

Medikal Fizik Derneği'nin Katkılarıyla

MedFiz@Online

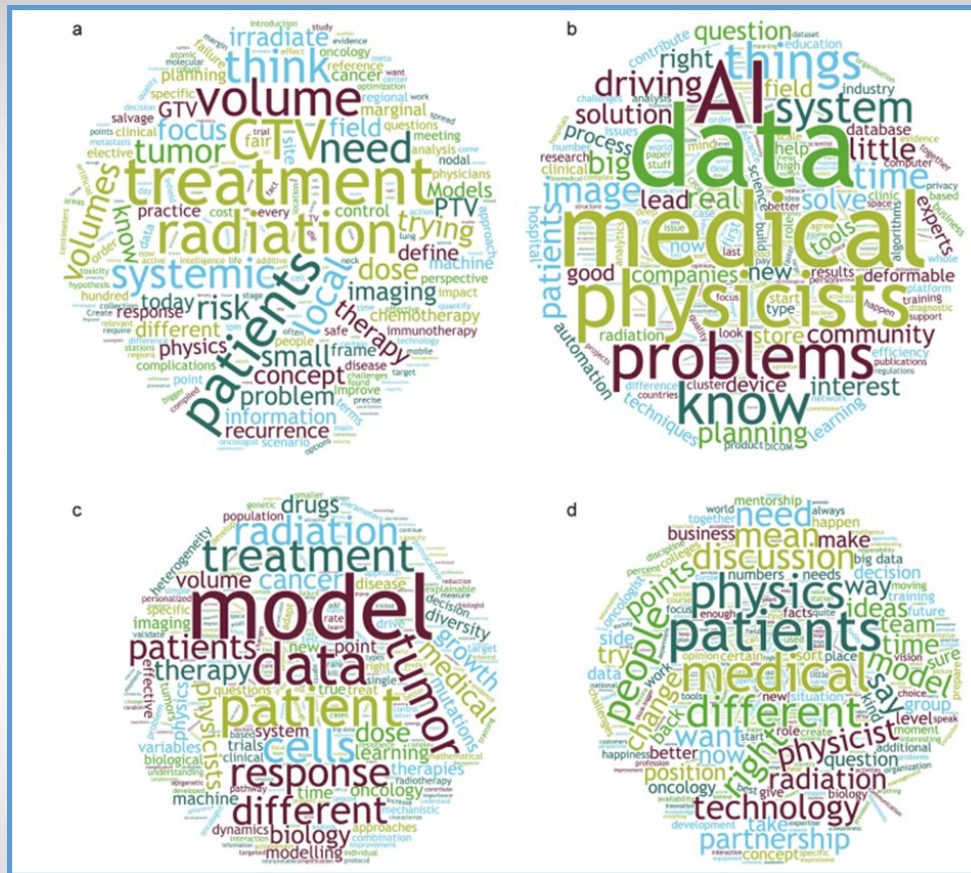
e-DERGi

MAYIS - HAZİRAN 2022

medfizonline@gmail.com

www.medikalfizik.org

SAYI: 39



BU SAYININ ÖNE ÇIKAN KONULARI

- 23 Aralık 2021 tarih ve 31698 nolu Resmi Gazete ile “DİAGNOSTİK RADYOLOJİ, NÜKLEER TIP VE RADYOTERAPİ GRUBU TIBBİ CİHAZLARIN KALİTE UYGUNLUK VE KALİTE KONTROL TESTLERİ HAKKINDA YÖNETMELİK”
- KÜRESEL RADYOTERAPİ: MEVCUT DURUM VE GELECEKTEKİ YÖNELİMLER - DETAYLI RAPOR
- AAPM MEDİKAL FİZİK UYGULAMA KILAVUZU 1.B: BT PROTOKOL YÖNETİM VE İNCELEME KILAVUZU
- RADYOLOJİDE KALİTE KONTROL TESTLERİ
- NÜKLEER TIPTA TANISAL REFERANS SEVİYELERİ



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

Nadir Küçük

nadir.kucuk@anadolusaglik.org

Tuğba Hacıosmanoğlu

tubiki76@yahoo.com.tr

Abdullah Yeşil

asyesil@gmail.com

Evren Üzümlü

evrenuzumlu@hotmail.com

Recep Kandemir

recepkanemir@medikalfizikci.com

DERGİ TASARIM VE YAZI**Ebru Oruç Bakır****Esra Küçükorkoç****Mustafa Çağlar****BU SAYIDAKİ YAZARLAR****Asena Yalçın****Aşkın Aydemir****Eray Ergen****Hande Kayacık****İsmail Volkan Tekcan****Oğuzhan Ayrancıoğlu****Pınar Çona****Sanaz Hendi****Serdar Sanduvaç****Telat Aksu****Yasemin Parlak****Yasemin Tekcan**

(Yazarlar harf sıralamasına göre sıralanmıştır.)

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

İÇİNDEKİLER

- **MERHABA**
- **ONKOMER ÖZEL ONKOLOJİ TIP MERKEZİ**
- **23 Aralık 2021 tarih ve 31698 nolu Resmi Gazete ile “DİAGNOSTİK RADYOLOJİ, NÜKLEER TIP VE RADYOTERAPİ GRUBU TIBBİ CİHAZLARIN KALİTE UYGUNLUK VE KALİTE KONTROL TESTLERİ HAKKINDA YÖNETMELİK”**
- **KÜRESEL RADYOTERAPİ: MEVCUT DURUM VE GELECEKTEKİ YÖNELİMLER - DETAYLI RAPOR**
- **ALMANYA’ DA MEDİKAL FİZİKÇİ OLMAK**
- **RO-ILS: RADYASYON ONKOLOJİSİ KAZA ÖĞRENME SİSTEMİ**
- **AAPM MEDİKAL FİZİK UYGULAMA KILAVUZU**
- **1.B: BT PROTOKOL YÖNETİM VE İNCELEME KILAVUZU**
- **RADYOLOJİDE KALİTE KONTROL TESTLERİ**
- **NÜKLEER TIPTA TANISAL REFERANS SEVİYELERİ**
- **TEK VE HİPOFRAKSİYONE STEORAKTİK RADYOCERRAHİDE BEYİN İÇİN DOZ/VOLÜM TÖLERANSI**
- **YÜZEY TAKİP SİSTEMLERİ YAZI SERİSİ-3**

e-posta: medfizonline@gmail.com

web: www.medikalfizik.org

Medikal Fizik Derneği'nin katkılarıyla

MedFiz@Online DERGİSİNDE YAYINLANAN YAZILAR
YAZARIN SORUMLULUĞUNDADIR.**BASIM**

e-kopya

MERHABA



Contents lists available at [ScienceDirect](http://www.sciencedirect.com)

Radiotherapy and Oncology

journal homepage: www.thegreenjournal.com



Review Article

Grand challenges for medical physics in radiation oncology

Claudio Fiorino^{a,*}, Robert Jeraj^{b,c}, Catharine H. Clark^d, Cristina Garibaldi^e, Dietmar Georg^f, Ludvig Muren^g, Wouter van Elmpt^h, Thomas Bortfeldⁱ, Nuria Jornet^j

^aMedical Physics, San Raffaele Scientific Institute, Milano, Italy; ^bDepartment of Medical Physics, University of Wisconsin, Madison, USA; ^cFaculty of Mathematics and Physics, University of Ljubljana, Slovenia; ^dUniversity College London Hospital, University College London and National Physical Laboratory, UK; ^eUnit of Radiation Research, IEO European Institute of Oncology, IRCCS, Milano, Italy; ^fDivision Medical Radiation Physics, Department of Radiation Oncology, Medical University of Vienna/AKH Wien, Austria; ^gDanish Centre for Particle Therapy, Aarhus University Hospital and Aarhus University, Denmark; ^hDepartment of Radiation Oncology (MAASTRO), GROW – School for Oncology and Developmental Biology, Maastricht University Medical Centre, The Netherlands; ⁱDivision of Radiation Biophysics, Department of Radiation Oncology, Massachusetts General Hospital and Harvard Medical School, Boston, USA; ^jServei de Radiofísica i Radioprotecció, Hospital Sant Pau, Barcelona, Spain



Yeşil Dergi'nin (Radiotherapy and Oncology) 153(2020) sayısında çıkan bir yazıyı bu sayımızın merhaba yazısında gündeme getirmek istiyoruz. Önemi ve değindiği konular açısından.

Radyasyon onkolojisinde görev yapan medikal fizikçiler için büyük zorluklar. Buradaki zorluk tanımları medikal fizikçilerin gelecekteki rolleri anlamında kullanılmıştır.

Medikal Fiziğin radyasyon onkolojisindeki son gelişmelere önemli katkılarda bulunduğu vazgeçilmez bir gerçektir. Medikal fizikçiler, benzersiz beceri özellikleri, esneklikleri, klinik uygulamalara katılımları ve destekleri, içten gelen bir uyumdan kaynaklanan karakterleri nedeniyle klinik ve bilimsel radyasyon onkolojisi bağlamında önemli bir kilit oyuncularlardır. "Yüksek teknolojiyi" yi içeren radyoterapinin devam eden gelişimi ve yaygın olarak kullanılması, medikal fizik alanının değerli müdahalesine olan ihtiyacın artmasına neden olmuştur.

Yakın zamanlarda, içinde bulunduğumuz alan, hızla bir "kesin ve hassas onkoloji" çağına doğru değişiyor. Bu değişiklikler, medikal fizikçilerin profesyonel ve

bilimsel rol ve sorumluluklarının tanımı için yeni zorlukları, değerlendirmeleri gündeme getirdi.

Bu makalede , radyasyon onkolojisinde yer alan medikal fiziğin dört büyük zorlukları öne çıkarılmıştır:

1. Hedef hacim tanımının iyileştirilmesi,
2. Yapay zeka ve otomasyonun benimsenmesi,
3. Biyolojik etkilerin tahminine dayalı modellerinin geliştirilmesi, kesin ve hassas tıp,
4. Liderlik ihtiyacı.

Medikal fiziğin bu yeni zorluklarla başarılı bir şekilde yüzleşmesini sağlamak ve yeni yönlendirmelere ulaşmak için yeni vizyonlar ve yeni öneriler bu makalenin ana teması olarak yer almıştır

Günümüzün bilimsel ve mesleki zorlukları medikal fizikçileri multidisiplinerliğe doğru yönlendirdiği ve daha fazla zorladığı görülmektedir. Medikal fizikçilerin radyasyon onkolojisi dışındaki diğer uzmanlarla etkileşimleri ve işbirliklerini yenilikçi bir şekilde yönlendirmeleri beklenirken radyasyon fiziği bilimi ortak çalışmanın merkezi olmaya devam edeceği görülmektedir.

Medikal fizikçilerin kalite, güvenlik ve her zamankinden daha karmaşık teknolojilerin yönetimindeki güçlü ve önemli rolleri sürecektir. Yeni zorluklar, medikal fizikçilerin becerilerini sürekli güncellemesini ve eğitimlerinin yenilemesini, eğitim programlarının yeni alanları içerecek şekilde uyarlamasını, çok disiplinli tutumu ve yenilikçilik ruhunu güçlendirmesini gerektirecektir.

Bu zorluklar, medikal fiziğin giderek daha fazla katkıda bulunması gereken heyecan verici yeni alanlara ulaşmasını sağlayacaktır.

Medikal fizikçilerde bu vizyonun ve liderlik ruhunun olduğunu belirtmek gerekmektedir.

Yukardaki tüm görüşlere katılmamak elde değil.

MedFiz@Online e-Dergisinin yayına girdiği sırada "Türk Radyasyon Onkolojisi Derneği kurucularından, İ.Ü Onkoloji Enstitüsü emekli Öğretim Üyesi Prof. Dr. Nijad Bilge'nin vefatı haberini aldık. Anısı önünde saygı ile eğiliyoruz.

Saygılarımızla.

Haluk ORHUN

ONKOMER ÖZEL ONKOLOJİ TIP MERKEZİ

Med. Fiz. Uzm. Aşkın Aydemir

Med. Fiz. Uzm. Serdar Sanduvaç

Med. Fiz. Uzm. Sanaz Hendi

O NKOMER Özel Onkoloji Tıp Merkezi olarak 1997 yılında İzmir’de faaliyete başlamıştır. Onkomer bünyesinde radyoterapi hizmeti, deneyimli öğretim üyeleri rehberliğinde radyasyon onkolojisi uzmanları, medikal fizik uzmanları, radyoterapi hemşireleri ve radyoterapi teknikerlerinden oluşan çok geniş bir kadro ile titizlikle uygulanmaktadır. Radyoterapi teknolojisini yakından takip ederek hızla adapte olabilme kabiliyeti sayesinde Ege bölgesinin en çok tercih edilen merkezi durumuna gelmiştir. Onkomer Onkoloji Tıp Merkezi uluslararası hasta portföyü ile de ülkemizin sağlık turizmine önemli katkılarda bulunmaktadır.

2021 yılında 4500 metre kare kapalı alana sahip baştan aşağı yenilenen ve yeni binasında hizmetini sürdüren Onkomer Onkoloji Merkezi bir ilke imza atmış, yeni nesil bir radyoterapi cihazı olan HALCYON’u Türkiye’de ilk kez kullanıma açan bir merkez olmuştur.

Vizyonumuz; Özel bir tedavi kurumu olarak, her türlü modern radyoterapi uygulamasını en uygun şekilde yapmak üzere, sürekli yenilenen teknik donanımla, başvuran onkoloji hastalarının ve yakınlarının gereksinimlerine cevap verecek nitelikli duruşla, kaliteli, güler yüzlü, öncü tıbbi hizmeti sunmak ve bu ilkelerden asla taviz vermemektir.

Misyonumuz ise; Ülkemizin ve kentimizin bilimsel, teknik ve gelişmiş radyasyon onkolojisi merkezi olmak, radyoterapi gereken her hastaya hizmet etmek, hastalarımızı modern radyoterapi teknikleri ile

tedavi etmek, güler yüzlü hizmetimizle hastaları ve hasta yakınlarını memnun etmektir.

Klinik Kadromuz

Prof. Dr. Serdar Özkök

Prof. Dr. Ayfer Haydaroğlu

Prof. Dr. Münir Kınay

Prof. Dr. Hilmi Alanyalı

Prof. Dr. Adnan Yöney

Uzm. Dr. Füsün Göçen

Uzm. Dr. Hasan Taylan Yılmaz

Med. Fiz. Uzm. Aşkın Aydemir

Med. Fiz. Uzm. Serdar Sanduvaç

Med. Fiz. Uzm. Sanaz Hendi

15 kişilik radyoterapi teknikeri ekibi, 2 dozimetrist, 3 radyoterapi hemşiresi, bir brakiterapi hemşiresi, bir diyetisyen ve diğer çalışanlarıyla toplamda 50 kişilik kalabalık bir ekibe sahiptir.

CİHAZ PARKURU

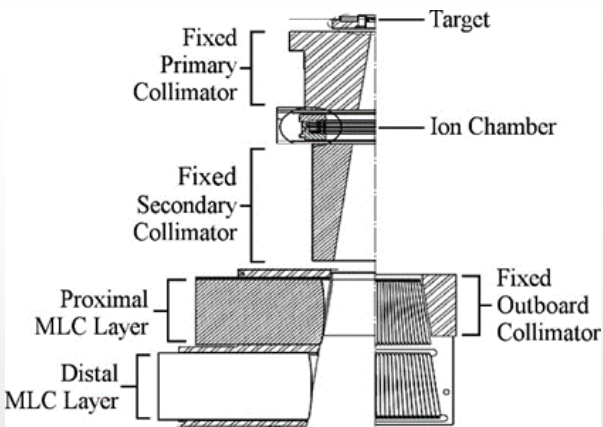
HALCYON



Resim 1. Halcyon tedavi cihazı

Türkiyede İlk kez ONKOMER’de kurulan, her türlü modern radyasyon tedavisini yapabilen yeni nesil Varian marka bir radyoterapi cihazıdır (Resim 1). HALCYON, C kollu lineer hızlandırıcılardan farklı

olarak ring yapısıyla hem IMRT alanlarını hem de ark sayılarını artırma olanağına sahiptir. Hızlı görüntüleme ve tedavi özelliği ile tedavi süresini kısaltarak verimli bir çalışma sunar. Tek enerjili (6X FFF), 800/MU doz hızı ve 5 cm/s hareket kabiliyetli çift katmanlı MLC ye sahiptir. HALCYON'un çift katmanlı MLC yapısı (Şekil 1), üst üste binmiş bağımsız hareketler oluşturabilen 1 cm kalınlıklı yapraklardan oluşmakta ve bu katmanlar arasında lateralde tasarlanan 0,5 cm shift ile hedefe yönelik hareketinde 0,5 cm kalınlıklı şekiller olarak hem alan kenarlarında keskin doz düşümüne hem de maksimum doz modülasyonu oluşturabilmeye olanak sağlamaktadır. Yapraklar % 0,01cm'lik dozimetrik yaprak aralığı nedeniyle düşük foton geçirgenliğine sahiptir. kV CBCT, MV CBCT, iCBCT görüntüleme özellikleri bulunmaktadır.



Şekil 1. Hlycon cihazı MLC yapısı



Resim 2. Hlycon hasta tedavisi

Üç boyutlu KV-CBCT görüntüsü 17sn'de, MV-CBCT görüntüleme ise 15sn'de oluşturulabilmektedir. Kemik yapıya dayalı 2 boyutlu görüntüleme seçeneğinde ise 7 sn içerisinde görüntü alınıp hızla tedaviye geçilebilmektedir (Resim 2).

TRUEBEAM STX



Resim 3. Truebeam Stx tedavi cihazı

120 yapraklı HD120 MLC donanımlı tedavi cihazında 0.25 cm ve 0.5 cm kalınlığında yapraklar bir arada kullanılmıştır. En fazla alan boyutu 40 cm x 22 cm'dir. 6 MV, 6 MV FFF, 10 MV, 10 MV FFF, 15 MV foton enerjilerinin yanı sıra, 6 MeV, 9 MeV, 12 MeV, 15 MeV, 18 MeV elektron enerjileri mevcuttur. Bu tedavi cihazımız 3D CRT, IMRT, VMAT tekniklerini gerektiğinde nefes kontrolü desteğiyle kullanılabilmektedir. Yüksek dose rate değerleri ve HD MLC yapısı SRS&SBRT tedavilerinde cihazı üstün kılmaktadır. Novalis Brainlab (Solunum takibi, Lateral görüntüleme sistemi, 6 boyutlu masa hareketi) sistemi ile entegre bir cihaz olması yine SRS&SBRT tedavilerinde yüksek hassasiyet sağlamaktadır(Resim 3).

TRUEBEAM

120 yapraklı Millenium MLC donanımlı tedavi cihazında 1 cm ve 0.5 cm kalınlığında yapraklar bir arada kullanılmıştır. En fazla alan boyutu 40 cm x 40

cm'dir. 6 MV, 6 MV FFF, 10 MV, 10 MV FFF, 15 MV foton enerjilerinin yanı sıra, 6 MeV, 9 MeV, 12 MeV, 15 MeV, 18 MeV elektron enerjileri mevcuttur. Geniş alan boyutlu hastaların tedavilerinde tercihen kullanılmaktadır. Solunum kontrol sistemi ile entegre çalışmaktadır (Resim 4).



Resim 4. Truebeam tedavi cihazı

GAMMAMED PLUS IX AFTERLOADER BRAKİTERAPİ CİHAZI

24 kanallı bir cihazdır. Çekirdek kaynak olan I-192 ile çalışır. Kaynak kılavuz tüpünün uzunluğu emniyet amaçlı 1300 mm olarak tasarlanmıştır. 1-10 mm adımlarda kaynak duruş pozisyonu vardır. Kaynak aktarım hızı 60cm/saniyedir. Onkomer Onkoloji Tıp Merkezi olarak kavite içi tedavilerde (Serviks, endometrium) kullanılmaktadır.



Resim 5. Brakiterapi cihazının görünüşü

Görüntüleme ve Simülasyon amaçlı GE Optima CT580RT kullanılmaktadır. Planlama sistemi ARIA server a entegre Eclipse planlama ve Velocity sistemi aktif olarak kullanılmaktadır.

Dozimetrik Ekipman Envanteri

- SNC IC Profiler
- SNC Daily QA
- PTW MP3 su fantomu
- SNC ArcCheck
- PTW Star Check
- İyon Odaları (PTW Marcus ve Advanced Marcus,
- PTW Farmer, PTW Semiflex, PTW Pinpoint)
- PTW Unidos, Weblin elektrometreler
- Geiger-Müller NEB211



Med. Fiz. Uzm. Aşkın Aydemir

1987 İstanbul Doğumludur. 2010 Ege Üniversitesi Fen Fak. Fizik bölümü mezun oldu. 2012 Dokuz Eylül Üniversitesi Medikal Fizik Anabilimdalı Y.L. bölümünden mezun oldu. 2013 yılından beri Onkomer Onkoloji Tıp Merkezinde Sorumlu Medikal Fizik Uzmanı olarak görev yapmaktadır.

Med. Fiz. Uzm. Serdar Sanduvaç

1987 İstanbul Doğumludur. Ege Üniversitesi Fen Fak. Fizik bölümünden mezun oldu. 2019 Dokuz Eylül Üniversitesi Medikal Fizik Anabilimdalı Y.L. bölümünden mezun oldu. 2014 yılından beri Onkomer Onkoloji Tıp Merkezinde Medikal Fizik Uzmanı olarak görev yapmaktadır.

**Med. Fiz. Uzm. Sanaz Hendi**

1983 İstanbul Doğumludur. 2009 Azad Üniversitesi Fen Fak. Fizik bölümünden mezun oldu. 2015 Ankara Üniversitesi Nükleer Bilimler Enstitüsü Sağlık Fiziği Anabilimdalı Y.L. bölümünden mezun oldu. 2015 yılından beri Onkomer Onkoloji Tıp Merkezinde Medikal Fizik Uzmanı olarak görev yapmaktadır.

23 Aralık 2021 tarih ve 31698 nolu Resmi Gazete ile “DİAGNOSTİK RADYOLOJİ, NÜKLEER TIP VE RADYOTERAPİ GRUBU TIBBİ CİHAZLARIN KALİTE UYGUNLUK VE KALİTE KONTROL TESTLERİ HAKKINDA YÖNETMELİK”

Not: Bu yazı Medikal Fizik Derneği Yönetim Kurulu tarafından hazırlanarak yayına sunulmuştur.

Yönetmeliğin amacı, diagnostik radyoloji, nükleer tıp ve radyoterapi uygulamalarında kullanılan ve iyonlaştırıcı radyasyon üreten veya yayan tıbbi cihazların piyasaya arz edildikten sonra kullanımları süresince; hastaların, kullanıcıların ve üçüncü kişilerin sağlığı ve güvenliği açısından ortaya çıkabilecek tehlikelere karşı korunmalarını sağlamak için yapılması gereken test, kalite güvence ve denetimlerine dair usul ve esasları düzenlemektir.

Yönetmelik, kalite uygunluk ve kalite kontrol testleri ile kalite güvencesinin sürdürülmesine dair usul ve esasları ile bu kalite uygunluk ve kalite kontrol testlerini gerçekleştirecek kişiler ve kalite uygunluk testlerini gerçekleştirecek kurumların başvuru koşullarını, izlenmesini, denetlenmesini ve sağlık hizmet sunucularının sorumluluklarını usul ve esaslarını kapsamaktadır.

İmalatçıların, ithalatçıların, teknik servislerin ve kullanıcıların tıbbi cihazlar üzerinde yapmış oldukları testler ile Milli Savunma Bakanlığı bünyesinde bulunan tıbbi cihazlar bu Yönetmelik kapsamı dışında bırakılmıştır.

Yönetmelik ile kalite güvence programı ele alınmış olup, kalite kontrol testleri ve kalite uygunluk testleri ile iki kısımda tanımlanmıştır.

Yönetmelik kalite uygunluk ve kalite kontrol testlerini gerçekleştirecek kişiler ile kalite uygunluk testlerini gerçekleştirecek kuruluşların; başvurusuna, yetkilendirilmesine, izlenmesine, denetlenmesine ve sağlık hizmet sunucularının yükümlülüklerine dair usul ve esasları düzenlemiştir.

Yönetmeliğin Genel Esasları

Cihazlar için kalite uygunluk testleri veya kalite kontrol testleri Türkiye İlaç ve Tıbbi Cihaz Kurumu tarafından düzenlenmiş ilgili çalışma belgesine sahip medikal fizikçi tarafından yapılır. Bu nedenle bu çalışma belgesini almak için kuruma başvuruda bulunmak gerekmektedir.

Medikal fizikçi, çalışma belgesi kapsamında yer alan cihazlara ilişkin Türkiye İlaç ve Tıbbi Cihaz Kurumunca düzenlenen kılavuzda yer alan ulusal ve uluslararası düzenlemeleri bilmek ve doğru şekilde uygulanmasını sağlamakla yükümlüdür.

Bu yönetmelikte geçen “Medikal fizikçi” kavramı, sadece bu sözkonusu çalışma belgesini almaya hak kazanan kişilere verilmekte, yani yüksek lisans yapmış tıbbi fizik uzmanı veya medikal fizik uzmanlarını olarak çalışan bizler dışında da Tıbbi Cihazlar Kurumu tarafından belli kurallarla yetkilendirilen kişileri tanımlamaktadır. Geçmiş tecrübelerini gösterebilen, sahada çalışmış ve çalışma belgesine sahip herkes bu Yönetmelikte medikal fizikçi olarak tanımlanmaktadır. Medikal Fizik Derneği olarak bu konuda yaptığımız itiraza şu cevabı aldık. Bu durumun geçici bir madde

ile oluşturulduğu ve sahada yeterli çalışan yetkili sayısı sağlandıktan sonra bu maddenin kaldırılacağı belirtildi. Aslında olumsuz gibi gözüken bu durum yönetmeliğin uygulaması tam olarak gerçekleştiğinde pek çok meslektaşımıza iş imkanı sağlayacaktır. Medikal Fizik Derneği olarak bu yönetmelik için gerçekleştirdiğimiz Çalıştay'ımızda konuyu derinlemesine inceleyip mesleğimizle ilgili kalıcı kararlar almış bulunmaktayız.

Bu Yönetmeliğin tam olarak yürürlüğe girmesi Radyoterapi için 2 yıl, Nükleer Tıp için 2+2 yıl ve Radyoloji için 3+3 yıl olması beklenmektedir. Bu belirlenen yıllar içinde söz konusu Bilim Dalları'ndan mezun olacak çok sayıda meslektaşımıza ihtiyaç olacağı aşikardır. Özellikle Radyoloji ve Nükleer Tıp Birimleri'nde meslektaşlarımıza çok fazla iş olanağı çıkacağını düşünüyoruz.

Yönetmelikte testleri yapacak kişiler ve kuruluşlar ile ilgili tarafsızlığın sağlanabilmesi için bazı kısıtlamalar tanımlanmıştır:

1. Kalite uygunluk testlerini yapan kuruluşun tarafsız kalabilmesi için bu kuruluşlar kalite kontrol testlerini gerçekleştirmeyecekler.
2. Kalite uygunluk testleri sadece kalite uygunluk kuruluşları tarafından yapılacak, bu kuruluşlarda çalışan medikal fizikçi, son bir yılda kalite kontrol testlerini gerçekleştirdiği cihaza kalite uygunluk testlerini yapmayacaktır.
3. Kalite uygunluk kuruluşları, bu Yönetmelik kapsamında olan tıbbi cihazlar için ithalat, ihracat, satış, bakım ve onarım faaliyetinde bulunmayacaktır.
4. Bu Yönetmelik kapsamında olan tıbbi cihazlar için son bir yılda ithalat, ihracat, satış, bakım ve onarım faaliyetinde bulunan medikal fizikçiler

yetki aldığı ilgili cihazlara kalite uygunluk ve kalite kontrol testlerini yapmak için görevlendirilmeyeceklerdir.

Nükleer tıp ve radyoterapi grubu cihazlarda bu testler, ilk kalite uygunluk testleri cihazların kurulumundan sonar, ilk kullanım öncesinde yapılacaktır. İlk kullanım sonrasında, radyoterapi grubu cihazlarda üç (3) yılda bir, diagnostik radyoloji ve nükleer tıp grubu cihazlarda beş (5) yılda bir yapılacaktır.

Kalite uygunluk testlerinden geçemeyen cihazlara ilişkin rapor düzenlenecek ve ilgili rapor Türkiye İlaç ve Tıbbi Cihaz Kurumuna iletilecek ve bu cihazların kullanımı kalite uygunluk belgesi düzenleninceye kadar durdurulacaktır.

Çalışma belgesi almak isteyen kişiler e-devlet üzerinden, <https://www.turkiye.gov.tr/saglik-tibbi-cihaz-yeterlilik-belgesi-basvurusu> linkinden, başvurularını yapabilirler. Başvuru sırasında istenen belgeler ise,

1. Başvuru formu ve dilekçesi
2. Lisansüstü diploma örneği ve tez konusunu gösterir belge
3. Çalışma belgesi başvuru ücretinin ödendiğine dair banka dekontu

Kalite uygunluk testi hizmetini vermek isteyen değerlendirme firması ise, kendisi için yetki belgesi, medikal fizikçi ve sorumlu müdür olarak bünyesinde görev alacak kişiler için de çalışma belgesi almak zorundadır. Bu belgeler için Türkiye İlaç ve Tıbbi Cihaz Kurumu'na başvurur. Başvuru sırasında gerekli belgeler Yönetmelik'te belirtilmiştir.

Yönetmeliğin 9'uncu maddesi personel ve niteliklerini tanımlamıştır. Medikal fizikçiler aldıkları eğitime göre; radyoterapi, diagnostik radyoloji ve nükleer tıp grubu

cihazları olmak üzere üç (3) uzmanlık grubuna ayrılmıştır. Çalışma belgesi düzenlenirken yapılacak sınıflandırmaya esas olmak üzere aşağıdaki eğitim koşulları aranmaktadır;

- Radyoterapi grubu cihazları medikal fizikçisi: Radyoterapi fiziği alanında lisansüstü eğitim mezunu olmak,
- Diagnostik radyoloji grubu cihazları medikal fizikçisi: Diagnostik radyoloji fiziği alanında lisansüstü eğitim mezunu olmak,
- Nükleer tıp grubu cihazları medikal fizikçisi: Nükleer tıp fiziği alanında lisansüstü eğitim mezunu olmak.

İlgili cihaz grubunda kalite uygunluk testlerini gerçekleştirecek medikal fizikçi için alanında en az beş yıllık tecrübe şartı aranmaktadır

Bu Yönetmelik kapsamında aranan nitelikleri taşıması kaydıyla kalite uygunluk kuruluşunun bünyesinde bulunan aynı kişi; medikal fizikçi, sorumlu müdür ve kalite yönetim temsilcisi olarak görevlendirilebilmektedir.

Sorumlu müdür, kalite uygunluk kuruluşunun bu Yönetmelik kapsamındaki hizmetlerine ilişkin sorumluluklarını yerine getirmekle yükümlü, en az lisans mezunu ve tam zamanlı çalışanı olmalıdır.

Kalite yönetim temsilcisi, kalite uygunluk kuruluşunun bu Yönetmelik kapsamındaki hizmetlerine ilişkin kalite yönetim sistemini oluşturmakla yükümlü, tam zamanlı çalışanı olmalıdır.

Yönetmelik kalite uygunluk kuruluşlarının, medikal fizikçilerin ve sağlık hizmeti sunucularının görevlerini ve yükümlülüklerini de tanımlamıştır.

Kalite uygunluk kuruluşunun görev ve yükümlülükleri:

Yetki belgesi kapsamında hizmet vereceği cihazın

kalite uygunluk testlerini, bu testleri yapabilecek asgari donanım, yazılıma ve aksesuarlara sahip olmak. Kalite uygunluk testlerini Tıbbi Cihaz Kurumu tarafından düzenlenen kılavuza uygun şekilde gerçekleştirmektedir.

Medikal fizikçinin görev ve yükümlülükleri:

- Çalışma belgesi kapsamında gerçekleştireceği kalite uygunluk ve/veya kalite kontrol testlerini bu Yönetmeliğe ve kılavuza uygun şekilde gerçekleştirmektedir.
- Çalışma belgesi kapsamında gerçekleştirdiği kalite kontrol ve kalite uygunluk testlerini yapmak ve Tıbbi Cihaz Kurumu'na raporlamaktır.
- Radyasyondan korunma konularında gerekli eğitimi alır ve görevi esnasında gerekli olabilecek koruyucu ekipman ile kişisel dozimetre kullanır.
- Kalite uygunluk ve kalite kontrol testlerinde kullanılan radyoaktif kaynaklar ilgili mevzuat hükümlerine tabidir.

Sağlık hizmet sunucularının görev ve yükümlülükleri:

- Cihazların kalite kontrol testlerini Tıbbi Cihaz Kurumu'nca düzenlenen kılavuza uygun şekilde ilgili çalışma belgesine sahip medikal fizikçiye yaptırmak ve bu testlere ilişkin raporları muhafaza etmektir.
- Cihazların kalite uygunluk testlerini Tıbbi Cihaz Kurumu'nca düzenlenen kılavuza uygun şekilde ilgili yetki belgesine sahip kalite uygunluk kuruluşuna yaptırmak ve bu testlere ilişkin raporları muhafaza etmektir.
- Bünyesinde bulunan ve kalite kontrol testlerinde kullanılan izleme ve ölçüm cihazlarının,

kalibrasyon prosedürünü oluşturmak, oluşturduğu prosedüre uygun şekilde kalibrasyonlarını yaptırmak ve takibini sağlamaktır.

- d. Cihazların bulunduğu her biriminde sağlanan kalite güvencesinin bu Yönetmelikte belirlenen hükümlere uygunluğuna yönelik oluşturduğu iç denetim planını yılda en az bir kez uygulamak ve talebi durumunda gerçekleştirdiği denetimin sonucunu Tıbbi Cihaz Kurumu bildirmek.
- e. Bu Yönetmelik kapsamında oluşan doküman ve kayıtları Tıbbi Cihaz Kurumu'nun elektronik veri ortamına eş zamanlı olarak kaydetmek.
- f. Bu Yönetmelik kapsamında oluşan verilerin doğruluğunu, gizliliğini ve güvenliğini sağlamak.

Yönetmeliğin tamamına Tıbbi Cihazlar Kurumu'nun web sitesinden ulaşılabilir.

<https://www.titck.gov.tr/mevzuat/diagnostik-radyoloji-nukleer-tip-ve-radyoterapi-grubu-tibbi-cihazlarin-kalite-uygunluk-ve-kalite-kontrol-testleri-hakkinda-yonetmelik-27122021010359>

Yönetmelikte bahsedilen kılavuza Tıbbi Cihazlar Kurumu'nun web sitesinden ulaşılabilir.

<https://www.titck.gov.tr/mevzuat/diagnostik-radyoloji-nukleer-tip-ve-radyoterapi-grubu-tibbi-cihazlarin-kalite-uygunluk-ve-kalite-kontrol-testleri-hakkinda-yonetmelik-hukumlerinin-uygulanmasina-iliskin-kilavuz-24032022133824>

Hızlı bir şekilde hazırlanıp içeriği belli ancak uygulamada bir çok sorunla karşılaşılması olası bu Yönetmelik ve Kılavuz ile ilgili Dernek olarak gerekli eylemlerde bulunduk, bulunuyoruz. Bu Yönetmelik Tıbbi Cihazlar Kurumu'nun belirlediği konusunda uzman danışmanların ve Fizik Mühendisleri Odası'nın destekleri ile bu son halini almış bulunmaktadır. Bu duruma her ne kadar son anda dahil olmaya çalışsak

da Tıbbi Cihaz Kurumu ile direk görüşülüp, konu hakkında detaylı bilgi aldık. Sonrasında da Tıbbi Cihaz Kurumu'ndan üst yönetimin de katılım ile Çalıştay düzenledik. Bu Çalıştay'ımıza Tıbbi Cihaz Sektörel Hizmetler Dairesi Başkanı Servet Sarıhan Bey de konumuz olarak katıldı. Bu Yönetmelik ile ilgili detaylı bilgileri tüm katılımcı hocalarımıza açıkladı ve gelen sorulara ve eleştirilere de içtenlikle cevap verdi.

Gelişmeleri Medikal Fizik Derneği Yönetimi olarak takip etmekteyiz. "Birlikte Daha Güçlüyüz" sloganımızla yürürlüğe giren ve girecek mesleğimizi ilgilendiren konuları tüm paydaşlarla beraber çalışmaya açık ve istekliyiz. Dergimizin önümüzdeki sayılarında konuyla ilgili güncellemeleri paylaşacağız.



DIAGNOSTİK RADYOLOJİ, NÜKLEER TIP VE RADYOTERAPİ GRUBU TIBBİ CİHAZLARIN KALİTE UYGUNLUK VE KALİTE KONTROL TESTLERİ HAKKINDA YÖNETMELİK HÜKÜMLERİNİN UYGULANMASINA İLİŞKİN KILAVUZ

Yazımızın devamında 26 Mart 2022 yılında bu konun paydaşlarıyla birlikte yaptığımız "Çalıştay Sonuç Bildirgesi" ni bulabilirsiniz.



MEDİKAL FİZİK DERNEĞİ

Turkish Medical Physics Association

MEDİKAL FİZİK DERNEĞİ EĞİTİM ÇALIŞTAYI SONUÇ BİLDİRGESİ

Medikal Fizik Derneği 1988 yılında kurulmuş olan mesleki bir dernektir. Kurulduğu tarihten itibaren Ulusal ve Uluslararası bilimsel toplantılar ve kongreler düzenleyerek ülkedeki medikal fizikğin mesleki anlamda gelişmesine katkı sağlamıştır ve sağlamaya devam edecektir. 2011 yılında kanunla meslek tanımı da yapılmıştır.

26 Nisan 2011 tarih ve 27916 sayılı resmi gazetede MADDE 9 – 11/4/1928 tarihli ve 1219 sayılı Tababet ve Şuabatı San'atlarının Tarzı İcrasına Dair Kanuna aşağıdaki ek madde eklenmiş ve ek madde 13'te meslek tanımları yapılmış olup Sağlık Fizikçisi tanımı da aşağıdaki şekilde yapılmıştır:

Sağlık fizikçisi; fizik, fizik mühendisliği veya nükleer enerji mühendisliği eğitimi üzerine radyoterapi fiziği, diagnostik radyoloji fiziği veya nükleer tıp fiziği dallarının birinde yüksek lisans mezunu; ilgili uzmanının gözetiminde ve tedavi için yönlendirmesine bağlı olarak; radyasyon ile yapılan teşhis, görüntüleme ve tedavi sırasında ve sonrasında, gerektiğinde radyo izotop maddeleri ve iyonize ışın kaynaklarının kullanımından, uygulanmasından, korunmasından ve arıtılmasından sorumlu sağlık meslek mensubudur.

23 Aralık 2021 tarih ve 31698 sayılı resmi gazetede kurumunuz tarafından bizim mesleğimizi yakından ilgilendiren "DİAGNOSTİK RADYOLOJİ, NÜKLEER TIP VE RADYOTERAPİ GRUBU TIBBİ CİHAZLARIN KALİTE UYGUNLUK VE KALİTE KONTROL TESTLERİ HAKKINDA YÖNETMELİK " yayımlanarak yürürlüğe girmiştir.

Yayımlanmış olan bu yönetmeliğin "geçici madde 5: Bu Yönetmeliğin yayımlandığı tarih itibarıyla, cihazların kalite uygunluk ve kalite kontrol testlerinin bu Yönetmeliğe uygunluğu, radyoterapi grubu cihazlarda iki yıl, diagnostik radyoloji ve nükleer tıp grubu cihazlarda ise üç yıl içinde sağlanır." İbaresini yer almaktadır.

Yönetmelikte belirtilen iki üç yıllık uyum geçiş sürecine ülkemizdeki medikal fizikçileri bünyesinde bulunduran tek mesleki dernek olan Medikal Fizik Derneği olarak katkı sağlamak amacıyla 4 Mart 2022 tarihinde bu alanda eğitim veren 16 üniversitede yüksek lisans program yürütücülerinin katılımı ile ilk çevrim içi çalıştayı yaptık. Bu birinci çalıştayda ilgili yönetmelik ile başlayacak yeni süreçte mesleki bilgimiz ve tecrübelerimiz doğrultusunda bilimsel standartların belirlenmesine nasıl bir katkı vereceğimiz konusunda görüş alış verişinde bulunuldu. Bu amaçla da yüksek lisans eğitimi veren üniversitelerimizin program yürütücülerinin, TITCK - Türkiye İlaç ve Tıbbi Cihaz Kurumu yetkilerinin ve dernek yönetim kurulunun katılacağı 2. Çalıştayı 26 Mart 2022 tarihinde yüz yüze yapılmasına karar verilmiştir.

26 Mart 2022 tarihinde yapılan çalıştayda aşağıdaki tavsiye kararları alınmıştır:

1. Mevcut sayımızla çıkan yönetmeliğin gereklilikleri karşılaştırıldığında ortaya çıkan medikal fizikçi açığını gidermek için, yüksek lisans eğitimi veren kurumlar tarafından, eğitim kadrosu ve pratik eğitim için klinik şartların elverdiği ölçüde programlara alınan öğrenci kontenjanlarının artırılması.
2. Programlara Nükleer Tıp ve Radyoloji alanında mümkünse branş öğretim üyelerinin ders anlatabilmesi için gerekli düzenlemelerin yapılması.

3. Nükleer Tıp ve Radyoloji ile ilgili ders içeriği olmayan programlara, bu alanlarda asgari oranda gerekli temel konuları içeren derslerin eklenmesi. Bu kapsamda medikal fizik derneği eğitim komisyonu tarafından gerekli çalışmaların yapılması.
4. Nükleer Tıp ve Radyoloji alanında tez yapacak öğrencilerin pratik eğitim için geçici olarak bu konularda deneyimli merkezlerde bulunabilmesi için gerekli protokollerin oluşturulması.
5. Medikal Fizik Derneği tarafından üniversitelere ve TITCK'e destek olarak yılın belli zamanlarında radyoterapi, nükleer tıp ve radyoloji alanında ihtiyaç duyulan eğitimlerin ve kursların düzenlenmesi.
6. TITCK bünyesinde oluşturulacak komisyonlarda Medikal fizik derneği olarak her konuda işbirliği yapılması.

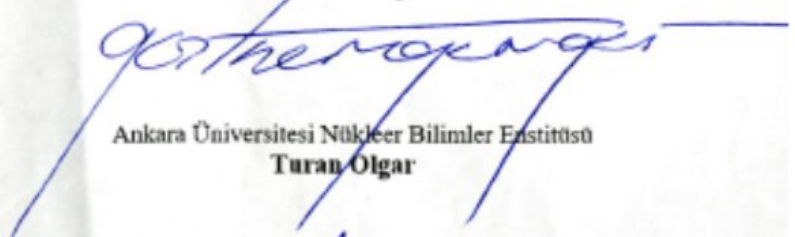
Çalışmaya katılan kurum ve üniversite temsilcileri

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Kerem Dürner



Akdeniz Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü
Nina Tuncel

Acıbadem Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü
Gökrem Güngör



Ankara Üniversitesi Nükleer Bilimler Enstitüsü
Turan Olgar

Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü
İsmail Fındıklı

Dokuz Eylül Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü
Ayşegül Yurt



Erciyes Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü
Kadir Yaray

Gölpazarı Sağlık Bilimleri Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü
Bahar Dirican

Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü
Mete Yeginer

İstanbul Medipol Üniversitesi Sağlık Bilimler Enstitüsü
Hilal Acar Demir



İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Nükleer Tıp
Mustafa Demir

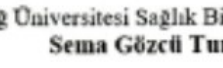


İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü
Hatice Bilge Becerir




Karadeniz Teknik Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü
Emel Hacıslamoğlu


Trakya Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü
Sule Parlar

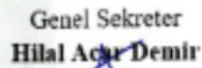

Uludağ Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü
Sema Gözcü Tunç


Yeditepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü
İpek Karaaslan

Medikal Fizik Derneği Yönetim Kurulu Üyeleri

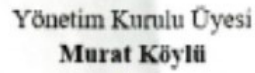

Başkan
Aydın Çakır


İkinci Başkan
Bülent Yapıcı


Genel Sekreter
Hilal Acar Demir


Yönetim Kurulu Üyesi
Murat Okutan


Yönetim Kurulu Üyesi
Emel Hacıslamoğlu


Yönetim Kurulu Üyesi
Murat Köylü


Yönetim Kurulu Üyesi
Tamer Başer

KÜRESEL RADYOTERAPİ: MEVCUT DURUM VE GELECEKTEKİ YÖNELİMLER DETAYLI RAPOR

HEALTH SERVICES RESEARCH

Global Radiotherapy: Current Status and Future Directions—White Paper

May Abdel-Wahab, MD, PhD¹; Soehartati S. Gondhowiardjo, MD, PhD²; Arthur Accioly Rosa, MD³; Yolande Lievens, MD, PhD⁴; Noura El-Haj, MSc¹; Jose Alfredo Polo Rubio, PhD¹; Gregorius Ben Prajogi, MD¹; Herdis Helgadóttir, MA¹; Eduardo Zubizarreta, MD¹; Ahmed Meghzifene, PhD¹; Varisha Ashraf, BSc¹; Stephen Hahn, MD⁵; Tim Williams, MD⁶; and Mary Gospodarowicz, MD⁷

Med. Fiz. Uzm. Eray Ergen

Özet

Kanserin dünya genelinde görülme sıklığının artışı ve kontrol altına alınmasına yönelik etkili tedavi girişimlerine duyulan ihtiyacı göz önünde bulunduran çeşitli örgütler, meslek odaları ve uluslararası kuruluşlar, genel insidansı en aza indirmenin yanı sıra tedavi seçeneklerini iyileştirmek ve mortaliteyi azaltmak için stratejiler önermiştir. Bu çabalara rağmen, 2018 yılına ait yaklaşık 9,6 milyon ölüm, bulaşıcı olmayan bu hastalığa atfedilmiş olup, kanseri dünya genelindeki ölümlerin ikinci önde gelen etmeni haline getirmiştir. Kanser, kontrol altına alınmadığı takdirde, çapını giderek genişleterek 2040 yılında dünya genelinde tahminen 29,5 milyon yeni vakayı ve 16,3 milyon ölümü beraberinde getirecektir. Kanser tedavisi hizmetlerinin radyoterapiyi içermesi gerektiği genel olarak kabul edilse de bu olanaklara erişim dünyanın birçok yerinde, özellikle düşük ve orta gelirli ülkelerde halen çok sınırlıdır. Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı, dünya genelindeki programlar da dahil olmak üzere radyoterapinin mevcut durumunu ve ayrıca küresel ölçekteki başarıları ve güçlükleri kapsamlı bir şekilde

gözden geçirdikten sonra, radyoterapinin mevcut durumunu daha yakından ele almak ve bu alanda gelecekteki yönelimler için bir yol haritası belirlemek amacıyla çeşitli radyasyon onkoloji derneklerini temsil eden uluslararası bir uzmanlar grubunu bir araya getirmiştir. Çok sayıdaki küresel ve bölgesel girişimlerin, koordinasyonun daha iyi yapılabileceği kolay erişilebilen bir veri havuzu da dahil olmak üzere merkezi bir çerçevenin varlığından daha fazla istifade edeceği sonucuna varılmıştır. Bu çerçeveyi destekleyerek, çeşitli ortamlarda güvenli, sürdürülebilir ve profesyonel bir uygulama için gerekli bilgi, beceri ve davranışı vurgulayan pratik bir yeterlilik envanterinin küresel düzeyde erişilebilir hale getirilmesi gerekmektedir. Bu detaylı raporda, küresel radyoterapinin mevcut durumuna ve gelecekteki toplumsal yönelimlere yer verilmiştir. Bu rapor, dünya genelindeki meslek toplulukları ile birlikte geliştirilecek bir eylem planının temelini oluşturur.

GİRİŞ

Dünya Sağlık Örgütü, ulaşılabilir en yüksek sağlık standardının her insanın temel hakkı olduğunu belirtmektedir. Kullanılabilirlik, erişilebilirlik, kabul edilebilirlik ve kalite gibi faktörler, ulaşılabilen en

yüksek sağlık standardını elde etmek için esastır. İyi bir sağlık hizmetinin gayri safi yurt içi hasılaya fayda sağlayabileceğine dair daha fazla kanıt bulunmasına rağmen, çoğu ülkede radyoterapi hala maliyet etkin bir yatırımdan ziyade bir masraf olarak görülmektedir. Lancet Komisyonları, sağlık hizmetlerine iyi erişimin sunduğu birçok fırsat hakkında değerli bilgiler sunar ve Küresel hastalık yükünü ve küresel toplumun karşılaştığı sağlığa ilişkin güçlükleri dikkate alır. Ülkeler enfeksiyon ve kardiyovasküler hastalıklardaki sonuçları iyileştirdikçe, bulaşıcı olmayan önemli bir hastalık olan kanser, büyük bir küresel sağlık sorunu olarak ortaya çıkmaya devam ediyor. 2018 yılında tahminen 9,6 milyon ölümün kansere atfedilmesi, onu dünya çapında ikinci önde gelen ölüm nedeni haline getirmiştir. Kanser, kontrol altına alınmadığı takdirde, çapını genişleterek 2040 yılında dünya genelinde tahminen 29,5 milyon yeni vakayı ve 16,3 milyon ölümü de beraberinde getirecektir. Kanser önlenmesinde, teşhisinde, tedavisinde, palyatif ve destekleyici bakım hizmetlerinde karmaşık işlemlere ihtiyaç duyulur. Kansere yönelik kapsamlı, etkileşimli, yüksek kaliteli hizmetlerin mevcudiyeti, etkili bir sağlık sisteminin birçok ihtiyacını kendiliğinden karşılayacaktır. Kanser tedavisinin desteklenmesi, sağlık sisteminin diğer kesişen alanları kapsamı bakımından bir çapa işlevi görebilir. Ne yazık ki, kanser yükünün arttığı birçok ülkede, altyapı, insan kaynakları ve kanser tedavisinin çeşitli bileşenlerine erişim eksikliği nedeniyle bu hastalıkla başa çıkma kapasitesi epey sınırlı düzeyde kalmaktadır. Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (IAEA), küresel kanser kontrolü çerçevesinde radyoterapinin mevcut durumunu gözden geçirmek üzere 2018 yılının Kasım ayında bir uzmanlar toplantısı düzenlemiştir. Bu

toplantıda dünya çapında radyasyon onkolojisini desteklemek için müşterek faaliyet fırsatlarının belirlenmesi de amaçlanmıştır. Toplantıda ayrıca küresel radyoterapi için finansman girişimlerini desteklemek amacıyla sosyal yardım, savunuculuk ve iletişim stratejilerine yönelik fırsatlar da gözden geçirilmiştir. Son olarak, radyasyon onkolojisindeki son gelişmeler ve gelecekteki araştırma yönelimleri de gözden geçirilmiştir. Bu belgenin amacı, müzakereleri özetlemek ve toplantı sırasında üzerinde anlaşmaya varılan gelecekteki yönelimleri sunmaktır.

Kanser tanısı alan tüm hastaların hemen hemen yarısında hastalığın seyri boyunca en az bir seans radyoterapiye gerek duyulduğuna ve bu oranın göğüs kanserinde %87'ye ulaştığına dair çok sayıda kanıt mevcuttur. Radyoterapi çok uygun maliyetli bir tedavidir ve dünya çapında etkili kanser tedavilerinin kritik bir bileşenidir. Küresel olarak kanser, ulusal sağlık harcamalarının yaklaşık %5'ini teşkil eder ve radyoterapi harcamaları da toplam kanser maliyetinin yaklaşık %5'ini oluşturur. Tüm bu rakamlara ve kanıtlara rağmen, içsel karmaşıklık ve yasal düzenlemeler, bu alandaki yatırımı karmaşık hale getirmektedir. Dünya genelinde radyoterapiye erişim epey heterojen olup, bu nedenle bir ülkenin sosyoekonomik koşulları genellikle mevcut kaynaklarla ilişkilidir. Radyoterapi makinelerinin milyon nüfus başına geçerli olan medyan sayısı ve yoğunluk aralığı, yüksek gelirli ülkelerde (HIC'ler) 5,1 (aralık: 0,4-11,6) ve düşük gelirli ülkelerde ise 0'dır (aralık, 0-0,4). Bir radyoterapi programı oluşturmak için gereken başlıca yatırım ile sürekli işletim ve bakım ihtiyaçları, düşük ve orta gelirli ülkelerin (LMIC'ler), bilhassa toplum sağlığı ile diğer kalkınma öncelikleri arasındaki rekabet karşısında, ulusal düzeyde

radoterapi erişiminde sürdürülebilir kalkınmayı başlatmayı ve devam ettirmeyi güçleştirir.³ Sağlık hizmetlerine daha fazla fonun aktarıldığı yüksek gelirli ülkelerde de aynı tabloyla karşılaşmaktadır.^{3,6} Bununla birlikte, daha fazla makineye sahip ülkelerde bile, teknolojinin uygulanmasındaki zorluklar, güvenlik ve kalite kontrol ile ilgili sorunlar ve profesyonellerin sürekli eğitim ve öğretiminin olmaması nedeniyle radyoterapinin uygun kullanımı ile ilgili zorluklar devam etmektedir.

BAĞLAM

Ana hedef

Radyoterapide karşılaşılan güçlüklerin birçoğunu irdeleyen ve kaynakların boşa harcanmasını ve emek israfını önleyen yekpare bir yaklaşımın desteklenmesi. Dünya genelinde kanserli tüm hastaların yüzde ellisi radyoterapiye ihtiyaç duyar ve bu temel tedaviye erişim epey heterojen bir dağılım gösterir. Birçok kurum ve kuruluş, kaynaklardaki boşlukları belirleyip giderme ve personelin eğitim ve öğretimini uyumlaştırma ve destekleme gayretindedir.

Bilgi Birikimi

Radyoterapiye erişimde karşılaşılan eksiklikler açıklanacaktır. Ayrıca, eğitim ve öğretimi destekleyen küresel ve bölgesel girişimler, radyoterapi kullanılabilirliğinin değerlendirilmesi, radyoterapi araştırmaları ve gelecekteki yönelimler vurgulanacaktır.

Uygunluk

Küresel radyoterapinin mevcut durumu ve gelecekteki yönelimleri hakkında bilgi ve süregelen birçok girişim, iş birliği faaliyetlerini düzene sokacak ve kaynakların daha verimli kullanımına yol açacak yekpare bir eylem

planı ve çerçevesi için bir temel oluşturacaktır.

RADYOTERAPİDE KÜRESEL İŞ BİRLİĞİ

Küresel çapta kanser sağlık hizmetlerine erişimin yanı sıra sağlık hizmetlerinin mevcudiyeti, tedavi masraflarını karşılayabilme ve modern kanser tedavisinin muhtemel faydalarının farkında olma hususlarında da büyük bir çelişki bulunmaktadır. Nüfusa dayalı çıktıları iyileştirmek için bu engellerin birer birer ele alınması gerekir.

Küresel sağlıkla iştigal eden, her biri belirli bir görev ve misyon hedefleri olan birçok kurum ve meslek kuruluşu vardır. Dünyadaki artan kanser krizine yanıt olarak, bu aktörlerin çoğu, iş birliğini geliştirmek ve mevcut kaynakların kullanımını en üst düzeye çıkarmak üzere çalışmalarını koordine etmek için emeklerini birleştirmektedir. DSÖ ve IAEA, kanserin daha iyi kontrol altına alınmasını sağlamak üzere destekleme ve çok sayıda eylemde yer almıştır.^{13,14} DSÖ, palyatif bakıma, cerrahiye, temel ilaçlara ve genel kanser kontrolüne daha iyi erişim için çağrıda bulunan birçok kararı benimsemiştir. Keza, IAEA de, sağlık için güvenli nükleer tabanlı teknolojiler sağlama konusunda ülkelere eğitim, danışmanlık ve destekleme süreçlerinde rol almıştır. Bu bağlamda IAEA, güvenli ve verimli radyoterapi, tanısal görüntüleme ve nükleer tıp hizmetlerine erişimin iyileştirilmesi üzerinde çalışmaktadır. Bu amaca ulaşmak için IAEA, yeni ve mevcut tesisler için kılavuzlar oluşturur ve tedariki destekler. Ayrıca, IAEA, dünya çapındaki radyoterapi kaynaklarına ilişkin tek veri tabanı olan web tabanlı uluslararası radyoterapi merkezleri rehberini yönetmektedir.

Hastalık Kontrol Öncelikleri'nin (DCP3) yakın

zamanda yayımlanmış olan üçüncü baskısında, kanserin kontrol altına alınmasında bir dizi en iyi satın alma uygulamalarına yer verilmiştir. Radyoterapi artık en kapsamlı kanser kontrol planlarına dahil edilmiştir. Ayrıca nükleer tıp, tanısal görüntüleme ve radyoterapi hizmetlerinin tesis edilmesi için ulaşılması gereken çeşitli kilometre taşlarının bilinmesi de önemlidir.

Uluslararası Kanser Kontrol Ortaklığı portalı, kapsamlı kanser hizmetlerinin uygulanması için mevcut ulusal kanser planlarını ve kılavuzlarını bir araya getirir. Uluslararası Kanser Kontrol Birliği'nin, kanser tedavilerine erişimi iyileştirmek için ortaklıklar oluşturma çağrısında bulunan Herkes için Tedavi adlı yeni bir girişimi vardır. Önleme, kanser kontrolünün önemli bir bileşeni olmasına rağmen, tüm kanser türleri önlenemez ve çoğu etkili bir şekilde tedavi edilebilir. Union for International Cancer Control City Cancer Challenge (CCan) tarafından başlatılan yeni girişim, kanser tedavisine erişimi daha iyi hale getirmek için LMIC'lerdeki bir milyondan fazla insanla dünya genelindeki şehirlerde faaliyetlerine devam ediyor.¹⁹ CCan faaliyetleri, CCan girişiminin radyoterapi, radyolojik tanılama ve nükleer tıp bölümünü aktif olarak destekleyen IAEA da dahil olmak üzere sivil toplum, akademi, endüstri ve Birleşmiş Milletler (BM) kurumları dahil olmak üzere çok sektörlü bir paydaş grubu tarafından desteklenmektedir.

RADYOTERAPİDE KULLANILABİLİRLİK VE İHTİYAÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Bir ülke veya bölge düzeyinde radyoterapideki ihtiyaçların ve eksikliklerin değerlendirilmesi, süreçlerin, insan kaynaklarının ve altyapının yeterli

şekilde planlanması için ilk adımdır. Veriye dayalı sağlık hizmeti planlaması, yalnızca muazzam fırsatlar sunmakla kalmaz, aynı zamanda veri toplama ve değerlendirmede birçok zorluğu da beraberinde getirir.

Bunun bir örneği, Avrupa Radyoterapi ve Onkoloji Derneği'nin Radyasyon Onkolojisinde Sağlık Ekonomisi Projesi (ESTRO-HERO) tarafından yapılan araştırmadır. Bu proje, milyon nüfus başına mega voltajlı makine sayısında altı kat, milyon nüfus başına radyasyon onkoloğu sayısında 15 kat ve milyon nüfus başına tıbbi fizikçi sayısında 20 kat değişim olduğunu göstermiştir. Bununla birlikte, ülkeler arasında personel verilerinin yorumlanması, her ülkede radyasyon onkolojisi uzmanlarının farklı profesyonel roller ve sorumluluklar üstlenmesi gerçeğiyle karmaşık hale gelmektedir. Ek olarak, kaynak mevcudiyetindeki farklılıklar, kanser insidansındaki ve sosyoekonomik hususlardaki çeşitlilik, teknolojinin benimsenme aşaması ve ilgili tedavi karmaşıklığı ile açıklanabilir ve bu da profesyonel başına ve yılda mega voltaj birimi başına verilen seanslarda önemli farklılıklara neden olur. Sonuç, kanserli dört hastadan en az birinin kanıta dayalı radyoterapiye erişimi olmamasıdır. Sosyoekonomik yönlerin yanı sıra komorbidite ve ileri yaş gibi faktörler; uzmanların kendi terapilerini önerme eğiliminde olduğu hekim yanlılığı; ve hastaneye olan uzaklığa göre belirlenen coğrafi erişim, erişilebilirlikteki çeşitlilikte rol oynar.

Bu durum küresel ölçekte daha da güçleşmektedir. Buna özellikle LMIC'lerde rastlanır. 2040'a kadar yıllık kanser vakalarının %67'si LMIC'de olacaktır ve gelecekteki bu zorluğun üstesinden gelmek için yeterli kaynak seferberliği bulunmamaktadır. Lancet

Komisyonu, dünya çapında radyoterapinin yükünü ve talebini analiz etmiş ve dünya çapında bulunabilirliğindeki büyük eşitsizlikleri ortaya koymuştur. Lancet Onkoloji Komisyonu'nun radyoterapi hakkındaki raporu, radyoterapiye erişimdeki eksikliği ve bu eksikliği kapatmanın maliyetini nicel hale getirmiştir. Radyoterapinin dünya çapında yaygınlaştırılmasını ve radyoterapiye uygun erişim sağlandığında ve tedavi edici kanser bakım hizmetlerinde kullanıldığında gayri safi yurtiçi hasıla üzerindeki potansiyel faydayı desteklemek için bir yatırım görüşünde bulunmuştur. Elde ettikleri bulgular, 2035 yılına kadar radyoterapiye optimal erişim yoluyla yılda yaklaşık bir milyon hayat kurtarma potansiyelinin, 20 yıllık ölçek büyütme döneminde 365 milyar ABD dolarına (USD) kadar net makroekonomik faydaya yol açacağına işaret etmiştir. ESTRO'nun Onkolojide Radyoterapinin Küresel Etkisi projesi, Kanser Kontrolü için Radyoterapiye İlişkin Küresel Görev Gücü'nün (GTFRCC) dünya çapında radyoterapinin faydaları konusunda farkındalığı artırma çabalarını sürdürmeyi amaçlamaktadır.

Söz gelimi, yüksek nüfus yoğunluğuna sahip Asya Pasifik bölgesi, yatırım yapılacak sermaye kaynaklarının ve tam radyoterapi kapsamına ulaşmak için eğitilecek insan kaynaklarının mutlak sayısı açısından en büyük zorluğu teşkil eder. Buna karşılık, 27 ülkenin her türlü radyoterapiden yoksun olduğu Afrika, radyoterapi ihtiyaçlarını karşılamak için atılacak önemli adımlar ile radyoterapi kaynakları oluşturma zorluğuyla karşı karşıyadır.

İhtiyaç duyulan radyoterapi kaynaklarının sayısı ile ilgili gerçek öneriler, tipik olarak, zaman içindeki anlık bir kareyi temsil eder ve radyasyon tedavisi

endikasyonları, teknikleri ve fraksiyonlama programlarındaki hızlı değişimi yeterince hesaba katmaz. Zamana dayalı faaliyet esaslı maliyetlendirme yöntemlerinin kullanımına veya kanser türüne özgü maliyetlendirme modeline dayanan çeşitli maliyetlendirme modelleri mevcuttur.

Radyoterapi ekonomik bir tedavidir. Bununla birlikte, radyoterapi toplam kanser tedavi bütçesinin yaklaşık %5'ini ve toplam sağlık hizmetleri bütçesinin yaklaşık %0-%5'ini oluştururken, kanser tedavi maliyetlerinin en yüksek oranı tipik olarak ilaçlar ve hastanede kalışlarla ilgilidir.

GTFRCC, açığı kapatmak için 20 yıldan fazla bir süredir ihtiyaç duyulan radyoterapiye yapılan küresel yatırımların yaklaşık 184 milyar ABD doları olduğu tahmin edilmektedir. Maksimum verimliliğin tespit edilmesi durumunda maliyet yarıya inecektir. Bu tür bir yatırımın beklenmedik faydaları söz konusudur: 2035 yılına kadar optimal radyoterapi, yılda bir milyon hayat kurtarmamızı sağlayacak. Böylece GTFRCC hesaplamaları, yatırılan her bir dolar için 6 USD'ye varan getiri ile, açıkça pozitif bir yatırım getirisi göstermiştir. Bu tür verilerin gücüne rağmen, "hastalar için önemli olan sağlık sonuçları, bu sonuçların elde edilmesinin maliyetiyle ilişkili olarak" olarak tanımlanan radyoterapinin değeri hakkında daha fazla kanıtı ihtiyaç vardır. Onkoloji için geliştirilen mevcut değer araçları çoğunlukla onkoloji ilaçlarının değerine odaklanır ve sadece sistemik olmayan tedavi stratejileri bağlamına aktarılamaz. Bunun nedeni, cerrahi ve radyoterapideki yeniliklerin farklı doğasının yanı sıra elde edilen sonuçlar ve bunları değerlendirmek için gereken kanıtlardır.

Tedavi makinelerinin satın alma maliyetlerini düşürmek ve kaynakların en verimli şekilde kullanılmasını sağlamak üzere cihaz üreticileriyle birlikte çalışmak için daha fazla çaba gösterilmesi gerekmektedir. Makinelerin işleyişinde daha fazla standardizasyon ve geliştirilmiş ara bağlantı da gereklidir. Ayrıca, yeni teknolojinin geliştirilmesi için ön koşullara ilişkin rehberlik sağlanmalıdır.

RADYOTERAPİ UZMANLARINDA EĞİTİM VE ÖĞRETİM

Ekipman ve tesislere ek olarak, sürdürülebilir ve işlevsel bir radyoterapi programı sağlamak için radyoterapi uzmanlarının mevcudiyeti çok önemlidir. Eğitimli profesyonellerin eksikliği, kanser hastaları için radyoterapiyi erişilebilir kılmak açısından aşılması gereken ciddi bir engeldir.¹⁰ Bu konunun ele alınması, her ülkenin karşılaştığı benzersiz gerçeklere ve zorluklara karşılık gelen eğitim ve öğretim stratejileri geliştirmek ve uygulamak için kayda değer bir zaman ve emek gerektirir. Bu eğitim girişimleri, günümüzde ülkeye veya bölgeye özgü olma temayülündedir ve tıbbi uygulama ve eğitime yön veren standartlar ve düzenlemelerdeki farklılıklar nedeniyle birbirinden bir şekilde izole edilmiştir.

Eğitimli profesyoneller, radyoterapinin sürdürülebilir olarak gelişmesi açısından kilit öneme sahiptir ve herhangi bir Ulusal Kanser Kontrol planında stratejik bir değerlendirme olmalıdır. Sadece profesyonel sayısı değil, daha da önemlisi mesleki eğitimin kalitesi de dikkate alınmalıdır. Medikal fizikçiler, radyasyon terapistleri ve radyasyon onkologları gibi radyoterapi uzmanlarının başlangıç eğitim ve öğretiminin yanı sıra bilgi ve becerilerini güncellemek veya genişletmek için

önceden eğitim almış profesyonellerin sürekli eğitim ve öğretiminin desteklenmesi bir önceliktir.

Her ülkenin ve bölgenin özel ihtiyaçlarının dikkate alınması, sonuçların iyileştirilmesi için esastır. IAEA gibi kuruluşların uzun vadeli ve kısa vadeli burslar, eğitim ve öğretim çalıştayları ve sanal eğitim platformlarının desteğiyle küresel koordinasyonu bu amaçın desteklenmesinde etkili olmaya devam ediyor.¹³

Radyoterapi uzmanı sayısında kıtlık yaşandığı bildirilmiştir. Örneğin, Asya'da bu eksiklikler hem Sri Lanka ve Bangladeş gibi LMIC'lerde hem de Japonya ve Güney Kore gibi yüksek ve orta gelirli ülkelerde görülmektedir. Radyasyon Onkolojisi üyesi ülkeler için Asya Örgütleri Federasyonu tarafından yakın zamanda yapılan bir ankete göre ,bölgenin radyasyon onkoloğu ihtiyacının sadece %54'ü karşılanmış olup, çoğu ülkede yılda 10 yeni radyasyon onkoloğu yetişirken 200'den fazla makine sıkıntısı çekilmektedir. Bu ülkelerin mevcut kapasitelerinde, eğitim kapasitesi, milyon nüfus başına 1 megavolt birimlik dönüm noktasına ulaşılmasında önemli bir darboğaz haline geliyor. Benzer bir tablo, birçok ülkede radyoterapi medikal fizikçileri ve radyasyon terapistleri için yeterli eğitim programlarının bulunmadığı medikal fizikçiler ve radyasyon terapistleri için de söz konusudur. Yine benzer bir durum, ülkelerin yalnızca küçük bir bölümünün radyoterapi ile ilgili meslekler için eğitim programlarına sahip olduğu Afrika'da rapor edilmiştir.

NOT: DIRAC'ın çevrimiçi baskısı, dünya genelindeki radyoterapi kaynakları hakkında 1995'ten beri toplanan verileri içerir. Bu baskı, düzenli olarak güncellenir ve dağıtılan anketlere verilen yanıtlara dayalı olarak IAEA için mevcut olan en güncel bilgileri

içerir. IAEA, bilgilerin doğruluğu, eksiksizliği, güvenilirliği veya uygunluğu ile ilgili açık veya zımni hiçbir garanti vermez. Belirli şirketlerin veya ekipmanların adlarının belirtilmesi, mülkiyet haklarını ihlal etme niyetini göstermez ve IAEA'nın bir onayı veya tavsiyesi olarak yorumlanmamalıdır. DIRAC içinde yer alan materyalden alıntılar, DIRAC veritabanının onaylanması koşuluyla serbestçe kullanılabilir.

Gerekli sayıda eğitilmiş personel yetiştirmek günümüzde zaten kayda değer bir güçlük teşkil eder ve talepteki sürekli artış bu sorunu daha da büyütecektir. Eğitim programları, kısmen mevcut öğretim personelinin sayısına bağlı olarak, herhangi bir zamanda yalnızca sınırlı sayıda kursiyeri destekleyebilir. Sınırlı eğitim kapasitesi, mevcut profesyonellerin yüksek hasta iş yükleri nedeniyle daha da azalır ve öğretim için daha az zaman kalır. Yeni radyasyon onkolojisi uzmanlarının eğitim ve öğretiminin hızlandırılması, kanser insidansındaki artış hızının çok gerisinde kalmamalıdır. Böyle bir gecikme, yeterli sayıda eğitilmiş profesyonelin eğitimini imkânsız kılmasa da çok daha zor hale getirecektir. Ayrıca, personel eğitiminin süresi ve eğitim kurumunun yeterliliği, tutarsız olabilecek ve yeterli insan kaynağına zorluk çıkarabilecek diğer alanlardır.

Ayrıca, bir ülkedeki nispi kapasite fazlasının, sağlık profesyonellerinin ulusal sınırlar ötesindeki hareketinin kısıtlı doğası nedeniyle, diğer ülkelerdeki açığın azaltılmasına mutlaka katkıda bulunmayacağını belirtmek önemlidir. Karşılıklı tanıma, sağlık profesyonellerinin akışını sağlamak açısından faydalıdır, ancak bölgesel veya küresel düzeyde daha da fazla eşitsizliğe yol açan beyin göçü olarak bilinen

bir olguya neden olan tek yönde tercihli hareketler de dahil olmak üzere bazı olumsuzlukları da beraberinde getirir. Bu nedenle, diğer ülkelerdeki radyoterapi uzmanlarının eğitim ve öğretiminin kapasitesini ve/veya kalitesini artırmak için bir ülkedeki fazla eğitim kapasitesinin kullanılmasına izin vermeyi amaçlamak daha gerçekçidir.

Çeşitli küresel eğitim ağıyla, radyoterapi uzmanlarının eğitim ve öğretimi için küresel düzeyde tek bir sistemin kabul edilmediği hemen görülmektedir. Dünya genelinde radyasyon onkolojisi uzmanlarının eğitim ve öğretimine yönelik sistemlerin, modellerin ve gereksinimlerin çeşitliliği, her ülkenin farklı ihtiyaçlarını yansıtmaktadır. Bununla birlikte, farklı sistemler arasında ortak standartlar, gereksinimler ve yetkinlikler belirlemek mümkündür. En iyi uygulamalar da sistemler arasında paylaşılmış ve uyarlanmış; sistemden bağımsız eğitim girişimlerinin küresel olarak kullanıma sunulması ve kullanılması giderek yaygınlaşmıştır. Radyasyon onkologları için IAEA müfredatı, asgari bir standardın geliştirilmesi için iyi bir başlangıç noktasıdır.

Bununla birlikte, küresel ve bölgesel girişimler, bilgi sistemlerinin güçlendirilmesinden ve kaynaklara erişilebileceği ve sorgulamaların yapılabileceği kolay erişilebilir bir arşiv olan merkezi bir çerçevenin varlığından daha fazla fayda sağlayacaktır. IRIS42 platformunu kullanan IAEA, şu anda dünya çapında bir radyoterapi eğitim kaynakları veri tabanı geliştirmektedir. Bir dizi anket yoluyla, radyoterapi uzmanlarının eğitim ve öğretimi için yeni fırsatlar getiren, önceden bilinmeyen eğitim tesisleri ve kaynakları belirlenmiştir.

KÜRESEL RADYOTERAPİDE ARAŞTIRMANIN ÖNEMİ

Araştırma, klinik ve eğitim veya öğretim faaliyetleri ile birlikte kanser kontrolünün uzun vadeli iyileştirilmesi için önemli bir dayanaktır ve radyoterapide ilerleme ve bilimsel temelli yönetim sağlar. Ancak, araştırma faaliyetlerinin doğası ve uygulaması, yerel olarak mevcut kaynaklara ve ülkedeki araştırma ağının geri kalanıyla etkileşime göre değişebilir. Araştırma birimleri, bir mükemmellik ve liderlik ortamı yaratır ve tümü yaşam kalitesini ve kanser sonuçlarını iyileştirmeyi amaçlayan radyasyon onkolojisi alanındaki tıbbi bilimsel bilgilere katkıda bulunur.

IAEA'nın Koordineli Araştırma Programı gibi klinik araştırmaları içeren uluslararası çok-kurumlu küresel araştırmaların birçok eşsiz faydası vardır.^{14,43} Bu tür araştırmalar, LMIC'lerdeki radyasyon onkolojisi uzmanlarını yeni klinik araştırma faaliyetlerine ve kanıta dayalı tıbbi tanıtmanın katma değerine sahiptir. Ayrıca, HIC'lerdeki araştırmacılar ve araştırmacılarla işbirliğini kolaylaştırır. Sonuçlar, tedavi bölgesinin seçimindeki yanlılığını en aza indirebilir. Örneğin, yalnızca HIC kurumlarından elde edilen araştırma sonuçları, LMIC'de kullanıldığında doğrudan etki etmeyebilir. Çok çeşitli ülkelere ve klinik ortamlardan katılımın, LMIC ortamına aktarılabilir gerçekçi sonuçlar üretmesi daha olasıdır.

Ek olarak, radyasyon onkolojisinde, kanıta dayalı müdahaleler ile bunların toplum uygulamalarına, özellikle LMIC'lere sunulması arasındaki bilgi boşluğunu ele almak için uygulama araştırması çok önemlidir. Sağlık sistemlerindeki karmaşıklıkları ve müdahalelerin maliyet değerlendirmesini belirlemek

ve sürdürülebilirlik stratejilerini tanımlamak için araştırmaya ihtiyaç vardır.

Koordineli araştırma faaliyetleri gibi eğitim araştırmaları, katılımcı ülkelere çeşitli faydalar sağlayabileceği için dünya çapında araştırmayı desteklemede zorunludur. Bu faydalar, bilim adamlarına ve kurumlara başka türlü mümkün olmayan araştırmalar yapmaları için fırsatlar sunmak şeklinde olabilir. Ayrıca, koordineli araştırma faaliyetleri, çeşitli alanlarda uzman ve deneyimli araştırmacılara ve dünya çapındaki araştırma ağlarına erişim sağlar, bu da kaynak tasarrufuna, yeni teknoloji kullanımı konusunda eğitime ve ülkedeki gelecekteki araştırma faaliyetlerine genel desteğe yol açabilir.¹³

KÜRESEL RADYOTERAPİDE SAVUNUCULUK VE ERİŞİM

Bugüne kadar, hepsi ortak bir hedefi paylaşan, radyoterapiyi iyileştirmek ve tedaviyi geliştirmek olan BM, devlet kurumları, ulusal ve bölgesel tıp dernekleri ve sivil toplum kuruluşları gibi uluslararası kuruluşlar dahil olmak üzere çeşitli paydaşları içeren bu kesin soruyu ele almaya çalışan, devam eden çeşitli girişimler vardır. Geçmiş veya devam eden girişimlerin birçok örneği vardır. Bu çeşitli paydaşlar, uluslararası kuruluşlar ve tıbbi kurum ve kuruluşlar tarafından yürütülen çalışmalar ve girişimler arasında, ülkelere sağlanan iş, öneriler ve destek genellikle örtüşmektedir. Bununla birlikte, radyoterapinin rolü ve önemi ile ilgili farkındalığın ve anlayışın artırılmasında ve erişilebilirliğinin artırılmasında bugün karşılaşılan zorlukların çoğuna değinmek için her zaman ortak bir yaklaşım yoktur. Bu nedenle, sorunlar genellikle küresel ölçekte kapsamlı bir şekilde ele alınmaz, daha

ziyade ulusal veya bölgesel olarak ele alınır, bu da sonuçların her zaman tekrarlanabilir ve dünya çapında uygulanabilir olmadığı anlamına gelir.

KÜRESEL RADYOTERAPİ İÇİN GELECEKTEKİ YÖNELİMLER

Toplantı sırasında, küresel radyoterapi topluluğu için gelecekteki yönelimler de ele alınmıştır. Aşağıda bu müzakerelerin bir özeti bulunmaktadır.

Yeni iletişim teknolojilerinin ortaya çıkışı, bilginin yaratılmasını ve dağıtımını her zamankinden daha kolay hale getirmiştir. Genel olarak sağlık hizmetleri ve özel olarak radyoterapi dahil olmak üzere toplumun tüm alanlarında yeni küresel kamu bilgisi ve söylemi üretmeye ihtiyaç vardır. Bilginin katlanarak büyümesi, küresel olarak kabul edilen yönergelere, uygulamalara ve ortaklıklara duyulan ihtiyacı vurgulamıştır. Birleşik ve eşgüdümlü rehberlik, emek tekrarını önleyebilir ve en iyi uygulamaların hızla yayılmasını teşvik edebilir. IAEA, yeni bir radyoterapi departmanının nasıl kurulacağına ve kalite kontrol programlarına nasıl rehberlik edileceğine, radyoterapide güvenli uygulamalara ve diğerlerine ilişkin kılavuzlar içeren birçok kaynak yayımlamıştır.⁵⁰

Ayrıca, radyoterapiye hazırlık değerlendirmesi, yerel uyarılma için kılavuzların uyarlanması, yeni teknolojilerin uygulanması ve diğerleri için araçlara ve teknik paketlere ihtiyaç vardır. Tesislerin ve programların zaman içinde aşamalı olarak büyüdüğü varsayılarak, ülkeler için faydalı araçlar geliştirilmelidir. Bununla birlikte, ülkelerin daha düşük düzeyde tedavileri benimsemesini önlemek için etik sonuçlara ilişkin bir uyarı notu gereklidir.

Dizinler ve veri tabanları, global radyoterapideki faaliyetlerin takibi için gereklidir. IAEA'nın Radyoterapi Merkezleri Dizini gibi bazı dizinler halihazırda mevcuttur, ancak gelecekte daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır. Özellikle eğitim ve yeniden eğitim fırsatları ile sınır ötesi değişimleri listeleyen dizinler küresel olarak mevcut olmalıdır. Ayrıca, kurum ve kuruluşlar arasındaki etkili ortaklıklar ve eşleştirme düzenlemeleri örnekleri, bu tür programları uygulamaya koymak isteyenlere yardımcı olabilir. IAEA, iletişimi geliştirmek ve bu alanda iş birliğini kolaylaştırmak için şu anda IAEA İnsan Sağlığı Kampüsünde barındırılmak üzere küresel bir veri tabanı kuruyor.

Radyoterapide işbirlikçi, veriye dayalı politika oluşturma, sağlık sisteminin diğer unsurlarıyla entegre edilmelidir. Farklı organizasyonlar, projeler ve iş birlikleri, radyasyon onkolojisi bağlamında Sağlık Hizmetleri Araştırma sorularını destekleyen kanıtlar üretmeye ve araçlar geliştirmeye çaba sarf etmiştir. Yine de doğru kaynak maliyetleri ve radyoterapinin değeri gibi belirli yönlerle ilişkin kanıtlar bugüne kadar yetersiz ve dağınık durumdadır. Ayrıca, hızla gelişen radyoterapi tedavileri, teknikleri ve teknolojilerinin, eşit derecede hızlı değişen bir onkoloji ortamı içinde yer alan gerçek bağlamı, mevcut kanıtların hızla geçerliliğini yitirmesine neden olmuştur. Bu durum, daha kalabalık olan toplumlar için doğru tahmin modelleri ve kullanılabilirlik ve erişim, maliyet etkinliği ve değeri ile radyoterapi yeniliklerinin kabul edilebilirliği ve satın alınabilirliğinin sürekli olarak yeniden değerlendirilmesini gerektirir. Bu, bireysel organizasyonlar veya projeler tarafından ele alınamayacak, ancak radyasyon onkolojisinde Sağlık

Hizmetleri Araştırması ile ilgili alandaki tüm aktörlerin geniş bir iş birliğine fayda sağlayacak bir çabadır. Radyasyon onkolojisi topluluğu, ancak bizim çabalarımıza katılarak, çok disiplinli tedavilerinin bir parçası olarak radyoterapiye ihtiyaç duyan tüm kanserli hastaların yararına yerel, ulusal ve küresel düzeyde radyoterapiyi teşvik etmek için gerekli yeterli bilgiyi sürekli olarak sağlayabilecektir.

Radyoterapide profesyonellerin eğitimi ve öğretimi, sağlık hizmetlerinin sürdürülebilir sunumunun merkezinde yer almaktadır. Gelecekte yenilikçi yaklaşımlara ve uyumlulaştırılmış müfredatlara ihtiyaç duyulacaktır. IAEA, radyasyon onkologları, tıbbi fizikçiler ve radyasyon terapistleri için küresel çaplı bir ana müfredat geliştirmiştir. IAEA ve ESTRO halen radyasyon onkolojisinde güncellenmiş yeni bir müfredat oluşturmak için birlikte çalışmaktadır. Dünya genelinde eğitimi desteklemek amacıyla kolay erişim için çevrimiçi platformlara seçkin içerikler dahil edilmelidir. Kapsamlı açık çevrimiçi kurslar, Uzaktan Yardımlı Çevrimiçi Eğitim ve Uygulamalı Onkoloji Bilimleri uzaktan eğitim kursu ve diğerleri gibi IAEA Öğrenim Yönetim sistemi aracılığıyla IAEA kurslarına benzer çok ihtiyaç duyulan araçları sağlayabilir. Profesyonel topluluklar ve diğer paydaşlar, radyoterapide çalışan yeni nesil profesyoneller için yenilikçi araçlar ve platformlar üretmek için mevcut içerik ve materyallerden yararlanmalıdır.

Modern bilgi ve iletişim teknolojileri, modern teknolojilerin klinik uygulamaya daha hızlı uygulanmasına izin verir. Telekomünikasyon, otomasyon, uzaktan destek, sanal işbirlikçi alanlar ve ortaklıklar, sağlık hizmetlerinde yeterince kullanılmamaktadır ve uygun maliyetli uygulamayı

hızlandırmalıdır. IAEA, Afrika Radyasyon Onkolojisi Ağı gibi sanal tümör panoları aracılığıyla teknolojik ilerlemeler ve İnsan Sağlığı Kampüsü, uygulamalar ve konferans ve seminerlerin canlı akışı aracılığıyla uzaktan eğitim ile ilerlemiştir. Teknolojik yenilikler, radyoterapiye erişimdeki boşluğu kapatmaya yardımcı olacaktır. Yeni radyoterapi hizmetlerinin uygulanması her zaman eğitim ve araştırmayı yaygınlaştırma çabalarıyla birleştirilmelidir.

Eğitim için yenilikçi yaklaşımlar öngörülmüştür. İşyeri temelli doğası nedeniyle, radyoterapi uzmanlarının eğitim ve öğretimi, bunun önemli bir bölümünün yerel olarak veya en azından mezunların çalışacağı beklenen ortamlara benzer ortamlarda gerçekleştirilmelidir. Ancak bu, profesyonel eğitimin ayrı, sıkı denetimli mekanlarda düzenlenmesi gerektiği anlamına gelmez. Eğitim ve değerlendirmelerin boylamsal süreci genelinde, bir kursiyerin küresel düzeyde uzmanlara ve diğer ilgili kaynaklara erişmesi için çeşitli fırsatlar mevcuttur -tek sorun bu bağlantıyı kursiyer tarafından kolayca görünür kılmaktır-. Ana işlevlerinden biri, kursiyerlerin eğitimini ve değerlendirmelerini belgeyen küresel bir portföy sunmak olan bir merkez, küresel eğitim programı için ilkel bir yapı sağlayacaktır ve uluslararası girişimleri çeşitli eğitim ve değerlendirme gereksinimleriyle birleştirerek, yerel eğitim deneyiminin küresel düzeyde uzmanlar, kaynaklar ve diğer kursiyerlerle etkileşim yoluyla zenginleştirilebileceği ve geliştirilebileceği harmanlanmış bir öğrenme ortamı oluşturulacaktır. Böyle bir yaklaşımın bir örneği, IAEA'nın AMPLE (İleri Tıbbi Fizik Öğrenme Ortamı) platformudur. IAEA tarafından geliştirilen bu ortam, yerli tıp fizikçilerine hastanelerdeki klinik eğitimlerini

geliştirmek için rehberli öğrenme materyalleri ve uzaktan mentorluk sağlar.

Bu küresel portföy aynı zamanda küresel düzeyde karşılıklı tanınmayı teşvik edecek, çevrimdışı düzeyde daha fazla alışverişi destekleyecek ve geleceğin profesyonelleri arasında kariyerlerinin çok erken bir aşamasında güçlü bağlar kuracaktır. Tıp eğitimi, tıp fakülteleri ve uzmanlık programlarının ötesine, sürekli mesleki gelişim alanlarına uzanan yaşam boyu süren bir süreçtir. Halihazırda bilgi, beceri ve tutumun örgün eğitim ve öğretimin ötesinde nasıl geliştiği üzerinde herhangi bir kontrol ölçüsüne sahip olmak şu anda küresel olarak çok zor olsa da, portföy aynı zamanda uygulayıcı profesyonellerin meslekte gelişen standartları takip etmelerine izin verebilir.

IAEA, bu girişimin geliştirilmesinde stratejik bir rol oynayacaktır. BM ailesinde bağımsız bir devletler arası kuruluş olan IAEA, potansiyel olarak ulusal veya bölgesel profesyonel kuruluşların karşılaştığı engeller üzerinde köprüler oluşturabilir. Radyasyon onkologları, medikal fizikçiler, radyasyon terapistleri ve onkoloji hemşireleri için yayımlanan müfredat serisi küresel standartlardır ve bu tür çalışmalar çeşitli toplumlar ve profesyonellerle tek bir çatı altında iş birliği ile gerçekleştirilebilir. Ek olarak, IAEA'nın insan sağlığı kampüsü, e-öğrenme modüllerine, web seminerlerine ve diğer kaynaklara erişen 210 ülke ve bölgeden kullanıcı sayısında yıllık %20'lik bir büyüme kaydetmiştir. 2010'daki resmi lansmanından bu yana, radyasyon tıbbi alanında profesyonellerin eğitim ve öğretimi için sürdürülebilir bir platform olarak kullanımında büyük umut vaat ediyor. IAEA'nın yetkisi, onu radyoterapi uzmanlarının küresel düzeyde eğitim ve öğretimini desteklemede stratejik bir role

yerleştirir ve İnsan Sağlığı Kampüsü gibi mevcut kaynakların daha da geliştirilmesi, eğitimde küresel bir iş birliği yaklaşımının geliştirilmesini desteklemek için faydalı olacaktır.

Eğitim ve öğretim programlarının küresel yeterliliğe dayalı sertifikasyonu ve akreditasyonu, küresel radyoterapide bir zorluk olmaya devam etmektedir. Sağlık profesyonellerine mesleki kariyerlerini geliştirmeleri bakımından en yüksek standartları sunmak için dahil olan çeşitli ortaklar arasında eşgüdümlü çalışmalara ihtiyaç vardır.

Radyoterapinin küresel geleceği kalite, güvenlik, sürekli eğitim, tedaviye erişim, savunuculuk ve sürdürülebilirliğe odaklanmamızı gerektirecektir. Girişimlerin bu yönde hedeflenmesini sağlamak amacıyla, emek ve kaynaklar IAEA gibi küresel bağımsız kuruluşlar tarafından, örneğin büyük profesyonel kuruluşlar gibi alandaki diğer büyük paydaşlarla ortaklaşa olarak birleştirilmeli ve koordine edilmelidir. Temelde radyoterapinin değerinin pekiştirilmesi, dünya çapındaki paydaşlar arasındaki iletişimi geliştirmek, halihazırda devam eden çalışmalarını organize etmek ve desteklemek ve girişimlerin halihazırda mevcut olduğu yerlerde tekrardan kaçınmak olmalıdır.

Donanım (görüntü tabanlı doz dağıtım sistemleri) ve yazılım (tedavi planlama sistemlerine entegre değerlendirme araçları ve ölçümleri) dahil olmak üzere radyasyon onkolojisindeki teknik gelişmeler, dozun yükseltilmesine ve tedavinin yoğunlaştırılmasına çok kesin bir şekilde izin vermiştir. Doğruluk payı teknolojiye dayalı olsa da çıktılar en nihayetinde biyolojiye bağlıdır. Modern görüntüleme metabolik,

biyokimyasal, fizyolojik ve fonksiyonel kategorileri içerir ve hem tümör hem de normal dokunun moleküler ve genetik profilinin yanı sıra yeni terapötik programlarla bağlantılı olabilir. Bu süreç genellikle moleküler hedef profillemeye olarak adlandırılır ve radyoterapinin artan teknik doğruluk ile entegre edilebilir. Florodeoksiglukoz pozitron emisyon tomografisi-bilgisayarlı tomografi tedavi planlamasına dayalı biyolojik hedef belirleme, şu anda birçok bölümde rutin bir uygulamadır, ancak yeni izleyiciler ve pozitron emisyon tomografisi-manyetik rezonans görüntüleme gibi diğer görüntüleme yöntemleri, tedavi için yeni imzalar ve moleküler hedefler tanımlayacaktır.

Yeni Yönelimler

Kişiselleştirilmiş tıp, çeşitli araştırma alanları üzerine kuruludur: Tıbbi görüntüleme; biyobelirteçler; moleküler, genotipik ve çevresel veriler; ve diğerleri arasında genetik profil oluşturma için doku mikrodizisi. Bu araştırma alanlarının çıktılarını geçmiş klinik verilerle ilişkilendirmek hem antitümör hem de yan etkiler için kişiselleştirilmiş tanı ve optimal tedaviyi beraberinde getirir. Hastaları biyolojik olarak hedeflenmiş tedavileri radyoterapi ile birleştiren tedavi programlarıyla daha iyi ilişkilendirmek için bireysel hastaların gelişmiş biyolojik profillerinin çıkarılmasının gerekli olduğu artık kabul edilmektedir. Radyogenomik ve farmakogenomik, akut ve uzun vadeli yan etkilerin yanı sıra etkinliğin tahmini için giderek daha önemli olacaktır. Dikkat çekici bir nokta, çoklu sinyal yollarının ve hedeflerin hem tümör hem de normal dokular üzerindeki iyonlaştırıcı radyasyonla etkileşime girdiği bu yaklaşımın karmaşıklığıdır. Bu karmaşıklık, optimal sonuçlara ulaşmak için

radyoterapiyi içeren sistematik bir araştırma yaklaşımını gerektirir. Geleneksel kabul kriterlerinin ve rijit tasarımların ötesine geçerek daha uyumlu ve pragmatik çalışmalara yönelik yeni bir klinik araştırma tasarımına da ihtiyaç duyulacaktır.

Uzamsal fraksiyonlu radyasyon tedavisi (SFRT), kasıtlı olarak brüt tümör hacmine düzgün olmayan bir doz dağılımı sağlar ve laboratuvarından kliniğe bir geçişi temsil eder. SFRT'nin radyobiyolojik mantığı, spesifik moleküler ve hücrel bystander mekanizmalarını, endotelin değişimini ve sistemik bağışıklık sistemi ile etkileşimi öne süren hipotezler ve araştırmalar üzerine inşa edilmiştir. SFRT yeni bir tekniktir, ancak hacimli veya lokal olarak ilerlemiş tümörlerde erken klinik sonuçlar, kontrollü klinik deneylerin geliştirilmesine yol açan iyi yanıt oranları gösterir. SFRT (GRID, LATTICE, mikro ışınlar ve proton dizileri) sağlamak için çeşitli teknikler belirlenmiştir, ancak tekniğin endikasyonlarını ve tümör ve normal dokular üzerindeki etkilerini daha iyi anlamak için daha fazla araştırmanın yanı sıra tekniğin daha kavramsal olarak geliştirilmesine ihtiyaç vardır.

Nanotıp radyasyon onkolojisinde bir başka aktif araştırma alanıdır. Teranostik, başlangıçta test sonuçlarına dayalı olarak bir tanılama testi ile hedefe yönelik tedaviyi birleştiren bir tedavi yöntemini tanımlayan bir terim olarak ortaya çıkmıştır. Son araştırmalar, nanoteknolojinin teşhis koyabilen, hedefe yönelik tedavi (nanoradyoterapi ve nanotermoterapi dahil) sunabilen ve tedaviye yanıtı izleyebilen bir teranostik platforma entegrasyonuna izin verecektir. Hipertermi için termomanyetik nanoteknoloji gibi bu yeni teranostikte potansiyel rolü olan çeşitli nanoyapılar tanımlanmıştır. Nanotıp,

kanser biyolojisi araştırmaları ve teknolojisi arasındaki etkileşimden yararlanarak klinik uygulamalar ortaya çıkmaya başlayabilir.

Sonuç olarak, küresel sağlık topluluğu artık BM ajansları, kalkınma yardım ajansları, küresel sağlık toplulukları, akademi, profesyonel toplumlar, sivil toplum örgütleri, hasta destek grupları ve diğerleri dahil olmak üzere çok sayıda aktörle daha kalabalık bir görünüme sahiptir. Her ne kadar genellikle "ne kadar fazla-o kadar iyi" ilkesi geçerli olsa da bu kural, emeğin parçalara ayrılmasında geçerli değildir. İletişim kurmak, çabaları koordine etmek, ortaklarla iş birliği yapmak ve silo zihniyetinden kaçınmak önemlidir.

Dünya genelindeki ölkeler ve bölgeler, ulusal gelir, tıbbi araştırma ve geliştirme için finansman, sağlık bakım sisteminin mevcudiyeti ve türü, hükümet desteği, politikalar ve ulusal öncelikler, insan kaynakları mevcudiyeti, sağlık altyapısı, tedaviye erişilebilirlik ve bölgesel olarak kanser kaydı açısından çeşitlilik göstermektedir. İhtiyaç ve kaynaklardaki boşlukları belirlemek ve ölkeler veya bölgenin özelliklerini dikkate alarak personelin eğitim ve öğretimini uyumlu hale getirmek ve desteklemek çok önemlidir.

Bugüne kadar sarf edilen tüm emeklere rağmen, yavaş ilerleme kaydedilmiştir. Nitekim, kanser kontrolünün iyileştirilmesinde ve radyoterapiye erişimde birçok güçlüklerle karşılaşılr. Finansman, LMIC'lerde radyoterapinin önündeki ana engel olarak sıklıkla bahsedilmektedir. Tesislere ve altyapıya yatırım yapmak en önemli engel gibi görünse de sağlık profesyonellerinin radyoterapi de dahil olmak üzere

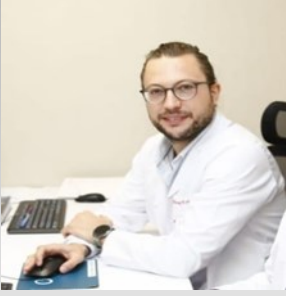
güvenli ve etkili bir tedavi sunacak şekilde eğitilmesi, yeterliliğin uzun zaman aldığı düşünöldüğünde büyük bir zorluk teşkil etmektedir. Tesisler inşa etmek ve güvenli ve verimli uygulamaları tanıtmak aynı derecede önemlidir.

Radyoterapi artık kanser tedavisinde yerleşmiş önemli bir bileşendir; ancak bu tedavi yöntemine erişim birçok ölkede sınırlı kalmaktadır. Çeşitli örgütler ve meslek kuruluşları, radyoterapinin uygun maliyetli olduğunu göstererek, gerekli destek materyallerini temin ederek ve güvenilir ve etkili kullanımını destekleyerek, radyoterapiye erişimi daha iyi hale getirmek üzere iş birliği içindedir. Tüm bu çabalara rağmen, radyoterapiyi ilerletmek ve bu tedavi yöntemini dünya çapında kabul edilebilir bir erişim, kalite ve güvenlik düzeyiyle ulusal kanser kontrol programlarına dahil etmek için daha fazla yol kat edilmelidir.

Radyoterapinin küresel geleceği, sürekli eğitim, yönetim ve tedaviye erişim, güvenlik düzenlemeleri, sağlık teknolojisi değerlendirmesi, savunuculuk ve sürdürülebilirliğe odaklanmamızı gerektirecektir. Tüm girişimlerin bu amaca yönelik olmasını sağlamak için, emekler ve kaynaklar uluslararası düzeyde birleştirilmeli ve koordine edilmelidir. Temelde radyoterapinin değerinin pekiştirilmesi, dünya çapındaki paydaşlar arasındaki iletişimi geliştirmek, halihazırda devam eden çalışmaları organize etmek ve desteklemek ve girişimlerin halihazırda mevcut olduğu yerlerde tekrardan kaçınmak olmalıdır. Daha hızlı ve verimli uzmanlık aktarımına olanak sağladığından, bölgesel ve küresel düzeyde etkili iş birlikleri takip edilmelidir. Bu sayede, eğitimli profesyonellerin yetiştirilmesinde eğitim sistemlerinin

retkenliği ve kalitesi daha iyi hale gelecektir.

Not: Resim ve referanslar için orijinal yazıya bakılması gerekmektedir.



Med. Fiz. Uzm. Eray Ergen:

1990 yılında İzmir’de doğdu.

2011 yılında Pamukkale

niversitesi Fizik Bölümü’

nden mezun olduktan sonra

2015 yılında Çukurova

niversitesi Sağlık Fiziği Yüksek Lisansını tamamladı.

Dr.Suat Seren GHH ve BA Göztepe Medicalpark

Hastanesi’ nde çalıştı. Halen Okan Üniversitesi

Hastanesi’ nde Medikal Fizik Uzmanı olarak

alışmaktadır.

ALMANYA' DA MEDİKAL FİZİKÇİ OLMAK

Med. Fiz. Uzm. Yasemin Tekcan

Med. Fiz. Uzm. İsmail Volkan Tekcan

Medikal Fizik Uzmanı olarak bir klinikte çalışabilmek için yapılması gereken prosedürlerin ülkeler arasında farklılıklar gösterdiği herkes tarafından bilinmektedir. Bu durum Almanya için de geçerli olup, süreç ve kurallar ise eyaletten eyalete dahi değişebilmektedir. Ancak bazı genel hatlar ve kurallar federal olarak geçerli olup bu düzenlemelerde tolerans bulunmamaktadır.

Bu yazıda, Almanya'daki (özellikle bulunduğumuz Bavyera eyaletindeki) bir klinikte medikal fizik uzmanı olarak nasıl çalışılabilir konusu ele alınmıştır.

Almanya'da Medikal Fizik Uzmanı (MPE; Medizinphysik Experte/in), radyasyondan korunma konusunda uzmanlık belgesine ve bu uzmanlığın kazanılmasında gerekli teorik ve pratik bilgilere sahip kişi olarak tanımlanmıştır. Almanya'da sorumlu bir medikal fizik uzmanı ünvanına sahip olup klinik içi işlemlerde görev alabilmek için aşağıda belirtilen tüm süreçler eksiksiz tamamlanmalıdır. Ayrıca ülkemizin aksine Almanya'da, uzmanlık tam anlamıyla tanımlanmakta ve tanınmaktadır. İlerleyen satırlarda açıklandığı üzere uzmanlık yetkisini alabilmek de daha zorlu ve belli başlı şartlar dahilinde mümkün olmaktadır. Bu sebeple medikal fizik uzmanı ile medikal fizikçi arasında ciddi yetki ve sorumluluk farkları bulunmaktadır.

Almanya'da sorumlu medikal fizik uzmanı olarak çalışabilmek için tıpta radyasyondan korunma uzmanlığını almak, Almanya'da geçerli olan

radyasyondan korunma kurallarına ve kanunlarına hakim olmak ve buna ek olarak 'Fachkunde' belgesine sahip olmak zorunludur. İzlenilecek yol ayrıntılı olarak aşağıda belirtilmiştir. Bir medikal fizik uzmanının radyasyondan korunma konusunda uzmanlık belgesini edinebilmesi için zorunlu kurallar ve bilgiler ilgili kılavuzda belirtilmiştir. (Richtlinienmodul zur StrlSchV, „Erforderliche Fachkunden im Strahlenschutz für Medizinphysik Experten (MPE)“)

1. Radyasyondan Korunmada Uygun Eğitimin ve Gerekli Uzmanlık Belgesinin Edinmenin Ön Koşulu

Üniversitelerin ilgili alanlarındaki lisans eğitime ve medikal fizik alanında yüksek lisans derecesine veya medikal fizik alanında yüksek lisans derecesine karşılık gelen eş değer bir eğitime sahip olmaktır. Lisans ve yüksek lisans eğitimleri, Bayern, Baden-Württemberg ve Hessen eyaletlerinde federal yetkili Medikal Fizik kurumu olan DGMP (Deutschen Gesellschaft für Medizinische Physik e. V.) tarafından belirlenmiştir.

1.1 Pratik Deneyim

Uzmanlık eğitimi, ilgili uygulama alanında iyonize radyasyon veya radyoaktif maddelerin kullanımında pratik deneyimi içerir. Uzmanlık eğitimi, ancak teknik ve personel kaynakları tam olan ve gerekli pratik becerileri kazandırabilecek bir kurumda edinilebilir. Uzmanlığı edinme kapsamında faaliyetlerin başlatılması için, radyasyondan korunma kanunlarının görev ve talimatlarına uyulmalıdır. Uzmanlık eğitimi, radyasyondan korunma uzmanlığına sahip bir medikal fizik uzmanının –DGMP tarafından MPE uzmanlığı onaylanmış ve hali hazırda federal Almanya'da bir MPE olarak çalışan kişi- gözetimi ve sorumluluğu

altında edinilmelidir. Adayın uzmanlığı için gerekli uygulama eğitimini veren medikal fizik uzmanı, ilgili uygulama alanında en az 3 yıllık deneyime sahip yetkin –DGMP tarafından yetkilendirilmiş– bir MPE olmalıdır. MPE rehberliğinde uygulamalı eğitim ve bu eğitimin süresi edinilecek uzmanlık bilgisinin kapsamına bağlıdır.

1.2 Zorunlu Kurslara Katılım

Radyasyondan korunma kursları Medikal Fizik Uzmanı olarak çalışabilmek için temel şartlardandır. Kurslara katılmanın ön koşulu pratik deneyim sürecini başarıyla tamamlamış olmaktır. Kursların yapısı ve öğretim içeriği, ilgili kılavuzda belirtilmiştir. Radyasyondan korunma uzmanlık belgesini edinmek için temel kursun ve ilgili özel kursların (radyoterapi, nükleer tıp ya da radyoloji) başarıyla tamamlanması gerekir.

Radyasyondan korunmada özel kurslar, temel kursun başarıyla tamamlanmasından sonra gerçekleştirilir. Katılımcının; kursa zaman ve içerik açısından tam olarak katılması ve kurs içeriğine ilişkin final sınavını başarıyla geçmesi gerekmektedir. Kursların içeriği ve bitirme sınavı tamamen almanca gerçekleştirilmektedir.

Radyasyondan korunmada temel kursun amacı; özel kursların içeriğinin dayandığı iyonize radyasyon veya radyoaktif maddelerin insanlar üzerindeki tüm uygulamaları için radyasyondan korunma konusunda temel bilgileri vermektir. Ayrıca bu kursta Almanya'daki radyasyondan korunma kanunları ve yasaları ayrıntılı anlatılmaktadır. Özel kurs ise temel kurs üzerine kuruludur ve ilgili uygulama alanı için gerekli bilgileri verir.

Radyasyondan korunma uzmanlığı radyoterapi, nükleer tıp veya radyoloji uygulama alanlarında edinilebilir, dolayısıyla üç farklı özel kurs

bulunmaktadır ve çalışılmak istenilen alanda ilgili özel kursun başarıyla tamamlanması gerekmektedir. Kursların; uzman kişi, MPE olarak çalıştığı sürece beş yılda bir yenilenmesi gerekmektedir.

2. Radyasyondan Korunmada Uzmanlığın Edinilmesi İçin Gerekli Uzmanlık Eğitimi Süresi (Sachkunde)

Radyasyondan korunma konusunda gerekli uzmanlığa sahip bir medikal fizik uzmanının gözetimi ve sorumluluğu altında minimum kazanılması gereken teorik ve pratik uzmanlık eğitim süresi sürecidir. (1.1.de belirtilen pratik deneyim sürecidir.)

Bu süre zarfında gerekli uygulamalar her iş günü tam zamanlı istihdam ile nitelikli bir tesiste gerçekleştirilir. Tek bir uygulama alanında gerekli uzmanlığın kazanılması için minimum teorik ve pratik eğitim süreci en az aşağıdaki gibidir.

Radyoterapi için 18 ay, parçacık tedavisi için ek olarak 6 ay Nükleer Tıp için 12 ay

Radyoloji için 12 ay olarak belirlenmiştir.

Halihazırda herhangi bir alanda radyasyondan korunma uzmanlığı mevcutsa diğer alanlar için gerekli minimum süre farklılık gösterir. Birkaç uzman niteliğinin eş zamanlı edinilmesi (paralel edinim) için de gereken minimum süre farklıdır.

Sachkunde eğitimi süresince hangi görev ve sorumlulukların yapılmasının zorunlu olduğu ve bu görevlerin sayıca ne kadar yapılması gerektiği de ilgili kılavuzda yer almaktadır.

3. Sözlü Sınav (Fachgespräch) ve Fachkunde

Sachkunde eğitimi ve zorunlu kurslar başarıyla tamamlandıktan sonra 'Fachkunde' belgesi

başvuruları çalışmak istenilen eyaletin yetkili kurumuna yapılır. Kişinin başvuru sürecine kadar sahip olduğu tüm evraklar yetkili kuruma (her eyalet için farklılık gösterir) gönderilir.

Yetkili kurum, talep edilen 'Fachkunde' belgesinin verilmesi için adayın tüm belgelerini kontrol eder ve adayın belgeleri tam ise ilgili eyaletlerden sorumlu medikal fizik kurumuna iletir.

Medikal Fizik Kurumu -DGMP- başvuru belgelerini ayrıntılı inceler ve uzman görüşlerinin sonucuna göre, başvuru yapan adayın bir klinikte MPE olarak çalışıp çalışamayacağına, çalışabilecekse ek bir sözel sınava daha ihtiyaç duyup duymadığına karar verir.

Sınava ihtiyaç duyulursa, sınav en az iki yetkili MPE tarafından gerçekleştirilecek olup tamamen sözel, konuşmaya dayalı bir (Fachgespräch) sınavdır. Sınav, almanca olup sınava girecek kişi o zamana kadar edindiği teorik ve pratik bilgileri sözlü olarak kanıtlamalıdır. Son aşama olan bu sözlü sınavı başarılı olarak tamamlayan aday 'Fachkunde' belgesini alarak başvuru yaptığı eyalette bulunan kliniklerde sorumlu bir MPE olarak çalışmaya başlayabilmektedir.

'Fachkunde' belgesine sahip olmayan medikal fizik uzmanı herhangi bir klinikte sorumluluk sahibi değildir, resmi evraklarda imza yetkisi yoktur ve bu durum tercih edilmeme sebebidir. Radyasyon Onkolojisi kliniklerinde MPE olmadan fizikçi/medikal fizikçi pozisyonları sadece 'Sachkunde' uygulama eğitimini vermek için açılmaktadır ve bu pozisyonlar oldukça nadir olup gelirleri uzmanlık eğitimi alan stajyer sınıfına yakındır.

Almanya'da klinik içi iletişim dili almancadır bu nedenle belirtilen tüm süreçler almanca gerçekleşir. Katılımcının, sınavda teorik/pratik yada almanca bilgisi

yeterli olmazsa 'Fachgespräch' sınavı maksimum iki kez daha tekrarlanır. Üç denemenin ardından başarısız sayılan aday tekrar bu sınava giremez.



Med. Fiz. Uzm. Yasemin Tekcan

1990 yılında İzmir'de doğmuştur. Lise eğitimini İzmir Bornova Anadolu Lisesinde, lisans eğitimini Ankara Üniversitesi Fizik Mühendisliği bölümünde tamamlamıştır. 2016 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi Medikal Fizik yüksek lisans programından mezun olmuştur.

Çanakkale Devlet Hastanesi Radyasyon Onkolojisi Bölümü'nde MNT Healthcare ve Medideal Medikal Projeler ve Çözümler San. Tic. A.Ş. bünyesinde yaklaşık dört yıl boyunca çalışmıştır. Aralık 2021'den itibaren MVZ Meine Strahlentherapie Nürnberg GmbH özel radyoterapi kliniğinde Medikal Fizik Uzmanı olarak çalışmaktadır.

Medi. Fiz. Uzm. İsmail Volkan Tekcan

2012 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi fizik bölümünden lisans derecesini almıştır. 2016 yılında aynı üniversitenin medikal fizik ve biyomedikal teknolojiler yüksek lisans programlarından mezun olmuştur. Merkezi İstanbul olan MNT Healthcare Services and Trade şirketine 2020 yılının sonuna

kadar medikal fizik uzmanı olarak çalışmıştır. Günümüzde Friedrich-Alexander-University fizik yüksek lisansı yapmakta ve aynı anda üniversite hastanesinde asistan medikal fizik uzmanı olarak çalışmaktadır.

RO-ILS: RADYASYON ONKOLOJİSİ KAZA ÖĞRENME SİSTEMİ

Med. Fiz. Uzm. Pınar Çona

Haziran 2011'de ASTRO' nun yönetim kurulu Ulusal Radyasyon Onkolojisine özgü "kaza öğrenme sistemi" kurma önerisini onayladı. Bu kaza öğrenme sistemi, ASTRO' nun radyasyon onkolojisinin güvenliğini ve kalitesini iyileştirmek için tasarlanmış olan hasta koruma planının önemli bir bölümünü teşkil eder.

ASTRO, radyasyon onkolojisi için tek kaza öğrenme sistemi olan RO-ILS' i geliştirmek için AAPM ile ortaklık kurdu. Radyasyon onkolojisinde hataların önlenmesine ilişkin AAPM çalışma grubu tarafından geliştirilen radyasyon onkolojisinde olay öğrenme veritabanı yapıları için konsensüs önerileri RO-ILS içindeki veri öğelerini geliştirmeye yönelik çerçeveye rehberlik etti.

RO-ILS 19 Haziran 2014'te piyasaya sürüldü. O tarihten bu yana ülke çapında 650'den fazla merkez RO-ILS sistemine katıldı. RO-ILS' in misyonu güvenli ve cezalandırıcı olmayan bir ortamda paylaşılan bilgilerle öğrenme için bir mekanizma sağlayarak radyasyon onkolojisinde daha güvenli ve daha kaliteli tedaviyi kolaylaştırmaktır. ASTRO, AAPM, Varian, ASRT, AAMD ve Sun Nuclear' in mali destekleri ile RO-ILS' e katılım ücretsizdir.

Bizlerde **Medikalfizik-Online** dergimizin bu sayısından itibaren belirli bir süre boyunca RO-ILS veritabanından alınan radyasyon onkolojisi merkezlerinde yaşanmış kaza veya kaza gerçekleşmeden yaşanmış bazı olaylara yer vereceğiz. Okuyucularımızda kendi yaşadıkları benzeri durumları medfizonline@gmail.com mail adresimizle paylaşarak

katkıda bulunabilirler.

RO-ILS Örnek Olay 1: Hasta Tedavisinin Zamanlamasında Hata

Etkinlik Özeti:

- Farklı fraksiyonasyon şemalarına sahip iki farklı bölgeye tedavi, farklı bitiş tarihlerine neden olur.
- En az fraksiyon sayısına sahip olan C-Spine, kayıt ve doğrulama yazılımının çökmesi nedeniyle bir gün tedavi alamadı.
- Tekniker C-Spine bölgesinin o gün tedavi edilmediğini doktora bildirdi.
- Doktor, tedavi takviminin o tarihte düşük doz yansıtmamasının uygun olduğunu söyleyen fizikçi ile konuştu ve teknikerlere bu durumu onayladı.
- Bununla birlikte, hasta her iki bölgenin de aynı bitiş tarihine sahip olacağı şekilde yanlış programlanmıştır; yani alanlardan birinin fazla fraksiyon alması planlandı.
- Kayıt ve doğrulama sistemi, teknikerlere o bölge için reçete edilen dozu aşmak üzere olduklarını belirten bir uyarı verdi.
- Teknikerlerden biri, daha önce tedavi edilmemiş alanın bir sonucu olduğunu düşünerek uyarıyı görmezden gelmek ve geçersiz kılmak istedi, ancak diğer tekniker durumdan rahatsız oldu ve emin olmak için fizikçiyi çağırdı.
- Fizikçi, hastanın reçete edilenden fazla tedavi edilmek üzere olduğunu fark etti ve o alan için

tedaviyi durdurdu.

Alınan Dersler:

Birden fazla plan veya alan aynı zamanda tedavi edileceğinde, güvenli tedavinin sağlanması için ekstra dikkat gerekir. Tedavi öncesi hazırlık esnasında, planlanan hasta randevularının sayısını, tedavi takviminde planlanan fraksiyonları ve reçeteyi doğrulamak hayati önem taşır. Yazılımın, tedaviden hemen önce teknikerleri aşırı bir dozun meydana gelmek üzere olduğu konusunda uyarmak için tasarlanmış olması bakımından, bu olayın ergonomik bir yönü de vardır. Yazılım, ilk etapta böyle aşırı bir dozun tedavi çizelgesinde mümkün olmayacak veya kullanıcıyı daha erken uyaracak şekilde tasarlanabilir mi? Bu vaka, teknikerin "hatası" olmadığını aksine onların, kusurlu bir sistemde çalışmasının bir sonucu olduğunu açık bir şekilde göstermektedir. İşler ters gittiğinde, bu durumda olduğu gibi, teknikerlerin bir kontrol ve denge sisteminin mevcut olduğundan emin olmak için bir ekip olarak çalışması önemlidir. Ek olarak; personel satıcı firma ikaz ve uyarılarını yorumlarken fevri hareket etmemek için eğitilmeli ve yetiştirilmelidir.

Sağlık hizmetlerindeki belirli durumlar bir kişinin içgüdüsel olarak tepki vermesine neden olabilirken, birçok görev, personelin durup eylemlerinin sonuçlarını göz önünde bulundurma ve gerektiğinde süreci durdurma yetkisine sahip olmasını gerektirir. Örneğin, *ekranda açılan uyarıyı okudum mu? Bu uyarıyı görmezden gelirse sonuç ne olur?* diye sormak gibi.

Öneriler ve Önlemler:

Sağlık hizmetlerinin artan talepleri ve karmaşıklığı nedeniyle, sistemdeki arızaları önlemek için anında durdurular uygulanmaktadır. Personelin, tedavi öncesi hazırlık ve haftalık çizelge kontrolleri sırasında zamanlama bilgileri gibi belirli kriterleri kontrol etmesini gerektiren ilkeler ve prosedürler, benzer hataların yakalanmasına yardımcı olabilir. Ek olarak, notların yazıldığı ve tüm personelin bakmayı bildiği tıbbi kayıtların net bir alanına sahip olmak, hataların önlenmesine yardımcı olabilir. Bir tedavi alanının ne zaman tamamlanacağını açıkça belirtmek için zamanlama üzerine bu yorum bölümüne notlar yazmak, klinik ve idari personel için yararlı bir hatırlatma olabilir. Bunların hepsi, bir günü kaçırmaları durumunda hastanın tıbbi kaydını günlük olarak yönetmenin bir parçasıdır. Elektronik tıbbi kayıta tedavi takviminin ve hasta programının ayarlandığını belgelemek, diğer personeli değişiklikten haberdar etmek için mükemmel bir iletişim aracıdır.

Herhangi bir eksternal radyoterapi için en az iki nitelikli teknikerin bulunması önerilir. Ayrıca, tüm soruların ve endişelerin tedaviye başlamadan önce ele alınması gerekir. Güvenlik kültürü ve ekip çalışması nedeniyle bu olay hastaya ulaşmadan yakalandı. Personeli iletişim hatlarını açık tutmaya teşvik etmek, insanların endişelerini dile getirmeyi ve gerektiğinde akran rehberliğine katılmaya istekli olduğu bir ortamı destekleyecektir. Personel arasında açık iletişim hatlarını teşvik etmek ve bir güvenlik kültürünü desteklemek için birimler, bir bireyi suçlamaya değil, uygulama kalıplarını sıkılaştırma, bakım kalitesini ve hasta güvenliğini artırma ihtiyacına odaklanmalıdır. Son olarak, firmaların bu gibi hataları en aza indiren

veya ortadan kaldıran yazılımlar üretmeye teşvik edilmesi gerekir.

RO-ILS Örnek Olay 2:Adaptif Planlama

Genel Bilgiler:

Adaptif planlamanın (AP) radyasyon onkolojisine büyük bir etkisi olmuştur. AP prosedürlerinin nasıl yürütüldüğü kuruma göre değişiklik gösterir. Hastaların ilk 10 fraksiyon boyunca bir kalite güvence tekrar BT'sine (QACT) sahip olması yaygın bir yaklaşımdır ve bu radyoterapi sırasında genellikle iki ila üç kez tekrarlanır. Sıklığı ve zamanlaması klinik duruma ve QACT' nin sonuçlarına bağlı olarak değişebilir. Bir fizikçi/dozimetrizt QACT' nin ilk incelemesini gerçekleştirir ve bu genellikle QACT' nin alınmasından sonra 24 saat içinde yapılır. Fizikçi, QACT' nin orijinal BT simülasyonuna sabit bir kaydını yapar, hedef ve normal dokuların konturlarını BT simülasyonuna aktarır ve orijinal planı QACT üzerinde yeniden hesaplatır. Doz-volüm histogramları (DVH) ve istatistikler, orijinal ve yeniden hesaplanan planlar arasında karşılaştırılır. Radyoterapiye özel elektronik medikal kayıta elektronik bir belge oluşturulur ve incelemesi için hekime gönderilir. Bu QA belgesi karşılaştırmalı DVH' ları, kurumsal doz kısıtlamaları için değerleri (hedef, normal doku) ve fizikçiden yeniden planlama ihtiyacına ilişkin özet tavsiyeleri içerir.

Örnek Olay:

İntakt prostat kanseri nedeniyle radyoterapi alan hastada bir olay meydana geldi. İlk QACT 6. fraksiyonda alındı. QACT belgesi oluşturuldu ve hekime gönderildi. QACT' yi inceleyen fizik asistanı, ince bağırsağın hareket ettiğini ve hedefe bitişik olduğunu fark etmedi. İnce bağırsağa verilen

maksimum doz artık kurumsal doz sınırını aşıyordu (maksimum doz~5600 cGy). QACT belgesi oluşturuldu ve hekime gönderildi. Bu belge karşılaştırmalı DVH' ları gösteriyordu, ancak fizik asistanı ince bağırsağın yeni maksimum dozunu açıkça belirtmedi ve yeniden planlamayı önermedi. Ayrıca hekimde ince bağırsağın maksimum dozunu fark etmedi. İkinci QACT 22. fraksiyonda alındı. Hedefe bitişik hareket eden ince bağırsağın aynı kıvrımı yine aynı yerdeydi ve maksimum ince bağırsak dozu yine kurumsal standartları aşıyordu, ancak fizik asistanı tarafından fark edilmedi. İkinci QACT belgesi de ince bağırsağın maksimum dozunu açıkça vurgulamıyordu. Hekim ikinci QACT belgesini de inceledi ve bu sefer yüksek ince bağırsak dozunu fark etti ve mümkün olan en kısa sürede QACT' nin tekrarlanmasını istedi. Bu istek, ikinci QACT belgesine yorum eklenerek ve fizik asistanına geri gönderilerek iletildi. Fizik asistanı hekimden gelen bu isteği fark etmedi. Tedavinin boost aşamasını planlarken dozimetrist QACT' yi gözden geçirdi ve ince bağırsağın yüksek maksimum dozuna dikkat etti. Daha sonra boost planı, ince bağırsağın ilk fazında aldığı yüksek dozu hesaba katıp ince bağırsak için daha sıkı objektif bir hedef kullanılarak optimize edildi.

Etken Faktörler/Temel Sebepler:

1. İş yükü: Adaptif planlama bazı kurumlarda bütün hastalarda rutin olarak yapılır ki bu da iş yükünü önemli ölçüde artırır. Çoğu QACT herhangi bir işlem gerektirmez (yeniden planlama gibi). Optimal olmayan iş yükü (bu olayda çok yüksek), fizik asistanının ve hekimin bilmeden ince bağırsak dozunu fark etmemesine katkıda bulunmuş olabilir.

2. Belgeleme: QACT otomatik bir belgedir ve ince bağırsağın maksimum dozunu bildirmek için bir alan yoktur. Özellikle tek bir grafikte çok miktarda yapı seti olduğunda, DVH' ları gözden geçirmek zor olabilir.
3. İletişim:Hekimlerin, QACT tekrar sırasını bildirmeleri için standart bir yöntemi yoktur.
4. Süreç: İlk BT simülasyonu için ince bağırsağın her bir kıvrımı konturlandı, ancak sonraki QACT'ler için bağırsak boşluğu konturlandı. Eğer hastanın ince bağırsak kıvrımları QACT'de konturlanmış olsaydı, o kaman ince bağırsağın bir kıvrımının hedefe bitişik olarak hareket ettiğini fark etmesinde, fizikçinin duyarlılığını arttırmış olabilirdi.
5. Denetim: Bir fizikçi asistanı QACT'lerin incelenmesini yürütüyordu. Denetleyen bir fizikçi tarafından ikinci bir kontrol, bu olayı önleyebilirdi.

Çıkarılan Dersler:

Adaptif planlama radyasyon onkolojisi sürecinin hızla standart bir parçası haline geliyor. Bariz önem, radyasyon tedavilerinin keskinliğini/doğruluğunu geliştirmede böylece potansiyel olarak toksisiteyi/morbiditeyi azaltmak ve kanser kontrolünü iyileştirmektedir. Bununla birlikte, adaptif planlamanın iş yükünü arttırmasında önemli bir maliyeti vardır. Adaptif planlamanın etkinliğini ve verimliliğini arttırmak için, standart süreç ve prosedürlerin yanı sıra tedavi planlamasının otomasyonu ve QA kontrolleri geliştirilmelidir. Bu olay, adaptif planlamanın etkin ve verimli uygulanması ve iletişimi için sağlam süreçlerin planına olan ihtiyacı göstermektedir.



Med. Fiz. Uzm. Pınar Çona:

1989 yılında Balıkesir'de doğmuştur. Kocaeli Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Fizik bölümünden 2012 yılında mezun olmuştur.

2017 yılında Uludağ

Üniversitesi Sağlık Bilimleri Sağlık Fiziği'nde yüksek lisans eğitimini tamamlamıştır.2017-2019 tarihleri arasında CEYLAN International Hastanesi bünyesinde çalıştıktan sonra 2019'dan itibaren Bursa Şehir Hastanesi'nde çalışmaya devam etmektedir.

AAPM MEDİKAL FİZİK UYGULAMA KILAVUZU 1.B: BT PROTOKOL YÖNETİM VE İNCELEME KILAVUZU

AAPM REPORTS & DOCUMENTS

WILEY

AAPM Medical Physics Practice Guideline 1.b: CT protocol management and review practice guideline

Dianna D. Cody | Chad M. Dillon | Tyler S. Fisher | Xinming Liu  | Michael F. McNitt-Gray | Vikas Patel

Med. Fiz. Uzm. Hande Kayacık

1. GİRİŞ

Bilgisayarlı tomografi (BT) protokollerinin incelenmesi ve yönetimi, radyasyon dozunu optimize eder ve ekipmanları uygun bir şekilde kullanırken istenilen görüntü kalitesinin elde edilmesine kolaylık tanır. Protokollerin incelenmesi ve yönetimi hasta güvenliği ve görüntü kalitesi açısından çok önemlidir. "American Collage of Radiology (ACR)" ve Intersocietal Accreditation Commision (IAC) gibi kurumlar tanısal görüntüleme açısından gerekli görülebilecek uygulamaları tek bir çatı altında toplamıştır. "The American Association of Pyhsicists in Medicine (AAPM)", BT kalite kontrol (QA) programları ve hasta bakım kalitesinin artırılması açısından bu uygulamaları gerekli görmektedir. Protokol incelemesi, BT muayene protokollerinin tüm yönleriyle periyodik olarak değerlendirilmesini ifade eder. Bu değerlendirmeler, nefes alıp verme gibi hasta talimatları, kontrast madde miktarı ve uygulama şekli gibi parametreleri içerir. Protokol yönetimi ise bir tesisin uygulamasındaki protokollerin gözden geçirilmesi, uygulanması ve doğrulanması sürecini

ifade eder. İnceleme sonrasında tüm parametrelerin uygulanabilmesi için derleme, tanımlama ve kaydetme işlemleri de önemlidir.

Yayınlanan bu kılavuz tanısal görüntüleme için kullanılan BT tarayıcılar için geçerli olmakla birlikte yalnızca tedavi edici radyasyon planlaması için kullanılan BT tarayıcılar, nükleer tıp çalışmalarında zayıflama katsayısı hesaplamak için kullanılan BT tarayıcıları, 3 boyutlu anjiyografi, dış BT üniteleri için de kullanılabilir.

2. TANIMLAMALAR

- BT protokolü-kullanıcı tarafından yapılandırılabilen parametrelerin değerlerinin toplanması ve bir görüntü çalışması yapmak için teknisyenin verdiği talimatlar
- Nitelikli Medikal Fizikçi–AAPM tarafından tanımlanan şekliyle.
- BT protokol yönetimi ve inceleme sistemi– Personel, belgeler, prosedür ve BT inceleme protokolü ve yönetimi için kullanılan yazılım

3. PERSONEL NİTELİK VE SORUMLULUKLARI

3.A Protokol İnceleme ve Yönetim Ekibi

Protokol yönetimi ve incelenmesi bir ekip çalışmasını gerektirir. Bu ekip, bir radyolog, bir medikal fizikçi ve bir teknisyenden oluşur. Hastane yönetimi tarafından belirlenen tesis yönetiminin kıdemli bir üyesi de ekibe dahil edilmelidir. Ekip protokol tasarımı ve önemli parametrelerin gözden geçirilmesinden sorumludur. Ekip içerisinde her üye kendi uzmanlık alanına göre farklı görev ve sorumluluklar alabilir. Ekip üyeleri için tanımlanan nitelik ve beklentiler aşağıda belirtilmiştir.

3.A.1 Nitelikli Medikal Fizikçi

BT protokol yönetimi için uygulanabilir medikal fizik alt alanı tanısal medikal fiziktir. AAPM tarafından yayınlanan profesyonel bildiride belirtildiği gibi nitelikli bir medikal fizikçi, medikal fiziğin farklı alanlarında klinik olarak profesyonel hizmet sağlamak için yetkili olan kişidir.

3.A.2 Nitelikli Medikal Fizikçinin Sorumlulukları

Protokol inceleme ve yönetiminde nitelikli medikal fizikçinin görev ve sorumlulukları bağlı olduğu kuruma göre farklılık gösterebilir fakat nitelikli medikal fizikçi tüm inceleme sürecine dahil olmalıdır. Ekip, radyolog tarafından yönetilir. Nitelikli medikal fizikçi ise sistem için temel doz ölçümleri ve görüntü kalitesi testlerinden sorumludur. Nitelikli medikal fizikçi tesis içerisinde geçirdiği süre boyunca, klinik gözlem ve ekip ile düzenli toplantı yapar. Bunun dışında belirli zaman aralıklarında fantom ölçümü yapar. Radyolog ile birlikte BT görüntü incelemelerine katılır. Tekniker ya da radyolog ile oluşan artefaktları inceler.

3.A.3 Kurum içinde Nitelikli Medikal Fizikçi

BT protokol inceleme, kurum içi çalışan nitelikli medikal fizikçinin tüm vaktini alabileceğinden diğer ekip üyeleriyle yeterince iletişimde olunmalıdır. BT protokol inceleme ve yönetim süreci hasta bakım kalitesini ve güvenliğini artırmaya yönelik bir uygulamadır. Kurum içerisinde çalışan nitelikli medikal fizikçiler ekip üyeleriyle gelişen teknoloji ve BT tarayıcı modelleri hakkında düzenli toplantılar yapabilir ve bu toplantıların sayısı yılda 6 ila 12 arasında olabilir.

3.A.4 Danışman Nitelikli Medikal Fizikçi

Nitelikli medikal fizik danışmanlık hizmetinin, görüntü kalitesi, dozimetri ve temel protokol incelemesi ile sınırlı olan normal danışmanlık hizmetlerinin üzerinde olduğunu belirtmek önemlidir. Danışman nitelikli medikal fizikçi ve kurum arası iletişim sürdürülmeli, gerekiyor ise görüntü arşivi ve iletişim sistemine erişim izni görüşülmelidir. Protokol inceleme süreci faaliyetlerinin sürdürülebilmesi için danışman ile tesis kabul edilebilir zaman aralıkları belirlemelidir.

3.A.5 Sorumlu BT Teknisyeninin Sorumluluk ve Görevleri

"The American Society of Radiologic Technologists (ASRT)", BT teknisyenleri için eğitim ve sertifikasyon gereklilikleri 19 Haziran 2011 tarihinden itibaren geçerli olan Tıbbi Görüntüleme ve Radyasyon Tedavisi Uygulama Standartları-Bilgisayarlı Tomografi Uygulama Standartları başlıklı bildiride açıklanmıştır. Baş BT teknisyeninden hasta, personel ve ekipman arasındaki ilişkiyi sağlaması beklenir. Bu iş akışına, BT protokollerinin yönetimi ve teknisyenlerin eğitimi dahildir.

3.A.6 BT Radyolog Nitelikleri

Tesisler, hekim yeterlilik gereksinimleri konusunda rehberlik için ACR'ye başvurulmalıdır. Bunlar, "BT ve BT Akreditasyon Programı Gereksinimlerinin Gerçekleştirilmesi ve Yorumlanması için Uygulama Kılavuzu" içerisinde özetlenmiştir. BT radyoloğu, BT protokol yönetimini yönetir ve görüntü kalitesi gereksinimlerini inceler.

3.A.7 İdari Ekip Üyesinin Sorumlulukları

Bir idari ekip üyesi, kaynakları tahsis etmeli, toplantılara katılmak üzere protokol inceleme ve yönetim ekibine idari destek sağlamalı, uzaktan erişim ve belgeleme işlemleri için idari destek sağlamalı, protokol inceleme ve yönetim ekibinin isteği doğrultusunda kullanım verilerini sağlamalı ve proje değerlerini analiz etmelidir.

4. PROTOKOL YÖNETİM VE İNCELEME SÜRECİ

BT protokolü yönetim ve inceleme ekibinin hem görüntü kalitesi hem de radyasyon dozu bakımından mevcut ve yeni tarayıcılar için tüm yeni veya değiştirilmiş protokol ayarlarını düzenlemesi ve incelemesi önemlidir. Her üye protokollerin değerlendirilmesi, gözden geçirilmesi ve uygulanması için kendi özel uzmanlık alanıyla ilgili kritik bir role sahiptir. Protokol inceleme sürecinde, protokol yönetim ekibinden görüntü kalitesini geliştirebilecek teknolojilerin farkında olması beklenir. Maksimum verimi alabilmek adına tarayıcının özelliklerine hâkim olunmalıdır. Protokoller güncel tutulmalı, en gelişmiş protokolün kullanıldığından emin olmak için ACR uygulama kılavuzları ve AAPM protokol listesinden literatür incelemesi yapılmalıdır. Protokol inceleme

süreci sırasında önemli görülen hususlar aşağıda belirtilmiştir.

A. Bölge ve Ulusal Rehberlik için Tavsiyeler

Kanunlar ve yönetmelikler bölge ve eyalete göre büyük ölçüde değişebilir. Protokol incelemesi ve yönetimi, BT'deki radyasyon dozuyla ilgili hükümlere uyumu kolaylaştırabilir. Güncel eyalet düzenlemeleri, AAPM'in internet sitesinden takip edilebilir.

B. İnceleme Sıklığı

İnceleme süreci federal, eyalet ve yerel yasa ve yönetmeliklere uygun olmalıdır. Belirli bir düzenleyici gereklilik yok ise, gözden geçirilen tüm protokollerin sıklığı 24 aydan az olmamalıdır.

C. Yıllık İnceleme Gerektiren Önemli Klinik Protokolleri

Klinik olarak önemli görülen protokoller, sıklıkla kullanılanları veya önemli hasta dozu ile sonuçlanma potansiyeline sahip olan protokolleri içerir. Bunlar aşağıda belirtilmiştir.

- I. Pediatrik head
- II. Pediatrik abdomen
- III. Yetişkin head
- IV. Yetişkin abdomen
- V. Yüksek çözünürlüklü toraks
- VI. Beyin perfüzyonu

D. Protokol İsimlendirme

Protokol isimleri, kuruluş genelinde ve diğer

kuruluşlar arasında tutarlı olacak şekilde düzenlenmelidir. Ayrıca tarayıcılar arasında marka ve model farkı olsa bile protokol isimlerinin standart olması tavsiye edilir.

E. İzinler

Kurum, protokol yönetim sistemine erişim izninin kimlere verileceğini belirlemeli ve bunu belgelemelidir. Kurum tarafından protokol ayarlama sürecine ve sıklığına karar verilmelidir.

F. Edinme Parametreleri

Klinik endikasyon için gerekli tanısal görüntü kalitesini elde etmek için kV, mA, dönüş süresi, kolimasyon veya dedektör konfigürasyonu ve eğim gibi parametrelerin uygunluğundan emin olunması gerekir. Örneğin, nefes tutma durumlarında gantry dönüş hızının yavaş olması uygun olmaz.

G. Yeniden Yapılandırma Parametreleri

Yeniden yapılandırılan görüntü genişliği, görüntüler arasındaki mesafe, yapılandırılma algoritması gibi yapılandırma parametreleri istenen görüntü kalitesini sağlayabilmek adına gözden geçirilmelidir.

H. İleri doz azaltma teknikleri

İleri doz azaltma teknikleri, muayenenin amacına uygun olduğu düşünülen durumlarda kullanılmalıdır. Tarayıcının özelliklerine bağlı olarak tüp akım modülasyonu, otomatik kV seçimi veya organ doz modülasyonu yöntemleri, yeniden yapılandırma teknikleri gibi yöntemler kullanılabilir.

İ. Radyasyon dozu yönetim araçları

Radyasyon dozu yönetim araçları, birbiriyle ilişkilidir ancak farklı iki kategoriye girer ve tesis referans doz aralıklarını belirlemek için kullanılabilecek BT doz verilerini sağlayabilir. Mümkün olduğunda, potansiyel olarak yüksek radyasyon dozu taramalarının ne zaman reçete edildiğini belirleyen radyasyon dozu yönetim araçları uygulanmalıdır. Birinci tip radyasyon dozu yönetim araçları tarayıcıda bulunabilir ve taramadan önce kullanıcıyı, öngörülen protokolün belirlenen bildirim değerini aştığı konusunda uyarabilir. Uyarı Değeri, protokol inceleme ve yönetim ekibi tarafından tarayıcı kabul süreci sırasında oluşturulmalıdır. Klinik muayenelerden alınan doz ölçümlerini geriye dönük olarak izlemek için ikinci tip bir radyasyon dozu yönetim aracı kullanılabilir. Spesifik bir muayene veya klinik endikasyon için doz parametresi değerlerinin istatistiksel analizi sağlanabilir.

J. Tarayıcılarda Protokolleri Yerleştirme

Her tesis, ek tarayıcılar arasında protokol parametrelerinin yerleştirildiği sürece karar vermelidir. Tesis, manuel protokol ayarlarının yapılacağı ve arşivleneceği tesiste "ana" veya "birincil" tarayıcıların bulunup bulunmadığını belirlemelidir.

K. Dokümantasyon

BT protokolü inceleme ve yönetim ekibi, protokollerde yapılan tüm değişikliklerin belgelerini tutmalı ve geçmiş protokol incelemesi için hazır olmalıdır. Güncel protokol, klinik protokol seçimi sırasında kullanıcılar tarafından kolayca erişilebilir olmalıdır. Kurum, genel protokol açıklama dokümantasyonunu sürdürmekten kimin sorumlu

olduğuna karar vermeli ve belgelemelidir. Ayrıca belgelerin başkaları tarafından erişilebilir olup olmadığı, ne sıklıkla güncellendiği ve nasıl arşivlendiği açıklanmalıdır.

I. Periyodik Eğitim Oturumları

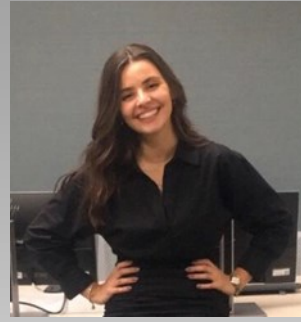
BT protokol incelemesi ve yönetim ekibi, her üyenin tesiste kullanılan her tarayıcıda protokol incelemesi için yeterince eğitim almasını sağlamaktan sorumludur. BT protokolü inceleme ve yönetim ekibinin her üyesi görüntü kalitesini veya hastaya verilen dozu önemli ölçüde etkileyen yeni teknoloji tanıtıldığında eğitim almalıdır. Personeli, uygulamalar konusunda güncel tutmak için mevcut eğitim kaynakları değerlendirilmelidir. Ekip üyeleri, periyodik olarak eğitim planı yapmalıdır.

M. Doğrulama

Protokol inceleme ve yönetim süreci oluşturulduktan sonra, ekip üyeleri tüm protokol belgelerini istenmeyen değişikliklerin uygulanmadığından emin olmak için incelemelidir. Protokollerin kabul edilebilir olduğunu doğrulamak için bazı parametreler, görüntü kalitesi ve radyasyon dozu ile ilgili anket yapılabilir.

SONUÇ

Bilgisayarlı tomografi protokol yönetimi ve incelemesi, bir BT tesisinin çalışmasının önemli bir parçasıdır ve birçok profesyonel kuruluş tarafından gerekli kabul edilir. Protokol inceleme ve yönetimi, tesisin görüntü kalitesini kabul edilebilir seviyelerde tutmaya yardımcı olacak, hasta güvenliğini sağlamaya ve görüntüleme kalitesini sürekli olarak iyileştirmeye hizmet edecektir.



Med. Fiz. Uzm. Hande Kayacık

1995 yılında İstanbul'da doğdu. 2019 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi Fizik Bölümü Lisans Programını,

2021 yılında Acıbadem Üniversitesi Sağlık Fiziği Yüksek Lisans programını tamamladı. Şu anda Acıbadem Bodrum Hastanesinde Medikal Fizik Uzmanı olarak çalışmaktadır

RADYOLOJİDE KALİTE KONTROL TESTLERİ

Dr. Asena Yalçın

Yakın geçmişe kadar x-ışın radyografileri konvansiyonel film-ekran sistemleri ile alınıyorken, son yıllarda dijital radyografi sistemlerine hızlı bir geçiş olmuştur. Dijital sistemlere bu denli hızlı geçiş olmasının en temel sebebi dijital sistemlerin konvansiyonel film-ekran sistemlerine film-ekran sistemlerinin sahip olduğu birçok dezavantaja çözüm üretmesidir. Dijital sistemlerin en belirgin üstünlüklerinden biri görüntülerin dijital olarak depolandığı ve her zaman erişilebilir olduğu tamamen dijital bir görüntü arşivleme ve iletişim sisteminin (Picture Archiving and Communication System, PACS) kullanımına olanak sağlamasıdır. Dijital sistemlerin diğer avantajları arasında anında görüntü gösterimi, geniş dinamik aralık ve lineer dedektör yanıtı sayılabilir. Dijital ortamda elde edilen görüntülerin işlenebilir olması sayesinde tekrar çekimlerinin büyük ölçüde önüne geçilmekte; bu sayede hasta dozu azalmakta ve banyo işlemi gerektirmediğinden film ve banyo malzemesi maliyeti de ortadan kalkmaktadır.

Bu faydaları klinik uygulamalara yansıtabilmek ve sürdürebilmek, etkin bir kalite kontrol (QC) programının uygulanmasını gerektirir. Bir QC programı, günlük, haftalık ve yıllık olarak gerçekleştirilen dijital radyografi bileşenlerinin rutin testlerini içermelidir. Program kapsamında, görüntü kalitesi ile ilgili çeşitli görüntüleme parametrelerinin kontrol sınırlarının da belirlenmesi gerekir. QC testlerinin sonuçları belgelenmeli ve zaman içerisinde meydana gelen farklılıklar değerlendirilmelidir. Ancak bu sayede cihazın test edilen değerlerinin kabul

sınırlarında kalması sağlanarak optimum görüntü kalitesi elde edilmesi mümkün olacaktır.

Dijital radyografi sistemlerinin kalite kontrol programı, konvansiyonel sistemlerdeki tüm testleri içermekle birlikte ilave birçok testi bünyesinde barındırmaktadır.

Tüp çıkış testi:

En temel testlerden birisi tüp çıkış testidir. Bu testin amacı, tüp çıkışında belirli bir geometride ölçülen primer radyasyon dozunun belli kabul sınırları içinde günden güne herhangi bir değişim gösterip göstermediğinin kontrol edilmesidir. Kabul sınırı $\pm\%$ 10'dur (AAPM Report No 64, IPEM Report No32 Part 1).

Her ölçümde aynı geometri ve aynı ışınlama parametreleri kullanılarak gerçekleştirilen tüp çıkış testine ilave olarak tüp çıkışının her bir ışınlama parametresi (tüp voltajı-kVp, tüp akımı-mA, ve ışınlama süresi-s) ile değişiminin de kontrol edilmesi gerekir. Ölçülen tüp çıkışının tüp akımı ve ışınlama süresi ile doğrusal bir artış göstermesi, genel bir ifade ile tüp voltajının ise karesi ile değişmesi beklenir. Yani tüp voltajı iki kat artırıldığında dozun dört kat artış göstermesi beklenir.

İşnlamanın Tekrarlanabilme ve Doğrusallığı Testi:

İşnlamanın tekrarlanabilme testinde, sabit ışınlama parametreleri kullanılarak birbirini izleyen işnlamaların tekrarlanma doğruluğu ölçülmektedir.

İşnlamanın doğrusallığı testinde ise, aynı mAs değerini veren mA ve ışınlama zamanları karşılaştırılmaktadır. Tekrarlanabilme için kabul sınırı

$\pm\%5$, doğrusalılık için ise kabul sınırı $\pm\%10$ 'dur (EC Report No 91).

Yarı Değer Kalınlığı (Half-Value Layer, HVL) Ölçümü:

HVL, sabit ışınlama parametreleri altında, ışınlamanın ilk değerini yarı değerine düşüren alüminyum kalınlığıdır, mmAl olarak ifade edilir. Radyasyonun giriciliğini belirleyen bir faktördür ve demet giriciliğinin artması HVL değerini arttırır. HVL ölçümünde esas amaç tüpün toplam filtrasyonunun belirlenmesidir. 100cm odak-dedektör mesafesinde 80 kVp için HVL ölçümünde toplam filtrasyon değeri 2,5mmAl'den büyük olmalıdır (EC Report No 91).

kVp Testi:

İşinlamaya en büyük katkı kVp'den gelmektedir. Bu parametredeki ufak bir değişiklik hem demetin giriciliğini hem de şiddetini önemli ölçüde etkilemektedir. Aynı zamanda görüntü kontrastını da doğrudan etkilemektedir. Bu nedenle cihazın kVp doğruluğu oldukça önemlidir. Ölçülen kVp'nin ayarlanan kVp'den maksimum sapma miktarı, $\pm\%10$ 'dan az olmalıdır (EC Report 91).

İşinlama Zamanı Testi:

Genelde, hasta hareketi nedeniyle görüntüde meydana gelebilecek bulanıklığı ortadan kaldırmak için maksimum mA ve minimum ışınlama zamanı kullanılır. Bu nedenle, her ışınlama sonunda daha iyi görüntüler elde etmek için, X-ışını jeneratöründe seçilen ışınlama zamanı, doğru ve tekrarlanabilir olmalıdır. 100 msn'den büyük ışınlama zamanları için ölçülen ışınlama zamanı, ayarlanan zamanın $\pm\%10$ 'u içerisinde olmalıdır (EC Report 91). 10 ms'den uzun ışınlama zamanları için ölçülen ışınlama zamanı

ayarlanan ışınlama zamanının $\pm\%5$ sınırı içinde olmalıdır (AAPM Report 74).

X-ışını ile Işık Alanı Uygunluk ve Diklik Testi:

Doğru bir kolimasyon ile hastanın gereksiz yere ışınlanmasının önüne geçilir. Ayrıca saçılan ışın miktarı da azaldığı için görüntüdeki kontrast artar. Merkezi ışının görüntü düzlemine dik olmaması, görüntü kalitesini bozan en önemli noktalardan bir tanesidir. Bu test, X-ışını alanı ile ışık alanının birbiri ile uygunluğunu ve demet merkezinin doğru ayarlandığını kontrol etmek için yapılır. Herhangi bir X-ışını alanının ışık alanından sapması, odak dedektör mesafesinin $\%3$ 'ünü geçmemelidir. Demet dikliği için maksimum sapma miktarı 1,5 dereceyi geçmemelidir (EC Report 91).

Odak Nokta Boyutu Ölçümü:

Odak boyutu görüntüdeki uzaysal ayırma gücü üzerinde önemli bir rol oynamaktadır. Bu estin amacı odak nokta boyutunun ve uzaysal ayırma gücünün kabul sınırlarına uygunluğunun belirlenmesidir.

Otomatik İşinlama Kontrolü Testi:

Otomatik ışınlama kontrolü (Automatic Exposure Control, AEC) tüp ile dedektör arasındaki hasta kalınlığı optimum görüntü kalitesini verecek şekilde ışınlama parametrelerinin ayarlanarak çıkıştaki dozun sabit kalmasını sağlar. AEC testleri farklı soğurucu kalınlıkları ve cihazda bulunan optik basamaklar için kontrol edilmelidir. Her kalınlık için ölçülen optik yoğunluk değeri, ortalama değerinden olan sapması ± 2 'yi geçmemelidir.

Sızıntı Radyasyon Ölçümü:

Bu testin amacı ışınlama şartlarında kolimatörler tamamen kapalı konumdayken tüp çevresinde sızıntı

radyasyonun varlığını tespit etmek ve şiddetini ölçmektir. Odak noktasından 1 metre mesafedeki sızıntı radyasyonun doz hızı, 1 mGy/sa (mGy/h)'ten az olmalıdır (EC Report 91).

Buraya kadar verilen tüm testler hem konvansiyonel film ekran sistemleri hem de dijital radyografi sistemlerinde yapılması gereken ortak testlerdir. Dijital radyografiye özel testler ise şu şekildedir:

Dedektör Doz Göstergesi (Detector Dose Indicator, DDI):

Günümüzde tüm dijital radyografi sistemlerinde detektöre gelen doz seviyesinin bir göstergesi olan DDI tanımlanmamaktadır. Her üretici DDI'ı farklı şekilde tanımlamıştır. Bazı sistemlerde DDI değeri doz ile artarken bazı sistemlerde tam tersi biçimde tanımlanmıştır. Doza bağlı olarak DDI lineer veya logaritmik bir değişim gösterebilmektedir. Dijital radyografi sistemlerinde gerçekleştirilen bu testin amacı dedektördeki doz göstergesinin doğruluğunu ve monitörün sistem hassasiyetinde herhangi bir uzun dönem sapması olup olmadığını gözlemlemektir. Tanımlanmış olan sistemlerde bu test üretici firmanın önerdiği gibi yapılmalıdır. Tanımlanmamış sistemlerde ise DDI test edilmese de uzun dönem sapmasına mutlaka bakılmalıdır. DDI doğruluğu için beklenen ile hesaplanan DDI arasındaki değişik %20 içerisinde olmalıdır. DDI tekrarlanabilirliği için ortalama DAK (Detector Air Kerma) değerinden sapma %10 dan küçük olmalıdır.

Dedektör Yanıtı (veya Signal Transfer Property, STP):

Bu testin amacı dedektör hava kerma (DAK) ile elde edilen görüntüdeki piksel değeri ve DDI arasında bir ilişki kurmaktır. DAK değerlerine daha kesin karar verebilmek için doz okumaları sistemden grid

kaldırılarak yapılmalıdır.

Karanlık Gürültü Testi:

Sistem tasarımından kaynaklanan gürültünün seviyesine değerlendirmek amacı ile yapılan bir testtir. Eğer karanlık görüntü üzerinde herhangi bir yapısal kusur görülürse, ölçüm tekrar edilmelidir. Tekrar edilme sonucu elde edilen ikinci görüntü üzerinde bu yapısal kusur görüntüsü şiddeti düşük bir şekilde tekrar gözlenirse, bu önceki görüntüden kalan artık görüntü olabilir. Eğer yapısal kusur şiddeti değişmeden yeniden gözleniyorsa, bu durumda bunun sebebi dedektörde mevcut olan bir problem ya da karanlık görüntü düzeltme matrisindeki bir sorundan kaynaklanıyor olabilir.

Ölçülen ve Görsel Homojenite Testi:

Homojen olarak ışınlanmış dedektörden elde edilen görüntü üzerinden homojenitenin ölçülmesi ve görsel olarak artefaktların değerlendirilmesi amacı ile gerçekleştirilir. Homojenite ölçümü, elde edilen homojen görüntü üzerinde farklı noktalara çizilen ilgi alanlarından elde edilen ortalama piksel değerleri dikkate alınarak gerçekleştirilir. Görsel değerlendirmede görüntüde belirgin bir artefakt olmamalıdır. Piksel değerlerindeki ortalama değerden sapmalar %10 dan düşük olmalıdır.

Hayalet Görüntü Testi:

Elde edilen görüntü üzerinde önceki ışınlanmalardan kalan kalıntı sinyali ölçmek için yapılmaktadır. Soğuruculu ve soğurucusuz bölgelerden alınan piksel değerleri dikkate alınarak hayalet görüntü faktörü (HGF) hesaplanır. %HGF, %5'den küçük olmalıdır.

Görüntülenebilir Eşik Kontrast Testi:

Görüntülenebilen eşik kontrast (Threshold Contrast Detail Detectability-TCDD) tüm görüntü perfor-

mansını değerlendirmede kullanışlı ve pratik bir yoldur. Kabul testlerinde TCDD sonuçları eğer mümkünse benzer sistemlerden alınan sonuçlarla kıyaslanır ve daha sonraki kalite kontrol testleri için referans oluşturur.

Bu test için farklı kontrast detay test fantomları kullanılabilmekte olup CDRAD fantomu (Artinis Medical System, The Netherlands) en yaygın kullanılan fantomlar arasındadır. Fantomdan alınan görüntüde gözlemcinin dedekte edebildiği en küçük çapa karşı en düşük kontrastın grafiği çizilerek kontrast-detay eğrisi elde edilir.

Kontrast detayı test objeleri için bir detayın görülebilir görülmediği gözlemciden gözlemciye veya aynı gözlemci için zamanla değişebilir. Kalite kontrol sırasında performanstaki önemli farklılıkların anlaşılabilmesi için gözlemciler arasındaki farklılıkların bilinmesi önemlidir.

Gürültünün Dedektör Hava Kerma İle Değişimi:

Bu testte amaç dedektörün gürültü yanıtını belirlemek ve görüntü işlemeye bağlı olarak meydana gelen uzaysal frekansın dedekte edilmesidir. Düşük dozlarda meydana gelen sapmalar elektronik gürültü, yüksek dozlarda meydana gelen sapmalar yapısal gürültüden dolayı meydana gelir.

Yüksek Kontrast Uzaysal Ayırma Gücü Limitinin Saptanması:

Yüksek kontrast ayırma gücünün görsel değerlendirmesi için çizgi çifti fantomu kullanılmaktadır. Bu sayede sistemin ayırma gücü sınırı görsel bir biçimde değerlendirilir.

Modülasyon Transfer Fonksiyonu (Modulation Transfer Function, MTF) Ölçümü:

Yüksek kontrast uzaysal ayırma gücü testi dedektörün

ayırt edebileceği minimum detay hakkında bilgi verir ancak diğer frekansların sistemden nasıl geçtiği hakkında bilgi vermez. Bununla ilgili bilgi almak için MTF ölçülmelidir. MTF, bir görüntüleme sisteminin elde edilen görüntüde değişen boyutlardaki yüksek kontrastlı objelerin ne kadar iyi gösterilebildiğinin bir ölçüsüdür ve dolayısıyla frekans ortamında kontrast ile çözünürlük arasındaki ilişkiyi verir. Uzaysal ortamdaki PSF, frekans ortamındaki MTF'e karşılık gelir.

Gürültü Güç Spektrumu (Noise Power Spectra, NPS) Ölçümü:

NPS, bir görüntüdeki gürültü etkisini frekansın bir fonksiyonu olarak ifade eder ve gürültü ile çözünürlük arasındaki ilişkiyi verir. NPS hesabı için, homojen bir radyografik görüntü, daha küçük ilgi alanlarına bölünerek sayısallaştırılır ve her bir ilgi alanının iki boyutlu Fourier dönüşümü ile gürültü dağılım spektrumları elde edilir. Elde edilen dağılım spektrumlarının grup ortalaması (ensemble average) alınarak gürültü güç spektrumu elde edilir.

Detektif Kuantum Etlinliği (Detective Quantum Efficiency, DQE) Hesabı:

DQE, foton dedeksiyonu yapan sistemlerde, dedektörün üzerine ulaşan foton sayısının dedektör tarafından görüntülerde ne kadar etkin biçimde kullanıldığını gösteren parametredir. DQE en genel ifade ile dedektörün çıkışında ölçülen sinyal-gürültü oranının karesinin girişindeki sinyal gürültü oranının karesine oranıdır.

**Dr. Asena Yalçın**

1984 yılında Çorum'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini İstanbul'da tamamladı. 2006 yılında Ankara Üniversitesi

Mühendislik Fakültesi Fizik Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. Yüksek lisans ve doktora eğitimini Ankara Üniversitesi Nükleer Bilimler Enstitüsü'nde tamamladı. 2009 yılından bu yana aynı enstitüde öğretim görevlisi olarak görev yapmaktadır. Evli ve bir çocuk annesidir.

Çalışma alanları: radyoloji fiziği, medikal görüntüleme, dijital radyografi, radyasyondan korunma.

NÜKLEER TIPTA TANISAL REFERANS SEVİYELERİ

Doç. Dr. Yasemin Parlak

Nükleer tıp ve moleküler görüntüleme alanları hem metabolik ve fizyolojik hem de anatomik yapı hakkında bilgi sağlama üstünlükleriyle hızla büyümektedir. Hastalığın boyutunun erken saptanmasına ve değerlendirilmesine, hastalığın ilerleyip ilerlemediğine, belirli bir tedavinin etkinliğinin değerlendirmesine büyük katkı sağlamaktadır.

Ulusal ve uluslararası raporlara göre yıllık yapılan Nükleer Tıp prosedürleri ciddi bir oranda artmıştır. Nükleer tıp prosedürlerinin kullanımındaki bu artış, iyonlaştırıcı radyasyona maruz kalmanın artmasına ve dolayısıyla olası olumsuz sağlık etkileri riskinin de artmasına yol açmıştır. Hasta ve çalışan radyasyon güvenliğini sağlayabilmek için bu risk ve faktörlerin bilinmesi gerekir.

Radyasyondan Korunma ve Doz Optimizasyonu

Radyasyon korunma sisteminin tavsiye edilen 3 ana prensibi vardır;

Gerekçelendirme (Justification): Kişilere veya topluluklara, radyasyon hasarlarına kaşı net bir yarar sağlamayan radyasyon uygulamalarına izin verilmemelidir. Bütün uygulamalar gerekçelendirilmelidir. Bir başka ifadeyle en küçük dozda bile radyasyon uygulamalarının potansiyel olarak zararlı olabileceğini ve riskin mutlaka bir fayda karşılığında alınmasını gerektirir. Bununla beraber, herhangi bir tıbbi işlemin kabul edilebilirliği ayrıca değerlendirilmelidir. Hamilelerin tıbbi amaçlı ışınlamaları

kararı çok dikkatli verilmeli ve hassas teknikler kullanılmalıdır.

Optimizasyon: Uygulamalarda net yararı maksimize etmek üzere ışınlanan kişilerin sayısı, bireysel dozun büyüklüğü ve ekonomik ve sosyal faktörler dikkate alınarak, mümkün olan en düşük dozun alınmasının başarılmasıdır. İyonlaştırıcı radyasyon uygulamasını optimize etmek için tekniklere ve doz protokollerine hakim olmak gerekiyor. Hasta, çalışan ve halk dozunun azaltılması, cihazların tasarımı, IEC, ISO veya eşdeğer standartlara uygunluğu, kabul testleri, periyodik kontrolleri, kalite kontrolleri, personel eğitimleri optimizasyonun temel gerekleridir.

Doz Sınırları: Korunmanın optimizasyonu için kullanılması gerekli değerlerdir. Ulusal ve yerel otoritelerce belirlenmelidir. Radyasyon görevlilerinin veya toplum bireylerinin alabileceği yıllık doz sınırlarıdır. Radyasyon görevlileri için; etkin doz: 20 mSv/yıl (5 yılın ortalaması) 50 mSv/yıl (tek yıl için) olarak belirlenmiştir (1).

Tanısıl Referans Seviyeleri ve Kullanım Amaçları

Tıbbi görüntülemede optimizasyon, iyonlaştırıcı radyasyon miktarı ile görüntü kalitesinin dengelenmesidir. Görüntüleme protokollerinin optimizasyonu ve tanısıl referans seviyelerinin oluşturulması, düşük radyasyon dozlarında kaliteli görüntü hedeflerine ulaştırılacaktır. Tanısıl referans seviyeleri (DRL), hastaya uygulanan aktivitenin değerlendirilmesi, görüntü kalitesi ve doz arasında bir denge sağlanması için optimizasyonunun kurulmasına yardımcı olacaktır. Ulusal DRL'ler, temsili merkezlerden oluşan bir örneklemede elde edilen

medyan değerlerin yüzde 75'i olarak ayarlanır (2).

Nükleer tıp tetkikleri için doz azaltımı, karmaşık multidisipliner bir çalışmadır. Yeterli görüntü kalitesinin belirlenmesi, hibrit görüntülemenin her iki bileşeninin de görüntü kalitesinin optimizasyonu, hastaya verilen radyasyon dozunun en aza indirilmesi ve operatörün en az riske maruz kalması iyi klinik uygulamada temel hususlardır. Aynı zamanda, hasta konforuna dikkat edilmeli ve bölümün özenli hasta bakımını hedefleyen günlük programına uygunluk sağlanmalıdır.

Nükleer Tıp'ta görüntü kalitesini koruyarak uygulanan aktiviteyi azaltmak, elde etme süresini artırarak sağlanabilir. Fakat uzun süreli çekim zamanları uygulamada pratik değildir. Çünkü hastalar hareketsiz kalmakta zorlanabilir ve oluşabilecek hareket artefaktları da bulanık görüntülere neden olur. Hastaya uygulanan aktivitenin arttırılması da sadece görüntüleme kalitesini iyileştirmekle kalmaz, aynı zamanda edinme süresini de kısaltır. Fakat aktiviteyi arttırmak alınacak radyasyon dozunu da arttıracaktır. Öte yandan da radyasyon korkusu nedeniyle önemli klinik bilgiler sağlayan bir işlemin yapılmaması hastaya daha da zarar verebilir. Bu nedenle burada doz optimizasyonu öne çıkmaktadır. Doğru testin doğru dozda, doğru hastada ve doğru zamanda yapılması doz optimizasyonunun anahtarıdır.

Medikal görüntüleme de optimizasyon kavramının kökeni Avrupa'da, 1950'lerde İngiltere'de röntgen araştırmaları ile başladı. Amerika'da, 1974-1981 tarihli bir anket olan "X-Ray Trendlerinin Ulusal Değerlendirmesi" ile başlamıştır. İyonlaştırıcı radyasyondan kaynaklanan potansiyel riskler konusunda artan

farkındalıkla birlikte, NCRP ve ICRP tarafından çok sayıda yayında referans seviyeleri ele alınıp önerilerde bulunulmuştur.

Referans seviyeleri kavramının tanısallıkta görüntülemeye uzun bir geçmişi vardır. Uluslararası Radyolojik Koruma Komisyonu tarafından maruz kalma kılavuzları, kılavuz dozlar, kılavuz seviyeler, referans dozlar ve 1996'dan itibaren de yayınlarında tanısallık referans seviyeleri olarak isimlendirilmiştir (2-4). ICRP, medikal incelemelerde DRL kullanılmasına yönelik önerilerini 60., 73., 103. ve 105. yayınlarında vermektedir. Komisyon, 'tanısal referans düzeyi' terimini ilk olarak Yayın 73'te tanıttı. ICRP bu raporlarında, tanısal uygulamalarda hastaya uygulanan radyasyon dozunu optimize etmek için bir araç olarak DRL oluşturulmasını tavsiye etmekte ve belirli bir prosedürden hasta dozunun veya uygulanan aktivitenin o prosedür için alışılmadık derecede yüksek veya düşük olup olmadığını belirlemek için kullanılmasını önermektedir (2-6).

ICRP 135 olan raporunda, çalışma içerisindeki her bir merkezin DRL miktarı için medyan değerinin kullanılmasını tavsiye etmektedir. Bu yayın, DRL hakkında daha fazla bilgi ve rehberlik kaynağı olarak tasarlanmıştır. Bazı terminoloji karışıklığı giderilmiştir. Ek olarak, çeşitli görüntüleme modaliteleri için DRL miktarlarını vermekte, DRL'lerin girişimsel prosedürlere ve pediatrik görüntülemeye uygulanması hakkında bilgi sağlamaktadır. Ayrıca DRL değerlerinin belirlenmesi ve uygulanmasındaki yaygın hataları vurgulamaktadır. DRL değerlerinin oluşturulması için anketlerde değişiklik önerir, radyasyon dozuyla ilgili miktarların otomatik olarak raporlanmasının avantajını sunar ve sağlık

çalışanlarının eğitim programlarında ve hastalar için bilgilendirilmelerde DRL'lere ilişkin bilgilerin de dahil edilmesinin önemini vurgulamaktadır (7).

Radyasyon miktarı arttıkça, görüntü kalitesi iyileşir. Görüntünün klinik ihtiyacı karşılamak için yeterli kaliteyi (bilgiyi) sağladığından emin olarak hastanın radyasyon dozunu en aza indirmek gerekir. Prensip olarak, yeterince iyi bir görüntü kalitesi sağlamak için dozların çok düşük olacağı daha düşük bir tanı referans seviyesi seçmek mümkün olabilir. Bununla birlikte, doz dışındaki faktörler de görüntü kalitesini etkilediğinden, bu tür tanısal referans seviyelerini ayarlamak zordur. Bununla birlikte, gözlemlenen dozlar veya uygulanan aktiviteler sürekli olarak tanısal referans seviyesinin çok altındaysa, elde edilen görüntülerin kalitesi yerel olarak gözden geçirilmelidir.

Avrupa komisyonunun hazırladığı kapsamlı rapora göre Tanısal Yetişkin Nükleer Tıp tetkikleri için; Avrupa ülkelerinin %64'ünün DRL değerleri mevcut, %33'ünün DRL değerleri yoktur (8). Bir bölgedeki (örn. Avrupa Birliği) birçok ülke için ulusal DRL değerleri mevcut olduğunda, bölgesel DRL değerleri mevcut ulusal değerlerin medyan değeri kullanılarak belirlenebilir. Bunlar, kendi DRL anketleri veya kayıtları olmayan komşu ülkeler için optimizasyon veya koruma ihtiyacı hakkında rehberlik sağlayabilir ve mevcut ulusal DRL değerleri bölgesel DRL'lerin üzerinde olan ülkeler için daha fazla optimizasyonun gerekli olabileceğine dair bir gösterge verebilir.

Ulusal ve bölgesel DRL'ler, 3-5 yıllık düzenli aralıklarla veya teknolojiye önemli değişiklikler ile yeni görüntüleme protokolleri veya gelişmiş

rekonstrüksiyon teknikleri kullanıma sunulduğunda daha sık olarak yenilenmelidir.

İster nükleer tıp taramaları isterse radyolojik prosedürler olsun, iyonlaştırıcı radyasyon kullanan tüm görüntüleme prosedürleri bir miktar zararlı etki taşır. İyi görüntü kalitesi, hekimlerin her zaman önceliği olmuştur ancak büyük miktarda radyasyon dozlarında elde edilebilir. Yüksek dozlarda, hasar olasılığı da artar. Hasta doz limiti olmadığı için, radyasyon maruziyetini optimize etmeye yönelik tüm dünya çapında büyük bir çaba sarf edilmektedir. Tanısal referans seviyeleri kavramı, mevcut uygulamaları denetlemek ve gereksiz ise radyasyon maruziyetini azaltmanın yollarını tasarlamak için geliştirilmiştir.

Ülkelerin ayrı ayrı DRL verileri önemlidir çünkü bireysel olarak laboratuvarları kıyaslamak, uygulamadaki coğrafi farklılıkları anlamak ve toplumsal kılavuzlara kaynak veriler sağlamak için kullanılabilir. Aynı zamanda mevcut uygulamaları denetlemek ve gereksiz ise radyasyon maruziyetini azaltmanın yollarını geliştirme konusunda kullanımı da söz konusudur. Amaç bir maksimum veya minimum doz limiti tanımlamak değil, karşılaştırma sağlayabilmek, hasta dozunda sınırlamaya gitmeden radyasyon korunmasının optimizasyonu sağlamaktır.

Seçilen değerler bir ülkeye veya bölgeye özel olabilir. Ülkelerin farklı kolaylıkları olduğu için her ülke kendi DRL'lerini geliştirmiştir.

Komisyonun belirttiği gibi, 'Hastaların tıbbi maruziyetlerinin uygun şekilde gerekçelendirilmesi ve ilgili dozların tıbbi amaçla orantılı olması şartıyla, hastaların tıbbi maruziyetine doz sınırlamaları veya

doz kısıtlamaları getirilmeyebilir, çünkü bu tür sınırlar veya kısıtlamalar genellikle yarardan çok zarar verir (ICRP, 2007c). Bu nedenle, DRL değerlerinin doz limitleri olarak tasarlanmadığı ve bu şekilde kullanılmaması gerektiği açıktır.

Bir hasta DRL'den daha fazla radyasyon aldıysa veya alacaksa, tesis o hastanın dozunu gözden geçirmeli ve bir iyileşmenin mümkün olup olmadığını belirlemelidir. Böyle bir gelişme, farklı aktivite miktarı, daha iyi ekipman veya bir protokol değişikliği şeklinde olabilir.

Nükleer Tıpta Radyasyon dozimetresi

Nükleer Tıpta internal doz hesaplamalarında MIRD metodu sıklıkla kullanılır. Medikal İnternal Radyasyon Dozimetri yöntemi ile yapılan internal doz hesaplamalarında standardize edilmiş insan vücudunu temsil eden biokinetik matematiksel modeller (fantomlar) kullanılır. Bazı bilgisayar programları kullanılarak da çeşitli radyofarmasötiklerin uygulanan birim aktivitedeki dozları hesaplanabilir. Hamile ve emziren hastalara uygulanan radyofarmasötikler için MIRD formülleri kullanılarak özel dozlar hesaplanır. SNMMI derneğinin MIRD komitesi, internal emiterlerin radyasyon dozunu hesaplamak için bir denklem geliştirmiştir (9).

$$D = \frac{k \tilde{A} \sum_i n_i E_i \phi_i}{m}$$

Burada,

D = Absorbe edilen doz (rad veya Gy)

$\tilde{A}$ = Kümülatif aktivite (μCi-sa veya MBq-s)

n = Nükleer dönüşüm esnasında salınan E enerjili radyasyon miktarı

E = Radyasyon enerjisi (MeV)

Φ_i = Hedefteki absorbe olan enerji kesri

m = Hedefin kütlesi (g veya kg)

k = Orantısal sabit (rad-g/μCi-saat-MeV veya Gy-kg/MBq-sn-MeV)

İnternal radyasyon dozu hesaplamalarında matematiksel işlemler oldukça karmaşıktır. Hesaplamaları kolaylaştırmak için MIRD tarafından S-tabloları yapılmıştır. Bu tablolarda kaynak organın hedef organa etkisi belirli katsayılarla tespit edilmiştir. Buna göre absorbe doz:

$$D = (A/m_v) \times \Delta \times \Phi$$

şeklinde ifade edilebilir. Burada,

m_v , hesaplanan organın kütlesi (gram),

Δ ; Radyoaktif maddenin yaydığı penetre ya da penetre olmayan bütün enerjiler göz önüne alınarak her disintegrasyonda yayılan enerji miktarıdır.

Bu değeri hesaplamak için tüm ışınların fraksiyonel bollukları (n_i) ve ortalama enerjilerinin bilinmesi gerekir.

$$\Delta = 2.13 \times n_i \times E_i = (\text{gram.rad})/(\text{mikroCi.saat})$$

Birçok radyonüklid için n_i ve E_i MIRD tablolarında bulunmaktadır.

Φ ; Hedef organın absorbe ettiği enerji fraksiyonudur.

Bu fraksiyon kaynak organ tarafından yayılan radyasyon enerjisinin hedef organ tarafından absorbe edilen oranını gösterir. Penetre olmayan radyasyonlar için bu değer 1 alınır. Penetre olanlar için standart

insan fantomlarından faydalanılır.

Toplam doz (D), $D = \bar{A} \times S$ eşitliği ile tespit edilir.

Buradan anlaşılacağı üzere absorbe radyasyon dozu birçok faktöre bağlıdır. Fakat en önemli ve direk etkileyen faktör hastaya uygulanan radyoaktivite miktarıdır. Bunun dışında radyasyonun türü (alfa, beta, gama), enerjisine, hedef ve kaynağın boyut, şekil ve bileşimine de bağlıdır (9,10).

Uygulanacak aktivitenin optimal seviyesini belirlerken, hasta boyutu, görüntüleme süresi ve kullanılan enstrümantasyon türü dikkate alınır. Bireysel hastalar için uygulanan aktivite, sağlam klinik nedenlerin olduğu durumlarda artırılabilir. Örneğin, incelemenin daha kısa sürede yapılabilmesi için aşırı ağrısı olan ve normal inceleme süresine dayanamayan bir hasta gibi.

Hasta boyutu:

Nükleer Tıpta uygulanan aktiviteler hasta ağırlığına bağlı olarak belirlenmektedir. Yetişkin hasta için ağırlık aralığı ortalama 70 kg olmak üzere, 50-90 kg aralığıdır. İngiltere’de ortalama ağırlık 70 ± 5 kg, birçok ülke için ortalama ağırlık 70 ± 10 kg olarak kullanılır. Ağırlığa dayalı uygulanan aktiviteler, radyofarmasötiklerin ağırlıklı olarak tek bir organda yoğunlaştığı incelemeler için uygun olmayabilir (örn. tiroid taramaları, akciğer perfüzyon taramaları gibi). Radyofarmasötiklerin ağırlıklı olarak tek bir organda yoğunlaştığı böyle çalışmalar için tüm yetişkin hastalara standart bir aktivite uygulanabilir. Literatürde, çocuklar, ergenler ve düşük kilolu hastalar için kiloya dayalı uygulanan aktivitelerin kullanılmasını ve diğer gruplar için ICRP Yayını 135’in dikkate alınmasını tavsiye edilmektedir. Çok obez hastalar için

sabit bir maksimum aktivitenin ayarlanması da düşünülebilir.

Yenidoğan ve hamile kadınlar gibi farklı boyutlardaki hasta modelleri için de EANM, SNMMI, ICRP tarafından geliştirilmiştir (10).

Enstrümantasyon ve Görüntüleme süresi

Dedeksiyon teknolojisinin optimize edilmesi (kristal dedektör tasarımı ve performansı), bilgisayar teknolojileri (Rekonstrüksiyon algoritmaları) ve yeni modaliteler (Pozitron Emisyon Tomografisi / Manyetik Rezonans (PET/MR) ve Pozitron Emisyonu Mamografi (PEM), Tek Foton Emisyon Tomografisi için yarı iletken dedektör teknolojisi) görüntü kalitesini korurken veya iyileştirirken, doz azalmasına bile gidilebileceğini göstermiştir.

Çalışmalar radyasyondan korunma kılavuzu ışığında uygulanan aktiviteye dayalı referans seviyeleri kullanılmasını önermektedir. Fakat görüntü kalitesi sınırlamasının bir kısmının üstesinden gelmek için, yeterli teknolojiler ile görüntü kalitesinin elde edilmesini sağlamaya yardımcı olmak amacıyla yeni bir nicelik ADP (administered activity duration product) tanımlamıştır.

ADP; MBq x min

SPECT görüntüleme için, çoğu sistemin çift dedektörlü kameralar olduğu göz önüne alındığında, bu ölçüyü çift dedektörlüler için normalize edilir (2, 10).

Dünya’da ve Türkiye’de Tanısal Referans Seviyeler

Yaklaşık 1996 yılından sonra hem IAEA hem de AB, üye devletlerin DRL oluşturulmasını ve kullanımını teşvik etmelerini şart koşturmaktadır. Birleşik Krallık,

ABD, Kanada, Japonya, Avustralya ve Rusya Federasyonu gibi yüksek gelirli olarak sınıflandırılan ülkelerin (yaklaşık 80 kadar ülke) DRL'leri mevcut ve günceldir. Fakat düşük veya orta gelirli olarak sınıflandırılan ve dünyanın 7,26 milyarlık nüfusunun % 80'inden fazlasının ikamet ettiği 135 ülkeden az veri bulunmakta ve bu ülkeler için DRL'lere çok daha büyük bir ihtiyaç vardır.

NCRP Report No 172 sayısında Amerika'nın 13 farklı tanışal inceleme ve radyofarmasötik kombinasyon ile toplam 3135 merkezden toplanan sonuçlar sunulmuştur. Elde edilen sonuçlara göre hastalara uygulanan aktiviteler diğer ülkelerle kıyaslandığında ortalamanın üzerindedir. Uygulama kılavuzları ile karşılaştırıldığında belirtilen aralıkların ya en üstünde ya da aralıkları aşmaktadır (11).

Japonya'nın DRL değerlerine bakıldığında düzenli aralıklarla güncellendiği görülmektedir. Son olarak 2020 yılında güncellenen sonuçlar 915 nükleer tıp tesisinden alınmıştır. Uygulanacak aktiviteler bazı istisnalar dışında Amerika DRL değerlerine eşittir. F-18 FDG dozunda farklılık bulunmaktadır. 2015 DRL'leri ile 2020 DRL'leri arasına yeni eklenen radyofarmasötikler bulunmaktadır. 2020'deki birçok madde 2015 de belirtilen miktarlara eşit veya daha düşük olarak ayarlanmıştır. Önceki değerlerden daha yüksek ayarlanmış bir aktivite değeri yoktur. Bunun nedeni, son beş yılda görüntüleme cihazları ve görüntü rekonstrüksiyon teknolojisindeki ilerlemeler olabilir.

Bazı radyofarmasötikler arasında, kemik iliği sintigrafisi için ¹¹¹In-klorürün etkinliği (%33 azalma), sisternografi için ¹¹¹In-DTPA'nın, miyokard ve tümör için ²⁰¹Tl sintigrafisinin ve tümör veya inflamasyon

için ⁶⁷Ga sintigrafisinin aktiviteleri 2015 DRL'lerinde yaklaşık %30-40 arasında azalma olmuştur. Bu düşüşlerin ana nedenleri muhtemelen 2016 yılında üreticiler tarafından teslimat sistemlerinde yapılan modifikasyonlardır (12).

Avrupa DRL'leri genellikle ABD ve Japonya'dakinden daha düşüktür. Bu DRL'lerdeki farklılıklar ulusal/bölgesel kalkınma durumu, gelenekler, hasta alışkanlıkları ve kilosu vb. farklılıklara bağlanmıştır.

Fransa'nın 2018 yılında yayınladığı DRL'e bakıldığında TOF teknoloji cihazların artışı ile FDG aktivitelerinde azalma bildirilmiştir (5 MBq/kg'dan 3,5 MBq/kg). 2011 yılındaki DRL ile kıyaslandığında FDG ve tiroid sintigrafisi dozlarında yaklaşık %10 civarı azalma olmuştur.

Bu çalışma da PET görüntülemesi için MR ile ilişkili daha uzun akuzisyon süresinin benimsenmesinin doz optimizasyonunu iyileştirebileceği de gösterilmiştir. Bu bulgular, görüntü kalitesini korurken hastalar arasında dozda büyük bir azalma sağlamıştır. Bir FDG PET/CT taraması için etkin doz yaklaşık 12–22 mSv aralığında; ancak PET/MR kullanıldığında, etkin doz 1.8 mSv kadar düşmektedir. Bu miktarlar, uygulanan aktivitenin 4-8 kat aralığında azaltılabileceğini gösterir (13).

FDG ile PET/BT için ülkelerin çoğu, referans değerlerini 240–270 MBq aralığında belirlemiştir. Sadece Almanya ve İngiltere DRL değerleri sırasıyla 350 ve 400 MBq ile daha yüksektir (13). PET DRL'lerin karşılaştırılmasında ülkeler arasında bazı metodolojik farklılıklar bulunmaktadır. Örneğin İsviçre medyan değeri, Belçika ve Fransa ortalamayı, Avustralya ve Japonya üçüncü çeyreğe göre DLR'lerini

hesaplamaktadırlar (13).

Myokard Perfüzyon Sintigrafisinde (MPS) tanısal referans seviyeleri değerlendirildiğinde, aynı gün yapılan MPS için geniş bir aktivite aralığı vardır. En düşük İngiltere 300 MBq ve en yüksek Avusturya, Lüksemburg ve İtalya 1480 MBq kullanmaktadır. Bu tetkikin yapıldığı hasta grubunun yarısından fazlası 65 yaşın üzerindedir ve genç bireylere göre radyasyondan daha düşük risk altındadır.

Amerika'da Nükleer kardiyolojik çalışma oranı yaklaşık %57'dir ve nükleer tıptan kaynaklanan toplam radyasyon dozunun yaklaşık %85'ini oluşturmaktadır (10).

MPS'de doz optimizasyonuna yönelik önerilen yaklaşımlar arasında çalışmanın stres bölümünü ilk olarak düşük uygulanan bir aktivite ile gerçekleştirilip, dinlenme çalışması yalnızca stres çalışma pozitifse gerçekleştirilebilir. Yapılan bir çalışma da standart rest stres protokolü ile sadece stres protokolü (yüksek doz ve düşük doz) değerlendirilip, düşük doz sadece stres protokolü ile de benzer görüntü kalitesinin elde edilebileceğini, ancak radyasyon dozunun çok farklı olduğunu bildirmişlerdir.

Bu iki gün protokolü; bazı vakalarda hastanın radyasyon dozunda önemli bir azalma sağlayabilir, ancak hastalar bir günlük protokol yerine 2 günlük bir protokol tercih etmeyebilir. Diğer bir optimizasyon önerisi de yeni yüksek hassasiyetli enstrümantasyon ve gelişmiş rekonstrüksiyon tekniklerinin kombinasyonudur (10).

Türkiye'de referans doz düzeyleri 24.03.2000 tarih ve 23999 sayılı resmi gazetede yayınlanan Radyasyon

Güvenliği Yönetmeliğinin 28. maddesinde belirtildiği gibi tanı, tedavi eğitim ve araştırma amaçlı ışınlanmalarda, mesleki ve toplumsal sağlık taramalarındaki ışınlanmalarda kişilerin alacağı radyasyon dozu, Kurum tarafından öngörülen rehber düzeylerine uygun olmalıdır. Bu düzeyler aynı yönetmeliği Ek-4'ünde yer almaktadır (14).

2019 yılında Türkiye'nin de içinde bulunduğu 38 ülkeden gelen çalışma sonuçlarına göre tespit edilen tanısal referans seviyeleri F-18 FDG PET/BT görüntüleme için 310 MBq, Kemik sintigrafisi için 750 MBq, Paratiroid sintigrafisi için 600 MBq ve Kalp Sintigrafisi için 850 MBq olarak tespit edilmiştir (15).

Pediyatrik Görüntülemelerde Tanısal Referans Seviyeleri

Pediyatrik popülasyon, genel olarak 0-18 yaş arasını kapsayan homojen olmayan bir hasta grubudur, üst yaş sınırı ülkeler arasında farklılık göstermektedir. Büyüyen veya yenilenen dokular iyonlaştırıcı radyasyonun mutajenik etkisine daha duyarlıdır. Çocuk ne kadar küçükse, büyüyen hücre sayısı o kadar çok olur; çocukların radyasyon hasarına karşı ergenlerden çok daha duyarlı olduğunu ve ergenlerin de yetişkinlerden daha duyarlı olduğunu gösterir.

Pediyatrik görüntüleme de doz optimizasyonu, radyasyonun zararlı etkisinin çocuklarda yetişkinlere göre daha önemli olduğu ve bu etkilerin gösterilebileceği daha uzun bir geleceğe sahip oldukları gerçeği ışığında özel bir öneme sahiptir.

Pediyatrik nükleer tıp uygulaması, tetkiklerin görüntü kalitesi en üst seviyede tutulurken aynı zamanda herhangi bir potansiyel riski en aza indirecek şekilde

optimize edilmelidir (16). Pediatrik prosedürler hasta boyutu ve yaştan bir fonksiyonu olarak optimize edilmesi gerekir. Geçmişte hastalar yaş kategorilerine göre gruplandırılırdı (başı içeren görüntülemelerde, Avrupa Komisyonu tarafından DRL değerlerini belirlemek için yaş gruplandırmaları hala önerilir).

EANM Pediatrik Komitesi üyeleri tarafından EANM dozaj kartının ilk versiyonu 1990 yılında Avrupa çapında yönetilen faaliyetlerin uyumlu hale getirilmesi için hazırlanmış ve yayınlanmıştır. Dünyanın birçok Nükleer Tıp merkezinde, pediatrik uygulamalarda EANM veya Kuzey Amerika Konsensusunun (NACG) yayınladığı kılavuzlara uyulmaktadır. EANM dozaj kartında, aktiviteyi azaltmak için çocuğun ağırlığı referans olarak kullanılır. Her radyofarmasötik için aşırı uzun bir tarama sürelerinden kaçınmak için de bir minimum aktivite değeri belirlenmiştir (16,17).

IAEA tarafından 2019 yılında yayınlanan çalışmada Türkiye'nin de içinde bulunduğu düşük ve orta gelirli ülkeler için en sık yapılan 5 (beş) tetkikin DLR sonuçları yayınlanmıştır. Kemik sintigrafisi için minimum ve maksimum aktivite değerleri 185-589 MBq, DMSA böbrek sintigrafisi için 37-184 MBq, MAG3 ile dinamik böbrek sintigrafisi için 37-185 MBq, Tc99m perteknetat ile tiroid sintigrafisi için 37-185 MBq, FDG PET için 74-370 MBq aralığında bildirilmiştir. Bu çalışmada Türkiye'den veriler de bulunmakta ve doz optimizasyonu için birtakım öneriler verilmektedir. Bunlar arasında pediatrik hastalar için uygulanan aktivite, nükleer tıp merkezleri için mutlaka denetim sürecine dahil edilmesi ve pediatrik doz önerileri, tüm nükleer tıp uzmanları için resmi eğitim müfredatına ve yeniden sertifikalandırma programlarına dahil edilmesi bulunmaktadır (18).

Sonuç

Tanısal referans seviyeleri, öncelikle doğru uygulamalar için kılavuz olarak karşılaştırma değerleri sunmayı amaçlamaktadır. Değerler, ulusal sağlık ve radyasyondan koruma yetkilileri ile profesyonel tıbbi kuruluşlar tarafından seçilmeli ve gözlemlenen doz dağılımlarındaki uzun vadeli değişiklikler ve gerekli stabilite belirli aralıklarla gözden geçirilmesi gerekir. Kliniklerin, uygulanan aktivite için yerel nükleer tıp referans seviyelerini ve radyasyondan korunma, protokol iyileştirme ve en iyi uygulamaları sağlamak için bir araç olarak ADP'yi benimsemeleri önerilmektedir.

Tanısal referans Seviyelerini belirlemek için hasta dozu verilerini pediatrik (hassas) hastalar üzerinde gerçekleştirilen incelemelerden başlanmalıdır.

Kaynaklar

1. ICRP Publication 135 Diagnostic Reference Levels in Medical Imaging
2. Adam M. Alessio, Mary Beth Farrell, and Frederic H. Fahey, Role of Reference Levels in Nuclear Medicine: A Report of the SNMMI Dose Optimization Task Force, The Journal of Nuclear Medicine, Vol. 56, No. 12, December 2015
3. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Oxford, U.K. Pergamon Press; 1991. ICRP publication 60.
4. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Oxford, U.K: Pergamon Press; 1996. ICRP publication 73
5. Diagnostic Reference Levels in Medical Imaging:

- Review and Additional Advice. Oxford, U.K.: Pergamon Press; 2002. ICRP Supporting Guidance 2.
6. ICRP Publication 103, The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, 2007
 7. ICRP Publication 135, Diagnostic Reference Levels in Medical Imaging, 2017
 8. Diagnostic Reference Levels in Thirty-six European Countries, European Commission, Unit D3 Radiation Protection 2014
 9. Parlak Yasemin, Demir Mustafa Nükleer tip uygulamalarında internal dozimetri metodlarının değerlendirilmesi, ADÜ Tıp Fakültesi Dergisi 2013; 14(3): 47-54
 10. EANM Publications Radiation Protection and Dose Optimisation A Technologist's Guide, ISBN: 978-3-902785-12-1, 2016
 11. NCRP Report No. 172 Becker et al 2019 US PET/CT and Gamma Camera DLRs
 12. Koichiro Abe, Makoto Hosono, Takayuki Igarashi, Takashi Iimori, Masanobu Ishiguro, Teruo Ito, Tomomasa Nagahata, Hiroyuki Tsushima, Hiroshi Watanabe The 2020 national diagnostic reference levels for nuclear medicine in Japan, Annals of Nuclear Medicine (2020) 34:799–806
 13. Patrice Roch, David Celier, Cécile Dessaud and Cécile Etard, Patient Exposure from Nuclear Medicine in France: National Follow-Up and Influence of The Technology Through Diagnostic Reference Levels Data Analysis, Radiation Protection Dosimetry (2018), Vol. 179, No. 1, pp. 87–94
 14. Nükleer Düzenleme Kurumu Mevzuatlar Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği Ek IV Tıbbi Işınlamalar için Doz, Doz Hızı ve Aktivite Referans Seviyeleri
 15. Euratom research and training programme 2014-2018 Project, Project title: Implications of Medical Low Dose Radiation Exposure, D2.8 Report on the current use of multi-modality systems in nuclear medicine
 16. Frederic H. Fahey, Alison B. Goodkind, Donika Plyku, Kitiwat Khamwan, Shannon E. O'Reilly, Xinhua Cao, Eric C. Frey, Ye Li, Wesley E. Bolch, George Sgouros, and S. Ted Treves, Dose Estimation in Pediatric Nuclear Medicine, Semin Nucl Med. 2017 March; 47(2): 118–125
 17. M. Lassmann, L. Biassoni, M. Monsieurs, Franzius, F. Jacobs EANM Dosimetry and Paediatrics Committees, The new EANM paediatric dosage card, Eur J Nucl Med Mol Imaging (2007) 34:796–798
 18. Paediatric nuclear medicine practice: an international survey by the IAEA G. L. Poli, L. Torres, M. Coca, M. Veselinovic, M. Lassmann, H. Delis, F. Fahey, European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging (2020) 47:1552–1563

**Doç. Dr. Yasemin Parlak**

1980 yılında Ankara'da doğmuştur. MCBÜ Fen Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümünden 2001'de mezun oldu. 2004'te MCBÜ

Tıp Fakültesi Nükleer Tıpta sağlık fizikçisi olarak göreve başladı. Yüksek Lisans ve Doktora eğitimlerini Nükleer Fizik Anabilim Dalında tamamlamıştır. 2017 yılında Doçentlik ünvanı almıştır. Halen MCBÜ Tıp Fakültesi Nükleer Tıpta öğretim üyesi olarak çalışmaktadır.

TEK VE HİPOFRAKSİYONE STEORAKTİK RADYOCERRAHİDE BEYİN İÇİN DOZ/VOLÜM TÖLERANSI

HyTEC: Organ-Specific Paper

Single- and Multifraction Stereotactic Radiosurgery Dose/Volume Tolerances of the Brain

Michael T. Milano, MD, PhD,* Jimm Grimm, PhD,[†]
Andrzej Niemierko, PhD,[‡] Scott G. Soltys, MD,[§] Vitali Moiseenko, PhD,^{||}
Kristin J. Redmond, MD,[¶] Ellen Yorke, PhD,[#] Arjun Sahgal, MD,**
Jinyu Xue, PhD,^{††} Anand Mahadevan, MD,[†] Alexander Muacevic, MD,^{‡‡}
Lawrence B. Marks, MD,^{§§} and Lawrence R. Kleinberg, MD^{¶¶}

Med. Fiz. Uzm. Dr. Telat Aksu

Klinik Açıdan Önemi

Tek fraksiyonlu radyocerrahi (SRS) veya hipofraksiyone (2-5 fraksiyon) kranyal radyocerrahi (fSRS) genellikle değişik primerler ve metastatik beyin tümörleri için kullanılır. Radyasyona bağlı nekroz (radyonekroz), ödem ve diğer nörolojik komplikasyonlar nispeten yaygın olarak bu tedavilerde görülür. Radyonekroz ölü ve bozulmuş dokudaki iltihap ve genel olarak etrafındaki semptomatik veya asemptomatik olabilen ödem ile ilişkilidir.

Literatürdeki terminoloji çeşitlilik gösterir ve nekroz, radyonekroz, radyasyon tedavisi etkisi, tedaviye bağlı görüntülemeindeki değişiklikler ve radyasyon yan etkisi gibi isimlendirmeler mevcuttur; bu yüzden nekroz, radyonekroz ve radyasyon nekrozu terimleri genel olarak kullanılır. Birçok çalışmada, nekrozun başlangıcı SRS/fSRS' den 6 aydan birkaç yıla kadar değiştiği belirtilerek kabaca ortalama süre bir yıl olarak kabul edilebilir.

Semptomatik nekrozlar, doğrudan beyin hasarından

veya bir enfeksiyonu başlatan hedef içindeki nekrozlardan kaynaklanabilir. Nekrozun vasküler endotel hasar aracılığıyla gerçekleştiği düşünülmektedir. Nekroz yokluğunda da ödem oluşabilir. Ödem ve/veya nekroz semptomları arasında baş ağrısı, bulantı, kusma, ataksi, nöbet yer almaktadır. Asemptomatik nekroz klinik ve radyografik gözlemler ile yönetilebilir. Semptomatik nekroz için ilk etapta kortizon tedavisi düşünülür. Kortizon dozu tedavinin olası komplikasyonlarına, semptomların yanıtına bağlı olarak ayarlanır.

Son yapılan çalışmalar beyin radyonekrozlarına bevasizumab vermenin kliniksel ve radyografik olarak iyi yanıt verdiğini göstermektedir; ek olarak, bevasizumab kortikosteroid ihtiyacını azaltabilir. 14 hastadan oluşan küçük randomize bir çalışmada, bevasizumabın beyin radyonekrozu için etkinliğine dair kanıtlar sağlamıştır, ancak 3 hastada bevasizumab ciddi komplikasyonlara (aspirasyon pnömonisi, pulmoner emboli ve superior sagittal sinüs trombozu) neden olmuştur. Bu nedenle bevasizumab tedavisini uygularken bu yan etkileri

düşünülerek dikkatli olunmalıdır. 130 hastadan oluşan bir Alliance çalışmasının sonuçları beklenilmektedir (NCT02490878). Hiperbarik oksijen tedavisi beyin radyonekrozuna karşı bir miktar etkinliğe sahip olabilir, ancak bu tedavi halen araştırma aşamasındadır.

Literatürde bildirilen en yaygın beyin toksisitesi nekroz ve ödemdir. Radyonekroz, genellikle ödemle birlikte halka şeklinde bir lezyon olarak görülür. Tümörler için, SRS/fSRS'e bağlı radyonekrozları tümör progresyonu veya psödoprogresyondan ayırt etmek oldukça zor olabilir.

Nekrozlar semptomatik veya asemptomatik olabilir ve teşhis görüntü bulguları veya patoloji raporuna bakılarak yapılabilir. Radyonekroz ile yapılan çalışmalarda genellikle sadece görüntüleme sonuçları kullanılır. En yaygın kullanılan görüntüleme yöntemleri olan pozitron emisyon tomografi (PET), manyetik rezonans (MR), kontrastlı MR ve MR spektroskopisi kesin tanı için yardımcı olabilir. Tüm bu görüntüleme yöntemleri kullanılarak nekroza tümör progresyonunu ayırt etme hassasiyeti %60 ile %80 arasındadır, bu nedenle tek bir test ile radyonekroz mu tümör rekürrensi mi olduğunu ayırt etmek çok zordur. Bazı hastalarda multimodal yaklaşım gerekir.

MR görüntüleme özelliklerindeki değişiklikler aynı zamanda radyonekroz ile tümör progresyonunu ayırt etmede kullanılabilir. Nekrozu teşhis etmek için kesin bir yöntemin olmaması nedeniyle görüntülemelerin yorumlanması zor olmaktadır.

Bu zorluğun farkında olarak, 2015 Nöro-Onkoloji Beyin Metastazlarında Yanıt Değerlendirmesi (RANO-BM) çalışma grubu raporu, progresyon için eğer

lezyon büyümesi belirli bir kriteri karşılaması durumunda ("merkezi sinir sistemi lezyonlarının toplam uzun luğunda en az %2' lik bir artış") önerdi, ancak tedavi etkisinden progresyonu ayırt etmede klinik bulgularında önemi büyüktür. Bu nedenle, nekrozu güvenle teşhis etmek bazen zordur. İmmün terapi alan hastalardaki görüntüleme bulguları, immün yanıtla karşı ödem ve nekroz açısından ayırt etmek zor olacağı için nöro-onkolojide immünoterapi yanıt değerlendirmesi gibi daha yeni görüntüleme kriterleri uygulanmaktadır. Beynin sub(alt)-volümlerinin nasıl tanımlanacağı konusunda bir fikir birliği olmamasına rağmen, merkezi sinir sisteminin ana yapılarını tanımlamak basittir. Otomatik konturlama yazılımı, yanlışlıkla kavernoöz sinüsün bölümlerini, venöz sinüsleri veya kafatasındaki cerrahi kusurları normal beyin olarak çizebilir; bu bölgelerin yanı sıra kraniyal sinirler ve beyin sapının riskli organlardan çıkarılması önerilir.

SRS/fSRS sonrası nekroz risklerine ilişkin yayınlanmış raporlarda, doz-volüm histogramında toksisite riskleri ile ilişkilendirmek için hangi hacimlerin kullanıldığı konusunda değişkenlik vardır. Tanımlanan spesifik volümler (1) tüm dokuları (yani, hedef hacmi içeren izodoz çizgisinin kapsadığı hacmin tamamı), (2) "normal" veya "hedef olmayan" dokuyu ve (3) "çevreleyen beyin" veya beyin. "Beyin" veya "çevreleyen beyin" dokusu için, hangi hedef hacmin (GTV, CTV veya PTV) beyinden çıkarıldığı konusunda farklı görüşler vardır.

Bu farklılıklardan dolayı, verilerin ortak bir havuzda toplanmasını zorlaştırır. Bu yaklaşımlar arasındaki hesaplanan volümdeki farklılıklar, kullanılan planlama tekniklerinin yanı sıra hedefin boyutuna ve

konumuna bağlı olacaktır.

Bu çalışmada bazı kısıtlamalar yapılmıştır. (1) Beyin sapının hedef olduğu hastalar dahil edilmedi. Çünkü beyin sapının toleransı normal beyinden farklıdır. (2) Gliomalı hastalar dahil edilmedi. Çünkü birçok gliomada SRS/fSRS'den önce tümörle ilişkili nekroz vardır; (3) vestibüler schwannoma/akustik nöromadlı hastalar dahil edilmedi. Çünkü bu tümörler beyin parankiminde değildir, SRS/fSRS sonrası intratümöral nekroz vestibüler schwannoma/akustik nöroma için oldukça yaygındır ve bu tümörlerden kaynaklanan nörolojik radyotoksiste çoğunlukla kraniyal sinir ile ilişkilidir, (4) Meningiomalı hastaların SRS/ fSRS sonrası ödemi varsa çalışmaya dahil edilmedi.

Arteriovenöz Malformasyon (AVM)

AVM için, SRS ile yüksek doz volüm maruziyeti konsepti ilk kez ,1970' ler ile 1980' ler de tanımlandı. Flickinger ve arkadaşları, 1980'lerde ve 1990'larda, tümörler ve AVM tedavisinde nekroz/toksisite riskleri ile doz-volüm maruziyeti arasındaki ilişkiyi analiz eden birkaç çalışma yayınladı. AVM Çalışma Grubu, kalıcı sekelleri tahmin etmede 1 fraksiyonda ≥ 12 Gy (V_{12}) alan AVM' nin yeri ve doku hacminin (hedef dahil) etkilerini tanımladı. Çeşitli enstitülerde yapılan çalışmalar, AVM hastalarının toksisite risklerini tahmin etmede V_{10-12} 'nin önemini göstermiştir. AVM' nin çoğu çalışması doku V_{10-12} ' yi analiz etti (yani, hedefi dışlayan bir V_{10-12} 'nin aksine hedef hacmi içeriyordu), bu mantıklı görünüyor çünkü AVM beyin dokusu ile iç içe geçmiş durumdadır.

AVM Çalışma Grubu raporunda, hedef dışı V_{12} , risk tahmin modeli başarısız olurken, hem hedef hem de hedef dışı V_{8-12} , başka bir çalışmada toksisitenin

önemli belirleyebildi.

Tümörler

Benign kafa tabanı tümörleri ve diğer benign tümörleri olan 135 AVM'li hasta arasında Voges ve arkadaşları, analizlerinde glioma, beyin metastazı ve AVM risklerini analiz etmiş, nekroz ve komplikasyon riskleri ile ilişkili SRS doz-volüm ölçümlerini değerlendirmiştir. Chin ve arkadaşları, semptomatik nekroz gelişen 17 hasta ile nekroz gelişmeyen 17 kontrol grubu hastanın dozimetrelerini karşılaştırdılar ve toplam hacim V_{10} (medyan 28.4 vs 7.8 cm^3 , $P = .007$), beyin V_{10} (19.8 vs 7.1 cm^3 , $P = .005$) ve hedef hacim (4.4'e karşı 1.5 cm^3 , $P = .04$) nekroz grubunda önemli ölçüde daha yüksek olduğunu buldular.

Nakamura ve arkadaşları 1244 hedef olan, tanımlanan hacim ($P = .009$), hedef hacim ($P = .007$) ve hedef dışı hacmin ($P = .03$) 657 değerlendirilebilir hasta arasında grade 3 komplikasyon riskleri ile korele olduğunu bildirdi; $\leq 0,66 \text{ cm}^3$, 0,67 ile 3,0 cm^3 , 3,1 ile 8,6 cm^3 ve $\geq 8,7 \text{ cm}^3$ tanımlanan hacimleri sırasıyla % 0, %3, %7 ve %9 oranında grade 3 komplikasyon oranları ile ilişkilendirilmiştir.

Beyin metastazları

Metastatik malign beyin tümörleri için, toksisite riskleri üzerine olan daha önceki çalışmalar, doz ve tümör boyutlarıyla ilgiliydi. Radyoterapi Onkoloji Grubu 90-05 faz 1 çalışması (reküren, daha önceden ışınlanmış beyin metastazlarını ve gliomaları içerir) 2 yıllık nörotoksiste risklerini %11 olarak bildirmiştir. Maksimum çapa göre gruplandırılmış 82 lezyonda, grade ≥ 3 nörotoksiste oranları, 24 Gy' lik dozla tedavi edilen $\leq 2.0 \text{ cm}$ ' lik lezyonlar için %10, 18 Gy ile tedavi edilen 2.1 ile 3.0 cm arasındaki lezyonlar için %20 ve 3.1 ile 4.0 cm arasındaki lezyonlar için %

14 idi. 4.0 cm' ye kadar 15 Gy' ye kadar işlem görmüş. Çok değişkenli analizlerde, tümör çapı, 2.0 cm tümörlere kıyasla tümörler için sırasıyla 2.1 ile 3.0 ve 3.1 ile 4.0 cm' lik tümörler için 7.3 ve 16 kat artan risklerle, önemli ölçüde grade 3 nörotoksosite riski ile ilişkilendirildi.

2.0 cm' den küçük beyin metastazları olan hastalarda yapılan bir Kentucky Üniversitesi çalışmasında, tüm beyin radyoterapisinden sonra 20 Gy' den büyük SRS dozlarının düşük dozlara karşı anlamlı olmayan şekilde daha yüksek grade 3 ile 4 toksisite oranlarına (%5.9 ve %1.9, $P = .078$) sahip olduğunu bildirmiştir.

Bu bulgu, tek başına SRS ile tedavi edilen hastalar için geçerli olmayabilir. 17 Gy' den büyük bir doz, herhangi bir (asemptomatik veya semptomatik) nekroza (tehlike oranı [HR] 3.3, $P = .03$) neden olduğu başka bir çalışmada gösterilmiştir.

SRS' i tek fraksiyonda uygulama yerine fraksiyone SRS (fSRS) yapmak toksititeyi nispeten azaltacaktır, meta-analizlerde, yaygın olarak kullanılan fSRS doz-fraksiyon şemaları ile tümör kontrolünün tehlikeye girmediğini düşündürmektedir. Minniti ve arkadaşları, intakt (yerinde duran) veya rezeke edilmiş beyin metastazı olan hastalar için V_{15} ile 24'ü 3-fraksiyonlu bir şemada incelediler; $<25 \text{ cm}^3$ normal beyin $>18 \text{ Gy}$ alan ve $<17 \text{ cm}^3 >24 \text{ Gy}$ alan $<5\%$ nekroz riskleri ile anlamlı bulunmuştur. Inoue ve arkadaşlarının çalışmalarında, hedef dışı $V_{23.1}$ (3 fraksiyon) $<5 \text{ cm}^3$ ve $<7 \text{ cm}^3$ sırasıyla cerrahi gerektiren semptomatik ödem ve nekroz risklerinin %1.4 ve % 0'ı ile anlamlı bulunmuştur; ve $V_{28.8}$ (5 fraksiyon) $<3 \text{ cm}^3$ ve $<7 \text{ cm}^3$, sırasıyla cerrahi gerektiren semptomatik ödem ve nekroz riskinin %0'ı ile anlamlı bulunmuştur. 3 fraksiyonda $V_{23.1}$ ve 5 fraksiyonda $V_{28.8}$ edildi (2 Gy'lik

bir alfa-beta oranı kullanılarak).

Özel Durumlar

Beyin Sapının Hedef Olması

Beyin sapının semptomatik radyasyon toksisitesine daha duyarlı olduğu iyi bilinmektedir; Bu analizdeki bazı çalışmalar, Task Grup101 raporu ve QUANTEC , beyin sapı için SRS/fSRS toleranslarını önermektedir. 2016 yılında, Gamma Knife SRS ile tedavi edilen 596 beyin sapı metastazı olan 547 hastanın analizi yapılmış, lezyonların %7,4'ünde grade 3 ve üzeri toksisite gelişmiştir. Grade 3 ve üzeri toksisite riski tümör çapı 1 cm^3 ve üzeri ($P < 0.001$) doz ise 16 Gy ve üzeri ($P = 0.05$) olduğunda ve daha önce tüm beyin radyoterapi aldıysa ($P = 0.002$) anlamlı ilişki bulundu . 12 Gy ve daha düşük dozlarda veya 0.1 cm^3 den daha küçük tümörlerde , beyin sapını içeren tümörlerde ($P > 0.2$) ve 12 Gy alan beyin dokusu hacminde (V_{12}) ($P = .06$) grade 3 ve üzeri toksitite için önemli faktörler olmadığı belirtildi.

Rezeke Beyin Metastazları

501 rezeksiyon kavitesine SRS uygulanan toplam 442 hastalı 2020 yılındaki bir çalışmada, 1 yıllık yan etki ve semptomatik yan etki oranları sırasıyla %8.9 ve %5.9 idi. Rezeksiyon sonrası kaviteye SRS/fSRS uygulanan 36 çalışmanın olduğu toplu bir analizde, radyonekroz riski %6,9 bulundu. Burada özetlenen 51 rapor arasındada, 10 çalışmada hastaların bir kısmına veya tamamına, rezeke edilmiş bir beyin metastazının cerrahi boşluğuna SRS (2 çalışma) veya fSRS (10 çalışma) uygulandı. 80 hastada 90 rezeksiyon boşluğuna SRS uygulanan 2018 yılındaki bir analizde 5 nekroz olayı görülmüştür; daha büyük nekroz riskleri, daha büyük beyin/parankimal V_{12} ($P = 0.05$) ile ilişkilendirildi.

Tamamı veya subtotal olarak rezeke edilmiş beyin

metastazları olan hastalarda SRS/fSRS'den sonra semptomatik tümör veya beyin nekrozu gelişebilse de, tamamen rezeke edilmiş beyin metastazları olanlarda nekroz sadece "normal beyin" içinde gelişecektir, ancak bu normal dediğimiz beyinde belki tespit edilememiş tümör vardı veya SRS/fSRS öncesi ameliyata bağlı fonksiyonel kayıp vardı.

Postoperatif, çerçevesiz, lineer hızlandırıcı tabanlı 5 fraksiyonlu fSRS ile tedavi edilen hastaların 2019 yılındaki bir çalışmasında, 52 hastadan 10' unda (%19) radyonekroz gelişti ve radyonekroz riski CTV içindeki maksimum dozlar ile ilişkili değil, kavite dışındaki % 105 den yüksek "sıcak nokta" dozları ile ilişkili olduğu bulundu. Ayrıca beyin V_{25} , V_{30} ve V_{35} dozları da radyonekroz riskleri ile ilişkili değildi.

Bir 2020 raporunda metastazlar, rezeksiyon boşluklarına kıyasla 3 kat daha fazla semptomatik yan etki riski ile ilişkilendirilmiştir (beyin V_{30} ve diğer faktörleri hesaba kattıktan sonra). Bu raporda gözden geçirilen 10 çalışmanın hiçbirinde rezeke beyin metastazı olan hastalar, doku/toplam V_x i analiz edilmedi. 3 çalışmada özellikle beyin V_x i bildirildi. Broemme ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada, 44 tedavide 1 olay ve bu olayla ilişkili "normal beyin" V_{10} ile V_{12} (1 fraksiyonda) rapor edilmiştir. Dore ve arkadaşları tarafından yapılan çalışma, beyin (eksi PTV) V_{12} ve V_{21} değerleri (3 fraksiyonda) incelenmiştir; V_{10} , V_{12} ve V_{21} , nekroz gelişen grupta anlamlı olarak daha yüksekti.

AVM için Kademeli-SRS

Bulky AVM için, tek fraksiyonlu SRS nekroz riskleriyle ilişkilendirileceği için fraksiyone-SRS bir alternatiftir. Bir yaklaşım, fSRS olarak adlandırılan dozun fraksiyone olarak uygulanmasıdır; diğer bir yaklaşım, hedefin bölümlere ayrılarak sırayla tedavi edildiği

hacim aşamalı SRS' dir. Genel olarak ara verme süresi aylar mertebesinde. 2018 tarihli bir inceleme, radyasyona bağlı değişikliklerin yanı sıra ölüm risklerini de özetlemektedir (kısmen kanama riskleri nedeniyle). Derin AVM yerleşimi (yani bazal ganglionlar, talamus ve beyin sapı), diğer yerleşim yerleri ile kıyaslandığında 5 kat daha fazla radyasyona bağlı hasar riskle ilişkili olduğu görünmektedir.

Reirradiation (Yenidenışınlama)

Tüm beyin radyoterapiden önce SRS/fSRS uygulama beyin toksitite riskini önemli ölçüde arttırmasa da, hiç ışın almayanlar ile karşılaştırıldığında toksitite riskini yaklaşık 5 kat arttırdığı görülmüştür. Ornegin, Kalifornia San Fransisko Üniversitesi'nden bir çalışmada tüm beyin radyoterapiden önce SRS/fSRS uygulama tüm beyin radyoterapisi uygulanmayanlarla karşılaştırıldığında sırasıyla %14' e karşı %3 oranında toksitite riskini arttırdığı görülmüştür. 1 yıllık yan etkilere baktığımızda ise sırasıyla %20' e karşı %4 oranında bulunmuştur. Wake Forest Üniversitesi'nden 46 lezyonu olan 32 hastalık retrospektif bir çalışmada 2 fraksiyonluk SRS' in beyin V_{40} dozu ile radyonekroz gelişimi açısından istatistiksel olarak anlamlı ($P = .003$) bir ilişki bulunmuştur. V_{40} değerleri (2 tek fraksiyon SRS planlarının toplanması ile elde edilen) 0.28, 0.76, and 1.60 cm^3 ile radyonekroz gelişme olasılıkları sırasıyla %10, %20, ve %50 oranında bulunmuştur. Diğer çalışmalarda, SRS' in tekrar uygulanması AVM ve beyin metastazları için tolere edilebildiği görülmüştür. Fakat sınırlı sayıda dozimetrik çalışma olduğu için, SRS' i tekrar uygularken dikkat edilmesi gerekmektedir.

**Med. Fiz. Uzm. Dr. Telat Aksu**

2003 yılında Lisans eğitimimi
Samsun 19 Mayıs Üniversitesi
Fen Edebiyat Fakültesi Fizik
Bölümünde tamamladım. 2006
yılında aynı üniversitenin
Nükleer Fizik Anabilim Dalından

mezun olduktan sonra 19 Mayıs Üniversitesi Tıp
Fakültesi Radyasyon Onkolojisi Bölümünde öğretim
görevlisi kadrosunda işe başladım. 2020 yılında aynı
üniversitede Nükleer Fizik Anabilim Dalında
doktoramı tamamladım. Evli ve 2 çocuk babasıyım.

YÜZEY TAKİP SİSTEMLERİ YAZI SERİSİ-3

Oğuzhan Ayıancıoğlu MSc.

Varian Identify™

Son yıllarda optik tabanlı görüntüleme teknolojisinin radyoterapi alanında kabul görmesi ile birlikte yüzey tarama ve takip sistemlerinin kullanımı yaygınlaşmaya başlamıştır. Bu sistemler, iyonize etmeyen elektromanyetik dalgaları temel alan ve görüntüyü direk olarak optik yollar ile oluşturabilen teknolojisi sayesinde, görüntü eşliğinde radyoterapi alanında (IGRT) eşsiz bir kullanım aracı haline gelmiştir.

Yüzey tarama ve takip sistemlerinin radyoterapi alanındaki varlığı ile birlikte hasta pozisyonlama için gereken konvansiyonel işaretleyicilere (Bilgisayarlı Tomografi (BT) referans işaretleyicileri veya tedavi bölgesi referans işaretleyicileri gibi) olan ihtiyaç ortadan kalkmaktadır. Bu durum, yüksek çözünürlüklü yansıtıcılardan (projektörler) hasta (veya fantom) yüzeyine yansıtılarak elde edilen dağınık yapıdaki (rastlantısal varsayılan (pseudo-random) veya belirli şekilli (structured) görünür ışık örneklemelerinin, aynı şekilde yüksek çözünürlüklü kameralar aracılığıyla yakalandıktan sonra bilgisayar algoritmaları yardımıyla üç boyutlu yapıya dönüştürülüp görselleştirilmesiyle mümkün olmaktadır. Böylelikle yüzey tarama ve takip sistemleri, BT simülatöründe elde edilen hasta pozisyonunun, tedavi öncesinde daha yüksek doğrulukla eşleştirmesine, hasta immobilizasyonundan kaynaklanacak zaman kaybının önüne geçilmesine, IGRT sırasında yaşanan çekim tekrarlarından kaynaklı iyonize edici radyasyon maruziyetinin minimum seviyeye düşürülmesine

olanak sağlamaktadır.

Yüzey tarama ve takip sistemlerinin varlığında radyoterapi diğer bir deyişle yüzey takibi eşliğinde radyoterapi (SGRT), milimetre altındaki hareket izlem hassasiyeti sayesinde, tedavi seansı boyunca hasta hareketinden kaynaklanabilecek hataların önüne geçerek tedavinin doğruluğunu, hassasiyetini ve dolayısıyla da kalitesini artıran bir yapı sunar. SGRT uygulaması, tedavilerin tekrarlanabilirliğine ve güvenilirliğine kattığı artı değerlere ek olarak, solunum hareketi gibi hasta yüzeyini etkileyen organ hareketlerinin takibinde de etkin olarak kullanılmaktadır.

Varian Identify™ Sisteminin Yapısı

Identify™ sistemi yalnızca yüzey tarama ve takip sistemi olarak değil, adını da yansıttığı şekliyle hasta tanıma, pozisyon doğrulama ve tedavi takip konuları üzerine tasarlanmış bir sistemdir. Bu yapı ile Identify™, tedavi hassasiyeti ve doğruluğunu arttırmak ile birlikte, özellikle yoğun kliniklerde yaşanabilecek kimlik karışıklığı, hasta karşılama yükü ve klinik iş akış şemalarının optimizasyonu gibi konularda da kolaylık sağlamaktadır.

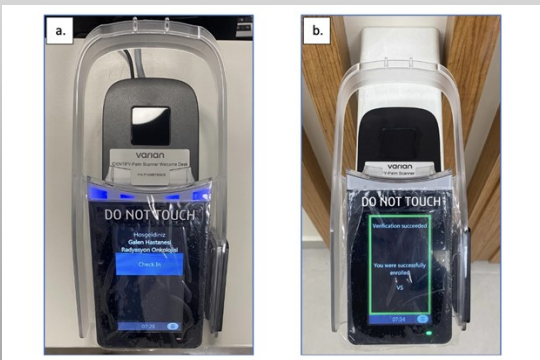
Yukarıda bahsedildiği gibi sistem üç ana fonksiyondan oluşmaktadır. Bunlar;

- Avuç içi (EI) Okuma Sistemi (Palm Reader)
- Pozisyon ve Ekipman Doğrulama Sistemi (Setup)
- Yüzey Takibi Eşliğinde Radyoterapi (SGRT) Sistemi

a. Avuç içi Okuma Sistemi (Palm Reader)

Hasta tanıma ve karşılama görevi için tasarlanmış olan Avuç içi okuma sistemi (Palm Reader), avuç içerisinde oksijen bakımından zayıf olan hemoglobin hücrelerine sahip özgün kılcal damar yapısının, kızıl ötesi ışık varlığında soğurucu bir özellik göstermesi ve oluşan sinyal eksikliğinden kaynaklı negatif bir kılcal damar haritası oluşturulması teknolojisi ile çalışmaktadır. Avuç içinde soğurulan (yansımayan) kızıl ötesi ışığın varlığı ile hasta kimliklerinin tanımlanması ve veri bankasındaki kimlikler içerisinde doğrulanması sağlanır.

Identify™ ile bu teknoloji iki şekilde kullanılmaktadır. Hasta karşılama bölümünde bulunan ve "Welcome Desk" adı verilen avuç içi okuyucu sayesinde tedavisine gelen hasta, elini kimse ile teması olmadan kolaylıkla okutarak ARIA ve tedavi konsolu bilgisayarına kendisinin beklemekte olduğu bilgisini verir. **(Şekil 1a)** Tedavi için cihaza alınacak olan hastanın "Palm Scanner" adı verilen ikinci bir avuç içi okuma sistemi ile kimlik doğrulaması sağlanır. **(Şekil 1b)** Kimliği eşleşen hastanın kendisine ait profil fotoğrafı, setup fotoğrafları ve notları, vb. gibi kimlik ve tedavi detayları ile ilgili bilgiler aktif hale gelir. Böylelikle hastanın temassız bir şekilde kimlik doğrulaması sağlanarak tedaviye geçiş onayı alınmış olur.



Şekil 1. a. "Welcome Desk" Avuç içi Tarama Ünitesi, b. "Palm Scanner" Avuç içi Tarama Ünitesi

b. Pozisyon ve Ekipman Doğrulama Sistemi (Setup)

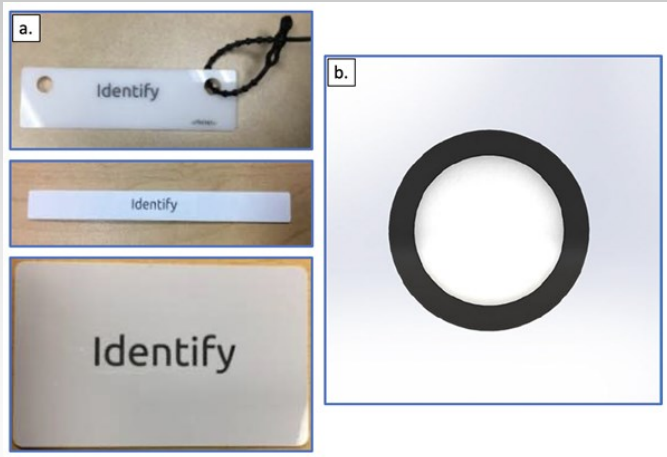
Identify™ sisteminin diğer bir bileşeni olan *Pozisyon ve Ekipman Doğrulama Sistemi (Setup)*, hasta özelinde kullanılan immobilizasyon ekipmanlarının ve hasta yatış pozisyonu doğruluğunun sağlanması ve tekrarlanabilir olması için tasarlanmış bir ekipmanlar bütünüdür. Bu sistem genel olarak, "Setup Kamerası" adı verilen bir tepe kamerası ve derinlik algılayıcısı, radyofrekans mertebesinde elektromanyetik dalga yayma (transmitter) ve yakalama (receiver) işlevini gerçekleştiren RF tanımlama (RFID) Anteni ve bu anteni besleyen küçük bir trafo, iki adet kablosuz bağlantı noktası (Access point), iki adet akıllı telefon formunda taşınabilir el kumandası (handheld) ve oda içerisinde bulunan 43" boyutunda bir monitörden oluşmaktadır. Sistemin yazılımsal yönetimi ise tedavi konsol odasında bulunan yerel bir server bilgisayarı ve bu servera bağlı bir iş istasyonu üzerinden yapılmaktadır. **(Şekil 2)** Benzer şekilde diğer Identify™ bileşenlerinin yönetimi de bu iki bilgisayar aracılığıyla yapılmaktadır.



Şekil 2. Setup Kamera Sistemi, Oda İç Monitör, Çalışma İstasyonu ve Oda İç Server Sistemi

Sistemin ekipman doğrulama fonksiyonunun kullanılabilmesi için öncelikle klinik içi kullanıma açık tüm İmmobilizasyon ekipmanlarının sistem ile birlikte özel olarak gönderilen "RFID" ve "Optik İşaretleyici" etiketleri tarafından etiketlenmesi gerekmektedir.

(Şekil 3)



Şekil 3. a. Farklı RFID Etiketleri, b. Optik İşaretleyici Etiketi

RFID etiketleri, immobilizasyon ekipmanı türüne özel (karbon fiber, köpük, sert plastik vb. gibi) olarak kullanılmaktadır. Bunun sebebi ise farklı materyallerin elektromanyetik dalgalar üzerindeki sönümleyici etkilerinin farklı olmasından kaynaklanmaktadır. RFID ve optik işaretleyici etiketlemesi tamamlanan immobilizasyon ekipmanları, masa üzerindeki konumlarının tanımlanabilmesi için ayrıca setup kamerası aracılığıyla kalibre edilmektedir. Bu kalibrasyonda immobilizasyon ekipmanının sahip olduğu farklı pozisyonlama noktaları (Index – A, B, C vb. gibi) veya farklı eğim değerleri (Inclination – 5° ,10°,20° vb. gibi) gibi hasta pozisyonu için kullanılan parametrelerin tümünün masaya göre kalibrasyonu yapılmaktadır. Bu kalibrasyonda masa üzerinde de immobilizasyon ekipmanlarında kullanılan ile benzer şekilde dört adet optik işaretleyici bulunmaktadır. Setup kamerası, immobilizasyon

ekipmanlarının masa üzerindeki konumlarını, masa da bulunan bu dört adet optik işaretleyiciyi referans alarak belirlemektedir. İmmobilizasyon ekipmanları tüm hastalar için kullanılmaya müsait şekilde etiketlenebildiği gibi (Breast Board, Wing Board vb. gibi), hastaya özel kullanım için de etiketlenebilmektedir. (Termoplastik Maske, Vakum Yatak vb. gibi) Hastaya özel kullanım için etiketlenen RFID etiketleri, o hastaya özel olarak kalmaktadır ve tekrar kullanılamamaktadır. RFID etiketleri, immobilizasyon ekipmanlarının RFID anteni aracılığıyla tanınmasını sağlarken, optik işaretleyiciler de mevcut ekipmanların masa üzerindeki konumlarının setup kamerası aracılığıyla tanımlanmasına yardımcı olur. **(Şekil 4)**



Şekil 4. Pozisyon ve Ekipman Doğrulama Sistemi (Setup) – Ekipman Doğrulama

Setup kamerasının bir diğer fonksiyonu da hasta yatış pozisyonunun üç boyutlu bir yüzey şeklinde oluşturulmasını sağlamaktır. Hastanın tedavi masasındaki yatış pozisyonunun üç boyutlu yüzey görüntüsü, BT simülatöründe veya tedavi cihazındaki ilk tedavisinde kaydedilerek sonraki tedavi seansları için referans alınır. Hastanın farklı tedavi seanslarındaki pozisyon farklılıkları, görselleştirilmiş olarak oda içerisindeki monitöre yansıtılmaktadır.

Hastanın referans yüzeyine göre pozisyonunda yaşanan farklılıklar kameraya yakın ise kırmızı renkte, uzak ise mavi renkte görselleştirilmektedir. Şayet hastanın mevcut seanstaki üç boyutlu setup yüzeyi referans yüzey ile uyumlu halde ise gri – transparan renkte olmaktadır. **(Şekil 5) Pozisyon ve Ekipman Doğrulama Sistemi (Setup)** ile birlikte, tedavi boyunca kullanılan ekipmanların doğrulanması ve hasta tedavi pozisyonlarının kolayca tekrarlanabilmesi sağlanmaktadır.



Şekil 5. Pozisyon ve Ekipman Doğrulama Sistemi (Setup) – Pozisyon Doğrulama

c. Yüzey Takibi Eşliğinde Radyoterapi (SGRT) Sistemi

Yüzey Takibi ve Tarama Sistemi, Identify™ sisteminin en temel bileşenidir. Genel olarak amacı, tedavi öncesinde ve sırasında hastanın sanal ortamda oluşturulan üç boyutlu vücut yüzeyinin, BT simülöründe alınan tomografi görüntüsü üzerinden oluşturulmuş üç boyutlu vücut yüzeyi ile uyumluluğunun kontrol ve takip edilmesini sağlamaktır. Sistem üç adet yüzey tarama kamerası (SGRT Kamera), solunum hareketini görselleştirmek için kullanılan VCD (Visual-Coaching Device) ekipmanı ve Setup sistemi ile ortak kullanılan iki adet akıllı telefon formunda taşınabilir el kumandası (handheld)

ve oda içi 43" boyutunda bir monitörden oluşmaktadır. Sistemin yazılımsal yönetimi ise Setup sistemi ile benzer şekilde tedavi konsol odasında bulunan yerel bir server bilgisayarı ve bu servera bağlı bir iş istasyonu üzerinden yapılmaktadır. SGRT Kameraları, bir adet yüksek çözünürlüklü projektör ve iki adet stereo-vision özelliğine sahip yüksek çözünürlüklü kameraya sahiptir. **(Şekil 6)**



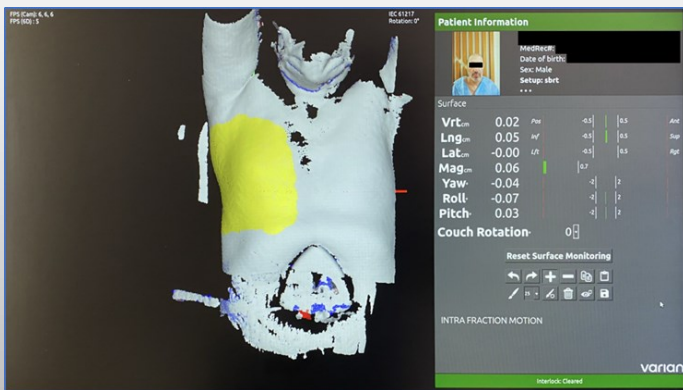
Şekil 6. SGRT Kamera

SGRT kameraları, geometrik merkezi cihaz izomerkezi olan belirli bir hacmi (Volume of Interest - VOI) tarayacak şekilde konumlandırılarak kalibre edilmektedir. Bu kameralardan iki tanesi lateral (X) ekseninde gantri 270° ve 90° yönlerinde tavana monte edilirken, üçüncü kamera longitudinal (Y) ekseninde tedavi masasının sonuna doğru bir bölgede tavana monte edilmektedir. Bu sayede tedavi esnasında gantri veya gantri üzeri görüntüleme cihazları (Onboard-Imaging (OBI)) tarafından veri akışı bloke edilebilen lateral kameraların, diğer müsait kameralar tarafından telafi edilmesiyle veri akışının, dolayısıyla da tedavi sırası hasta takibinin devamlılığı sağlanır. Sahip oldukları projektör ve kamera yapısının yüksek hassasiyetli olması sebebiyle ısıya duyarlı olan SGRT kameraları, oda sıcaklığındaki değişimden etkilenmektedir. Bu sebepten dolayı kurulum esnasında kameraların, oda içerisi soğuk hava kanallarının yakınında bulunmadığına dikkat edilmesi gerekmektedir.

Identify™ SGRT kameraları, üzerlerinde bulunan

yüksek çözünürlüklü projektörlerden hasta (veya fantom) yüzeyine yansıtılan mor ışık dalga boyundaki benekli yapıya (belirli yapılı (structured)) sahip örneklemelerin, yine yüksek çözünürlüklü ve stereo-vision yapısı ile derinlik hassasiyeti bulunan kameralar tarafından algılanarak, hasta yüzeyinin üç boyutlu görselinin oluşturulmasını sağlamaktadır. Işık şiddeti hassasiyetine sahip olan bu kameralar, yüzey tarama işlemi esnasında belirli bir miktar oda içi ışıklandırmaya ihtiyaç duymaktadır. Benzer şekilde yüzey materyali konusunda da hassasiyete sahip olan SGRT kameraları, projektörlerden yansıtılan dalga boyundaki ışığı kıran veya soğuran yüzeylerde (parlak yüzeyler, kumaş vb. gibi) etkin görüntü alımı yapamamaktadır.

Identify™ SGRT sistemi, SGRT kameraları ile yakalanan gerçek zamanlı yüzey görüntülerinin, referans yüzey görüntüleri ile olan farklarını eş zamanlı altı boyutta hesaplayarak kullanıcıya sunmaktadır. Düşük gecikme süresiyle gerçek zamanlı hesaplanan bu değerler, oda içi ve konsol odası monitörlerindeki hasta yüzeyi görselinde aynı setup kamerasında olduğu gibi renklendirilmektedir. (Şekil 7)

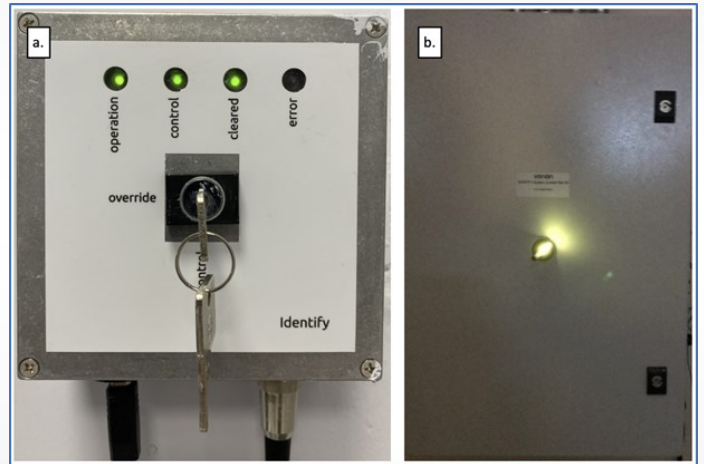


Şekil 7. Yüzey Takibi Eşliğinde Radyoterapi (SGRT) Sistemi – Yüzey Takibi

Aria Connect Sistemi

Identify™ sistemi bahsedildiği üzere kendi server'ına sahiptir ve Identify™ üzerinde yapılan tüm giriş ve çıkış işlemleri Identify™ server'ı üzerinde kaydedilmektedir. Bu sebepten Varian cihaz server'ı ile Identify™ server'ının haberleşmesi gerekmektedir. Buradaki entegrasyonu "Aria Connect" adında bir bilgisayar arabirimi sağlamaktadır ve Varian cihaz server'ı ile aynı kabinette yer almaktadır. Bu entegrasyon sayesinde iki server'ın birbiri arasında düşük gecikme süresi ile (ms) haberleşmesi sağlanmaktadır.

Interlock Box Ünitesi



Şekil 8. a.Interlock Box, b.Junction Box

Identify™ sisteminin cihaz ile entegrasyonu sebebiyle, sistemin çalışmasında yaşanan donanımsal veya yazılımsal sorunlar tedaviyi veya tedaviye geçişi durdurmaktadır. Bu yüzden Identify™ sisteminde yaşanacak bir arıza varlığında, "Interlock Box" adı verilen ve üzerinde çeşitli durum göstergelerinin ve bypass anahtarının bulunduğu bir müdahale kutusu yer almaktadır. Identify™ sisteminin kullanılmayacak olması veya arızaya geçmesi gibi acil durumlarda bu ünite sayesinde sistemin kapatılmadan bypass edilmesi sağlanmaktadır. Eğer sistem kendisine enerji

veren ve "Junction Box" adı verilen elektrik panosundan kapatılırsa, Setup ve SGRT kameralarının ısınması ve uygun sıcaklığa ulaşması için 30 ila 45 dk beklemek gerekmektedir. **(Şekil 8)**

Varian Identify™ Sistemi ile Hasta Tedavisi İş Akışı

Daha önce de bahsedildiği üzere Identify™ sistemi yalnızca yüzey tarama ve takip sistemi olarak değil, adını da yansıttığı şekliyle hasta tanıma, pozisyon doğrulama ve tedavi takip konuları üzerine tasarlanmış bir sistemdir. Bu yüzden işlem akışı, BT simülatöründe görüntü alımı gerçekleştirilen hastanın avuç içi haritasının, immobilizasyon bilgilerinin (Setup notları, fotoğrafları, immobilizasyon ekipmanları vb. gibi) ve yüzey görüntüsünün Identify™ sistemine girişi ile başlar. Eğer BT simülatöründe Identify™ sistemi bulunmuyorsa bu işlemler hastanın ilk tedavisi öncesinde (setup) tedavi cihazında yapılmaktadır. Burada anlatılan iş akışı BT simülatörde Identify™ sistemi olmadığı şekliyle ele alınmıştır.

Kimlik Tanıtımı:

Öncelikle tedavi planlaması gerçekleştirilmiş hastanın tedavisinin ilk gününde avuç içi veri sistemine kaydı yapılmaktadır. Hastanın bu esnada sağ, sol veya iki avcunun da tanıtılması işlemleri yapılabilmektedir. Şayet kişisel verilerin korunması kapsamında hasta bu işlemi yaptırmak istemez ise hastaya özel RFID kartları aracılığıyla da hastaya özel bir tanımlama yapılabilmektedir. İlerleyen tedavilerinde kimlik tanıtımı yapılmış olan hasta, radyasyon onkolojisi sekreteryasında bulunan "Welcome Desk" otomasyonu ile elini taratarak hasta bekleme salonunda beklediğini Identify™ Aria entegrasyonu aracılığıyla cihaza ve dolayısıyla radyoterapi teknikerlerine haber vermektedir. Hastanın kimlik

tanıtımı sonrasında profil fotoğrafı da el kumandası aracılığıyla çekilerek Identify™ sistemine kaydedilir. Bu verilerin hepsi Identify™ sisteminde kalmakta olup, çekilen fotoğraf gibi verilerin Aria sistemine aktarımı olmamaktadır. Benzer şekilde hastanın ilerleyen tedavilerinde tedavi öncesi de ikinci kez avuç içi okutması yapılarak hasta kimliğinin radyoterapi teknikeri tarafından doğrulaması sağlanır. Kimlik doğrulaması yapılmayan tedaviler tedavi cihazı tarafından uygulanamaz.

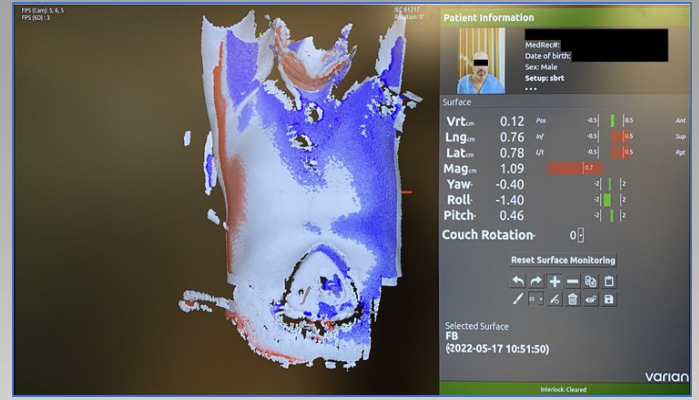
Setup İşlemi:

Hasta tedavi cihazına alınmadan önce kendisi için BT simülatörde kullanılan tüm immobilizasyon ekipmanları tedavi cihazı masasına yerleştirilerek Identify™ sistemi tarafından hasta bilgilerine kaydedilir. Bu işlemin yapılabilmesi için hastada kullanılacak olan tüm immobilizasyon ekipmanlarının kalibrasyonu, cihaz kurulumunda yapılmış olmalıdır. (Pozisyon ve Ekipman Doğrulama Sistemi (Setup) bölümünde bahsedilmiştir.) Hastanın tedavisinde kullanılacak bu immobilizasyon ekipmanlarının Identify™ sistemine kaydedilmesi ile birlikte artık hastada kullanılacak ekipmanların pozisyon ve kimliği ileriki tedaviler için otomatik olarak gelecektir. Bu işlem sonrasında hastanın tedavi masasına yatışı yapılarak kullanılan immobilizasyon ekipmanları ile hasta pozisyonu verilir. **(Şekil 5)** Verilen hasta pozisyonu sonrasında hastanın tedavi masasındaki setup yüzeyi Identify™ setup kamerası tarafından kaydedilir ve hastanın SGRT kamera ile yüzey tarama ve eşleştirilme işlemine geçilir.

Yüzey Tarama ve Takip İşlemi (Serbest Solunum):

Identify™ üzerinden kimliği, immobilizasyon ekipmanları ve Setup yüzeyi tanımlanan hasta, yüksek

çözünürlüklü yüzey taraması yapılmak üzere tedavi cihaz izomerkezine hareket ettirilir. SGRT kameralarının el kumandasından devreye alınması ile birlikte oda içi ve konsol monitörlerinde hastanın gerçek zamanlı yüzey görüntüsü oluşturulur. Bu hasta yüzeyi görüntüsünün anlamlı bir hale gelebilmesi için hastanın referans alınacak başka bir yüzey görüntüsüne ihtiyaç vardır. Bu yüzden hastanın BT simülatöründe alınan görüntüsünün "BODY" yani vücut yüzeyi konturu, tedavi planlama sisteminden (TPS) Identify™ sistemine gönderilir. Aria connect aracılığıyla otomatik eşleşen hasta konturu, el kumandasından seçilerek açılır. TPS'den gönderilen referans yüzey görüntüsü mor renkte gözükürken, hastanın gerçek zamanlı görüntüsü yeşil renkte gözükmemektedir. Hastanın plan izomerkezine yerleştirilmesinde referans olarak kullanılan bu mor renkli yüzey görüntüsü ile yeşil renkli gerçek zamanlı yüzey görüntüsü, radyoterapi teknikeri tarafından tedavi cihazı masasının manuel olarak kaydırılması ile eşleştirilir. İki görüntünün birbirine olan uzaklığının vektörel bileşkesi 10cm'nin altına düştüğünde sistemin yüzey eşleştirme algoritması (rigid) yüzeylerin birbirine olan pozisyon farklılıklarını altı boyutta sayısal olarak hesaplamaya başlar ve bu değerleri kırmızı, mavi ve beyaz renk kodları ile görselleştirir. Eşleştirme işlemi, oda içi monitörde görselleştirilen renk kodlarının yardımıyla gerçekleştirilir. Hastanın referans yüzeyine göre pozisyonunda bulunan farklılıklar kameraya yakın ise kırmızı, uzak ise mavi ve belirlenen tolerans değerleri içerisinde ise beyaz renk ile kodlanır. (Şekil 9)



Şekil 9. Yüzey Takibi Eşliğinde Radyoterapi (SGRT) Sistemi – Yüzey Eşleştirme

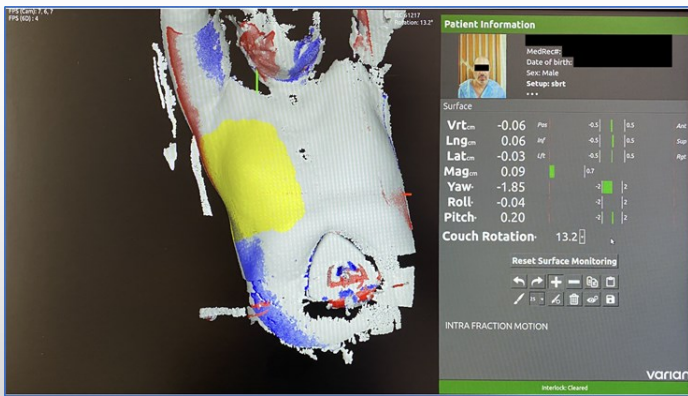
Varian Identify™ SGRT sistemi, yüzeylerin birbirine olan farklılıklarını nümerik olarak hesaplayıp görselleştirebilirken, bu yüzeylerin cihaz tarafından otomatik eşleştirilmesini (rigid veya deformable) yapmamaktadır. Bu eşleştirme her tedavi esnasında manuel olarak radyoterapi teknikerleri tarafından yapılmaktadır. (Varian Identify™ Ver. 2.2.1) Eğer kullanılan Varian cihazında "Delta Couch Shift" lisansı var ise, her tedavi öncesi hastanın BT referansından otomatik olarak yapılan "Delta Shift" sonrasında sistem, manuel olarak içeriden yüzey eşleştirme işlemine izin vermemektedir. (Varian Identify™ Ver. 2.2.1) Bu gibi bir durumda "Delta Couch Shift" iptal edilerek, radyoterapi teknikerinin hastanın gerçek zamanlı yüzey eşleştirmesini yapması sağlanmaktadır.

TPS'den gönderilen referans BT simülatör yüzey konturu ile gerçek zamanlı oda içi yüzey görüntüsünün manuel eşleştirilmesi sonrasında, SGRT sisteminin yazılımı üzerinden belirli bir ilgi alanı (ROI) seçilmesi sağlanır. ROI'nin seçilmesi, tedavi süresince takibinin yapılması istenen bölgeye odaklanılmasını ve böylelikle ilgili yüzey eşleştirme algoritmasının tedaviyi etkileyecek bölgedeki değişimleri hesapladığından emin olunmasını sağlamaktadır. (Şekil 7) SGRT'ye hazır olan hastanın radyolojik görüntüleri alındıktan sonra hastanın radyolojik

verilerine göre gerekli masa kaydırması yapılır ve ilgili ROI alanındaki sapma, tolerans değerlerinin dışında kalır ise mevcut yüzey görüntüsü o tedavi özelinde (Intrafraction Motion) yeni referans görüntü olarak kaydedilir. Burada kaydedilen görüntü ileriki tedavi seanslarındaki referans BT simülatörü görüntüsünü etkilememektedir. Tedaviye başlamadan önce hasta hareketinin hangi tolerans aralığında kabul edilebilir olduğunun ayarlanması gerekmektedir. Altı boyutta, hastanın özel durumları da göz önünde bulundurularak ayrı ayrı ayarlanabilen bu tolerans değerleri, tedavinin hangi durumlarda durdurulacağının belirlenmesi için önemlidir.

Stereotaktik tedaviler için de etkin rol oynayan Varian Identify™ SGRT sistemi, tedavi süresince uygulanan farklı düzlemsel alanlarda (non-coplanar) alana bağlı mevcut masa açısı (Couch Rotation) değerinin manuel olarak girilmesiyle, TPS'den gönderilen yüzey görüntüsünü döndürerek hesaplamaya almaktadır.

(Şekil 10)



Şekil 10. Yüzey Takibi Eşliğinde Radyoterapi (SGRT) Sistemi – Yüzey Takibi (Masa Açılı)

Yüzey Tarama ve Takip İşlemi (Derin Nefes Tutma – DIBH):

DIBH tekniğinin Identify™ sistemi ile kullanılması serbest solunum ile kullanılmasıyla benzerlik gösterir. Burada ayırıcı olan kısım hastanın BT simülatöründeki

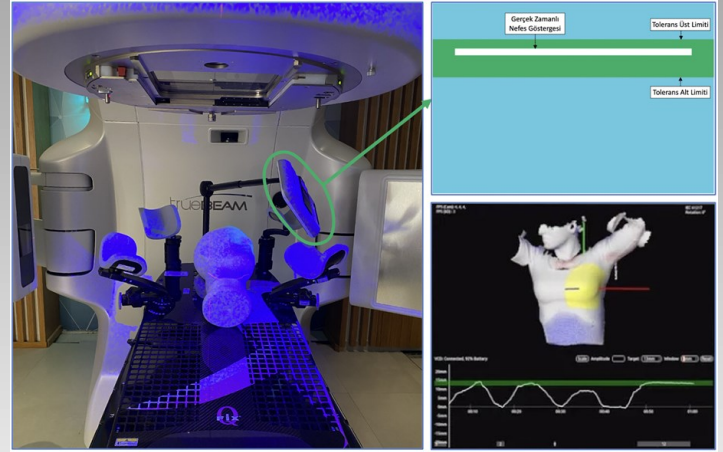
çekim tekniği ile başlamaktadır. DIBH tekniği ile tedavi edilecek hastanın BT simülatöründe hem serbest solunum (Free Breath CT) ile hem de uygun nefes tutma pozisyonunda (DIBH CT) iki adet tomografi görüntüsünün alınması gerekmektedir. Eğer BT simülatöründe Identify™ sistemi bulunmuyorsa fakat nefes kontrol sistemi var ise (Varian RGSC / RPM), hastanın uygun nefes aralığını sağlıklı bir şekilde yakalayabilmesi ve o aralıkta kaldığından emin olunması için DIBH görüntüsü nefes kontrol sistemi kullanılarak çekilebilmektedir. Aksi halde sıklıkla hastanın nefesini düşük seviyede tutmasından veya tuttuğu sürede bilinçsiz bir şekilde karbondioksit kaçırmaması gibi durumlardan kaynaklı görüntü artefaktları oluşacak veya etkin olmayan simülasyon görüntüleri alınmış olacaktır. Unutulmamalıdır ki, BT simülasyonda alınacak görüntüler tedavi de referans yüzey görüntülerini oluşturacaklardır. Hastanın bu teknik ile alınacak görüntüsü BT simülatöründe ne kadar statik ve sağlıklı bir değerde olursa, tedavideki yüzey takibinin doğruluğu ve uygulanacak tolerans değerlerinin belirlenmesi o kadar keskin olacaktır.

Tedavi planlaması hazır olan DIBH tekniği uygulanmış hastanın hem serbest solunum hem de DIBH vücut yüzeyleri (BODY) TPS'den Identify™ sistemine gönderilir. Bu gönderimin anlamlı olabilmesi için DIBH tekniği ile hazırlanan planın, izomerkez parametrelerinin ve BT referans noktalarının serbest solunum altında alınan simülasyon tomografisine kopyalanması gerekmektedir. Böylelikle SGRT sistemi, aynı plan izomerkezine göre hastanın farklı iki yüzeyinin hangi pozisyonunda olması gerektiğini doğru bir şekilde referans alacaktır. Hastanın kimlik ve setup pozisyonlaması onaylandıktan sonra SGRT kameraları el kumandasından aktif edilir. Bu esnasında öncelikle

referans olarak hastanın serbest solunum altında çekilmiş olan yüzeyi seçilir ve radyoterapi teknikeri hastanın gerçek zamanlı yüzey görüntüsünü serbest solunum altında manuel olarak eşleştirir. Artık kabaca plan izomerkezine alınmış olan hastanın el kumandası kullanılarak TPS'den gönderilmiş DIBH yüzeyi seçilir. Sonrasında el kumandasından "nefes tutma tekniği ile gözlem (BH Monitoring)" seçilerek hastaya koçluk etmesi için tedavi masasına VCD ekipmanı takılır.

(Şekil 11) Tedaviye geçmeden önce hastaya mevcut pozisyonda nefes tutturularak VCD'nin doğru çalıştığından emin olunmalıdır. VCD, hastanın TPS'den gelen DIBH yüzey görüntüsünde belirlenen ROI içerisinde, gerçek zamanlı yüzey görüntüsü ile olan 3 boyuttaki (Lateral, longitudinal ve vertical) vektörel toplam (Magnitude) farkını hastaya yansıtmaktadır. Böylelikle hasta ne kadar derin nefes alması gerektiğini ve hangi tolerans aralığında bu nefesi tutması gerektiğini görebilmektedir. Identify™ SGRT sistemi ile, hastaya tedavi esnasında ek bir müdahale veya ekipman yerleştirilmeden DIBH tedavisinin uygulanması mümkün olmaktadır. Ancak, Identify™ da DIBH tekniğinin CBCT çekimindeki kullanımı, hasta ve radyoterapi teknikeri için oldukça meydan okuyucu olmaktadır. Identify™ sisteminin masa ile tam otomasyonunun bulunmaması, DIBH tekniğinin CBCT çekiminde kullanımını zorlaştırmaktadır. CBCT'nin masa merkezleme (Center Couch) özelliğinin, hastaların CBCT süresince plan izomerkezinden kaymalarına neden olmaktadır. Bu durum DIBH tekniği uygulanacak hastaların, nefeslerini tuttuktan sonra masa merkezlemesi yapılarak mevcut hasta yüzeyinin CBCT boyunca yeni referans yüzey olarak tanımlanmasını (Intrafraction Motion) gerektirmektedir. Bu işlem esnasında hasta heyecanlanarak nefesini

kaçırabilir ve BT simülasyon görüntüsü ile eşleştiremeyebilir. (Varian Identify™ Ver. 2.2.1)



Şekil 11. Yüzey Takibi Eşliğinde Radyoterapi (SGRT) Sistemi – DIBH ve VCD Kullanımı

Benzer şekilde Identify™ sistemi ile yukarıda anlatıldığı gibi yüzey ve solunum takibi yapılabilmektedir. Fakat hasta, belirlenen hareket veya nefes kontrolü toleranslarının dışına çıktığında, cihazda tedaviyi kesme veya bekletme otomasyonu henüz bulunmamaktadır. (Varian Identify™ Ver. 2.2.1) Bu durum özellikle DIBH tekniğinin Identify™ ile uygulanmasını pratikte güçleştirmektedir. Bu nedenle gelecek yazılım güncellemesi ile birlikte bu modül aktif oluncaya kadar, Identify™ sisteminin DIBH özelliğinin, Varian'ın diğer solunum kontrol sistemleri ile birlikte kullanılması tavsiye edilir.

Varian Identify™ Sistemi Kalite Kontrol (QA)

Identify™ sisteminde QA prosedürlerinin amacı, kamera-masa koordinasyonunun ve masa hareketine karşı kamera duyarlılığının doğruluğunun kontrolünü sağlamaktır. Sistemin iki farklı kamera fonksiyonu olmasından dolayı QA prosedürleri, "Setup" ve "SGRT" olarak iki basamaktan oluşmaktadır ve günlük olarak yapılmaktadır.

Daily QA Setup:

Setup kamerasının masa ile olan ilişkisinin kontrolü "Daily QA Setup" olarak adlandırılmaktadır. Bu işlem, masanın iki farklı sabitleme (Indexing holes) noktasına (F2 ve F8) sırayla yerleştirilen ince, dikdörtgen plaka şeklindeki fantom ile gerçekleştirilmektedir. (**Şekil 12**) Setup kamerası daha önce de bahsedildiği üzere masa üzerinde sabit bulunan dört adet optik işaretleyiciyi referans almaktadır. Daily QA Setup'da kullanılan fantomun üzerinde de 2 adet gömülü optik işaretleyici bulunmaktadır. Tedavi masasında bulunan referans işaretleyicilerin fantomun optik işaretleyicilerine olan uzaklığının kontrol edilmesi ve fantomun yerleştirildiği iki farklı noktanın birbirine olan uzaklığındaki değişimin kontrol edilmesi sağlanır.

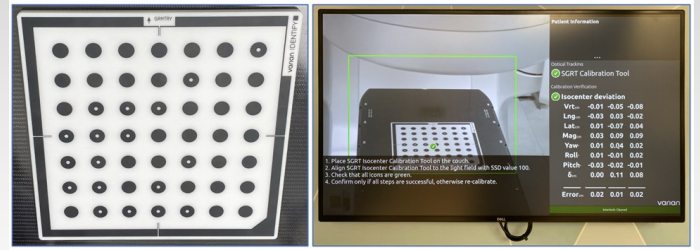


Şekil 12. Daily QA Setup

Daily QA SGRT:

SGRT kameralarının masa ile olan ilişkisinin kontrolü "Daily QA SGRT" olarak adlandırılmaktadır. Bu işlem, üzerinde belirli asimetric nokta dizilimine sahip diğer bir ince, dikdörtgen plaka şeklindeki fantom ile gerçekleştirilmektedir. (**Şekil 13**) Fantom masa üzerine konur ve üzerindeki yön ve merkez işaretleri, tedavi cihazının ışık alanı ve çapraz kılı (crosshair) ile hizalanır. Identify™ kurulumunda tedavi masası pozisyonu kaynak-yüzey mesafesi (SSD) 100 cm'de

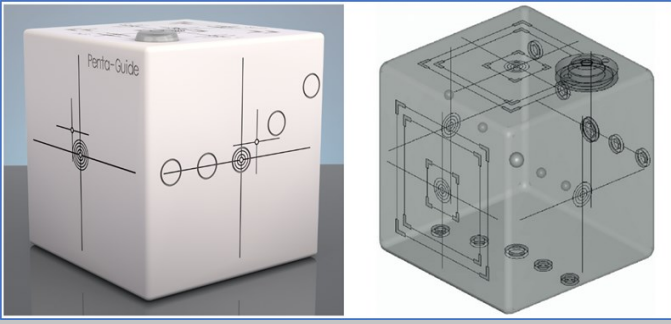
kalibre edilmiş olan fantom, test süresince de SSD=100 cm uzaklığa yerleştirilir. Bu işlem sonucunda, SGRT kameralarının kalibrasyonunun tedavi cihazı izomerkezine göre doğruluğu kontrol edilmektedir. Test süresince QA fantomunun, SGRT kameralarının kalibrasyon merkezine olan altı boyuttaki nümerik farkları, oda içi ve konsol odası monitörlerinden gözlemlenebilmektedir.



Şekil 13. Daily QA SGRT

SGRT Radyografik İzomerkez QA:

SGRT kameralarının bir diğer QA prosedürü de sistemin radyolojik görüntüleme ile doğruluğunun yapılmasına dayanmaktadır. Bu işlem ile test edilen, OBI yani radyolojik görüntüleme cihazlarının merkezi, SGRT kameraların merkezi ve tedavi masası referanslarının uyumluluğunun doğrulamasını sağlamaktır. Teste öncelikle, içerisinde altı boyutta asimetric yerleştirilen radyolojik işaretleyicilerin bulunduğu Quasar™ Penta-Guide fantomunun BT simülatöründe masaya diagonal (45°) yerleştirilerek 1mm'lik kesit kalınlığı ile alınan görüntüsünün TPS'de planlaması ile başlanır. (**Şekil 14**) Bu görüntünün TPS'e aktarılmasındaki amaç, fantomun tedavi cihazı izomerkezine konumlandırılmış bir yüzey görüntüsünün oluşturulmasını sağlamaktır. Yapılan plandaki yüzey konturu (BODY) Identify™ sistemine aktarılır ve fantom, plandaki kaydırma değerlerine göre tedavi masasına yerleştirilir.



Şekil 14. Radyografik SGRT QA

El kumandası ile SGRT kameralarının aktif hale getirilmesi sonrasında fantomun TPS'den gelen yüzey görüntüsü seçilerek fantomun CBCT'si çekilir. Alınan radyolojik görüntünün altı boyutlu eşleştirmesi yapıldıktan sonra masa kaydırmaları uygulanır. Yapılan işlemler sonunda TPS'den gelen yüzey görüntüsü ile gerçek zamanlı yüzey görüntüsü arasındaki farkın X, Y ve Z ekseninde 0,3 mm; Rotasyon, Pitch ve Roll açıları ise 0,5° içerisinde olması gerekmektedir. Eğer mevcut farklar bu toleransların dışında ise, mevcut masa değerleri üzerinden Identify™ SGRT sisteminin kalibrasyonu gerçekleştirilir. Bu testin, eğer günlük rutinde stereotaktik ışınlamalar yapılıyorsa, Varian tarafından günlük olarak yapılması önerilmektedir. Yakın zamanda yayınlanan RTOG TG No.302 – SGRT raporunda ise radyografik doğrulamanın, diğer günlük testlerin devamlılığı olduğu takdirde, aylık olarak yapılması önerilmektedir.



Oğuzhan Ayrancıoğlu
MSc.

Dokuz Eylül Üniversitesi, Fizik bölümünden 2008 yılında mezun oldu. 2011 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi

Medikal Fizik Yüksek Lisansını tamamladı. 2016 yılında başladığı Dokuz Eylül Üniversitesi Medikal Fizik

Doktora eğitimine devam etmektedir. Monte Carlo simülasyonu ve veri analizi konularında araştırma ve çalışmalarını sürdürmekte olup, İzmir Tınaztepe Galen Hastanesi bünyesinde Medikal Fizik Uzmanı olarak görev yapmaktadır.

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.



