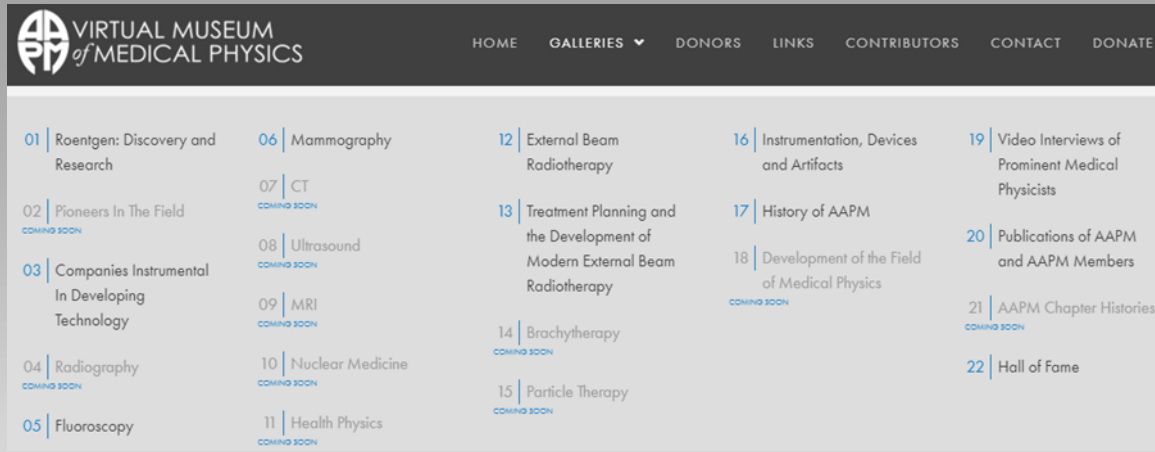
64 hasta içerisinde karşı meme,kol veya çene dozu verisi alınabilen 6 vaka belirlenmiş, ekstremitte sarkom hastalarında karşı bacağın istenmeyen doz almadığı Cherenkov imajları ile doğrulanmıştır.(Şekil 2)Sistemin hasta pozisyonlama problemlerini tespitite veya gerçek zamanlı izlemeye ek olarak tedavi sonrası dozimetri ve doğruluk analizinde kullanılabileceği belirtilmiştir.Bu analizin geniş ölçekli tedavi tekrarlanabilirlik incelemesinde kullanılarak set-up zorlukları kaynaklı farklı immobilizasyon kullanıma ihtiyacının belirlenmesinin yapılabileceği vurgulanmıştır.



Şekil 2: Bacak Sarkom hastasında diğer bacağın doz almadığını belirleyen Cherenkov görüntüsü(a), Meme alanında çenede dozu analizi yapılabilen Cherenkov görüntüsü(b)

AAPM Sanal Medikal Fizik Müzesi: Medikal Fiziğin Mirası ve Tarihi(Kasım 2020)

AAPM’nin tarih çalışma grubu desteği ile, X-ışınlarının keşif tarihinin 125’inci yıldönümü olan 8 Kasım 2020 tarihinde “Sanal Medikal Fizik Müzesi” oluşturulduğu açıklandı.(*museum.aapm.org*) (Şekil 3)Müzenin kuruluş amacının medikal fiziğin tarihine ve mirasına sahip çıkmak, belgelemek ve sürdürmek olduğu belirtildi.Müze sayfasında galeri, medikal fizik ile ilgili çeşitli faydalı link’ler gibi farklı bölümlerin bulunduğu,



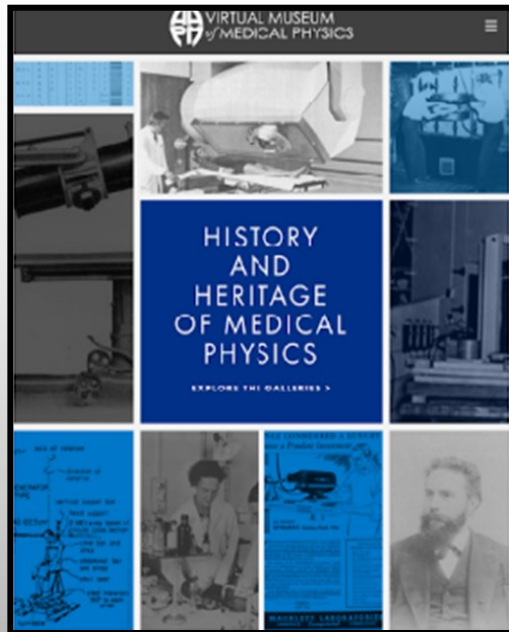
Şekil 3: AAPM Medikal Fizik Müzesi galeri bölümleri

aktif olmayan bölümlerin zaman içinde aktif hale getirileceği ve müze platformunun devamı ve gelişmesi amacı ile katkı yapılmasının faydalı olacağı vurgulandı.(Şekil 4)

(Aktif olan bölümler: Röntgen'in Keşfi ve araştırmalar, Gelişen teknolojiye firmalar, Floroskopi, Mammografi, Eksternal Radyoterapi, Tedavi Planlama Sistemleri ve Modern Radyoterapi, Radyoterapideki Gelişmeler, Cihazlar, AAPM tarihi, Medikal Fizik Vidyoları)

Kaynaklar

- <https://physicsworld.com/c/radiotherapy/>
- <https://www.estro.org>
- <https://www.aapm.org/>
- museum.aapm.org/



**Şekil 4: AAPM Medikal Fizik Müzesi Web Sayfası
Görünümü**

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.



