



# Nükleer Tıpta Çalışan Teknik Ekip Mensubu Radyasyon Görevlilerinin Görev ve Sorumlulukları: Medikal Fizikçiler, Radyofarmasistler ve Teknikerler

## The Roles and Responsibilities of Radiation Safety Personnel in Nuclear Medicine: Medical Physicists, Radiopharmacists, and Technicians

✉ Mustafa Demir<sup>1</sup>, ✉ Leyla Poyraz<sup>2</sup>

<sup>1</sup>İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Cerrahpaşa Tıp Fakültesi, Nükleer Tıp Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

<sup>2</sup>Kaltest QA Kalite Kontrol Test Muayene Çevre Ölçüm ve Eğitim Hizmetleri Anonim Şirketi, İstanbul, Türkiye

### Öz

Nükleer Tıp multidisipliner bir bölüm olup bünyesinde nükleer tıp fiziği ve radyofarmasi bilimlerini de bulundurulur. Nükleer Tıp'ta çalışan radyasyon görevlilerinden Sağlık Fizikçileri (Medikal Fizikçiler, Nükleer Tıp Fizikçisi), Radyofarmasistler ve Teknikerler/Teknisyenler teknik elemanlar olup radyasyon ile fiilen çalışmaktadırlar. Sağlık Bakanlığı tarafından, sağlık fizikçilerinin görev tanımları yapılmış ancak Nükleer Tıp özelinde bir görev tanımı yapılmamıştır. Benzer şekilde radyofarmasistler ve Nükleer Tıp teknikleri için de bir görev tanımı bulunmamaktadır. Bu makalede Dünya örnekleri genelinde medikal fizikçilerin görev ve sorumlulukları ele alınmış olup ülkemizdeki medikal fizikçiler için görev ve sorumlulukların belirlenmesine çalışılmıştır. Benzer şekilde radyofarmasistler ve teknikerler için de tavsiye niteliğinde görev tanımları yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Görev ve sorumluluklar, medikal fizikçi, sağlık fizikçisi, radyofarmasist, tekniker

### Abstract

Nuclear Medicine is a multidisciplinary field that incorporates both nuclear medicine physics and radiopharmacy sciences. Radiation workers in Nuclear Medicine, such as Health Physicists (Medical Physicists), Radiopharmacists, and Technologist/Technicians, are technical staff who work directly with radiation. Although job descriptions for health physicists have been defined by the Ministry of Health, no specific description has been provided for those in nuclear medicine. Similarly, there are no job descriptions for radiopharmacists and nuclear medicine technicians. This article reviews the roles and responsibilities of medical physicists worldwide and seeks to define these roles and responsibilities for medical physicists in our country. Likewise, recommended job descriptions for radiopharmacists and technicians are also provided.

**Keywords:** Roles and responsibilities, medical physicist, health physicist, radiopharmacist, technologist

### Sorumlu Yazar/Corresponding Author

Prof. Dr. Mustafa Demir, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Cerrahpaşa Tıp Fakültesi, Nükleer Tıp Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

**E-posta:** demirm@iuc.edu.tr **ORCID ID:** orcid.org/0000-0002-9813-1628

**Geliş Tarihi/Received:** 21.11.2024 **Kabul Tarihi/Accepted:** 10.03.2025 **Yayınlanma Tarihi/Publication Date:** 18.03.2025

**Cite this article as/Atıf:** Demir M, Poyraz L. The roles and responsibilities of radiation safety personnel in nuclear medicine: medical physicists, radiopharmacists, and technicians. Nucl Med Semin. 2025;11:58-65



Copyright© 2025 Yazar. Türkiye Nükleer Tıp Derneği adına Galenos Yayınevi tarafından yayımlanmıştır. Creative Commons Atıf-GayriTicari 4.0 Uluslararası (CC BY-NC 4.0) Uluslararası Lisansı ile lisanslanmış, açık erişimli bir makaledir.

Copyright© 2025 The Author. Published by Galenos Publishing House on behalf of Turkish Nuclear Medicine Society. This is an open access article under the Creative Commons AttributionNonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0) License.

## Giriş

### Sağlık Fizikçileri (Medikal Fizikçiler)

Tarihsel bir bakış açısından, Nükleer Tıbbın doğrudan nükleer fizikteki ilerlemelerin ve bunların tıbbi uygulanmasının bir sonucu olduğu söylenebilir. Hastalıkların tanısında kullanılmakta olan radyofarmasötiklerin klinik kullanımı ile elde edilen sintigrafik görüntüler yardımı ile tedavi süreçleri planlanabilmektedir. Tanısal görüntülerin klinisyen tarafından yorumlanması ve hastanın radyonükleer tedaviden fayda göreceğinin belirlenmesi ile birlikte tedavi süreci başlamaktadır. Radyonükleer tedavide, radyofarmasötiklerin kullanılması sayesinde 300-350 Gray (Gy) gibi yüksek dozlarda, moleküler düzeyde etkin kanser tedavisi yapılabilmektedir.

Nükleer Tıp, Macar kimyager George de Hevesy tarafından 1910'larda önerildi ve hemen ardından radyoizotop izleme yöntemi geliştirildi. Dünya tarihinde ilk biyolojik izleyici olarak iyot-131 (I-131) radyoizotopu 1923'te ilk defa Amerikalı bir tıp doktoru olan Hermann Blumgart tarafından insan vücuduna uygulandı. Bununla yetinmeyip 1927'de Bi-214 radyoizotopunu kullanarak kendi kan dolaşımı ile ilgili ölçümler yaptı. Bu nedenle, ikisi de bazen Nükleer Tıbbın babaları olarak adlandırılır. Ancak Nükleer Tıbbın klinik uygulamalardaki etkinliğini artırabilmek için çok miktarda yapay olarak üretilmiş radyoizotopa ihtiyaç vardı. II. Dünya Savaşı'nın tetiklediği nükleer teknolojinin hızlı gelişimi beraberinde radyoizotop üretimini de artırdı. Bu sayede Nükleer Tıp 1950'lerin başlarında resmen başladı. İlk zamanlarda, Nükleer Tıp'ta, vücuda enjekte edilen radyoizotoplardan yayılan gama ışınları, bir sintilasyon tarayıcı kullanılarak 2D dağılım oluşturmak için ölçülüyordu. Sintilasyon tarayıcı, gama ışınlarını algılayarak ve sintilasyon dedektörünü tarayarak ilgili noktaları bir ışık kaynağına maruz bırakıp radyoizotopun 2D dağılımını temsil ediyordu (Şekil 1).

Nükleer Tıp ekipmanlarının ve bunların klinik kullanımının geliştirilmesi, radyoaktivite ölçümü konusunda uzmanlık bilgisi gerektirdiğinden, fizikçiler kuruluşundan itibaren Nükleer Tıpta yer aldılar. Bu nedenle nükleer tıp fizikçileri, başlangıçtan itibaren Medikal Fizik Uzmanı (MFU) olarak adlandırıldı ve Nükleer Tıbbın önemli bir üyesi olarak kabul edildi.

### 1.1. Avrupa'da ve Amerika'da Nükleer Tıpta Medikal Fizikçinin Rolü

MFU unvanı uzun yıllardır mevcuttur. Ancak Avrupa'da 2018'de rol netleştirilerek MFU olarak uygun kişilerin

atanmasını zorunlu hale getirildi. Ayrıca, tüm MFU'ların resmi olarak tanınmış bir düzenleme şeması aracılığıyla akredite edilmesi gerekliliği getirildi. Nükleer Tıp'ta bir MFU'dan beklenen rollerin çeşitliliği geniş kapsamlıdır ve aynı birey aynı zamanda radyasyon güvenliği sorumlusu rolünü de icra edebilmektedir (1).

### 1.2. Avrupa Medikal Fizikçiler Birliği

Avrupa Medikal Fizikçiler Birliği'ne (*European Federation of Organisations for Medical Physics - EFOMP*) göre, radyonükleer tedavinin hastaya faydalı olması için; hedef dokulara verilen dozların optimize edilmesi, hedef olmayan dokulara verilen dozların minimize edilmesi gerektiği, moleküler radyoterapinin bir radyoterapötik prosedür olarak değerlendirilmesini zorunlu kılmıştır. Böyle bir yaklaşım, hastaya özgü dozimetriye dayalı bireyselleştirilmiş tedavi planlaması yapılmasını ve doğrulamasını gerektirmektedir (2). EFOMP'nin sloganı "Hastalar, personel ve halkın yararı için sağlıkta fizik uygulamak" şeklindedir.

Avrupa Konseyi'nin 5 Aralık 2013 tarihli 2013/59/EURATOM sayılı "İyonlaştırıcı radyasyona maruz kalma kaynaklı tehlikelere karşı temel güvenlik standartlarını belirleyen" direktifi beş yıllık bir hazırlık döneminden sonra 2018 yılında Avrupa Birliği'ne üye ülkelerde yürürlüğe girmiştir.

### 1.3. Amerikan Medikal Fizikçiler Birliği (AAPM)

Amerikan Medikal Fizikçiler Birliği'ne (*American Association of Physicists in Medicine - AAPM*) göre nükleer tıp fizikçileri ve fizik mühendisleri, "iyonizan radyasyon



Şekil 1. Anger gama kamera, 1956

ile madde arasındaki etkileşimleri inceleyen araştıran, nükleer görüntüleme cihazları ve radyasyon dozimetrisi konularında uzmanlaşmış kişiler” olarak tanımlanır. Genellikle görüntü işleme ve bilgisayar bilimi konularında da uzmanlık sahibidirler. Nükleer tıp fizikçisi, Nükleer Tıp doktorları ve teknikerleriyle birlikte Nükleer Tıp ekibinin bir parçasıdır ve Nükleer Tıp için herhangi bir yeni uygulamanın fiziksel yönlerine yardımcı olur, kabul testlerini yapar ve Nükleer Tıp enstrümantasyon kalite programını sürdürür ve gerekli dozimetrik hesaplamaları yapar.

AAPM kılavuzlarında, Nükleer Tıp ekipmanlarının işletilmesinin karmaşık fizik prensiplerine bağlı olduğu bildirilir. Nükleer Tıp görüntüleme ekipmanlarının en iyi şekilde çalışması, teknolojinin dayandığı temel prensiplerin net bir şekilde anlaşılmasına bağlıdır. Hastaya ve çalışanlara uygulanan radyasyon dozunu içeren konular, radyasyonun birey içinde nasıl etkileşime girdiğine bağlıdır. Bu süreçlerin bilgisi, hastanın alınan radyasyon dozunun doğru bir şekilde tahmin edilmesine ve çalışanlara uygulanan radyasyon dozunu mümkün olduğunca düşük tutmanın yollarına olanak sağlar.

Medikal fizikçilerin sorumlulukları arasında; görüntülerin işlenmesi, yeniden oluşturulması ve veri analizi konularında bilgi sahibi oldukları belirtilmiştir. Yani eğitimlerinin bu alanları da kapsadığı ifade edilmektedir. Bu nedenle, Nükleer Tıp çalışmalarının verimli şekilde sürdürülmesinde kullanılacak en uygun yaklaşımların belirlenmesine yardımcı olabildiği için nükleer tıp fizikçisi Nükleer Tıp ekibinde önemli bir rol oynar. Ayrıca, medikal fizikçilerin, Nükleer Tıp ve moleküler görüntülemenin gelecek nesiller için yeni enstrümanlar ve veri analizi yaklaşımları geliştirebilen akademik ve endüstride araştırma laboratuvarlarında çalışabildikleri vurgulanmaktadır (3).

#### **1.4. Avrupa ve Amerika’da Medikal Fizikçilerin Görev Alanları**

Avrupa ve Amerika’da medikal fizikçilerin görev alanları ana başlıklar altında aşağıdaki şekilde özetlenmiştir (4,5,6).

##### **1.4.1. Tanısal Nükleer Tıp Görüntülemeleri, Görüntüleme Dışı Prosedürler ve Pozitron Emisyon Tomografi/Bilgisayarlı Tomografi**

Rutin görüntüleme ve görüntüleme dışı prosedürlerde medikal fizikçinin rolü genellikle hastalara uygulanan radyasyon maruziyetlerinin optimizasyonuna odaklanır. Medikal fizikçi Ar-Ge çalışmalarına katkıda bulunarak

görüntü kalitesinin yükseltilmesini ve tüm radyasyon maruziyetlerinin azaltılmasını sağlayabilir. Medikal fizikçinin pozitron emisyon tomografi/bilgisayarlı tomografi (PET/BT) rolü sunulan hizmetlerin karmaşıklığına bağlı olacaktır. Rutin florodeoksiglukoz tabanlı hizmetler, hizmetin kurulması ve devreye alınması sırasında yüksek düzeyde medikal fizikçi katılımını gerektirecektir, ancak daha sonra yakın bir katılım gerektirmeyecektir.

##### **1.4.2. Radyonüklit Tedavisi**

Tirotoksikoz ve standart tiroit kanseri tedavileri sunan rutin bir I-131 hizmeti, günlük medikal fizikçi katılımını gerektirmeyebilir. Daha yeni veya karmaşık tedaviler için medikal fizikçinin yakın bir şekilde tedavi sürecine dahil olması genellikle tedaviler devam ederken sahada hazır ve her zaman erişilebilir olmasını gerektirir. Medikal fizikçi ayrıca, yeni tedavilere geçmeden önce hasta radyasyon riski değerlendirmelerinin, radyasyon güvenliği tavsiyelerinin ve dozimetri değerlendirme tekniklerinin ve hesaplamalarının geliştirilmesi işlerinde de yer almalıdır. Hastalara yanlış doz verilmesinin veya doz aşımının önemli klinik sonuçları olabileceğinden, medikal fizikçi ayrıca tedavi alanının hedef bölgeleri ve risk altındaki organlar için tüm dozimetri hesaplarını denetlemelidir. Medikal fizikçiler genellikle hastalarla yüz yüze iletişimde bulunarak, hastalara radyasyonun risklerini açıklar ve klinikteki ekip arkadaşlarıyla birlikte tedaviyi uygularlar. Gerektiğinde tedavinin hedef alanları ve risk altındaki organlar için dozimetri hesaplamalarını yapar.

##### **1.4.3. Ekipman Temini ve Kalite Güvencesi**

Medikal fizikçi, bölüm içindeki yeni görüntüleme ekipmanları için spesifikasyonların ve ihale belgelerinin hazırlanmasından sorumlu olur. Bu aynı zamanda ihalelerin puanlanması ve diğer önemli paydaşların katılımıyla tercih edilen teklif sahibinin seçilmesini içerir. Daha sonra, yeni ekipmanın rutin kullanıma sokulmasından sorumlu olacaklardır. Medikal fizikçi, ekipmanın kalite güvence programlarını oluşturmakla sorumlu olur ve karmaşık hata teşhisine ilişkin üreticilerle irtibat kurma ve bu sorunların çözümüne ilişkin önerilerde bulunur. Ayrıca, rutin önleyici bakım programlarını, ekipmanlardaki arızaların onarımını ve klinik ekipmanın amacına uygun olmadığına devre dışı bırakılmasını denetlemekten sorumludur.

##### **1.4.4. Radyasyon Güvenliği**

Medikal fizikçi, doz denetimlerinin yapılmasından veya diğerlerinin bunları doğru şekilde yapmasını

denetlemekten sorumludur. Böylece doz optimizasyonu ve risk azaltımının doğru şekilde gerçekleştirildiğinden emin olunur. Ayrıca, bölümde gerçekleştirilen tüm maruziyetler için yerel tanısal referans seviyelerinin geliştirilmesine ve yayılmasına yakından dahil olur. Medikal fizikçi ayrıca, bölüm içindeki herhangi bir radyasyon kazası olayının araştırılmasına ve bunların ilgili iç ve dış kurumlara rapor edilmesine yakından dahil olur.

#### **1.4.5. Ekipman Kalite Güvencesi**

Nükleer Tıpta medikal fizikçinin önemli bir görevi, çeşitli Nükleer Tıp ekipmanları için kalite güvencesi programlarına katılmaktır. Medikal fizikçiler ekipmanın kabul testlerini gerçekleştirirler. Düzenli testler ve rutin kalite kontrol prosedürleri yapar ve uygularlar. Diğer personel grupları ile işbirliği yaparak gelecekte uygulanacak planların analizinde rol oynarlar, tavsiyelerde bulunurlar ve cihaz ve radyonüklit üreticileri ile karmaşık hata teşhisi ve bu sorunların çözümü konusunda iletişim kurarlar. Fizikçiler ayrıca ekipman üzerinde önleyici bakım ve arıza onarımlarını düzenleme konusunda da sorumlu olabilirler.

#### **1.4.6. Bilgi İşlem ve Bilişim Teknolojileri**

Medikal fizikçiler, hasta veri analizi için kullanılan yazılım araçlarının ve klinik programların kalite yönetiminde yer alırlar ve klinik protokollerin ve prosedürlerin değerlendirilmesi için denetimler yaparlar. Ayrıca klinik yazılım, resim arşivleme ve iletişim sistemleri ve klinik görüntülerin arşivlenmesi için sürekli destek sağlayabilirler.

#### **1.4.7. Eğitim ve Öğretim**

Öğretim ve eğitim, Medikal fizikçinin rolünün önemli yönlerindedir ve bu roller genellikle bir klinik hizmetin yürütülmesi için gerekli görevlerin yanı sıra yerine getirilir. Bölüm içindeki radyasyon görevlisi olmayan diğer personel gruplarını da radyasyon güvenliği konularında eğitir. Genellikle daha resmi akademik öğretimde de yer alırlar ya dersler verirler ya da akademik projeleri denetlerler ve diğer Nükleer Tıp personel grupları için akademik eğitim programlarını düzenleme ve yürütme konusunda önemli bir rol oynayabilirler.

#### **1.4.8. Bilimsel Liderlik**

Medikal fizikçiler genellikle klinik toplantılara katılır, hastane yönetimi brifinglerine ve bölüm toplantılarına katılır ve ayrıca bir Radyasyon Güvenliği Komitesi gibi hastane komitelerinde rol alabilirler. Genellikle ulusal ve uluslararası bilimsel komiteler ve grupların üyeleridir

ve bu rollerin bir parçası olarak bilimsel toplantılar düzenler, kanıta dayalı uygulamayı desteklemek için klinik kılavuzlar geliştirir ve yeni mevzuat ve standartların olası etkileri konusunda danışmanlık yapabilirler.

### **Ülkemizdeki Yasal Mevzuatlar ve Mevcut Durum**

25 Nisan 2023 tarihinde Resmi Gazete’de yayınlanarak yürürlüğe giren Nükleer Tıp Hizmet Yönetmeliği’nin personel ile ilgili olan 5. maddesi “Nükleer Tıp merkezlerinde en az bir Sağlık Fizikçisi, en az bir tıbbi görüntüleme teknisyen/teknikeri görevlendirilir. Ayaktan veya yatarak tedavi hizmeti verilen merkezlerde Sağlık Fizikçisi olarak görevlendirilen personel sadece bir merkezde bugörevi yürütür” hükmünü getirmiştir. Bu yasal durum Nükleer Tıp’ta medikal fizikçinin çalışmasını zorunlu kılmakla birlikte görev yetki ve sorumlulukları kapsamamaktadır. Ülkemizdeki Medikal Fizik Derneği web sayfasında medikal fizikçi tanımı “Hastalıkların tanı ve tedavisinde fiziksel, matematiksel teknik ve kavramların tıbbın herhangi bir alanında uygulanması ile ilgili bir bilim dalıdır” şeklinde yapılmıştır. Nükleer Tıp’ta bu ünvanı almak ve sağlık kuruluşlarına Sağlık Fizikçisi olarak atanabilmek için Sağlık Fiziği veya Medikal Fizik alanında yüksek lisans eğitiminin tamamlanmış olmak gerekir. Bu eğitimlerin doğal bir parçası da yüksek lisans tezidir. Nükleer Tıp’ta çalışan Sağlık Fizikçisi, Nükleer Tıp grubu cihazların kalite kontrol testlerini yapabilir. Bununla birlikte Türkiye İlaç ve Tıbbi Cihaz Kurumu’ndan (TİTCK) yetki belgesi alması koşulu ile testleri yapmaya da yetkilendirilir.

TİTCK tarafından 20 Aralık 2023’te Resmi gazetede yayınlanarak yürürlüğe giren “Diagnostik radyoloji, Nükleer Tıp ve radyoterapi grubu tıbbi cihazların kalite uygunluk ve kalite kontrol testleri hakkında yönetmelikte değişiklik yapılmasına dair yönetmelik” gereğince Nükleer Tıp grubu cihazlarda yetkilendirilmiş medikal fizikçiler tarafından kalite kontrol testlerinin düzenli yapılması gerektiği belirtilmiştir.

Nükleer Tıp’ta çalışan medikal fizikçiler halen radyoaktif kaynakların muhafazası, radyasyon kaynaklarının kullanıldığı cihazların kalite kontrol testlerinin yapılması, cihazlardan ve radyofarmasötik uygulanmış olan hastalardan salınan radyasyonların ölçülmesi, radyonüklit tedavide uygulama dozlarının hesaplanması, sağlık için zararlı olabilecek radyasyon dozlarının güvenli üst limitlerinin belirlenmesi ve buna bağlı olarak radyasyon

korunması önlemlerinin alınması, radyasyon güvenliği eğitimlerinde aktif olarak görev almaktadırlar.

22.05.2014 Resmi Gazete sayısı: 29007 Sağlık Meslek Mensupları ile Sağlık Hizmetleri'nde Çalışan Diğer Meslek Mensuplarının İş ve Görev Tanımlarına Dair Yönetmelik'te genel anlamda Sağlık Fizikçisinin iş ve görev tanımları yapılmıştır. Bu tanımlar genellikle radyasyon güvenliğine yönelik olarak hazırlanmıştır. Bununla birlikte radyonüklit dozimetri ve TITCK yönetmeliklerinin sağlanmasına yönelik nükleer tıp fizikçisinin özelinde tanımlamaların yapılmasına ihtiyaç vardır.

Ulusal ve uluslararası düzeydeki organizasyonlar tarafından belirtilen görev ve sorumluluklar değerlendirildiğinde; Nükleer Tıp'ta çalışan medikal fizikçilerin görev ve sorumluluklarının üç ana başlık altında toplanabileceği öngörülebilir. Birincisi çalışanların, hastaların ve çevrenin radyasyon güvenliğini sağlamak, ikincisi cihazların kabul testlerini ve kalite kontrollerini yapmak, üçüncüsü radyonüklit dozimetri yaparak hastalara uygulanacak radyofarmasötik aktivitesinin güvenli üst limitini hesaplamaktır (7).

Radyasyon korunması hem hasta sağlığı hem de çalışanlar için gereklidir. Radyasyon korunmasını sağlamak için çalışan herkesin bu konuda eğitilmiş olması gerekir. Bu bağlamda medikal fizikçinin sorumluluklarından biri de çalışanlara ve hastalara radyasyon güvenliği ile ilgili eğitim vermektir. Bu üç ana başlık biraz daha detaylandırıldığında nükleer tıp fizikçisinin görev ve sorumlulukları şu şekilde belirlenebilir.

1. Yeni alınmış cihazların kabul testlerini yapmak, bakım ve onarımdan geçmiş cihazları kullanıma sokmak üzere gerekli ölçümleri ve rutin kalite kontrol testlerini yapmak. TITCK'da listelenen Nükleer Tıp grubu cihazların rutin kalite kontrol testlerini yapmak.
2. Tanısal radyasyon uygulamalarında veya kaza sonucu radyasyon maruziyetlerinde hasta dozlarını hesaplamak, hamile hastalarda fetus dozu hesaplamalarını yapmak.
3. Hastanın ve personelin radyasyon güvenliği için gerekli yöntem ve düzeneklerin teminini ve kullanılmasını sağlamak, radyasyon görevlileri için dozimetre takibini yapmak ve kayıtlarını tutmak.
4. Kalite temini programlarının, protokollere uygun olarak düzenli bir şekilde yürütülmesini sağlamak.
5. Radyoaktif katı ve sıvı atıkların kontrolünü sağlamak, ölçümlerini yapmak, kayıtlarını tutmak

ve gerekli önlemleri alınmasını sağlayarak atıkların islahını yürütmek.

6. Radyasyon korunması görevlisi ile birlikte her cihazın olası kaza durumu için tehlike durumu planını hazırlamak ve bir tehlike durumunda planda belirtilen yükümlülükleri yerine getirmek.
7. Yeni cihazlarının seçimi ve yeni tesislerin planlanmasında radyasyon güvenliğine ilişkin hususlarda görüş ve önerilerde bulunmak.
8. Tesiste çalışanların eğitiminde görev almak.
9. Çalışan kişiler, kaynaklar ve cihazların kalite kontrollerinin kayıtları tutmak.
10. Radyonüklit tedavi uygulanacak hastalarda hastaya özel dozimetri yaparak güvenle uygulanabilecek maksimum aktivite miktarını belirlemek.
11. Teknolojik ihtiyaçların belirlenmesi, teknik şartnamenin hazırlanması ve amaca uygun cihaz seçiminde klinisyenlere doğru bilgi aktarımı sağlamak medikal fizikçinin görevleri arasındadır.

## 2. Radyofarmasistler

1960'larda teknesyum jeneratörünün geliştirilmesi ve Teknesyum-99m'in Nükleer Tıp Bölümleri'nde yaygın olarak kullanılmaya başlanmasıyla, çözülmesi gereken sorunlardan biri, bu yeni radyonüklitleri hazırlamak, dağıtmak ve kullanımı konusunda tavsiyede bulunma işlemlerinde kimlerin yetkin olduğu sorusu oldu. Bunlar, aynı zamanda ilaç düzenlemelerine ve operasyonel ilkelere de uyması gereken (radyo)farmasötikler miydi? Sekiz günlük yarı ömre sahip I-131 ile etiketlenmiş ürünlerin aksine, kısa yarı ömürlü bir radyonüklit (6 saatlik yarı ömür) ile etiketlenmiş bu ürünler merkezi bir konumda hazırlanıp ülke genelinde dağıtılamazdı. Kimyasal, biyolojik ve tıbbi kullanım için radyoizotop metodolojisini öğretmeye adanmış kurslar uzun yıllardır var olmasına rağmen, 1960'ların sonlarında bazı kurumlar, radyofarmasi alanında resmi bir dereceye yönelik programlar geliştirme ihtiyacını fark etmeye başladı. Bu durum, Eczacılığın, yalnızca ürün odaklı bir meslek olmaktan çıkıp eczacılık hizmetlerinin sunumunu vurgulayan bir meslek haline gelmesi gerektiğinin fark edilmesiyle aynı döneme denk geldi. Güney Kaliforniya Üniversitesi (*University of Southern California* - USC), her iki alandaki öncü gelişmelerde aktif rol oynadı. Eczacılık klinik odaklı hale geldi ve USC, 1969'da ilk resmi Radyofarmasi yüksek lisans programını başlattı ve ilk mezun sınıfını 1970'te verdi.

Yıllar içinde USC'nin Radyofarmasi programı, 201 eczacıyı radyofarmasi alanında master derecesiyle mezun etti ve Uluslararası Atom Enerjisi Kurumu (*International Atomic Energy Agency*) tarafından desteklenen birçok kişi de dahil olmak üzere çeşitli alanlarda yüzlerce kişiyi eğitti. Buna, Radyofarmasi Teknisyenleri için resmi bir eğitim programı kurulması da dahildi. Ülke genelinde ve Dünya çapında diğer programlar da eş zamanlı olarak ve kısa süre sonra geliştirildi (8).

### 2.1. Nükleer Eczacılık

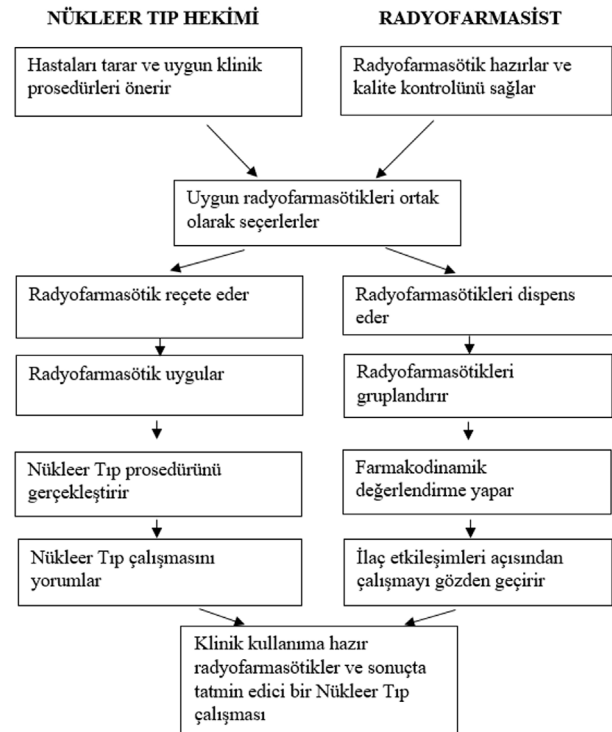
Radyofarmasi (veya birçok yerde adlandırıldığı gibi Nükleer Eczacılık), artık iyi tesis edilmiş bir eczacılık uzmanlık alanıdır. Aslında, 1969 yılında Eczacılık mesleğinin uzmanlık alanlarına sahip olabileceği fikri oldukça yeni bir kavramdı ve kabul edilmesi biraz zaman aldı, tıpkı Eczacılığın daha klinik odaklı bir meslek haline gelmesi sürecinin zaman alması gibi. Amerikan Eczacılık Uzmanlıkları Kurulu, 1970'lerde ABD'de kuruldu ve radyofarmasi, bu tanınmayı kazanan ilk alan oldu (9). Günümüzde bu durum, kurul onaylı birkaç başka eczacılık uzmanlığına da genişlemiştir. Her ülkenin, radyofarmasötik ilaç ürünlerinin hazırlanması, dağıtılması ve güvenli kullanımı konusunda kimin sorumlu olduğu ile ilgili kendi düzenlemeleri olsa da, temel nokta, bu alanlarda tam yetkinlik kazandırmak için böyle bir uzmanlık eğitiminin artık genel olarak gerekli olduğunun kabul edilmesidir. Özellikle ilgi çeken bir alan, hızla büyüyen PET radyofarmasötikleri ve tedavide kullanılan radyofarmasötiklerin alanıdır. Bunların hepsi zorunlu olarak "yerinde" hazırlanmalıdır. Bunları kim düzenler? Radyofarmasötiklerin dağıtımı ve kullanımını konusundaki görevi nedir? Bu bölümde bu soruya yanıt bulmayı amaçladık.

Radyofarmasi alanında bir uzmanlık olan yüksek lisans (MS) programının geliştirilmesine bir dizi önemli ilke dahil edilmiştir. İlk ilke, (radyo)eczacının Nükleer Tıp ekibinin ilaç uzmanı olması gerektiğiydi. Onun rolü yalnızca ürünlerin hazırlanması ile sınırlı olmamalı, aynı zamanda ürünlerin seçimine aktif olarak katılmalı, ilacın etkinliğini belirlemek için hastayı izlemeli ve klinik radyofarmasi hizmetlerini sağlama sürecinde hekimle işbirliği içinde çalışmalıdır. Şekil 2'deki diyagram, bu ilişkinin nasıl çalışması gerektiğini göstermektedir (9).

Pratik gerçekler ve kurumsal gelenekler, bu idealize edilmiş şemanın birçok farklı varyasyonunu zorunlu kılmıştır. Bazı hastanelerde radyofarmasi, Eczacılık hizmetlerinin bir parçası iken, meslekteki değişimlerin

yarattığı gerilimler, bazı Eczacılık hizmetlerinin yeni ve farklı olan her şeye karşı mesafeli kalmasına neden oldu. Ancak daha ileri görüşlü olan diğerleri, bu yeni fırsatları içtenlikle benimsedi. Diğer bazı hastanelerde ise Nükleer Tıp hizmetleri, radyofarmasinin bu hizmetin bir bölümü olması gerektiği geleneğini belirledi. Nükleer Tıp ile diğer Radyolojik Bilimler arasındaki ilişkinin değişen görüşleri, Dünya çapında bu tabloyu daha da karmaşık hale getirdi (10). Diğer bazı ülkelerde ise tüm farmasötik ürünlerin lisanslı eczacılar tarafından dağıtılması zorunluluğu olmadığı için, radyofarmasistler kimya, fizik gibi farklı disiplinler ve bilimsel geçmişlerden de gelebiliyordu. Bu tartışmaların yapıldığı sırada, sağlık sisteminin nasıl yönetilmesi gerektiğine dair Dünya ile birlikte ülkemizde de büyük bir anlayış değişikliği olmaya başladı. Sağlık hizmetlerindeki hızla artan maliyetler nedeniyle radyofarmasiye özgü gelişmelerin doğmasına neden oldu. Ticari radyofarmasilerin ortaya çıkışı ve PET olarak bilinen hızla büyüyen Nükleer Tıbbın bir dalının gelişmesi, ardından Nükleer Tıbbın tedavideki etkinliğinin hızla artması radyofarmasistlerin önemini ortaya koydu (11).

PET merkezlerinin hızla büyümesi ve dolayısıyla çok kısa yarı ömürlü radyofarmasötiklerin yerinde



Şekil 2. Radyofarmasist ile klinisyen arasındaki işbirliği diyagramı

hazırlanması ihtiyacı, kimyaya öncelik verilen koşullarda, profesyonel bir Eczacılık geçmişine sahip olmayan birçok yüksek eğitilmiş bireyin bu alana girmesine yol açtı.

## 2.2. Gelecekteki Yönelimler

Günümüzde bazı Eczacılık fakültelerinde radyofarmasi anabilim dalları kurulmuş olmasına rağmen hala klinik ürün geliştirme ve kullanımı konularında istenilen doygunluğa ulaşamamıştır. Bu nedenle çözüme yönelik genel eğilimin radyofarmasinin Nükleer Tıbbın bir alt birimi olarak işlev görmesinde yatmasıdır.

Hastalar üzerinde ilaçların ne şekilde etki gösterdiğini ve teşhis veya tedavi sırasında hastalarda ne gibi değişimler olduğunu non-invaziv yöntemlerle izleme alanı, bu konuda önemli bir örnek teşkil etmektedir. İlaç uygulama miktarı, hızı ve yöntemi ile klinik sonuçlara dair veriler mevcut olmasına rağmen, genellikle ilacın vücuttaki seyri, hastanın bireysel özellikleri gibi bilgilere ulaşmada güçlükler bulunmaktadır. Kısacası, tedaviyi optimize etmek için hastayı bireysel olarak izleme yöntemlerinin geliştirilmesine acil ihtiyaç vardır.

## 3. Teknikerler/Teknisyenler

Nükleer Tıp alanında çalışan radyasyon görevlisi tekniker/teknisyenlerin görev ve sorumlulukları, özellikle radyasyon güvenliği, kendilerini ve hastayı koruma odaklı olmak üzere geniş bir yelpazeyi kapsar. Bununla birlikte teknikerler Nükleer Tıpta görevli kilit personel olup olmazsa olmazlıkları yasal olarak da onaylanmıştır. Teknikerlerin görev ve sorumlulukları her ne kadar Sağlık Bakanlığı Meslek Standartları Dairesi Başkanlığı yönetmelikleri ile belirleniyorsa da biz bu makalede deneyimlerimize dayanarak olması gerekenleri dile getirdik. Teknikerlerin görev ve sorumluluklarını aşağıdaki şekilde maddeler halinde belirttik.

- 1. Radyoaktif Madde Hazırlığı ve Kullanımı:** Radyofarmasist olmayan Nükleer Tıp birimlerinde, radyoaktif maddeleri, sıcak oda laboratuvarında tıbbi görüntüleme ve tedaviler için hazırlar. Radyoaktif maddelerin kullanımı, depolanması ve atılmasıyla ilgili prosedür uygulamalarında, Radyasyondan Korunma Sorumlusu ve Sağlık Fizikçisi ile birlikte koordineli bir şekilde çalışır. Bu maddelerin doğru dozlarda ve güvenli bir şekilde kullanılmasını sağlar.
- 2. Görüntüleme ve İşlem Yönetimi:** Nükleer Tıp uzman hekimleri ile koordineli bir şekilde çalışarak, belirlenen protokollerine uygun

olarak hasta görüntülemelerini yapar ve diğer Nükleer Tıp görüntüleme işlemlerini yürütür. Görüntüleme sırasında hasta konforunu sağlar ve çekim için doğru pozisyonlandırma yapar.

- 3. Radyasyon Güvenliği Uygulamaları:** Radyasyon güvenliği protokollerine ve standart işlem prosedürlerine uygun şekilde çalışır. Radyasyondan Korunma Sorumlusu ve Sağlık Fizikçisi ile birlikte koordineli bir şekilde çalışarak, radyasyon alanlarını düzenli olarak kontrol eder ve güvenliği maksimize etmek için gerekli önlemleri almaya yardımcı olur.
- 4. Cihaz ve Ekipman Yönetimi:** Nükleer Tıp cihazlarının günlük kalite kontrol testlerini gerçekleştirir ve bakım-onarım işlemlerinde teknik servis mühendisine eşlik eder. Ekipmanın düzgün çalıştığından ve güvenli olduğundan emin olmak için periyodik kontroller gerçekleştirir.
- 5. Çalışan Güvenliği ve Hastanın Güvenliği:** Radyasyondan Korunma Sorumlusu ve Sağlık Fizikçisi ile birlikte koordineli bir şekilde çalışarak, kendisinin ve hastaların sağlığını korumak için gerekli tüm güvenlik önlemlerini alır. Radyasyon maruziyetini asgari düzeye indirmek için kişisel koruyucu ekipman kullanır ve hastaların da uygun şekilde kullanmasını sağlar.
- 6. Hasta Haklarına Saygı:** Hastaların onayını almadan radyoaktif tedavi veya görüntüleme işlemleri gerçekleştirmez. Hasta mahremiyetini korur ve tıbbi müdahalelerle ilgili tüm bilgileri gizli tutar.
- 7. Bilgilendirme ve Eğitim:** Hastalara yapılacak işlemler hakkında bilgi verir ve onların rahatını sağlar. Aynı zamanda, yeni gelişmeler ve güvenlik protokolleri konusunda sürekli olarak eğitim alır ve bilgilerini güncel tutar.
- 8. Acil Durum Yönetimi:** Radyasyondan Korunma Sorumlusu ve Sağlık Fizikçisi ile birlikte koordineli bir şekilde çalışarak, radyasyon kazalarına veya diğer acil durumlarda müdahale etmek için hazır bulunur ve olası radyasyon kazalarına karşı acil durumlarda aktif görev alır.
- 9. Düzenlemelere Uyum:** Nükleer Düzenleme Kurumu tarafından belirlenen radyasyon güvenliği düzenlemelerine ve uluslararası standartlara uyum sağlar.

**10. Eğitim ve Güncelleme Yükümlülüğü:** Radyasyon güvenliği ve ilgili tıbbi prosedürler konusunda düzenli eğitimlere katılarak, güncel bilgilere sahip olur. Bu eğitimler ile hem kendilerini hem de hastaları koruyacak şekilde en iyi uygulamaların sürdürülmelerini sağlar.

Radyasyon görevlisi Tekniker/Teknisyenlerin bu görev ve sorumlulukları, Nükleer Tıp uygulamalarının güvenli ve etkin bir şekilde yürütülmesi için hayati önem taşır. Hem kendisi hem de hastaların sağlığını korumak için gerekli tüm önlemleri alarak çalışırken, aynı zamanda yüksek düzeyde dikkat ve titizlik gerektiren bir alanda çalışmanın getirdiği zorluklarla da başa çıkmak zorundadır.

#### Dipnotlar

**Çıkar Çatışması:** Yazarlar tarafından çıkar çatışması bildirilmemiştir.

#### Kaynaklar

- Dezarn WA, Cessna JT, DeWerd LA, et al. Recommendations of the American Association of Physicists in Medicine on dosimetry, imaging, and quality assurance procedures for 90Y microsphere brachytherapy in the treatment of hepatic malignancies. *Med Phys*. 2011;38:4824-4845.
- Newhauser WD, Gress DA, Mills MD, et al. Medical physics workforce in the United States. *J Appl Clin Med Phys*. 2022;23(Suppl 1):e13762.
- Cosgriff PS, Perkins AC, Hart GC. The role of the physicist in nuclear medicine. *Nucl Med Commun*. 1996;17:643-647.
- Bailey DL. Thirty years from now: future physics contributions in nuclear medicine. *EJNMMI Phys*. 2014;1:4.
- Harkness BA, Allison JD, Clements JB, et al. AAPM/SNMMI Joint Task Force: report on the current state of nuclear medicine physics training. *J Appl Clin Med Phys*. 2015;16:3-13.
- Demir, M, Demir, B. Medikal fizikçilerin eğitimi, görev ve sorumlulukları. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*. 2008;7:63-71.
- Subramanian G. The role of the radiochemist in nuclear medicine. *Semin Nucl Med*. 1974;4:219-227.
- Aalbersberg EA, Verwoerd D, Mylvaganan-Young C, et al. Occupational radiation exposure of radiopharmacy, nuclear medicine, and surgical personnel during use of [99mTc]Tc-PSMA-I&S for prostate cancer surgery. *J Nucl Med Technol*. 2021;49:334-338.
- Wolf W, Kawada T, Shani J. The radiopharmacist as a professional speciality: past, present and future (No. IAEA-TECDOC--1029), 1998.
- Zanzonico P. Basic sciences of nuclear medicine (pp. 155-157). M. M. Khalil (Ed.). Berlin: Springer, 2000.
- Balıkçı M, Albayrak MH, Turoğlu H, Hiçürkmez M. Nükleer Tıp teknikerinin sahip olması gereken nitelikler. *Marmara Sağlık Hizmetleri Dergisi*. 2017;1:57-64.