

T.C.
KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK UYGULAMA VE ARAŞTIRMA MERKEZİ
FARABI HASTANESİ



RADYASYON GÜVENLİĞİ EL KİTABI

HAZIRLAYAN
Doç. Dr. Emel HACİİSLAMOĞLU
Radyasyon Güvenliği Komitesi





İÇİNDEKİLER

I. BÖLÜM: GENEL BİLGİLER

1. Giriş
2. Amaç
3. İçerik
4. Radyasyon Güvenliği Komitesi (RGK)
5. Radyasyon Güvenliği Komitesi Üyeleri
6. Görev, Yetki ve Sorumluluklar
 - 6.1. Farabi Hastanesi Başhekimliği'nin görev, yetki ve sorumlulukları
 - 6.2. Radyasyon Güvenliği Komitesi'nin görev, yetki ve sorumlulukları

II. BÖLÜM: RADYASYON HAKKINDA GENEL BİLGİLER

1. Radyasyonun Tanımı
2. Radyasyon Türleri
 - 2.1. İyonlaştırıcı Radyasyon
 - 2.1.1. Elektromagnetik Radyasyon
 - 2.1.1.1. Röntgen (X) Işınları ve Özellikleri
 - 2.1.1.2. Gamma Işınları ve Özellikleri
 - 2.1.2. Partiküler Radyasyon
 - 2.1.2.1. Alfa Parçacıkları
 - 2.1.2.2. Beta Parçacıkları
 - 2.1.2.3. Protonlar
 - 2.1.2.4. Nötronlar
 - 2.1.2.5. Elektronlar
 - 2.2. İyonlaştırıcı Olmayan (Non-İyonize) Radyasyon

- 2.2.1. Görünür Işık
- 2.2.2. Ultraviyole Işık (Mor Ötesi Işık)
- 2.2.3. İnfrared Işımlar (Kızıl Ötesi Işımlar)
3. Radyasyon Kaynakları
- 3.1. Doğal Radyasyon Kaynakları
- 3.2. Yapay Radyasyon Kaynakları
4. Radyasyon Doz Birimleri
5. Radyobiyojoloji

III. BÖLÜM: YASAL DÜZENLEMELER VE SORUMLULUKLAR

1. Radyasyondan Korunma
- 1.1. Temel Prensipler
- 1.2. Radyasyondan Korunma Standartları
- 1.3. X-Işını Odasının Düzenlenmesi
- 1.4. X-Işını Kullanılan Alanlarda Çalışma Talimatı
2. Radyasyon Alanlarının Sınıflandırılması
- 2.1. Denetimli Alanlar
- 2.2. Gözetimli Alanlar
3. Çalışma Koşulları
4. Kişisel Dozimetre Zorunluluğu
5. Hamile Radyasyon Görevlileri, Öğrenci ve Ziyaretçiler İçin Doz Sınırları
6. Radyasyonun İzlenmesi (Monitoring)
- 6.1. Radyasyon Alanlarının İzlenmesi
- 6.2. Personel Monitoring
7. Termoluminesans Dozimetre (TLD) Kullanma Talimatı
8. Radyasyondan Koruyucu Aygıtlar
9. Radyasyondan Korunma Yasaları
10. Lisans, İzin, Denetim ve Kayıtlar
- 10.1. Lisans Başvurusu

- 10.2. Başvuruların İncelenmesi
- 10.3. Lisansın Verilmesi
- 10.4. Lisans Koşullarında Değişiklik
- 10.5. Lisans Sahibinin veya Radyasyondan Korunma Sorumlusunun Değişmesi
- 9.6. Lisansın Yenilenmesi
- 10.7. Lisansın Vize Edilmesi
- 10.8. Vize Süresinin Aşılması
- 10.9. Lisansın İptali
- 10.10. İstek Üzerine Lisans İptali
10. Kayıt Tutma ve Saklama Yükümlülüğü

BÖLÜM IV. “3153” NOLU YASAYA TABİ OLAN BÖLÜMLER

1. Nükleer Tıp
 - 1.1. Nükleer Tıp Laboratuvarında Çalışırken, NDK Tarafından Uyulması İstenilen Kurallar
 - 1.2. Hasta Taburcu İşlemleri
 - 1.3. Radyonüklid Tedavisi Sonrası Hamilelik
 - 1.4. Nükleer Tıp ve Emzirme
 - 1.5. Radyo İyot Tedavisi Görmüş Hastalara Acil Müdahale Gerekmesi ve/veya Ölmesi Durumu
 - 1.6. Radyoaktif Atıklar
 - 1.7. Radyoaktif Atıkların Yönetimine İlişkin NDK Tarafından Belirlenen Hususlar
 - 1.7.1. Katı Radyoaktif Atıkların Biriktirilme ve Bekletilmelerinde Uyulması Gerekli Hususlar
 - 1.7.2. Sıvı Radyoaktif Atıkların Biriktirilme ve Bekletilmelerinde Uyulması Gerekli Hususlar
 - 1.8. Tehlike ve Acil Durum Nedenleri
 - 1.9. Tehlike Durumu ve Olağandışı Durumlarda İzlenecek Yöntemler
 - 1.9.1. Yangın, Deprem, Patlama Gibi Acil Durumlar
 - 1.9.2. Sipariş Edilen Radyoaktif Maddenin Gelmemesi
 - 1.9.3. Az Miktarda Radyoaktif Madde Dökülmesi (Minör Kontaminasyon)
 - 1.9.4. Fazla Miktarda Radyoaktif Madde Dökülmesi (Majör Kontaminasyon)
 - 1.10. Radyoaktif Maddenin Çalınması veya Kaybolması

1.11. Yanlış Radyofarmasötik veya Yanlış Doz Uygulanması

2. Radyasyon Onkolojisi

2.1. Lineer Hızlandırıcı Cihazı için Tehlike ve Olağan Dışı Durumlarda İzlenecek Yöntemler

2.1.1. Lineer Hızlandırıcı Cihazında alışma Prensipleri

2.1.2. Lineer Hızlandırıcı Cihazı için Tehlike Durum Planı

2.2. CT Simülatör Cihazı için Tehlike ve Olağan Dışı Durumlarda İzlenecek Yöntemler

2.2.1. CT Simülatör Cihazında alışma Prensipleri

2.2.2. CT Simülatör Cihazı için Tehlike Durum Planı

3. Radyoloji

3.1. Radyoloji Departmanında NDK Tarafından Uyulması İstenilen Kurallar

3.1.1. Çalışanların Radyasyon Güvenliği için Uyulması Gereken Kurallar

3.1.2. Hastanın Radyasyon Güvenliği için Uyulması Gereken Kurallar

3.1.3. Radyasyondan Korunmada Cihaz Kullanılmasında Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar

KONTROLLÜ KOPYA

Tablo.1: KTÜ Tıp Fakültesi Farabi Hastanesi Radyasyon Güvenliği Komitesi Üyeleri

Doç. Dr. Emine CANYILMAZ	Radyasyon Güvenliği Komitesi Başkanı (Başhekim Yardımcısı)
Prof. Dr. Merih KUTLU	Kardiyoloji Anabilim Dalı Başkanı
Prof. Dr. Bircan SÖNMEZ	Nükleer Tıp Anabilim Dalı
Prof. Dr. Özlen BEKTAŞ	Hematoloji Bilim Dalı
Doç. Dr. Öğr. İlker EYÜBOĞLU	Radyoloji Anabilim Dalı
Doç. Dr. Emel HACIİSLAMOĞLU	Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı
Dr. Öğr. Üyesi Murat ERKUT	Gastroenteroloji Bilim Dalı
Dr. Öğr. Üyesi Fatih ÇOLAK	Üroloji Anabilim Dalı
Öğr. Gör. Bahattin LEVENT	Hastane Müdür V.
İbrahim KÜÇÜK	Hastane Başmüdürü
İbrahim POLAT	Şube Müdürü
Fatma SÜMER	Kalite Koordinatörlüğü
Çiğdem Yavuz	Kalite Koordinatörlüğü
Semra HEYAL	Kalite Koordinatörlüğü
Sevgi DANACI	Başhemşire
Dilek KAPTAN	Başhemşire Yrd.
Mehtap ÖKSÜZ	Başhemşire Yrd.
Bilgin ÇAKMAK	Nükleer Tıp Anabilim Dalı
Bedia BİLGİÇ	İş Yeri Hemşiresi
İskender DÜZCAN	Radyoloji Teknikeri
Gülay KESKİN	Kalite Koordinatörlüğü
Özcan DURMUŞ	Röntgen

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ FARABI HASTANESİ

RADYASYON GÜVENLİĞİ EL KİTABI

I. BÖLÜM: GENEL BİLGİLER

1. Giriş

Karadeniz Teknik Üniversitesi (KTÜ) Tıp Fakültesi Farabi Hastanesi, Trabzon'da; tıp eğitimi, toplum sağlığı ve bilimsel araştırma hizmetleri veren bir kurumdur. Üniversite hastanemizdeki radyoaktif maddeler ve radyasyon üreten cihazlar, Nükleer Denetleme Kurumu (NDK) lisansı ile hizmet vermektedirler.

NDK'nın Radyasyon Güvenliği Mevzuatı ve ilgili kanun ve yönetmeliklerinin rehberliğinde, tüm hastane personeline yönelik olarak hazırlanmış bu el kitabında, KTÜ Tıp Fakültesi Farabi Hastanesi Radyasyon Güvenliği Komitesinin (RGK) örgütlenme, politika, işlem ve kuralları tanımlanmaktadır.

2. Amaç

KTÜ Tıp Fakültesi Farabi Hastanesi'nde radyoaktif maddelerin ve radyasyon üreten cihazların, sağlık, eğitim ve araştırma amacıyla güvenli ve etkin kullanımına katkıda bulunmak, iyonlaştırıcı radyasyon ve etkilerine karşı çalışanların, hastaların ve çevrenin radyasyon güvenliğini sağlayacak politika, yöntem ve kuralları belirlemektir.

3. İçerik

Bu kitapçık KTÜ Tıp Fakültesi Farabi Hastanesi'nde tıbbi amaçlı iyonlaştırıcı radyasyon kaynakları ile ışınlamaların denetimi için gerekli düzenlemelerin yapılması ve radyasyonun zararlı etkilerinden çalışanların ve çevrenin korunması, güvenliğinin sağlanması için alınması gereken her türlü önlemi ve yapılması gereken etkinliklerle ilgili konuları kapsar.

4. Radyasyon Güvenliği Komitesi (RGK)

2690 sayılı NDK Kanunu'nun 4-d Maddesinde, iyonlaştırıcı radyasyon cihazları, radyoaktif maddeler ve benzeri radyasyon kaynakları kullanılarak yapılan çalışmalarda, iyonlaştırıcı radyasyonların zararlarına karşı korunmayı sağlayıcı ilkelerin, önlemlerin ve hukuki sorumluluk sınırlarını saptamanın kurumların görevleri arasında olduğu belirtilmiştir. Ayrıca

NDK tarafından 12.09.2002 tarihli resmi yazı ile iyonlaştırıcı radyasyon uygulamalarının yapıldığı, nükleer tıp, radyasyon onkolojisi, radyoloji ve kardiyoloji bölümlerinden en az 2 tanesinin bulunduğu devlet hastaneleri, askeri hastaneler, üniversite hastaneleri ve özel hastanelerde çalışanların, hastaların ve çevrenin radyasyondan korunma ve güvenliğini sağlamak amacıyla RGK kurulması istenmiştir.

Bu nedenle hastanemizde, radyasyon güvenliği yöntem ve ilkelerini belirleme ve radyasyon güvenliği ve korunması bilincini oluşturabilmek amaçlı RGK kurulmuş ve çalışmalara başlamıştır. RGK'nın amacı, radyasyon üreten cihazlar ve radyoaktif maddelerin tanı, tedavi ve araştırma amacıyla kullanımında radyasyon güvenliğinin sağlanması, ortak sorunların belirlenmesi ve çözüme yönelik etkinliklerin bütünlük içinde düzenlenip yürütülmesi, hastane düzeyinde alınması gereken önlemlerin ve uygulamaların belirlenerek ilgili birimlere iletilmesi görevlerini yerine getirmektir.

5. Radyasyon Güvenliği Komitesi Üyeleri

Başhekim ya da Başhekim yardımcısı başkanlığında, iyonlaştırıcı radyasyon ile çalışan üç ana birim (Radyoloji, Nükleer Tıp, Radyasyon Onkolojisi) temsilcileri olan hekimler ve medikal fizik uzmanları, rutin işlerinde radyasyonu kullanan birim (kardiyoloji vb.) temsilcileri olan hekimler, hastane müdür ya da müdür yardımcısı, teknik hizmetler sorumlusu, Hemşirelik Hizmetleri Müdürlüğü'nden sorumlu bir kişiden oluşur (Tablo.1).

6. Görev, Yetki ve Sorumluluklar

6.1. Farabi Hastanesi Başhekimliği'nin görev, yetki ve sorumlulukları

İşveren olarak, NDK'nın düzenlemeleri doğrultusunda kurum içindeki hasta ve sağlık çalışanı ile çevrenin radyasyon güvenliğini sağlamakla yükümlüdür.

Bunun için:

- a. Hastane RGK'yı görevlendirir ve çalışmalarını denetler.
- b. Hastane içindeki çalışan dağılımının planlanmasında radyasyon güvenliğini sağlayacak düzenlemeler yapar. Radyasyon güvenliği konusunda uygun eğitim almış kişilerin bu alanlarda çalışmasını sağlar.
- c. RGK'nın gerekli gördüğü yatırımlara kurum olanakları içinde öncelik tanır.
- d. RGK'nın bilimsel çalışmalarını kurum olanakları içinde destekler.

6.2. Radyasyon Güvenliği Komitesi'nin görev, yetki ve sorumlulukları

NDK tarafından hastanemiz RGK için, belirlenen idari gereklilikler şunlardır:

a. Komitenin, lisans sahibi/sahipleri, radyasyon korunması görevlisi/görevlileri, medikal fizikçiler, hemşire temsilcisi, hastane yönetimi temsilcisi (başhekim, başhekim yardımcısı, baş müdür, baş müdür yardımcısı gibi) olmak üzere en az 4 kişiden oluşması tavsiye edilir. Radyasyon kaynağı kullanan her bir birimin (radyasyon onkolojisi, nükleer tıp, genel radyoloji, kardiyoloji, oral diagnoz vb.) temsilcisi bu komitede yer almalıdır.

b. Komite yılda en az 2 kere toplanmalıdır.

c. Komitenin kimlerden oluştuğu her yıl hastane yönetimi tarafından yayınlanarak, görevi gereği radyasyon kaynağı ile çalışan kişiler ve diğer ilgililere tebliğ edilmelidir.

d. Toplantıların radyasyon korunması görevlisi ve hastane yönetim temsilcisi mutlaka olmak kaydıyla çoğunluk sağlandığı takdirde yapılması tavsiye edilir.

e. Komite, her toplantıda yürürlükteki radyasyondan korunma ve güvenliği programları dahilinde alınan kişisel ve kolektif dozları değerlendirmeli ve personelin bu değerlendirmeler hakkında bilgi sahibi olmasını sağlamalıdır.

f. Her komite toplantısı rapor edilmelidir ve bu raporun aşığıdaki hususları içermesi tavsiye edilir.

Toplantı tarihi,

Toplantıya katılan ve bulunamayan üyeler,

Tartışılan ve karara varılan hususlar,

Yapılmasına karar alınan işler ve tavsiyeler,

g. Komite toplantı raporu tüm üyelere ve diğer ilgili kurum (NDK, Sağlık Bakanlığı, YÖK, vb.) ve kişilere dağıtılmalı ve bir kopyası da ayrı dosyada saklanmalıdır.

h. Komite, NDK'nın ve diğer ilgili kuruluşların (Sağlık Bakanlığı gibi) yayınlamış oldukları radyasyondan korunma ve güvenliği mevzuatını inceleyip, yerine getirmekle yükümlü olduğu

tüm hususları yürürlüğe koymak üzere tanı, tedavi ve araştırma amaçlarıyla radyasyonla çalışılan her bölüm için bir organizasyon şeması oluşturup uygulanmasını sağlamalıdır.

1. Komite, radyasyon uygulamalarının yapıldığı bölümlerde çalışanların, halkın ve hastaların radyasyon güvenliğini sağlamak ve kişisel veya kolektif dozları ALARA (As Low As Reasonably Achievable) prensibine uygun şekilde en az seviyede tutabilmek için tüm radyasyonla çalışılan bölümlerde günlük çalışma imkanlarını ve şartlarını belirleyerek ve tehlike durumunda yapılacak işlemleri ve alınacak önlemleri de içerecek şekilde ayrıntılı bir “Radyasyon Güvenliği El-Kitabı” hazırlanmasını sağlamalı, onaylamalı, tüm radyasyon görevlilerinin ulaşabileceği şekilde ilgili bölümlere dağıtmalı, gerekli görüldüğünde ve her yıl bunu yenilemelidir.

i. Hastane bünyesinde bulunan tüm radyasyon kaynaklarının envanteri tutmalı ve bunları belirlenen periyotlarda güncellemelidir.

j. Komite, radyasyonla çalışan kişilerin eğitim ve deneyimi ile ilgili olarak yeterlilik değerlendirmeleri yaparak gerekli hizmet içi eğitim programlarını oluşturmalı ve gereksinimlere göre yenilemelidir.

k. Komite, üç ayda bir radyasyon korunması görevlisi/görevlilerinin tuttukları kayıtlar ve hazırladıkları raporlara göre; personel radyasyon dozlarını, radyasyon ölçüm taramaları (survey) sonuçlarını, kontaminasyon olaylarını, radyoaktif atık kayıtlarını, kalite kontrol kayıtlarını, bakım onarım kayıtlarını, eğitim programlarını incelemeli ve değerlendirmelidir.

l. Komite, üç ayda bir radyasyon korunması görevlisi/görevlilerinin yardımıyla tüm olağandışı durumları gözden geçirmeli, sebepleri, gelişimi, alınan önlemleri ve tekrarlanmaması için yapılan düzenlemeleri değerlendirmelidir.

m. Komite, “Etik Komite” ile işbirliği kurarak, araştırma amacıyla yapılacak her türlü radyasyon içeren uygulamalara dönük önerileri inceleyip, radyasyon güvenliği açısından değerlendirmeli ve “gerekçeleştirme” prensibine uygun olarak karar almalıdır. Komiteden onay almadan radyasyon içeren hiçbir çalışma başlatılmamalıdır.

n. Komite, her yıl radyasyon güvenliği programlarını yeniden gözden geçirmeli, aksayan yönleri saptamalı ve yenilemelidir.

o. Komite, her yıl hazırlanan radyasyon güvenliği programlarının ve Radyasyon Güvenliği El-Kitabı'nın bir kopyasını NDK'ya göndermelidir.

ö. Radyasyonlu alanlarda ölçüm ve izlemi denetlemelidir.

p. Radyasyon korunmasında optimizasyon, radyoaktif madde kullanılan alanların güvenliğinin sağlanması, radyasyon kaynaklarının çalınması ve kaybolmasını engelleyecek güvenlik sisteminin oluşturulmasını sağlamalıdır.

r. Radyoaktif kaynakların depolanması, kayıt ve taşınması ile ilgili kuralları belirlemelidir.

s. Radyasyonlu alanlarda çalışan personelin denetimli alanlarda çalıştığı sırada kullanmak zorunda olduğu TLD ve/veya film dozimetrelerini sağlamalı ve doz raporlarını denetlemelidir.

f. Denetimli ve gözetimli alanlarda, radyasyon düzeyine uygun uyarı ve etiketlerin, çalışma kurallarının ve kaza durumu girişim planının bulunmasını ve kolayca görülebilecek biçimde yerleştirilmesini sağlamalıdır.

ş. Radyasyonlu alanlarda bulunan cihazların bakım-onarım, kalibrasyon ve nitelik denetimlerinin yapılmasını sağlamalı ve izlemelidir.

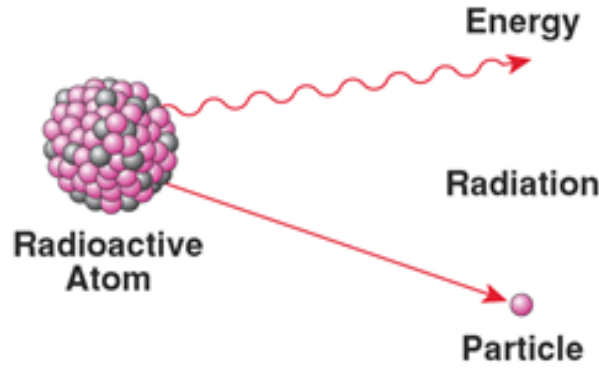
t. Radyasyonla çalışan kişilerin RGK tarafından oluşturulmuş protokollerle sağlık taramalarının yapılmasını sağlamalı ve denetlemelidir.

KONTROLLE KOPYA

II. BÖLÜM: RADYASYON HAKKINDA GENEL BİLGİLER

1. Radyasyonun Tanımı

Radyasyon yaşamın bir parçasıdır. Isı ve ışık güneşten gelen radyasyonun doğal formudur. Radyasyon, dalga, parçacık veya foton olarak adlandırılan enerji paketleri ile yayılan enerjidir. Yayılan enerjinin miktarına ve bu enerjinin kaynağına göre değişen çeşitli radyasyon tipleri vardır. Radyasyon atomlardan meydana gelir (Şekil.1).



Şekil.1: Radyasyonun meydana gelişi

Radyasyon türlerini sahip oldukları enerji, tür ve oluşum kaynakları bakımından sınıflandırmak mümkündür.

- Enerji bakımından; düşük ve yüksek enerjili radyasyon
- Tür bakımından; parçacık radyasyonu ve elektromanyetik radyasyon
- Oluşum kaynağı bakımından; doğal ve yapay radyasyon kaynakları

2. Radyasyon Türleri

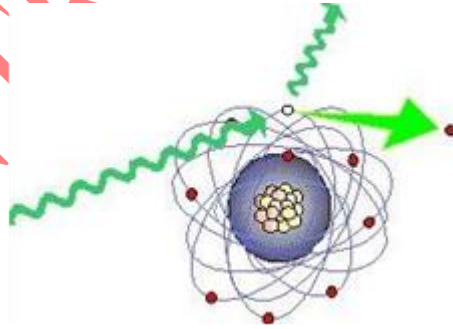
Radyasyon madde üzerinde oluşturduğu etkiye göre, iyonlaştırıcı olan ve iyonlaştırıcı olmayan olmak üzere ikiye ayrılır (Şekil.2).



Şekil.2: Radyasyon Çeşitleri

2.1. İyonlaştırıcı Radyasyon

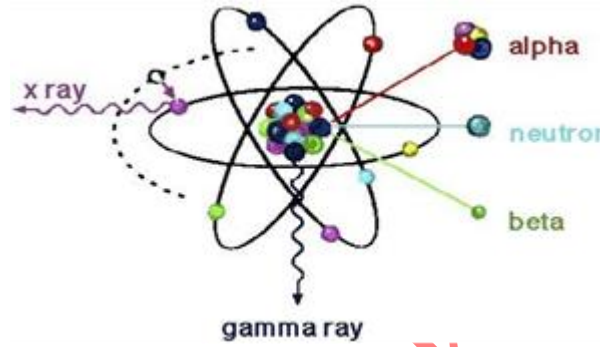
Yüksek enerjili ışınlar başka bir atoma çarptıklarında o atomun dış yörüngesinde bulunan elektronu koparabiliyorsa, diğer bir deyişle bu atomu iyon haline getirebiliyorsa bunlara iyonlaştırıcı radyasyon (iyonizan radyasyon) adı verilir (Şekil.3).



Şekil.3: İyonize radyasyonun oluşumu.

İyonlaştırıcı radyasyonlar; kozmik radyasyonlar ya da **kozmetik ışınlar** (uzaydan gelen X ve gama ışınları), röntgen ışınları olarak adlandırdığımız **X-ışınları** ve radyoaktif maddelerden çıkan **alfa, beta, nötron, gama** ışınları gibi çeşitli türdeki radyasyonlardan oluşmaktadır.

X-Işınları dışındaki radyasyonlar, atom çekirdeğinden çıkmakta ve bundan dolayı bunlara nükleer radyasyonlar da denilmektedir (Şekil.4). İyonlaştırıcı radyasyon, atomları iyonlaştırabildiğinden, molekül bağlarını da kırabilir. Açığa çıkan serbest radikaller diğer hücrelere de sızarak, olumsuz kimyasal tepkimelere yol açar. Böylelikle, canlı organizmaların hücre yapılarında ve mekanizmalarında hasar oluşur.



Şekil.4: İyonize radyasyonların orijini.

İyonlaştırıcı radyasyon elektromanyetik (dalga tipi) ve partiküler (parçacık tipi) olmak üzere ikiye ayrılır (Şekil.5).



Şekil.5: Radyasyonun tür bakımından sınıflandırılması

2.1.1. Elektromagnetik Radyasyon

Elektromanyetik radyasyon X ışınları ve gamma ışınları gibi iyonize radyasyonlar ile ultraviyole ışık (morötesi ışık), infrared ışık (kızılötesi), radar, mikrodalga, radyo dalgaları, görünen ışık ve benzerlerini içeren non-iyonize radyasyonları içermektedir. Elektromanyetik spektrumu oluşturan bütün radyasyonlarda enerji, yüksüz ve kütesiz fotonlar tarafından taşınmaktadır. Eğer iyonize edici elektromanyetik radyasyon yörüngeden yayımlanıyorsa X-ışını, çekirdekten yayımlanıyorsa gama adını alır.

2.1.1.1. Röntgen (X) Işınları ve Özellikleri

X ışınları Alman Fizikçi Wilhelm Röntgen (1895) tarafından keşfedilmiştir. X ışınlarının elde edilmesinde, William David Coolidge (1913) tarafından geliştirilen sıcak katodlu Röntgen tüpleri kullanılmaktadır (Resim.1).



Resim.1: William David Coolidge (1873-1975)

Tıpta kullanılan röntgen cihazlarında elde edilen X-ışını, temelde X-ışını tüpü adı verilen bir tüp içinde bulunan elektron tabancasından çıkan yüksek enerjili elektronlar yüksek hızlarda tungsten (wolfram) atomu gibi ağır bir atom hedefe çarptırılır. Bu devreden sonra iki farklı

mekanizma ile x-ışını açığa çıkar. Birinci mekanizmaya göre hızla gelen elektron, tungsten atomun çekirdeği etrafında salınmaya başlar ve yavaşlar, bu sırada enerjisinin bir kısmını X-ışını şeklinde yayarak kaybeder. İkinci mekanizma elektron yörüngelerindeki enerji düzeyleri ile ilgilidir. Buna göre çekirdeğe en yakın olan K yörüngesi en düşük enerji durumunda bulunur. Elektron tabancasından gelen hızlı ve yüksek enerjili elektron hedefteki tungsten atomunun K yörüngesine çarptığında buradaki elektronu fırlatır burada bir elektronluk boş yer kalır ve elektronunu kaybeden atom uyarılmış atom hale gelir.

Ayrıca K yörüngesinde oluşan boş yer, yüksek enerjili diğer yörüngedeki, örneğin L yörüngesinden gelen elektron tarafından doldurulur. L yörüngesinde bulunan elektronun enerjisi fazla olduğundan daha düşük enerjili K yörüngesine geçerken aradaki enerji farkı kadar bir enerjinin yayılmasına neden olur. Bu yayılan enerji X-ışınıdır. Bu olay sürekli tekrarlanırsa düzenli bir şekilde aynı enerjiye sahip X-ışınları çıkar.

X Işınlarının Özellikleri:

-X ışınlarının dalga boyu 0.04-1000 Å arasında değişmekle birlikte tanısal alanda kullanılanları 0.5 Å dalga boyundadır. İnsan gözü 3800-7800 Å arasındaki dalga boyundaki ışığı seçebildiğinden X ışınları gözle görülmezler ve merceklerle saptırılamazlar.

-Elde edildikleri enerji düzeyleri farklı olduğundan aynı demet içinde farklı dalga boyunda X ışınları bulunabilmektedir. Bu nedenle X ışını heterojen bir ışın demeti şeklinde ve polikromatik özelliktedir.

-Dalga boyları küçük, girginlik dereceleri fazla X ışınlarına, Sert X ışınları denir. Dalga boyları büyük, girginlik dereceleri az X ışınlarına, Yumuşak X ışınları denir.

-Hızları $c = 3 \times 10^{10}$ cm/sn olup ışık hızı kadardır.

-Yüksüz oldukları için manyetik ve elektrik alanlardan etkilenmezler.

-Kırınım, girişim ve kutuplaşma gibi özellikler gösterirler.

-X ışını fotografik etkiye sahip olup görülebilen ışık gibi gümüş tuzlarının kararmasına yol açar. Bu etki tanısal radyolojinin temel kavramlarından birini teşkil eden Röntgen filimlerinin çekimini sağlamaktadır. X ışınının bu etkisi sayesinde Röntgen filimlerinde latent imaj meydana gelmekte ve latent imaj, içinde değişik kimyasal maddelerin bulunduğu banyolarda, görülebilen imajlara dönüştürülmektedir (Resim.2).



Resim.2: X ışınlarının fotografik özelliği.

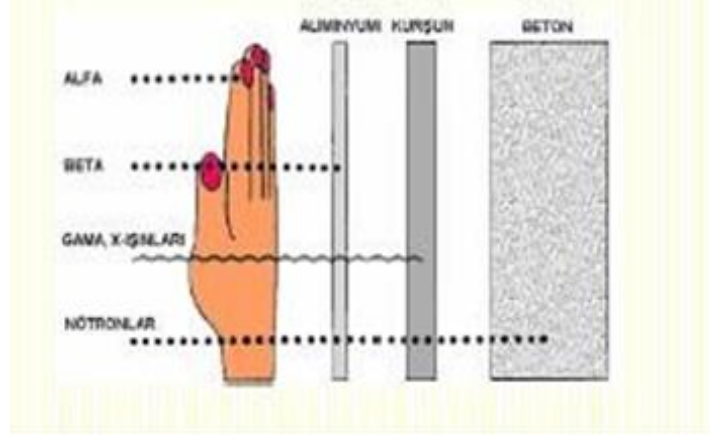
-X ışınları, üzerlerine düştüğü bazı maddelerde ışınlama süresince parıltı meydana getirmektedir. Buna X ışınlarının floresans özelliği adı verilmektedir. X ışınlarının bu özelliği sayesinde floroskopik incelemelerin yapılabilmesi sağlanmıştır.

-X ışını kimyasal etkiye sahiptir. X ışınına maruz kalan maddenin kimyasal yapısında bazı değişiklikler oluşur. Yapısında değişiklik oluşan maddelerden en önemlisi, canlı vücudunun da büyük kısmında bulunan sudur. Suda iyonlaşma sonucunda serbest radikaller meydana gelir. X ışınının kimyasal etkisi ile bazı madensel tuzlar renk değişikliği gösterir.

-X ışınları biyolojik etkilere sahip olup canlı hücrelerde, kromozomların yapısındaki DNA molekülünde, genetik mutasyon veya ölümle sonuçlanabilecek önemli hasarlar meydana getirebilir. Vücutta radyasyona en duyarlı hücreler üreme ve hematopoetik sistem hücreleri olup mutlak korunmaları zorunludur. Bu karşın çok güçlü X ışınlarının canlı hücreleri yok etme özelliğinden de faydalanılmakta ve radyoterapide kullanılmaktadır.

-Maddeyi nüfuz etme (penetrasyon) özelliği fazla olduğundan madde içinden kolaylıkla geçerler. Bu esnada bir kısmı yollarından saparlar ve saçılırlar. Saçılıma uğrayan kısmı sekonder radyasyon adı ile etkileşime devam eder.

-Atom numarası yüksek maddeler tarafından absorplanırlar (demir, beton, kurşun gibi) (Resim.3).



Resim.3: Farklı radyasyonların absorpsiyon maddeleri.

- Maddeyi iyonize ederek, biyolojik ve kimyasal hasarlar meydana getirirler.
- Rölatif Biyolojik Etkinlik değeri 1'dir (RBE: 1).
- X ışınları madde içinden geçerken enerjilerini Fotoelektrik, Compton ve Çift oluşum etkileşimleri ile kaybederler.
- Şiddeti mesafenin karesi ile ters orantılı olarak değişir.
- Düşük enerjili ışınlar (50-500 KV) değişik voltaj ve amperli Röntgen cihazlarıyla sağlanarak, teşhis ve yüzeysel tümörlerin (3cm derinlikten az) tedavisinde kullanılmaktadır.
- Yüksek enerjili X ışınları (4-25 MV) ise; günümüzde Lineer Hızlandırıcılarda elde edilmektedir ve derine yerleşmiş tümörlerin tedavisinde kullanılmaktadır.
- X ışınları ayrıca; maddenin yapısının incelenmesinde (örneğin kristal düzeni, karmaşık organik maddelerin molekül yapıları), teknik malzeme kontrolünde, kimya ve fizik araştırmalarında kullanılmaktadır.

2.1.1.2. Gamma Işınları ve Özellikleri

Gamma ışınları 1900 yılında Paul Villard tarafından, çekirdeklerin yayınladığı elektromanyetik dalgalar olarak keşfedilmiştir. Gamma ışınlarının kaynağı atomun çekirdeğidir. Bu ışınlar atom çekirdeğinin enerji seviyelerindeki farklılıklardan meydana gelir. Atom çekirdeğinden bir alfa veya bir beta parçacığı ayrıldıktan sonra çekirdekte fazladan enerji oluşur. Gama ışınları, atomun fazladan sahip olduğu enerjiyi çekirdeğinden ayırmasından oluşur. Yüksek enerji seviyesine sahip olan atom çekirdeğinin yapısı kararsız

olur. Kararlı bir yapıya sahip olmak için çekirdekten enerji ayrılır. Gamma ışınları çekirdekten ayrılan elektromanyetik enerjidir.

Gamma Işınlarının Özellikleri:

Gamma ışınları bilinen röntgen ışınlarına benzerdir. Tek farkı çekirdeğin enerjisinden oluşmasıdır.

-Röntgen ışınlarından daha kısa dalga boylu olup ($0.05-1 \text{ \AA}$) penetrasyon ve iyonizasyon yetenekleri daha fazladır. (Rölatif Biyolojik Eşdeğer RBE = 1)

-Radyoaktif elementlerin yaydıkları gamma ışınlarının enerjileri 12 KeV-2.5 MeV arasındadır.

-Elektrik ve manyetik alanlardan etkilenmezler.

-Enerji şiddetleri mesafenin karesi ile ters orantılı olarak değişir ve madde ile etkileşerek enerjilerini Fotoelektrik, Compton ve Çift oluşum olaylarıyla kaybederler.

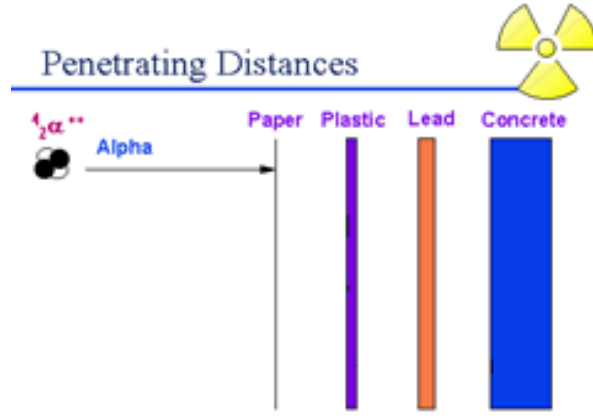
-Gama ve x ışınlarının, alfa ve beta parçacıklarına göre madde içine nüfuz etme kabiliyetleri çok daha fazla (betalara göre 100 kat daha fazla), iyonlaşmaya sebep olma etkileri ise çok daha azdır. Ancak birkaç santimetre kalınlığındaki kurşun tuğlalarla ve sadece belli bir kısmı durdurulabilir. Madde içerisinden geçerken üstel bir fonksiyon şeklinde bir şiddet azalmasına uğrarlar. Tıpta teşhis ve kanser tedavisinde yaygın olarak kullanılır.

2.1.2. Partiküler Radyasyon

Partiküler radyasyonlar alfa, beta, proton, nötron ve elektronlardır (Şekil.5).

2.1.2.1. Alfa Parçacıkları

1903' yılında Rutherford tarafından keşfedilen alfalar, Uranyum, Radium, Toryum gibi atomik numaraları yüksek olan elementlerin parçalanmaları esnasında çekirdek tarafından dışarı atılırlar. 2 proton ve 2 nötrondan meydana gelmiş olup bir Helyum atomunun çekirdeğidir. Madde ile etkileşerek enerjilerini uyarılma ve iyonlaşma olayları ile kaybederler. Alfa partikülleri, kâğıt parçası tarafından soğurulur (Şekil.6). Rölatif Biyolojik Eşdeğeri 15'dir (RBE =15). Tanı ve tedavide kullanılmazlar.

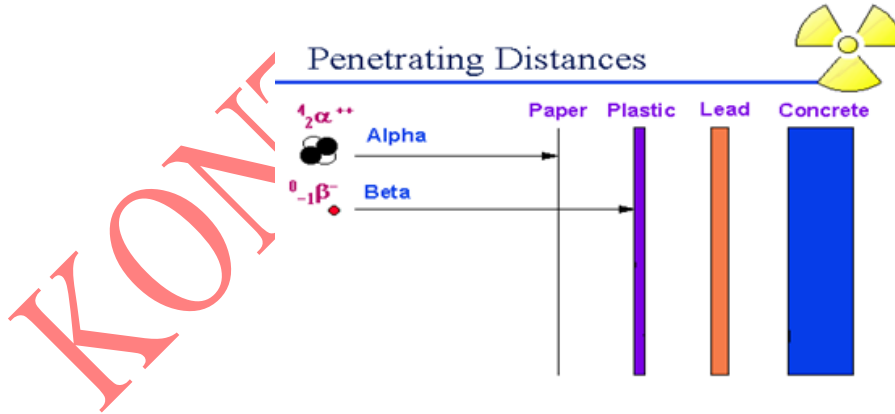


Şekil.6: Alfa partikülü kağıt tarafından soğurulur.

2.1.2.2. Beta Parçacıkları

Bir elementin çekirdeğindeki proton veya nötronların fazlalığından dolayı kararlı olmayan atom çekirdekleri tarafından üretilen yüksek enerjili ve çok küçük kütleli parçacıklar olup eksi yüklü beta ışını elektron (negatron), artı yüklü beta ışını pozitron adını alır.

0.5 mm Platin veya 3 mm Alüminyum bütün betaları tutar (Şekil.7).



Şekil.7: Beta partikülü plastik tarafından soğurulur.

Uyarılma ve iyonlaşmanın yanı sıra betalar çekirdeğin yakınından geçerken çekilirler ve hızları birden azalır enerjisi kaybolur. Bu enerji bir X ışını (Bremsstrahlung) olarak yayınlanır. Atomun yörüngelerinde bulunurlar. Negatif yüklü olduğu için elektrik ve

manyetik sahalarda saparlar. Atomun yörüngelerinde elektronlar yer değiştirirse X ışınları elde edilir.

2.1.2.3. Protonlar

Pozitif ışınlar adı verilen bu artı yüklü iyon demetleri ilk defa 1886 da Eugen Goldstein tarafından bulundu. Pozitif ışınların elektrik ve manyetik alanların etkisinde sapsmaları ise 1898 de Wilhelm Wien ve 1906 da J.J. Thomson tarafından incelenmiştir. Çekirdeğin yapısında bulunan protonlar +1 birim yüklü ve kütle numarası 1 olduğu için, Hidrojen atomunun çekirdeğidir.

2.1.2.4. Nötronlar

Nötron radyasyonu veya nötron ışını, özellikle atomik fisyon (nükleer parçalanma- bölünme) ve nükleer füzyon (atomik kaynaşma-birleşme) esnasında, kararsız yâda aktif atom çekirdeği tarafından, bir nötronun yayınlanmasıdır. Kozmik ışınlardaki bileşeninden başka, nötronlar, genellikle yapay şekilde oluşmaktadır.

Nötron, doğal hidrojen dışındaki bütün atomların çekirdeklerinde yer alan temel parçacıktır. 1932 yılında James Chadwick tarafından Berilyum elementinin (${}^4\text{Be}_9$) alfa parçacıkları ile bombardımanı sonucunda bulunmuştur.

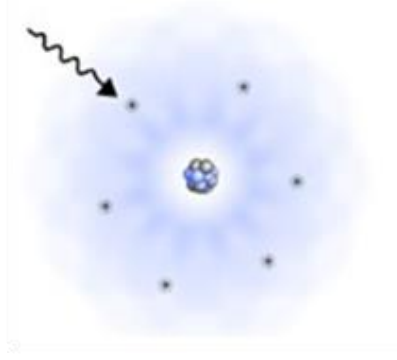
2.1.2.5. Elektronlar

Elektron, e- veya β^- sembolü negatif temel elektrik yükü olan atom altı bir parçacıktır. Elektronlar genellikle temel parçacıklar olarak düşünülürler. Çünkü bileşenleri veya alt-yapıları yoktur. Protonun yaklaşık olarak $1/1836$ 'sı kadar kütlesi vardır.

Bütün parçacıklar gibi, elektron da hem parçacık hem de dalga olma özelliği vardır ve böylelikle diğer parçacıklarla çarpışabilir ve ışık gibi kırılabilir. Elektronun dalga olarak özelliklerini gözlemlemek nötron ve proton gibi parçacıkların bu özelliğini gözlemlemekten daha kolaydır çünkü kütlesi azdır.

2.2. İyonlaştırıcı Olmayan (Non-İyonize) Radyasyon

Düşük enerjili ya da iyonlaştırıcı olmayan radyasyon ise etkileştiği materyal içindeki atomları yeteri kadar enerjisi olmadığı için iyonize edemez ve sadece uyarmakla yetinir (Şekil.8).



Şekil.8: İyonize olmayan radyasyonun oluşumu.

İyonlaştırıcı olmayan radyasyonlar; görünür ışık, ultraviyole ışık (morötesi ışık), infrared, güneş ışınları, radyo dalgaları, bilgisayar ve televizyonların çalıştığı elektromanyetik dalgalar, radar dalgaları, cep telefonlarından yayılan elektromanyetik dalgalar, mikro dalgalar, baz istasyonlarından yayılan elektromanyetik sinyaller ve benzerlerini içermektedir.

2.2.1. Görünür Işık

Spektrumda gözle algılanabilen elektromanyetik ışınların olduğu bölgeye “görünür ışık spektrumu” denir. Görünen ışık dalga boyu 4.000-8.000 Angström (0.8-0.4 mm) arasındadır. Frekansı ise 4-8 10¹⁴ Hz civarındır. İnsan gözü 400 nm ile 700 nm aralığında ki elektromanyetik radyasyona duyarlıdır. Görülebilir ışığı geçiren maddeler saydam (transparent), yarı geçirgen maddeler translusent, geçirmeyen maddeler ise opak olarak adlandırılır. Radyoloji pratiğinde kullanılan tanısal amaçlı x-ışınını fazla geçiren vücut yapıları (akciğerler, yağ dokusu gibi) radyolusent, az geçiren vücut yapıları (kemik, kalsifikasyon gibi) ise radyoopaktır.

2.2.2. Ultraviyole Işık (Mor Ötesi Işık)

Ultraviyole ışınların varlığı ilk defa 1801 yılında Ritter adındaki Alman fizikçisi tarafından bulunmuştur. Görünen ışın ile X- ışınları arasında kalan elektromanyetik radyasyonlardır. Ultraviyole (mor ötesi) ışınların dalga boyları X- ışınlarından uzun, görünen ışınlarından ise kısadır. Dalga boylarının kısalığı sebebiyle insan gözüyle görülemezler.

2.2.3. İnfrared Işınlar (Kızıl Ötesi Işınlar)

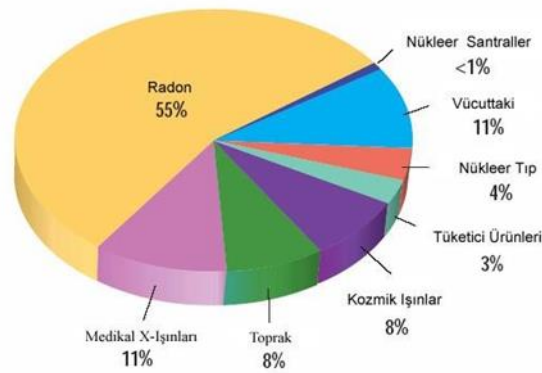
Görülebilir kırmızı ışıktan daha uzun dalga boyuna sahip, gözle görülmeyen ışınlardır. Yaklaşık olarak, dalga boyları yaklaşık 0.760 µm ile 1000 µm arasında değişiklik göstermektedir.

Belli sıcaklıktaki bir cisim titreşen atomlardan oluşur. Titreşimin derecesi cismin sıcaklığı ile bağlantılıdır. Cismi oluşturan atomlar, titreşim enerjisini transfer etmek suretiyle birbirleriyle ve çevreleriyle etkileşirler. Atom enerjisi absorbe eder (soğurur) ve titreşimini artırarak ısınır ya da alternatif olarak titreşimi yavaşlatarak enerjisi bırakır yani soğur. Bu işlem, sadece enerji uygun bir biçimde verildiği zaman yani doğru dalga boyunda söz konusu olur. Isı transferi söz konusu olduğunda radyasyonun dalga boyu bölgesi kızıl ötesi bölgedir. Normal fotoğraf filmlerine tesir etmezler ve normal optik aletlerle fark edilmezler. Bunun sebebi, enerjilerinin görülen ışığın enerjisinden oldukça düşük olmasıdır. Fark edilmeleri ancak ortaya çıkardıkları ısı sonucu olur. Pek çok maddenin kimyasal analizi bu tür ışınların yardımıyla gerçekleştirilmektedir. Bu tür ışınların ısı etkisini kullanan fırınlar ve cilt hastalıkları tedavisinde kullanılan lambalar yapılmıştır.

Infrared ışınları vücut dokularının 2-3 cm derinliğine kadar etkileşir. Işınlanan alanın dolaşım kalitesine göre oluşan ısının bir kısmı dolaşım ile vücudun diğer dokularına dağıtılır, bu da kan dolaşımını arttırdığı anlamına gelir. Işınlanan bölgede dolaşım artışı ile birlikte akyuvarların (lökosit) onları fagositoz (bakterileri yok etme) aktivitesi de artar. Bu etki ciddi olmayan iltihaplarda kullanılır.

3. Radyasyon Kaynakları

Yeryüzündeki tüm canlılar ve cansızlar havada, suda, toprakta, hatta kendi vücutları içerisinde doğal radyasyon kaynakları ve bunlara ek olarak insanlar tarafından üretilen yapay radyasyon kaynaklarının her gün ışınımına maruz kalmaktadırlar (Şekil.9)



Şekil.9: Radyasyon kaynakları

İnsanoğlu var olduğundan bu yana sürekli olarak radyasyonla iç içe yaşamak zorunda kalmıştır. Dünyanın oluşumuyla birlikte tabiiatta yerini alan çok uzun ömürlü (milyarlarca yıl) radyoaktif elementler yaşadığımız çevrede normal ve kaçınılmaz olarak kabul edilen doğal bir

radasyon düzeyi (doğal fon) oluşturmuşlardır. Geçtiğimiz yüzyılda bu doğal düzey, nükleer bomba denemeleri ve bazı teknolojik ürünlerin kullanımı ile bir hayli artış göstermiştir. Maruz kalınan doğal radasyon seviyesinin büyüklüğünü belirleyen birçok neden vardır. Yaşanılan yer, bu yerin toprak yapısı, barınılan binalarda kullanılan malzemeler, mevsimler, kutuplara olan uzaklık ve hava şartları bu nedenlerden bazılarıdır. Yağmur, kar, alçak basınç, yüksek basınç ve rüzgâr yönü gibi etkenler de doğal radasyon seviyesinin büyüklüğünü belirler.

Radasyon kaynaklarını, doğal ve yapay olmak üzere, iki sınıfa ayırabiliriz.

3.1. Doğal Radasyon Kaynakları

Doğal radasyonun bir kısmını uzaydan gelen kozmik ışınlar oluşturur. Bu ışınların büyük bir kısmı dünya atmosferinden geçmeye çalışırken tutulurlar. Sadece küçük bir miktarı yer küreye ulaşır. Bir dağın tepesinde veya havada yol alan bir uçakta bulunan bir kişi, deniz seviyesinde bulunan bir kişiden çok daha fazla kozmik ışına maruz kalır. Bu yüzden bir pilot, uçuş süresi boyunca, deniz seviyesinde çalışan bir kişinin maruz kaldığı doğal radasyon düzeyinden yaklaşık 20 kat daha fazla bir radasyon dozuna maruz kalır. Günlük yaşantımızda, kozmik ışınlar nedeniyle maruz kaldığımız radasyon dozunun dünya ortalaması 0,39 mSv/yıl'dır.

Fosil yakıtlar doğal ve uzun ömürlü radyoaktif elementler içerirler. Bu tür elementler yakıt içinde iken bir radasyon tehlikesi yaratmazlar. Ancak fosil yakıtlar yakıldıklarında bu elementler atmosfere yayılır ve daha sonra toprağa dönerek doğal radasyon düzeyinde az da olsa bir artışa neden olur. Doğada mevcut kısa ömürlü radyoaktif elementlerin yaydığı gama ışınlarının da katkısıyla topraktan maruz kaldığımız radasyon dozunun dünya ortalaması 0,46 mSv/yıl'dır.

Vücudumuzda bulunan radyoaktif elementlerden (özelikle Potasyum-40 radyoaktif elementinden) dolayı da belli bir radasyon dozuna maruz kalırız. Bir yıl boyunca bu şekilde maruz kaldığımız iç (dâhili) radasyon dozunun dünya ortalaması 0,23 mSv kadardır.

Yiyecek, içecek ve teneffüs ettiğimiz havadan maruz kaldığımız dozun dünya ortalaması yaklaşık 0,25 mSv/yıl'dır. Özellikle kabuklu yiyecekler daha fazla radyoaktif madde içerirler ve bu ürünleri fazla miktarda tüketen insanlar bu ortalamanın üzerinde bir radasyon dozu alırlar. Doğal radasyon düzeyini arttıran en önemli sebeplerden biri, yer kabuğunda yaygın bir şekilde bulunan radyoaktif radyum elementinin bozunması sırasında salınan radon gazıdır. Bu bozunma sırasında oluşan diğer radyoaktif maddeler toprak içerisinde kalırken maalesef

radon toprak yüzeyine doğru yükselir. Eğer bu gaz, yayılmalar sonucu seyrelirse herhangi bir sorun oluşturmaz. Ancak, radon gazının yayıldığı yüzey üzerinde bulunan evlerde iyi bir havalandırma sisteminin olması gerekir. Böyle bir havalandırma yoksa radon gazı evin içinde dışarıdakinden yüz kat hatta bin kat daha fazla olacaktır. Bu gaz teneffüs edildiği takdirde akciğerlere geçici olarak yerleşip tüm dokuların radyasyona maruz kalmasına neden olabilir. Radon gazından dolayı dünya genelinde maruz kalınan ortalama doz 1,3 mSv/yıl'dır. Radon gazı hariç doğal radyasyonun sağlık üzerinde zararlı bir etkisi görülmez.

3.2. Yapay Radyasyon Kaynakları

Gelişmiş endüstriyel ekonomilerin ve yüksek yaşam standartlarının, doğada mevcut olmayan bazı radyasyon kaynakları kullanılmadan süreklilik gösterebileceğini düşünmek şimdilik pek mümkün gözükmemektedir. İşte bu yüzden insanoğlu, teknolojik gelişiminin gereği olarak, bazı radyasyon kaynaklarını yapay yollarla üretme ihtiyacı duymuştur. Bu kaynaklar, birçok işin daha iyi, daha kolay, daha çabuk, daha ucuz ve daha basit yapılmasına olanak sağlar. Bazı durumlarda ise alternatifleri yok gibidir.

Yapay radyasyon kaynakları da tıpkı doğal radyasyon kaynakları gibi belli miktarlarda radyasyon dozuna maruz kalınmasına neden olurlar. Ancak bu doz miktarı, talebe bağlı olarak artsa da, doğal kaynaklardan alınan doza göre çok daha düşüktür. Doğal radyasyon kaynaklarının aksine tamamen kontrol altında olmaları da maruz kalınacak doz miktarı açısından önemli bir özelliktir.

Tıbbi, zirai ve endüstriyel amaçla kullanılan X ışınları ve yapay radyoaktif maddeler, nükleer bomba denemeleri sonucu meydana gelen nükleer serpintiler, çok az da olsa nükleer güç üretiminden salınan radyoaktif maddeler ile bazı tüketici ürünlerinde kullanılan radyoaktif maddeler bilinen başlıca yapay radyasyon kaynaklarıdır.

4. Radyasyon Doz Birimleri

1977'de ICRU (International Commission on Radiation Units and Measurements) SI (The International System of Units) birimlerinin kullanılmasını tavsiye etmiştir. SI birimlerine geçişin sebebi ise brakiterapi doz hesaplarında ortaya çıkan belirsizliklerin en aza indirgenmesini sağlamaktır.

Aktivite Birimi: Bir radyoaktif izotopun her bir birim zaman içinde parçalanma sayısını belirler. Parçalanmanın boyutları olmadığı için aktivite saniye başına ölçülür. Aktivite birimi Cuire (Ci) olarak ifade edilmektedir.

1 Ci; 1 gr'lık Ra226 nin sahip olduğu aktivite miktarıdır.

SI birim sisteminde aktivite birimi Becquerel'dir. Her bir parçalanmaya (desintegrasyon) bir Becquerel denir.

$$1 \text{ Ci} = 3.7 \times 10^{10} \text{ Bq} \quad 1 \text{ Bq} = 1 / \text{s} = \text{s}^{-1}$$

Doz Miktarı (Exposure=Işınlama) Birimi: X ışını tûpünden çıkan radyasyonun çıkış miktarını tanımlamak için kullanılan bir ölçüdür. Uluslararası kabul edilen ilk exposure (ışınlama) birimi Röntgendir.

Röntgen: X ışınlarının ve gamma ışınlarının miktarı olup, normal şartlarda (0 °C, 760 mm Hg basıncında) havanın 0.001293 (1cm³) gramında tanecik şeklindeki emisyonun katılması ile meydana gelen iyonların taşıdığı her iki işaretteki elektrik miktarı bir esb (elektrostatik yük birimi) eşitse radyasyon miktarı 1 Röntgendir.

SI birimlerinde exposure birimi Coulomb/Kg olarak tanımlanır.

$$1 \text{ R} = 2.58 \times 10^{-4} \text{ Coulomb/Kg}$$

$$1 \text{ C/Kg} = 3876 \text{ R}$$

Absorbe Doz Birimi: Materyalin bir birim kütlesinde depo edilen enerji olarak tanımlanır. Eski birimi Rad'dır.

1 Rad: Gram başına 100 erg'lik bir enerji absorpsiyonu meydana getiren herhangi bir radyasyon miktarı olarak tanımlanır.

$$1 \text{ Rad} = 100 \text{ erg/gr}$$

$$1 \text{ R} = 0.873 \text{ Rad} = 0.00873 \text{ Gy'dir.}$$

Absorbe dozun SI'daki birimi Gray (Gy) dir.

Gray; Bir kilogram doku tarafından absorbe edilen bir Joule'lik enerjidir.

Birimi Joule/kilogram (J /Kg)

$$1 \text{ Gray} = 100 \text{ Rad'dır.}$$

$$1 \text{ Rad} = 10^{-2} \text{ J/kg}$$

$$1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/kg}$$

3 MeV'tan daha yüksek enerjilerdeki radyasyonlar için ve nükleer partiküller için 'Kerma (from kinetic energy released in material)' nin kullanılması önerilir.

Kerma; Işınlanan materyal tarafından serbest bırakılan enerjidir. Kerma, rad birimine benzer. Bu birim sadece maddeye verilen enerjiyi ihtiva etmeyip aynı zamanda ışınlama esnasında yüksek enerjili partiküller tarafından madde içinde meydana getirilen (Bremsstrahlung) Brems ışınları tarafından verilen enerjiyi de ihtiva eder.

Brems ışınları super voltaj tedavide klinik uygulamalarda ihmal edilir. Bu sebepten Rad ve Kerma birimi birbirine eşdeğerdir. Fakat yüksek atom numaralı (Z) dokular ışımlandığı zaman göz önüne alınmalıdır.

Eşdeğer Doz Birimi: Bu ölçüm hem fiziksel hem biyolojik faktörleri içine alan bir ölçüdür.

Eski birimi Rem'dir.

Rem: Suyun her mikronunda ortalama olarak 100 iyon çifti meydana getirecek spesifik iyonizasyona sahip olan X ışınının 1 Rad'ının aynı biyolojik etkisini meydana getiren herhangi bir radyasyonun absorbe olan miktarıdır. Radyasyonun biyolojik etkisi sadece ortalama doku dozu Rad'a bağlı olmayıp

- LET (Lineer enerji transferi)
- Doku içindeki dozun dağılımına
- Verilen doz miktarına
- Dozun verilme sayısına (fraksinyasyon) gibi parametrelere bağlıdır.

Aynı zamanda Rem birimi; Rad ile Rölatif Biyolejik Etkinlik (RBE) bağlıdır.

$$\text{Rem} = \text{Rad} \times \text{RBE}$$

RBE: Belirli bir biyolojik etkiyi meydana getirmek için 250 kV'luk X ışını dozunun herhangi bir radyasyonun aynı biyolojik etkiyi meydana getirmesi için gerekli olan doza oranıdır.

RBE radyasyonun tipine göre faktör 1- 20 arasında değişir. RBE değeri X ışınları, gamma ışınları ve beta tanecikleri için 1, hızlı nötronlar için 10, yavaş nötronlar için 3, alfalar için 15, ağır iyonlar için 20'dir.

SI birim sisteminde Rem'in karşılığı sievert (Sv)'dir.

Sievert (Sv), Bir kilogram doku tarafından absorbe edilen bir joule'lik enerjidir. Birimi joule/kilogram (J/kg) dır.

$$1 \text{ Sievert} = 100 \text{ Rem} \quad 1 \text{ Sv} = 1 \text{ J/kg}$$

Ölçü (Miktar)	Yeni Birim (Sembolü)	SI Birimi	Eski Birim	Eski ve Yeni Birim
Exposure	-----	C / kg	Röntgen (R)	1 R = 2.58×10^{-4} C/kg
Absorbe Doz	Gray (Gy)	J / kg	Rad (Rad)	1 Rad = 0.01 Gy
Eşdeğer Doz	Sievert (Sv)	J / kg	Rem (Rem)	1 Rem = 0.01 Sv
Aktivite	Becquerel (Bq)	Sn^{-1}	Curie (Ci)	1 Ci = 3.7×10^{10}

Tablo.2: Radyasyon Doz Birimleri

5. Radyobioloji

Elektromanyetik radyasyonun biyolojik sistemler üzerindeki etkilerinin araştırılan bilim dalıdır. İyonizan radyasyonun hücrede serbest radikaller oluşturur, kimyasal bağları koparır, makro moleküllerde çapraz bağlar oluşturur ve yaşam için gerekli moleküllere hasar verir (DNA, RNA, proteinler). Radyasyondan çok etkilenen organlar kemik iliği, genital organlar, göz merceği, cilt, sindirim sistemi epitelidir. Az etkilenen organlar ise sinir sistemi ve kaslardır. Radyasyon öncelikle hücreyle etkileşir, hücreler dokuları, dokular da organları etkiler.

III. BÖLÜM: YASAL DÜZENLEMELER VE SORUMLULUKLAR

1. Radyasyondan Korunma

Radyasyona karşı korunmada ana fikir, tolere edilebilen dozları bilmek ve radyasyon çalışanları ile çevre halkının bunun üstünde doz almasını önlemektir. Radyasyon korunmasının hedefi ise; doku hasarına sebep olan deterministik etkileri önlemek ve stokastik etkilerin meydana gelme olasılıklarını kabul edilebilir düzeyde sınırlamaktır.

Uluslararası Radyolojik Korunma Komisyonu (ICRP) tarafından Müsaade Edilebilir Maksimum Doz (MEMD), bir insanda ömür boyunca hiçbir önemli vücut arazi ve bir genetik etki meydana getirmesi beklenmeyen iyonlaştırıcı radyasyon dozu olarak tarif edilir. ICRP'nin önerilerine göre; radyasyon çalışanları için müsaade edilen maksimum doz sınırı, birbirini takip eden beş yılın ortalaması 20 mSv'i geçemezken (1 yılda en fazla 50 mSv), toplum üyesi diğer kişiler (halk) için aynı şartlardaki bu sınır 1 mSv'in altında tutulmaktadır.

1.1. Temel Prensipler

- a) **Gereklilik (Justification):** Net fayda sağlamayan hiçbir radyasyon uygulamasına izin verilmemelidir.
- b) **Etkinlik (Optimizasyon-ALARA):** Maruz kalınacak dozlar mümkün oldukça düşük tutulmalıdır.
- c) **Kişisel Doz-Risk Sınırları:** Alınmasına izin verilen dozlar sınırlandırılmalıdır.

1.2. Radyasyondan Korunma Standartları

Radyasyondan korunmanın sınırlarını belirlemek amacıyla 1931 yılında toplanan Amerikan Ulusal Radyasyondan Korunma Konseyince, bir kişinin yılda tüm vücudunun alabileceği maksimum müsaade edilebilir doz, 50000 mrem olarak belirlenmiştir. Bu rakam o dönemden günümüze çok sayıda değişiklikler geçirerek son olarak 5000 mrem/yıl olarak değişmiştir (Tablo.3). Mesleği nedeniyle radyasyon alan binlerce kişi araştırılmış ve oldukça az kişinin bu rakamın biraz üzerine çıktığı görülmüştür. Bu çalışmalarda radyoloji teknisyenlerinin %70'inin yılda 10 mrem'den az doz aldığı ve yalnız %3'ünün 1000 mrem/yıl dozunu geçtiği gösterilmiştir. Maksimum müsaade edilebilir doz sınırı 5000 mrem/yıl olarak yaklaşık 30 yıldır kullanılmaktadır. Bu değer gerçekten çalışanların sağlığını uygun şekilde koruyacak bir sınırdaki olduğu günümüzde artık iyice kabul edilmiş ve benimsenmiştir. Maksimum

müsaade edilebilir doz tüm radyasyon çalışanları için standardize edilmiş ve bu dozun tüm çalışma hayatı boyunca alınacağı da göz önüne alınmıştır (Tablo.4).

İNSAN GRUPLARI		VÜCUT BÖLGESİ	Doz Sınır Değeri (Bir Çalışma Yılı -2000saat- Stresinde)	Doz Sınır Değeri (Birbirini takip eden 3 ay içinde)
1. Mesleği gereği radyasyonla çalışanlar	Çalışma Grubu A ¹	Tüm Vücut	50 mSv	25 mSv
		Vücudun bir bölümü	500 mSv	250 mSv
	Çalışma Grubu B ²	Tüm Vücut	15 mSv	7.5 mSv
		Vücudun bir bölümü	150 m Sv	75 mSv
2. Radyasyondan özellikle korunması gereken insanlar	a)18 yaşın altındakiler	Tüm Vücut	5 mSv	-----
	b)Hamileler	Rahim	-----	5 mSv/ay
3. Kontrol ve gözetim bölgesindekiler		Tüm Vücut	5 mSv	-----
4. Diğer kişiler		Tüm Vücut	1.5 mSv	-----

Tablo.3: Doz sınırlamaları

		Görevli	Halk
Yıllık Etkin Doz		20 mSv	1 mSv
Yıllık Eşdeğer Doz	Göz	150	15
	Cilt	500	50
	Kol-	500	

Tablo.4: Müsaade edilen maksimum doz

1.3. X-Işını Odasının Düzenlenmesi

-Röntgen ünitelerini kurarken yer seçiminde mümkün olduğunca zemin kat ve dış mekânlara komşu kesimler tercih edilmelidir.

-Radyasyon ünitelerinin duvarlarında, delikli tuğlalara göre çok az radyasyon geçirdiklerinden, dolgu tuğlalar tercih edilmelidir.

-Duvarların radyasyon geçirgenliğinin hesaplanması, uzman bir radyasyon fizikçisi tarafından yapılmalıdır.

-Duvarlar 0,5-1 ya da 2 mm kurşun plakalarla kaplanabilmektedir.

-Genellikle sekonder radyasyon alanlarında 1,5 mm lik, primer radyasyon alanlarında ise 2 mm kurşun plakalar kullanılır.

-Teknisyen koruyucu bariyerinin de 2 mm'lik kurşun plakalarla kaplanması gerekir.

-Kurşunlamanın yanı sıra, röntgen ünitelerinde iyi bir havalandırma sistemi olmalıdır.

-X-ışınlarının havayı iyonize etmesi sonucu toksik gazlar oluşur. Bu gazlar havadan ağır olduğundan zemine yakın birikir. Bu toksik gazlar nedeniyle, x-ışını odalarının, zemine yakın kesimde emici, tavana yakın kesimde ise üfleyici sistemlerle havalandırılması gerekir.

1.4. X-Işını Kullanılan Alanlarda Çalışma Talimatı

1. X Işını tüpü çalışırken odada hasta, hekim ve tekniker dışında hiç kimse bulunmamalıdır.

2. Odanın kapısı çalışma anında sürekli kapalı tutulmamalıdır.

3. Faydalı ışın demeti yalnızca çekim alanına sınırlandırılmalıdır. Bunun için çekim alanını içine alacak kolimatör, kon veya diyaframlar kullanılmalıdır.

4. Radyologlar, radyoloji teknisyenleri, hemşireler gibi X-ışını uygulamaları yapan radyasyon görevlileri, bazı durumlarda hastanın dolayısıyla X-ışını demetinin yakınında bulunabilir. Anjiyografi ve fluoroskopi eşliğinde yapılan girişimsel işlemler, baryumlu üst gastrointestinal sistem incelemeleri, kardiyak anjiyografi, ameliyathanede fluoroskopi uygulamaları gibi bazı özel durumlar dışında, personel vücutlarının herhangi bir bölümünü asla doğrudan X-ışını demete maruz bırakmamalıdır. Bu gibi durumlarda mutlaka kurşun önlük giyilmeli, tiroid ve lens koruyucular kullanılmalıdır.

5. Skopi işlemleri en fazla radyasyona maruz kalınan tetkikler olduğu için aşağıdakilere dikkat edilmelidir:

a. İşlem sırasında mutlaka kurşun önlük giyilmeli, tiroid koruyucu ve kurşun gözlük takılmalıdır. Skopik işlemlerinde kullanılan önlük en az 0.25 mm kurşun eşdeğerinde olmalıdır.

b. Ellerin doğrudan radyasyona maruz kaldığı durumlarda mümkün olduğunca kurşun eldiven kullanılmalı, mümkün değilse fluoroskopi yapılan süre minimumda tutulmaya çalışılmalıdır. Kurşun eldiven kalınlığı en az 0.25 mm olmalıdır.

c. Skopide palpasyon çıplak el veya kurşun eldivenle yapılmamalıdır. Eldivenler yalnızca saçılan veya sızıntı radyasyona karşı yeterli korumayı sağlar. Hiçbir zaman birincil radyasyona karşı yeterli korunmayı sağlamazlar. Bunun için ekran kenarından palpasyon kaşığı bulunmalı ve kesinlikle bu kaşık kullanılmalıdır.

d. Skopi çalışmalarında tüp akımı hiçbir zaman 4-5 mA'den fazla kullanılmamalıdır. İdeal çalışma koşulları 70kV'lik tüp potansiyeli için 3 mA, 80kV için 2.5 mA ve 90 kV için 2 mA olmalıdır.

e. Fluoroskopi yapılırken hastanın aldığı doz ortalama 3-5R/dakika, en fazla 20R/dakika olmalıdır.

f. Son imaj tutulması yöntemi kullanılarak fazla fluoroskopi yapılmamalıdır. Personel X ışını kaynağına 1 metreden fazla yaklaşmamalıdır. Bu bölgede çalışılacaksa mutlaka kurşun önlük, tiroid koruyucu ve kurşunlu gözlük takılmalıdır. Ters kare yasasının sonucu olarak, hastadan 3 m uzaklık civarında saçılma düzeyleri hızla düşer ve kurşun önlük giymek gerekmez.

g. Ekran altındaki saçaklar yeterli korumayı sağlayacak şekilde kullanılmalıdır.

h. Toplam işleme zamanını ölçmek için zaman ayarlayıcı kullanılmalıdır.

6. Çocuklarda ilgilenilen alan içinde değilse mutlaka gonad koruması için yapılan kurşun aparatlar kullanılmalıdır. Bu aparatlar çocuk çekimlerinin yapıldığı odalarda bulunmaktadır.

7. Radyasyonla çalışan personel, çekim sırasında asla hastaları tutmamalıdır. Eğer hastanın çekim sırasında mutlaka tutulması gerekiyorsa radyasyon çalışanı olmayan yakınları veya hastayı getirenler tarafından tutulmalıdır. Bu kişiye mutlaka kurşun önlük giydirilmelidir.

8. Doğurganlık çağındaki hastaların üreme organları inceleme alanı dışında kalıyorsa hastanın üzeri kurşun önlükle örtülür.

9. Çekim odalarının girişlerinde hamile olanları veya olasılığı olanları uyaran bilgilendirme levhaları asılıdır. Tetkik öncesi hastaya bu olasılık mutlaka sorulmalıdır.

2. Radyasyon Alanlarının Sınıflandırılması

Maruz kalınacak yıllık dozun 1 mSv değerini geçme olasılığı bulunan alanlar radyasyon alanı olarak nitelendirilir ve radyasyon alanları radyasyon düzeylerine göre sınıflandırılır:

2.1. Denetimli Alanlar

Radyasyon görevlilerinin giriş ve çıkışlarının özel denetime, çalışmalarının radyasyon korunması bakımından özel kurallara bağlı olduğu ve görevi gereği radyasyon ile çalışan kişilerin yıllık doz sınırlarının (ardışık beş yılın ortalaması) 3/10'undan (6 mSv) fazla radyasyon dozuna maruz kalabilecekleri alanlardır.

Denetimli alanların girişlerinde ve bu alanlarda aşağıda belirtilen radyasyon uyarı levhaları bulunması zorunludur:

- Radyasyon alanı olduğunu gösteren temel radyasyon simgeleri,
- Radyasyona maruz kalma tehlikesinin büyüklüğünü ve özelliklerini anlaşılabilir şekilde göstermek üzere gerekli bilgi, simge ve renkleri taşıyan işaretler,
- Denetimli alanlar içinde radyasyon ve bulaşma tehlikesi bulunan bölgelerde geçirilecek sürenin sınırlandırılması ile koruyucu giysi ve araçlar kullanılması gerekliliğini gösteren uyarı işaretleri.

2.2. Gözetimli Alanlar

Radyasyon görevlileri için yıllık doz sınırlarının 1/20'sinin aşılma olasılığı olup, 3/10'unun aşılması beklenmeyen, kişisel doz ölçümünü gerektirmeyen fakat çevresel radyasyonun izlenmesini gerektiren alanlardır.

Gözetimli Alanlarda, radyasyon alanlarının izlenmesinde uygun radyasyon ölçüm cihazları ve dozimetreler kullanılır. Radyasyon alanlarının radyasyon/radyoaktivite düzeyi ölçümleri NDK tarafından belirtilen sıklık ve yöntemlere uygun olarak yapılır. Bu ölçümlerde kullanılan cihazların kalibrasyonları NDK tarafından uygun görülen aralıklarla, Kurumun İkincil Standart Dozimetre Laboratuvarı'nda yapılır.

3. Çalışma Koşulları

Görevleri gereği radyasyona maruz kalan kişilerin çalışma koşulları aşağıdaki şekilde sınıflandırılır:

Çalışma Koşulu A: Yılda 6 mSv'den daha fazla etkin doza veya göz merceği, cilt, el ve ayaklar için yıllık eşdeğer doz sınırlarının 3/10'undan daha fazla doza maruz kalma olasılığı bulunan çalışma koşuludur.

Çalışma Koşulu B: Çalışma Koşulu A'da verilen değerleri aşmayacak şekilde radyasyon dozuna maruz kalma olasılığı bulunan çalışma koşuludur.

Çalışma koşulu A'da çalışan radyasyon görevlilerinin sağlık durumlarının yapacakları göreve uygunluğunu belirlemek amacıyla işe başlamadan önce ve çalıştığı süre boyunca yılda en az bir kez tıbbi muayeneleri yaptırılır.

4. Kişisel Dozimetre Zorunluluğu

Çalışma Koşulu A durumunda görev yapan kişilerin, kişisel dozimetre kullanması zorunludur. Dozimetri hizmeti, Kurum ve Kurum tarafından uygun görülen kuruluşlar tarafından verilir ve dozimetrik değerlendirme sonuçları merkezi doz kayıt sistemine işlenir. Dozimetri hizmeti verecek kuruluşların uygunluk ölçütleri ile çalışma usul ve esasları Kurum tarafından belirlenir.

5. Hamile Radyasyon Görevlileri, Öğrenci ve Ziyaretçiler İçin Doz Sınırları

Hamileliği belirlenmiş kadın çalışan, çalışma şartlarının yeniden düzenlenebilmesi amacıyla yönetimi haberdar eder. Hamileliğini bildiren kadın çalışanın gerekiyorsa çalışma koşulları yeniden düzenlenir ve maruz kalacağı radyasyon dozunun mümkün olduğu kadar düşük düzeyde tutulması için gerekli önlemler alınır. Hamileliği belirlenmiş olan radyasyon görevlileri ancak gözetimli alanlarda çalıştırılır. Fetüsü korumak amacıyla, hamile radyasyon görevlisinin batin yüzeyi için hamilelik boyunca ilave eşdeğer doz sınırı 1 mSv'dir. Emzirme dönemindeki kadın çalışanlar, radyoaktif kontaminasyon riski taşıyan işlerde çalıştırılmaz. 16-18 yaşları arasındaki öğrenci ve stajyerlere sadece gözetimli alanlarda eğitim izni verilebilir. Ziyaretçiler denetimli alanlara kesinlikle, gözetimli alanlara ise radyasyondan korunma sorumlusundan izin almadan giremezler. İzin verilen ziyaretçilerin giriş ve çıkış saatlerinin kayıtlarının tutulması radyasyondan korunma sorumlusu tarafından sağlanır.

6. Radyasyonun İzlenmesi (Monitoring)

Radyasyon alanlarının izlenmesi ve kişisel (personel) radyasyon dozunun izlenmesi olarak iki kısımdan oluşur.

6.1. Radyasyon Alanlarının İzlenmesi

Radyasyon alanlarının izlenmesinde uygun radyasyon ölçüm cihazları ve dozimetreler kullanılır. Radyasyon alanlarının radyasyon/radyoaktivite düzeyi ölçümleri Kurum tarafından belirtilen sıklık ve yöntemlere uygun olarak yapılır. Bu ölçümlerde kullanılan cihazların kalibrasyonları Kurum tarafından uygun görülen aralıklarla, Kurumun İkincil Standart Dozimetre Laboratuvarı'nda yapılır.

6.2. Personel Monitoring

Kişisel monitoring, iyonlaştırıcı radyasyonların ve radyoaktif kontaminasyonun varlığını ve derecesini tayin etmektir. Yani, kişiler tarafından alınan toplam vücut dozunun rutin olarak ölçülmesidir. Bu amaç için film Dozimetreler, Termo Lüminesan (TL) Dozimetreler, Ekzo-elektro dozimetreler, kimyasal dozimetreler, cam dozimetreler gibi pek çok dozimetre sistemi geliştirilmiştir.

Personel Monitoring Hizmetinin Amaçları:

1. Personelin maruz kaldığı kişisel radyasyon dozlarının maksimum müsaade edilen seviyenin altında tutulabilmesi için, alınan dozları ölçmek ve kayıtlarını tutmak,
2. Personele, radyasyon bakımından sağlığının korunduğu güvencesini vermek,
3. Kuruluş ve personel arasındaki fazla doz alma anlaşmazlıklarında kanuni koruma olanağı sağlamak.

7. Termolüminesans Dozimetre (TLD) Kullanma Talimatı

1. TLD X (röntgen), gamma, beta ışınları ve nötronla çalışan personel tarafından kullanılır. Taşıyıcı ve TLD kartı olmak üzere iki kısımdan oluşan dozimetre (badge)'ler, belirlenen periyot içerisinde personelin aldığı radyasyon dozlarını ölçer.
2. Taşıyıcı ve TLD kartı bir bütündür. Dozimetri Birimi tarafından her yeni periyot için kuruluşa, TLD kartları taşıyıcı içine yerleştirilmiş olarak gönderilir.

3. TLD'lerin açılması özel bir aparat gerektirdiğinden herhangi bir kişi tarafından açılmak için asla zorlanmamalı, basınç ve fazla ısıya maruz bırakılmamalı, ısıtılmamalıdır. Aksi takdirde değerlendirilmesi ve kişi tarafında alınan radyasyon dozunun ölçülmesi mümkün olmayacağı gibi, dozimetre zarar görecektir.

4. Son derece hassas ve doz ölçüm aralığı geniş olan TLD'lerin maliyeti yüksek olup, hasara uğraması ve kaybolması halinde kuruluşunuzdan ücreti yeniden talep edilecektir.

5. TLD'ler her yeni periyotta kuruluşunuzdaki sorumlu kişi tarafından kullanılmış dozimetreler ile değiştirilecektir. Kullanılmış dozimetreler en kısa zamanda bize ulaştırılacaktır.

6. Yeni periyotta kullanılacak TLD'ler ile gönderilen TLD dağıtım listesi, kişinin hangi numaralı TLD'yi kullanacağını göstermektedir. Personel ismi karşısında yazılı numaralı TLD'yi kullanmalıdır.

7. TLD'ler radyasyon alanı dışında belirli bir yerde muhafaza edilecek, personel işe başlarken dozimetrelerini buradan alarak kullanacaktır. İş bitiminde dozimetreler gene aynı yere bırakılmalıdır.

8. Dozimetreler önlük üst cebine, yakaya veya kemere (dozimetre öne gelecek şekilde) klips ile takılarak tüm vücudu temsil eden radyasyon dozunun ölçülmesi sağlanır.

9. Çalışma sırasında kurşun önlük giyiliyorsa, dozimetre, önlüğün altına takılarak tüm vücut dozunun ölçülmesi sağlanır. Dozimetrenin kurşun önlük dışında taşınması durumunda ise kurşun önlük dışında kalan vücut kısımlarının (troid, göz lensi, eller) aldığı dozlar ölçülmüş olur. İdeal olanı, bu durumdaki personelin iki dozimetre taşımasıdır.

10. TLD doz değerlendirme sonuçları, DOZ RAPORU olarak yeni periyot dozimetreler ile birlikte kuruluşa gönderilecektir. Doz raporundaki doz değerlerinin önceki periyotlarda kullandığınız TLD'lere ait olduğuna dikkat ediniz.

11. Yeni personele dozimetre sağlanması için "Dozimetre İstek Formu" ile dozimetre ücretinin Kurumumuza yatırıldığını gösteren banka dekontunun bize ulaşması gerekmektedir. Personelin işten ayrılması halinde dozimetre, bize bildirmek kaydı ile personeliniz için kullanılabilir.

12. Çalışma sırasında kazaya uğradığınızı veya yüksek radyasyon aldığınızı düşünüyorsanız, durumu amirinize bildirerek, dozimetrenizin acil olarak değerlendirilmesini isteyebilirsiniz.

Dozimetreizin Merkezimize ulaştırıldığı gün değerlendirilerek sonuç size ve kuruluşunuza bildirilecektir.

8. Radyasyondan Koruyucu Aygıtlar

-Yapılan işin niteliğine uygun koruyucu giysi ve teçhizat kullanılır.

-Bu amaçla; kurşun önlük, eldiven, gözlük, boyunluk, paravanlar, gonadal koruyucular ve kurşun camlar yaygın olarak kullanılmaktadır.

-Koruyucu aygıtların kalınlıkları 0,25-0,5-1 mm gibi kurşun eşdeğeri olarak belirlenmiştir.

-Kurşun nlk olarak pratikte en çok 0,50 mm kurşun eşdeğeri koruyucu önlükler kullanılır.

-1 mm önlükler daha iyi korudukları halde oldukça ağırdırlar.

-Kurşun koruyucuların içerisindeki kurşun tabakalarının çatlama riski nedeniyle kurşun önlükler katlanmamalı, saklanırken askıya asılmamalıdır.

9. Radyasyondan Korunma Yasaları

Radyasyon ve radyoaktif maddelerin kullanılması sonucu meydana gelebilecek tehlikeli durumlardan korunmak için tüm ülkeler yasal düzenlemeler yapmışlardır. Ülkemizde Radyasyon Sağlığı ve Güvenliği konusundaki tüzük ve yönetmeliklerin hazırlanması görevi NDK'ya verilmiştir. "İyonlaştırıcı radyasyon kaynaklarını bulunduran, kullanan, imal, ithal ve ihraç eden, alan, satan, taşıyan ve depolayan, resmi, özel kurum ve kuruluşlar ve gerçek kişilerce uyulması gereken kurallar" hazırlanan yönetmelik ve tüzüklerde belirtilmiştir (Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği ve Tıpta Tedavi Amacıyla Kullanılan İyonlaştırıcı Radyasyon Kaynaklarını İçeren Tesislere Lisans Verme Yönetmeliği vb.)

"Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği" nde yıllık doz sınırları sağlığa zarar vermeyecek şekilde uluslararası standartlara uygun olarak, Kurum tarafından radyasyon görevlileri ve toplum yesi kişiler için ayrı ayrı belirlenmiştir. Yıllık toplam doz aynı yıl içindeki dış işınlama ile i işınlamadan alınan dozların toplamıdır. Kişilerin, denetim altındaki kaynaklar ve uygulamalardan dolayı bu sınırların üzerinde radyasyon dozuna maruz kalmalarına izin verilemez ve bu sınırlara tıbbi işınlamalar ve doğal radyasyon nedeniyle maruz kalınacak dozlar dahil edilemez.

"Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği" nde, radyasyondan etkilenebilecek insanlar üç gruba ayrılmış ve yıllık maksimum doz değerleri aşağıdaki gibi belirtilmiştir:

-Görevi gereği, radyasyon kaynaklarıyla çalışan ve radyasyona maruz kalan kişilerin, iç ve dış radyasyon kaynaklarından bütün vücutlarının alacağı etkin doz ardışık beş yılın ortalaması 20 mSv'i, herhangi bir yılda ise 50 mSv'i geçemez. El ve ayak veya cilt için yıllık eşdeğer doz sınırı 500 mSv, göz merceği için 150 mSv'dir.

-Radyasyon görevlisi sayılmayan (toplum üyesi kişiler) kişilerin maruz kalacakları iç ve dış etkin radyasyon dozu, bütün vücut için, yılda 1 mSv'i geçemez. Özel durumlarda; ardışık beş yılın ortalaması 1 mSv olmak üzere yılda 5 mSv'e kadar izin verilir. Cilt için yıllık eşdeğer doz sınırı 50 mSv, göz merceği için 15 mSv'dir. Ama yine de insan vücudu için hiçbir hasara yol açmayacak radyasyon alt sınırının olmadığı akıldan çıkartılmayıp, mümkün olduğunca radyasyondan kaçınılmalıdır.

- 16-18 yaşları arasındaki öğrenci ve stajyerlere sadece gözetimli alanlarda eğitim izni verilebilir. Öğrenci ve stajyerlerin doz sınırları bu "Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği" 10. maddesi (c) bendinde belirtilmektedir. Buna göre 16-18 yaş arasındaki stajyerler ve öğrenciler için etkin doz, herhangi bir yılda 6 mSv'i geçemez. Ancak el, ayak veya deri için yıllık eşdeğer doz sınırı 150 mSv, göz merceği için 50 mSv'dir.

10. Lisans, İzin, Denetim ve Kayıtlar

Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği kapsamına giren radyasyon kaynaklarının imal, ithal ve ihraç edilmesi, alınması, satılması, taşınması, depolanması, bakımı, onarımı, kurulması, sökülmesi, değiştirilmesi, radyasyon kaynaklarıyla çalışılabilmesi ve her türlü amaçla bulundurulması ve kullanılması için Kurum'dan lisans alınması zorunludur. Bu lisans, başvurusu yapılan kaynakların Kurum tarafından onaylanan kişilerin sorumluluğu altında ve başvuruda belirtilen adresteki faaliyetini kapsar.

Bu faaliyetler, diğer bakanlık ve/veya kuruluşlardan da izin, ruhsat veya bir belge alınmasını gerektiriyorsa, bunların verilmesi Kurum tarafından lisans verilmesi önkoşuluna bağlıdır. 7/2/1993 tarihli ve 21489 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) Yönetmeliğine tabi olan faaliyetler için Çevre Bakanlığı'nın olumlu kararı alınmadan lisans işlemi başlatılamaz.

10.1. Lisans Başvurusu

"Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği" nin 50. maddesi kapsamına giren faaliyetleri yürütecek kişiler, lisans almak için lisanslama ücretini NDK (kurum) hesabına yatırarak Kurum

tarafından duyurulan radyasyon uygulamasına özgü olarak istenen bilgi ve belgelerle birlikte Kuruma başvuruda bulunur.

10.2. Başvuruların İncelenmesi

Başvuru belgeleri, Kurum'un Radyasyon Sağlığı ve Güvenliği Dairesi tarafından incelenir, başvuru belgelerinde eksiklik varsa başvuru kabul edilmez ve başvurana eksiklikleri bildirilerek tamamlanması istenir. Eksikliklerin en fazla üç ay içinde tamamlanmaması durumunda, "Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği" nin 75. maddesinde belirtilen hükümler uygulanır ve lisans başvuru ücreti Kurum'a gelir olarak kayıt edilir.

10.3. Lisansın Verilmesi

Başvuru belgelerinin yeterli olması durumunda, Kurumun ilgili personeli tarafından yerinde radyasyon kontrolü yapılarak kontrol raporu düzenlenir. Raporun uygun olarak değerlendirilmesi sonucunda Kurum tarafından lisans belgesi verilir. Lisans beş yıl süreyle geçerlidir. Lisans belgesinin kuruluşa ulaşmadığı durumda veya belgenin kuruluş tarafından teslim alınması sonrası kaybedilmesi durumunda ise, belge düzenleme ücreti ile birlikte Kuruma yazılı olarak başvurulması halinde lisans belgesi yeniden düzenlenir.

Kontrol raporunda eksik hususların belirtilmesi halinde, eksikliklerin giderilmesi için kontrol tarihinden itibaren üç ay süre verilerek başvuru sahibine bildirilir. Kuruma yazılı olarak yapılan ve mazereti içeren başvurunun Kurum tarafından uygun görülmesi halinde bu süre uzatılabilir. Bildirilen süre içerisinde eksikliklerin giderildiğinin yazılı olarak bildirilmesi durumunda, yapılacak değerlendirme sonucu, gerekirse tekrar radyasyon kontrolü yapılır ve eksikliklerin giderildiği belirlenirse, lisans belgesi verilir. Aksi takdirde lisans başvurusu iptal edilerek, Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği'nin 75. maddesinde belirtilen hükümler uygulanır ve yatırılan ücret Kurum'a geri kayıt edilir.

10.4. Lisans Koşullarında Değişiklik

Lisans sahibi, radyasyon kaynağının bulunduğu ve kullanıldığı yerde veya lisans koşullarında herhangi bir değişiklik olması halinde, değişiklik yapılmadan önce en az 15 (onbeş) gün içerisinde Kuruma yazılı başvuruda bulunmak zorundadır. Aksi takdirde Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği'nin 59. ve 75. maddelerinde belirtilen hükümler uygulanır.

10.5. Lisans Sahibinin veya Radyasyondan Korunma Sorumlusunun Değişmesi

Lisans süresi içinde lisans sahibinin veya radyasyondan korunma sorumlusunun değişmesi durumunda Kurum tarafından istenen bilgi ve belgelerle birlikte Kuruma başvurulur. Lisans belgesi üzerinde değişiklik yapılması gereken durumlarda, ücreti karşılığında yeni lisans belgesi düzenlenir. Lisansın geçerlilik süresi değişmez.

10.6. Lisansın Yenilenmesi

Lisans süresi içerisinde kullanılan radyasyon kaynağında veya bulunduğu yerde değişiklik olması durumunda, lisanslama ücreti Kurum hesabına yatırılarak istenen bilgi ve belgelerle birlikte Kuruma Başvurulur. Lisans Yenileme İşlemleri Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği'nin 53. maddesine göre yapılır.

10.7. Lisansın Vize Edilmesi

Lisans sahibi tarafından lisans koşullarında değişiklik olmadığı bildirilerek lisansın vize edilmesi için süre bitiminden önceki altı ay içerisinde vize ücreti Kurum hesabına yatırılarak istenen bilgi ve belgelerle birlikte Kuruma başvurulur. Süresi içinde yapılan başvurular, Kurum tarafından incelendikten sonra gerekirse yapılacak denetim sonucunda lisans belgesi vize edilir.

10.8. Vize Süresinin Aşılması

Süresi içinde vize edilmeyen lisans geçersizdir. Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği'ne göre yeniden lisans alınmaya kadar faaliyet gösterilemez. Aksi takdirde lisanssız faaliyet gösterdiği tespit edilen, lisanslama işlemlerini tamamlamayan veya denetimlerde tespit edilen eksikliklerini gidermeyen gerçek ve tüzel kişiler hakkında Kurum, radyasyon uygulamasının durdurulması ve gerekli tedbirlerin alınması için mülki idare amirlerine, kanuni ya da idari soruşturmaya geçilmesi için ilgili makamlara veya Cumhuriyet Savcılığına ihbarda bulunur.

10.9. Lisansın İptali

Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği'nce lisansı iptal edilen kişi ve kuruluşlar bu alanda faaliyet göstermek üzere lisans başvurusunda bulunamazlar. Lisansın iptal edilmiş olması, Kurum tarafından belirlenen hususlar yerine getirilinceye kadar lisans sahibinin yükümlülüklerini ortadan kaldırmaz. Lisans sahibi radyoaktif kaynaklarını mahrecine veya atık işleme tesisine gönderir veya bir başka kişiye satar/devreder. Satış/devir işlemi; satış/devir yapılacak kişinin lisans almak üzere yaptığı başvurunun, Kurum tarafından uygun bulunması durumunda

gerçekleşir. Aksi takdirde Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği'nin 75. maddesi hükümleri uygulanır.

10.10. İstek Üzerine Lisans İptali

Lisans sahibi, radyasyon kaynağı ile ilgili faaliyetini sonlandırmak istemesi durumunda, lisans belgesi ile birlikte radyasyon kaynağının son durumu hakkındaki bilgiyi Kuruma iletir. Lisansın iptal edilmiş olması, Kurum tarafından belirlenen hususlar yerine getirilinceye kadar lisans sahibinin yükümlülüklerini ortadan kaldırmaz. Lisans sahibinin radyoaktif kaynaklarını satması veya devretmesi durumunda satış/devir işlemi; satış/devir yapılacak kişinin lisans almak üzere yaptığı başvurunun, Kurum tarafından uygun bulunması durumunda gerçekleşir. Aksi takdirde Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği'nin 75. maddesi hükümleri uygulanır.

11.Kayıt Tutma ve Saklama Yükümlülüğü

Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği kapsamına giren gerçek kişiler, resmi, özel kurum veya kuruluşlar aşağıda belirtilen esaslara uygun olarak kayıt tutmakla yükümlüdürler. Bu kayıtlar 30 yıl süre ile saklanır.

Personele İlişkin Kayıtlar:

1. Verilen lisans belgelerinin tarih, sayı ve içeriği ile lisans belgesi üzerinde ismi belirtilen kişiler,
2. Radyasyon görevlilerinin isimleri ile işe giriş ve işten ayrılış tarihleri,
3. Radyasyon görevlilerinin kişisel dozimetri raporları,
4. Radyasyon görevlilerinin ilk defa işe başlamadan önce bu Yönetmeliğin 23. maddesine göre yapılan tüm tıbbi muayene sonuçları,
5. Radyasyon görevlilerinin bu Yönetmeliğin 23. maddesine göre yaptırılan periyodik tıbbi muayeneleri ile Kurum tarafından gerekli görülen durumlarda yaptırılan tıbbi muayenelerin sonuçları ve varsa diğer tıbbi ışınlanma sonuçları.

Radyasyon Kaynaklarına İlişkin Kayıtlar:

1. Verilen lisans belgelerinin tarih, sayı ve kullanım amaçları ile lisans belgesi üzerinde belirtilen radyasyon kaynaklarının cinsi ve radyoaktiviteleri;

2. Radyasyon kaynağının yurda girişi, satın alınması, kurulması ve kalibrasyonuna ilişkin tarih ve işlemler ile konu ile ilgili kişilerin isimleri,

3. Radyasyon kaynağının bakımı, onarımı, sızıntı testi, tüp ve kaynak değişimi gibi işlemlerinin tarihleri, yapılan işlerin içeriği ve konu ile ilgili kişilerin isimleri.

Radyoaktif Atıklara İlişkin Kayıtlar:

1. Meydana gelen radyoaktif atığın cinsi, miktarı, radyoaktivitesi ve tarihleri,

2. Depolanmak ve işlenmek üzere Kuruma gönderilen veya çevreye verilen radyoaktif atıkların miktarları.

Kazaya İlişkin Kayıtlar:

1. Kazanın yeri ve tarihi,

2. Kazanın oluş şekli,

3. Kazaya neden olan radyasyon kaynağının cinsi ve radyoaktivitesi,

4. Vücuda alınan radyoaktif maddeler ve alınış nedenleri,

5. Maruz kalınan süre ve radyasyon dozları,

6. Kazaya maruz kalan kişilerin tıbbi muayene sonuçları ve yapılan tıbbi uygulamalar.

IV.BÖLÜM: “3153” NOLU YASAYA TABİ OLAN BÖLÜMLER

Hastanemizde Radyasyonla Çalışan Birimler

1. Nükleer Tıp

Nükleer Tıp uygulamaları tanısal ve tedavi amaçlı olmak üzere ikiye ayrılır. Tanısal amaçlı günlük pratikte sıklıkla düşük dozlarda radyofarmasötikler kullanılmakta ve yüksek tedavi dozlarının aksine sıkı korunma kuralları gerekmemektedir. Yüksek doz tedavide ise hastanın radyoaktif madde uygulanmadan önce hazırlanmasının yanısıra, uygulamadan sonra belirli bir süre özel donanımlı odada izlenmesi zorunludur.

Tanıda radyofarmasötiklerin kullanımları in-vivo ve in-vitro teknikler olarak başlıca iki gruba ayrılabilir. İn-vivo çalışmalarda radyofarmasötikler genellikle intravenöz uygulanır. Özel durumlarda oral, intradermal vb. yoldan verilebilir. Hatalı uygulamaları önlemek için her uygulamada enjektörün üzerine radyofarmasötiğin adı, dozu ve hazırlama saati yazılmalıdır. Daha önce uygulanan radyofarmasötikler sorgulanmalı ve hastanın radyasyon etkilenimi mümkün olduğunca azaltılmalıdır. Tekrarlı testlerden kaçınılmalı, optimum görüntü elde edilebilecek en az doz uygulanmalıdır.

Tablo1. Tanı amaçlı sıklıkla kullanılan radyofarmasötikler ve fiziksel özellikleri

Radyonüklid	Enerjisi (keV)	Yarı Ömür
Tc99m Perteknetat	140	6 saat
I-131	284, 364, 637	8 gün
Tl 201	167	73 saat
İn 111	171,245	2,8 gün
F-18 FDG	511	109 dakika

Tanısal amaçlı nükleer tıp uygulamaları için efektif doz, 1-10 mSv ve ortalama 3 mSv dir. Bu değerler yıllık önerilen doz limitlerini aşmadığı gibi günlük uygulamalar sonrası hasta için 1 metreden doz ışınlama ölçüm değerleri de önerilen sınırlar içinde olduğundan, işlem sonrası toplum için özel önlem alınması çoğunlukla gerekmemektedir. Ancak radyoaktif madde kullanılması nedeniyle, ölçüm sonuçları normal sınırlarda bile olsa hastalara 1 gün boyunca korunma prensiplerine uyulması söylenir, yatan hasta ise ilgili servis doktoruna korunma prensipleri hakkında bilgi verilir

Nükleer Tıp Anabilim Dalı'nda; 1 adet gama kamera (SPECT) cihazı, 1 adet PET/BT cihazı, 2 adet sıcak oda, 2 adet radyofarmasötik enjeksiyon odası odası , 1 adet radyoaktifli hasta

bekleme odası , 1 adet kardiyolojik efor odası, 1 adet uptake cihazı, 2 adet doz kalibratörü, 1 adet RIA laboratuvarı, 2 adet radyoaktif tedavi odası bulunmaktadır.

Merkezi havalandırma sistemi, çeker ocak, ve sıhhi tesisat (radyoaktif atık lavaboları, temiz atık lavaboları, hasta tuvaletleri ve lavaboları vs.) NDK'nın belirlediği standartlardadır.

1.1. Nükleer Tıp Laboratuvarında Çalışırken, NDK Tarafından Uyulması İstenilen Kurallar

1. Laboratuvar ile ilgili envanter tutulmalıdır.

Bu envanter aşağıdaki hususları içermelidir.

a) Tesise giren radyoaktif maddelerin kayıtları

b) Radyoaktif madde verilen hastaların kayıtları (miktarı, türü ve tarihi)

c) Çalışanların dozimetre değerlerinin kayıtları

d) Radyoaktif atık kayıtları (miktarı, türü ve tarihi)

e) Görüntüleme cihazlarının bakım, onarım ve kalibrasyon kalite kontrol kayıtları

f) Doz kalibratörü ve radyasyon ölçüm cihazlarının kalibrasyon kayıtları

g) Tehlike ve olağanüstü durum kayıtları

h) Çevresel radyasyon ölçüm kayıtları

2. Görevli olmayan personelin giriş-çıkışları önlenmelidir.

3. Radyoaktif maddeler ile çalışmaya başlamadan önce masa üzerini plastik örtü ile kaplamalı, üzerine emici kâğıtlar yerleştirilip bunların üzerinde çalışılmalıdır.

4. İşlemler kenarlı küvetler içinde ve emici kâğıtlar üzerinde yapılmalıdır.

5. Laboratuvarda çalışırken laboratuvar önlüğü, kurşun önlük, lastik eldiven gibi koruyucu giysiler giyilmelidir. İş bitiminde kullanılan eldivenler dikkatli şekilde çıkartılarak radyoaktif atık kutusuna atılmalıdır.

6. Eldiven kullanıldığında, kontaminasyonu önlemek amacıyla iç kısımlar dışta kalacak şekilde çıkartılmalıdır.

7. Laboratuvarda temizlik için kâğıt havlu ve mendil kullanılmalı, kullanımdan sonra radyoaktif atık kutusuna atılmalıdır.
8. Laboratuvarda kullanılan giysilerin laboratuvar dışına çıkarılması önlenmeli, koruyucu giysiler çıkarılıp eller ayaklar monitörize edildikten sonra laboratuvar dışına çıkılmalıdır.
9. Laboratuvar içinde yiyecek, içecek ve kişisel eşyaların bulundurulmamasına özen gösterilmelidir.
10. Ellerde yara varsa bandajlı bile olsa laboratuvarda çalışılmamalıdır.
11. Elektrik düğmeleri, musluklar, kapı kolları, telefon ahizelerinin kontamine olmamalarına dikkat edilmelidir.
12. Çalışırken vücutta kesik ve çiziklere neden olabilecek keskin uçlu malzeme kullanmaktan kaçınılmalıdır (kırık ve çatlak cam eşyalar gibi).
13. Laboratuvarda kullanılan şişelerin muhafaza kaplarının kapaklarının kolay açılabilir olmasına dikkat edilmeli ve uygun etiketleme işlemi yapılmalıdır.
14. Laboratuvar radyasyon monitörü ile sürekli taranarak radyasyon korunması için gerekli önlemler alınmalıdır. Çalışma saatlerinde radyasyon monitörü sıcak odada ve devamlı çalışır durumda bulundurulmalı veya alarm seviyesi ayarlanabilir sesli uyarı istemi ile bir laboratuvar monitörü sağlanmalıdır.

1.2. Sıcak Oda (Radyofarmasi Laboratuvarı) Düzeni:

Sıcak oda radyofarmasötiklerin hazırlandığı yer olup güçlü karbon filtreli çeker ocak ve laminar flow kabini bulunmalıdır. Çalışma bankoları, lavabo ve dekontaminasyon için duş olmalıdır. Elle taşınabilir radyasyon monitörünün taban ve çalışma alanlarının kontaminasyon kontrolleri için sıcak odada bulunması zorunludur. Ayrıca laboratuvar kapısına yakın yerleştirilen sabit bir radyasyon monitöründe bulunmalıdır. Bu monitör odadan ayrılmadan önce ellerin ve kıyafetlerin kontaminasyon kontrolü için kullanılır. Üzeri şeffaf plastik kapalı olmalı ve alarm sesi açık olmalıdır. Monitör ellenmemelidir, çünkü kişi kontamine olduysa monitöründe kontamine edebilir. Herhangi bir bulaş olduğunda durumdan radyasyon güvenlik görevlisi haberdar edilir. Sıcak odada işaretlenen kitlerin kurşun korumalarının üzerine kitin adı, hazırlanış saati, aktivitesi ve hacmi yazılmalıdır. Bu vialer kapakları kilitlenebilen kurşun kaplar içinde saklanmalıdır. Sıcak odadaki çalışma modülleri kurşun bloklarla oluşturulabilir. İçleri kolay dekontaminasyon için çelik veya laminat ile kaplanır. Kurşun camlı L-tipi zırhlar

raduyofarmasötik hazırlanırken göz lensini korumak ve yüze sıçramaları önlemek için gereklidir.

1.2.1. Radyofarmasi Laboratuvarı ve bölümleri:

Radyofarmasi laboratuvarı Nükleer Tıp birimi içinde denetimli alanlar olup, radyasyon dozimetresi kullanılması zorunludur ve radyasyon konusunda eğitimli kişilerin girmesine izin verilir. Bu alanlarda çalışma sırasında uyulması gereken kurallar tanımlanmıştır.

1.2.2 Radyofarmasi Laboratuvarı ve bölümlerinde uyulması gereken genel prensipler:

- a) Açık kaynak olan radyoaktif ürünlerin kullanımında tüm personel iyi eğitimli olmalıdır.
- b) Çalışma işlemleri alandaki kontaminasyonu en aza indirmeye yönelik olmalıdır.
- c) Çalışma alanına yenilip içilebilecek hiçbir gıda ürünü sokulmamalı, buzdolabında depolanmamalı ve sigara içilmemelidir.
- d) Mendil kullanımı yasaktır. Kağıt havlu kullanılmalıdır.
- e) Derideki herhangi bir kesik, çizik laboratuvara girmeden önce su geçirmez bantlarla kapatılmalıdır.
- f) Duvarlar, taban ve tavan ve odadaki tüm donanım kontaminasyonu mümkün olduğu kadar düşük düzeyde tutmak için yeterli sıklıkla temizlenmelidir.
- g) Uygulanacak radyoaktif solüsyonların adı, kimyasal formu, verilme tarihi ve zamanı açık olarak yazılmalıdır. “milicurie” ve “mikrocurie” birimleri hataları önlemek için açık yazılmalı kısaltma kullanılmamalıdır.
- h) Tiroide yönelik tanı ve tedavi dışında iyotun herhangi bir formu ya da 185 MBq (5 mCi) den fazla Tc-99m perteknetat kullanılacaksa radyasyon dozunu azaltmak için tiroidi bloklayan ajan verilmelidir.
- i) Radyoaktif gazlar veya aerosoller uygulandığı zaman dışarı solunan hava doğrudan binanın dışına iletilmelidir.
- j) Kullanıma hazır radyofarmasötik vialleri ve hasta enjektörleri üzerine olası radyasyon kazasını önlemek için radyofarmasotiğin adı, toplam aktivite miktarı, hazırlama saati vb.bilgiler mutlaka yazılmalıdır.

1.2.3. Radyofarmasi Odasında Radyasyon Güvenliği:

Radyoizotoplarla çalışırken aşağıdaki genel güvenlik önlemleri alınmalıdır.

- a) Radyoaktif madde ile çalışırken eldiven giyilir. Laboratuvar kıyafetleri ve tek kullanımlık eldiven kullanılmalıdır. Laboratuvardan ayrılırken kıyafetler çıkarılır. Eldivenler sık değiştirilir.
- b) Radyoaktif madde taşıyıcı kaplar üzerine radyofarmasotik adı, aktivite miktarı, hazırlanış saati ve tarihi yazılmalıdır.
- c) Radyoizotoplarla çalışırken herhangi bir Őeyin yenilmesi ve içilmesi yasaktır.
- d) Radyofarmasotikleri hazırlarken yutma riskini azaltmak için pipet, pipet ucu kullanılır.
- e) Buharlaşma ve gaz alma özelliği olan maddeler havalanması yeterli olan ortamda tutulmalı ve taşınmalıdır.
- f) Radyoaktif atıklar uygun ortamda kurşun çöp kutuları içinde saklanmalıdır.
- g) alışma tamamlandıktan sonra personelin ve çalışma ortamının her çalışmadan sonra radyasyon ölçümleri alınmalı ve gerekirse dekontaminasyon işlemi yapılmalı ve kayıtlar tutulmalıdır.
- h) nemli düzeyde bulaş saptanırsa radyasyon güvenlik birimi ve sağlık fizikcisi bilgilendirilmelidir.

Radyoaktif maddelerle çalışırken oldukça planlı ve hızlı hareket etmelidir. Radyoaktif atıklar radyoizotopun türüne yani yayılan radyasyonun tipine ve enerjisine göre zırhlama malzemelerinden yapılmış çöp kutuları içinde muhafaza edilmelidir. Bu katı artık torbaları dolduklarında yüzeyindeki radyasyon dozu sağlık fizikcisi tarafından ölçülüp bölüm atık deposuna gönderilir.

NDK ‘‘Radyoaktif Madde Kullanımından Oluşan Atıklara İlişkin Yönetmelik’’ 02.09.2004/25571 yönetmeliğin öngördüğü sınırlar düzeyine düşene kadar atık deposunda bekletilir.

1.3. RİA Laboratuvar Düzeni:

RIA laboratuvarında radyoaktif I-125 ile çalışmalar yapılır. Hassas ölçümler yapıldığından dolayı çalışan kişilerin ve odaya giren çıkan kişilerin radyoaktivite ile kontamine olmaması gerekmektedir. Çalışma yüzeyi düz, pürüzsüz ve temiz olmalıdır. Laboratuvarında her zaman kağıt havlu kullanılmadır. RIA atıkları, katı atık kurşun çöp kovasında ve sıvı atık kurşunlu bölme içinde bidonda olmak üzere iki ayrı şekilde tutulur. Bölüm sağlık fizikçisi tarafından çöpler dolduğunda doz şiddetleri ölçülüp üzeri etiketlenerek atık deposuna gönderilir. RIA laboratuvarında oluşan katı radyoaktif atıklar kurşun zırlı çöp kovasında, sıvı radyoaktif atıklar; kurşun bölmeler içinde bulunan bidonlarda biriktirilerek saklanırlar. Dolduklarında radyasyondan korunma sorumlusu tarafından radyoaktif atıklar Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği çerçevesinde bertaraf edilir.

1.4. Radyonüklid Tedavi Uygulamalarında Radyasyondan Korunma:

KTÜ Nükleer Tıp AD'da tedavi amaçlı kullanılan radyoaktif maddeler, fiziksel özellikleri ve uygulama dozları

Radyonüklid	Yarı ömür (gün)	Dikey şekli	Uygulama Dozu(mCi)
I-131	8	β, γ	10 - 200
Y-90 colloid	2.67	B	5
Y-90 anti CD20	2.67	B	
Re-186	3.8	β, γ	
Sm-153	1.95	β, γ	

Nükleer tıp kliniklerinde en sık I-131 tedavisi yapıldığı için bu kılavuzda dikkat edilmesi gereken kurallar ayrıntılı olarak verilecek tedavi yöntemleri ile ilgili kurallar genel olarak anlatılacaktır.

1.4.1 Radyoaktif I-131 tedavisinde radyasyondan korunma:

İyi differansiye tiroid kanserlerinin ve hipertiroidizmin tedavisinde radyoaktif iyot-131 kullanılır. Radyoaktif iyot-131 kapsül veya sıvı formda oral uygulanır. İyi diferansiye tiroid kanserlerinin tedavisinde I-131 dozu 3.7-7.4 GBq (100-200 miliCurie) olabilir; hipertiroidizm tedavisinde daha küçük dozlar 370-800 MBq (10-21 miliCurie) uygulanır. Uygulanan dozun büyük kısmı tiroid bezi tarafından tutulur, geri kalanı idrarla ve çok az bir kısmı ise ter ile vücuttan atılır. I-131'in fiziksel yarı ömrü 8 gün, biyolojik yarı ömrü 15-16 gündür. Normal kişilerde iyodun yarısından fazlası uygulandıktan sonra ilk 24 saat içinde ve %75'i 48 saat içinde vücuttan atılır. Taşıma sırasında ulusal ve uluslararası radyoaktif madde taşıma kurallarına uyulmalıdır. Kurşun kılıf yüksekliği 59-84 mm, kalınlığı 3-38 mm ve kurşun kabın içi plastik veya polistren ile kaplanmış olmalıdır. Taşıma paketinin üzerine içeriği, aktivite

miktarı ve radyoaktif uyarı işareti konmalıdır. NDK tarafından kabul edilen ayaktan tedavi dozundaki 21mCi (800 MBq) radyoaktif iyot uygulamalarında hasta ve çevrenin radyasyondan korunması önemlidir. Bu amaçla hastaya veya hasta sahibine tedavi öncesi ve sonrası dikkat edilmesi gereken kuralları içeren yazılı bilgilendirme formu verilir. Tedavi uygulamadan önce tedavinin fayda ve riskleri konusunda bilgi verildiğine ve kendi isteği ile I-131 tedavisini onayladığına dair belge imzalatılmalıdır. Yüksek doz I-131 uygulaması için çevre odalarındaki hastalara ve personele radyasyon vermeyecek şekilde oda gereklidir. 800 MBq'in üstünde I-131 radyoaktif maddesi verilen hastalar vücuttaki radyoaktivite miktarı, 600 MBq'in ve hastadan 1 metre uzaktaki doz hızı, 30 mikroSv/saat'in altına düşüncüye kadar kurum tarafından sıvı atık sistemi ve oda projesi uygun bulunan izolasyonlu ayrı bir odada yatırılır. Hastanın özel koşulları değerlendirildikten sonra diğer kişilerle temasları ve radyasyon korunması ile ilgili alınacak önlemler sözlü ve yazılı talimatlar şeklinde bilgilendirilerek taburcu edilir.

Tablo 2: Aktivite Etkin Doz Dönüşüm Tablosu.

Hastadan 1 metre uzaklıkta Etkin doz hızı 1 metrede $\mu\text{Sv/h-1}$	Kalan Aktivite Miktarı (MBq)	Talimatlar için tavsiye edilen zaman dilimi
< 40	< 800	3 hafta
< 30	< 600	2,5 hafta
< 20	< 400	2 hafta
< 10	< 200	1 hafta
< 5	< 100	3 gün
< 3	< 60	1 gün

1.4.2. Diğer (Beta ışınması yapan) radyoaktif maddeler ile tedavide radyasyondan korunma:

Nükleer tıp tedavi uygulamalarının bir kısmı beta (β) ışınması yapan Y-90, Samarium 1 ile olmaktadır. Yttrium-90'nın kolloid formu radyonüklid sinovektomide ve anti CD20 antikoru ile işaretlenerek lenfoma hastalarında kullanılan formu en sık kullanılmaktadır. Her iki tedavi de poliklinik şartlarında uygulanmakta olup, hastaların medikal başka sorunları olmadığı takdirde hastanede izole edilmeleri gerekmemektedir. Radyonüklid sinovektomide tedavi intrakaviter enjeksiyon ile, Y-90-antiCD20 ise yavaş infüzyonla verilmektedir. Yayıdıkları enerji ve dikey şekli esas olarak β ışınması olduğundan, tedavi veren personel ve yakın çevresinin aldığı radyasyon dozu (yakın temas olmadığı sürece) ihmal edilebilir düzeydedir. Sadece tedavi veren medikal personelin β ışınmasının neden olabileceği

Bramstrahlung ışımaya engel olabilmek amacıyla özel bir enjektör ile yapılmaktadır. Tedavi verilmesini takiben 1 metreden ölçülen değer 0.00295 mSv/saat ve hasta ailesinin maruz kalacağı radyasyon ilk hafta için yaklaşık 0.035 mSv (0.04–0.15 mSv/hafta) dir. Madde esas olarak idrar ile ekskresyona uğramaktadır ve bu nedenle tuvalet kullanımı ile ilgili uyarılarda bulunmak önemlidir.

Samarium 153 ve Rhenium 186 tedavisi:

Bu radyoaktif maddeleri beta ışımaya yapmaktadır. Uygulama yolu intravenöz olup, poliklinik şartlarında verilebilirler. Esas atılım yolu gastrointestinal sistemdir, o nedenle tuvalet temizliği konusunda hastalar uyarılmalıdır. Ayrıca kanama olması durumunda çevrenin kontamine olmadan temizlenmesi vurgulanmalıdır. Bu tedavileri alan hastaların emzirmeyi kesmeleri gerekmektedir.

1.4.3. Hamilelik ve Emzirme

Radyonüklid tedavi sonrası hamilelik düşünen kadınların vücudundaki rezidüel radyoaktivitenin 1 mGy'lik potansiyel fetal dozu geçmemesi önerilir. Placentadan geçen ya da komşu organlarda tutulan radyofarmasötiklerin yaydığı ışınlar ile fetus radyasyona maruz kalır. Gebe ya da fôtusun radyasyondan etkilenimi önlemek için dikkat edilmesi gereken başlıca kurallar;

1. Tüm tedavi ve teşhis uygulamalarında hastanın hamilelik durumu mutlaka sorgulanmalı ve gerekli tetkikler yapılmalıdır.
2. Gebe gereksiz radyasyondan korunmalıdır.
3. Radyasyonla çalışan sağlık personeli anne ve fôtusun alacağı dozu en aza indirmek için gereken önlemleri bilmeli ve uygulamalıdır.
4. Radyoaktivite alması zorunlu zorunlu durumlarda gebeye ve gönderen hekime olası riskler anlatılmalı, fayda-zarar ilişkisi değerlendirilmelidir.
5. Gebeden ve/veya yakınlarından bilgilendirildikleri ve riskleri kabul ettiklerini içeren yazılı onay alınmalıdır.

Tablo3: Tanısal veya tedavi amaçlı radyoaktif madde uygulanan kadınlarda hamilelikten kaçınma süreleri.

Radyofarmasötik	Aktivite (MBq)	Süre (ay)
Tanısal İşlemler		
Yarı ömrü <7 gün olan tüm radyofarmasötikler		0
I-131 MIBG	20	1
I-131	400	4
Tedavi		
I-131 (tirotoksikoz)	800	4
I-131 (tiroid kanseri)	5000	4
I-131 MIBG	4000	3
Y-90 Kolloid (intraartiküler)	400	0
⁸⁹ Sr-klorid	150	24

Emziren anneye sütle atılan radyoaktif madde verilmiş ise bebek bu yolla radyasyona maruz kalacaktır. Emziren kadınlar için temel kurallar:

1. Teknesyum 99m işaretli radyofarmasötikler uygulanan emziren hastalar 24 saat süresince sütlerini sağlamalı ve atmalı daha sonra normal emzirmeye devam etmeli
2. Diğer radyofarmasötiklerin süte geçmesi nedeni ile emzirme yasaklanmalı
3. Bu kurallara uyulmasında sorun olması durumunda Nükleer Tıp Uzmanına başvurularak bilgi alınmalıdır.

1.4.4. Hamile Personel

Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği'nin 12. maddesine göre; Hamile radyasyon görevlileri için (29 Eylül 2004 tarih ve 25598 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan Radyasyon Güvenliği Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik ile değiştirilmiştir), hamileliği

belirlenmiş kadın çalışan, çalışma şartlarının yeniden düzenlenebilmesi amacıyla yönetimi haberdar eder (05.07.2012 tarih ve 28344 sayılı Resmi Gazetede yayınlanan Sağlık Hizmetlerinde İyonlaştırıcı Radyasyon Kaynakları İle Çalışan Personelin Radyasyon Doz Limitleri ve Çalışma Esasları hakkındaki yönetmelik gereği Hamilelik durumu ortaya çıkan personel, bu durumunu ilgili birim amirine derhal yazılı olarak bildirir, hükmü getirilmiştir). Hamileliğin bildirilmesi kadın çalışanın çalışmasına engel teşkil etmez, gerekiyorsa çalışma koşulları yeniden düzenlenir. Bu nedenle, doğacak çocuğun alacağı dozun mümkün olduğu kadar düşük düzeyde tutulması sağlanır ve toplum için belirlenen doz sınırlarına uyulur. Emzirme dönemindeki kadın çalışanlar, radyoaktif kontaminasyon riski taşıyan işlerde çalıştırılmaz.

1.5. Radyoaktif Atıklar

Radyoizotop ve radyoaktif atıkların bekletilmesi ve izolasyonu için KTÜ Başhekimliğince Nükleer Tıp Anabilim Dalına özel, kilitli, Radyoaktif Atık Deposu tahsis edilmiştir. Genel olarak nükleer tıp laboratuvarlarında uygulanan yöntem ve radyoaktif kaynağa bağlı olarak;

Kuru ve katı radyoaktif atık

Sıvı atık

Biyolojik ve keskin atıklar

Havaya yayılan atıklar bulunabilmektedir.

1.6. Radyoaktif Atıkların Yönetimine İlişkin NDK Tarafından Belirlenen Hususlar

1.6.1. Katı Radyoaktif Atıkların Biriktirilme ve Bekletilmelerinde Uyulması Gerekli Hususlar

Günlük çalışmalar için kullanılacak olan katı radyoaktif atık biriktirme kabının kapağı ayak pedalı ile açılır olmalıdır. Kapağın açılması ve kapanması için el kullanılmaz. Kullanılan radyoaktif maddenin yaydığı radyasyon tipine ve enerjisini göre atık biriktirme kabının iç kısımları, kapağı ve tabanı da dahil olmak üzere uygun malzeme ile zırhlanmalıdır. Kabın dış kısmında uluslararası, standart radyasyon uyarı işareti bulunmalıdır. Kabın büyüklüğü ve geometrik şekli oluşan radyoaktif atığın miktarına göre ayarlanmalıdır.

Yukarıda belirtilen özelliklere sahip atık biriktirme kabının içerisinde yeterli büyüklükte ve uç kısımları kabın üst kısmından dışarı taşacak şekilde bir plastik torba yerleştirilir.

Radyoaktif katı atık biriktirme kabının bulunduğu ortamda, radyoaktif olmayan katı atıklar için ayrı bir biriktirme kabı bulundurulur. Radyoaktif olmayan atıklar hiçbir şekilde radyoaktif atık kutularına atılmazlar. Şüpheli atıklar radyoaktif atık kabul edilir.

Biriktirme kabı dolduğunda plastik torbanın ağzı sıkı şekilde bağlanarak etiketlenir.

Radyoaktif atık içerisinde tehlikeli kimyasal maddeler veya başka zehirleyici maddeler karıştırılmaz. Ancak kaçınılmaz olarak meydana gelen karışımlar etiketler üzerinde belirtilir.

Torbalar, uzun süreli atık bekletme yerlerine nakledilerek üzerlerindeki etiketlere göre bekletilir. Uzun süreli atık bekletme yerleri bina içerisinde bodrum katı gibi insanlar tarafından fazla kullanılmayan bir oda şeklinde olabileceği gibi bina dışında girişi kontrollü ayrı oda şeklinde de yapılabilir. Buharlaştırma yapabilecek atıklar için havalandırma sistemi sağlanır.

Katı radyoaktif atıklar uzun süreli atık bekletme yerlerinde plastik depoların yüzeylerindeki radyasyon doz şiddeti 1 μ Sv/saat değerine düşüncüye kadar bekletilir. Bu koşullar sağlandıktan sonra atıkların imha yöntemi hakkında bilgi almak üzere NDK'ya başvurulmalıdır.

1.6.2. Sıvı Radyoaktif Atıkların Biriktirilmesi ve Bekletilmelerinde Uyulması Gereklili Hususlar

Sıvı radyoaktif atıklar, aşağıda belirtilen hususlar sağlandıktan sonra, belirtilen aktivite sınırlarına göre kanalizasyon sistemine gönderilebilir.

1.6.3. Uyulması Gereklili Hususlar

Sıvı radyoaktif atıklar, ünite içerisinde belirlenecek ve altında (T) dirsek olmayan bir lavabodan kanalizasyona bırakılır. Bu lavabo uluslararası, standart radyoaktif madde sembolü ile işaretlenir. Bu lavaboda radyoaktif olmayan çalışmalar yürütülemez.

Kanalizasyona bırakılacak bütün radyoaktif sıvılar su içerisinde çözülebilir ve dağılabilir özellikte olmalıdır. Radyoaktif sıvı, çözünmeyen katı parçacık veya tortu bulunduruyorsa, kanalizasyona bırakmadan önce filtre edilir. Filtre malzemesi katı atık olarak işleme tabi tutulur.

Asidik çözeltiler kanalizasyona bırakılmadan önce nötralize edilirler.

Kanalizasyona bırakılan sıvı, zehirli maddeleri veya diğer eczaları bulunduruyorsa kanalizasyona bırakılmadan önce bölgesel yetkili otoritelerden (belediye) izin alınır.

1.6.4. Kanalizasyona Bırakma Sınırları

Sadece H-3 (trityum) ve/veya C-14 (karbon-14) içeren sintilasyon çözeltilerinin radyoaktivite konsantrasyonları 100 Bq/ml değerini aşmıyorsa kanalizasyon sistemine bırakılabilir.

İlk maddede belirtilen sınırların dışında sıvı atıklar için radyoaktivite değerleri aşağıda verilmiştir.

Kanalizasyon sistemine her bir göndermede radyoaktivite miktarı 1 ALImin değerinden fazla olamaz.

Her bir laboratuarda veya eşdeğeri üniteden her ay kanalizasyona gönderilecek olan toplam aktivite 10 ALI min değerini geçemez.

Bu değerler hiçbir zaman ayda 100 MBq değerinden fazla olamaz.

Bu değerlerdeki radyoaktif sıvılar, kanalizasyona bırakılmaları sırasında en az 10 katı su ile seyreltilir.

Radyoaktif sıvı atığın birden fazla radyonüklid bulundurması halinde kanalizasyona gönderilecek toplam radyoaktivite aşağıdaki şekilde hesaplanır.

1.7. Tehlike ve Acil Durum Nedenleri

1. Yangın, deprem, patlama ve benzeri acil durumlar,
2. Siparişi verilen radyoaktif maddenin zamanında merkeze ulaşmaması,
3. Kullanılan radyoaktif maddenin çalışma alanı dışında bulaşmaya sebep olacak şekilde dökülüp saçılması,
4. Kullanılan radyoaktif maddenin çalışanların vücuduna bulaşması,
5. Radyoaktif maddenin çalınması veya kaybolması,
6. Hastalara yanlış radyofarmasötik veya yanlış doz uygulanması,
7. Radyo iyot tedavisi görmüş hastalara acil müdahale gerekmesi veya ölmesi durumu, NDK tarafından tehlike durumu veya olağandışı durumlar olarak değerlendirilir.

1.8. Tehlike Durumu ve Olağandışı Durumlarda İzlenecek Yöntemler

1.8.1. Yangın, Deprem, Patlama Gibi Acil Durumlar

Uygulama merkezinde yangın olması durumunda; elektrik ana şalterden kesilmeli, tüm cihazlar kapatılarak hasta oda dışına çıkartılmalıdır.

Yangın söndürme cihazı kullanılarak yangına müdahale edilmelidir. Müdahale sırasında radyasyon kaçaklarına karşı itfaiyeye rehberlik yapılmalıdır.

Kurtarma işlemini yapacak olan teknik personel, radyoaktif maddelerin bulunduğu alanlar ve acil durumlarda radyasyonun sebep olabileceği tehlikeler hakkında bilgilendirilir ve uyulması gereken hususlar belirlenir. Bu gibi acil durumlarda, derhal hastane yönetimi haberdar edilerek gerekli önlemler alınır. Radyoaktif maddeler korucu kaplarının içinde taşınır. Ancak, ortamda doğal düzeyin üzerinde radyasyon bulunması halinde bile kurtarma ve ilkyardım işlemleri hiçbir şekilde engellenmez.

Kaza ile ilgili tüm kayıtlar ve raporlar muntazam bir şekilde tutulmalı ve NDK-RGD veya ÇNAEM sağlık bölümüne bildirilmelidir.

1.8.2. Sipariş Edilen Radyoaktif Maddenin Gelmemesi

Sipariş edilmiş olan radyoaktif madde, belirtilen zamanda veya kabul edilebilir bir zaman geçmiş olmasına rağmen gelmemişse; önce hastanedeki tüm olasılıklar kontrol edilir, sonra firma aranarak siparişin gelmediğini bildirilir, böylece firma radyoaktif maddenin izini takip ederek, nerede olduğunu bulabilir. Bulunamadığı takdirde NDK'ya haber verilir.

1.8.3. Az Miktarda Radyoaktif Madde Dökülmesi (Minör Kontaminasyon)

Dökülen sıvının üzerine hemen emici bez veya kâğıt konularak yayılmasını önlenir, çevresi işaretlenir ve üzerinden geçişler engellenir.

Temizlik esnasında mutlaka eldiven giyilir ve bulaşmış malzemelerin ve ıslak kâğıtların içine konulabileceği, plastik bir torba bulundurulur.

Dökülen maddenin üzerine konulmuş olan bez veya kâğıt alınır ve bir havlu ile bulaşma alanı dıştan içe doğru olmak üzere kurulanır.

Alan iyice kurulandıktan sonra temizleme malzemeleri (dekontaminasyon ilaçları) ile ıslatılmış kâğıt havlu ile silinir.

Havlunun radyoaktivitesi uygun ölçüm cihazı kullanılarak kontrol edilir. Ortam sayımının iki katını geçen sayımlar, bulaşma olduğunun göstergesidir. Bulaşma bulunuyorsa, kâğıt havlularla temizlemeye devam edilir. Yumuşak bir temizleyici sıvı kullanılabilir ancak aşındırıcı temizleyicilerden sakınmalıdır. Temizlik sonunda silme testi tekrarlanır.

Temizleme ve silme testi, silme işlemi yapılan havludaki radyasyon düzeyi, ortam sayımının iki katından daha küçük bir değere ulaşmıncaya kadar devam ettirilir.

Radyasyon korunması görevlisi durumdan haberdar edilir.

1.8.4. Fazla Miktarda Radyoaktif Madde Dökülmesi (Majör Kontaminasyon)

(Radyoaktif madde şişesinin kırılması, dökülmesi, hastanın idrarını kaçırmaması, kusması durumu vb)

Odadaki herkes kapıya gider, ayakkabılar ayaklar kullanılarak çıkarılır ve kapı dışına çıplak ayakla çıkılır. Şayet dökülen maddeye değmişse eldivenler ve koruyucu giysiler çıkarılır ve bulaşma olasılığı olan diğer eşyalarla bir arada bırakılır. Kapı kapatılır.

Yardım çağırılır, şayet duyan olmazsa, ancak yalnız bir kişi radyasyon korunması görevlisini çağırarak ve bir uygun ölçüm cihazı bulacak birisini bulabilmek için bir yere kadar yürüyebilir

Uygun ölçüm cihazı kullanılarak, odada bulunan herkesin el ve ayaklarına özellikle dikkat edilerek, bütün vücutlar ölçülür.

Bulaşmış giysiler hemen çıkarılır ve büyük plastik torbalara veya başka uygun kapların içine konularak radyoaktif atık işlemi uygulanır.

Eğer cilt radyoaktif madde ile bulaşmış ise, yumuşak bir sabun ve bol su ile yıkanır, sert fırça ve tahriş edici sabun kullanılmaz. Yıkandıktan sonra tekrar uygun bir ölçüm cihazı ile vücut ölçümü yapılır. Ortam sayımının üzerinde olmayan değerler alınmıncaya kadar yıkanma ve ölçme işlemi tekrarlanmalı veya üç kez yıkandıktan sonra ölçüm değerleri değişmiyorsa yıkanmaya son verilmelidir. Mümkün olursa yıkanmalar arasında nemlendirici losyon kullanılmalıdır.

Genel vücut bulaşmalarında, tüm vücut ölçülür ve yüksek bulaşma bölgeleri işaretlenir. Bulaşmamış tüylü bölgelerin bulaşmamasına ve vücut açıklıklarına dikkat edilerek hızlıca duşa girilir, bol su ve sabun ile yıkandıktan sonra tekrar ölçüm alınır.

Radyoaktif madde göze sıçramış ise, bol su ile ve serum fizyolojik ile durulanır ve durulama suyu ölçülür. Temizlik sağlandıktan sonra göz tahrişi için önlem alınır.

Saçlarda bulaşma varsa, yumuşak bir deterjanla en iyi şekilde temizlenir. Saçları yıkarken sabunlu suyun gözlere, kulaklara veya ağza girmemesine özen gösterilmelidir. Tıraş yapılmamalıdır.

Olay mutlaka kayda geçirilmeli ve tekrarlanmaması veya yaygınlaşmaması için alınması gerekli ilave önlemler belirlenmelidir. Temizleme işlemi başarılıyorsa NDK'ya haber verilmelidir.

1.8.5. Radyoaktif Maddenin Çalınması veya Kaybolması

Radyoaktif maddenin bulunabilmesi için araştırma başlatılmalı ve NDK'ya haber verilmelidir. Aranılan radyoaktif madde bulunduğu, taşıma kabının hasar görüp görmediği incelenmeli ve orijinal aktivitenin bulunup bulunmadığı kontrol edilmelidir. (Yarılanma süresi göz önünde tutulmalıdır) Kabin zarar görmüş olması ve aktivite miktarının azalmış olması durumunda NDK'ya haber verilmelidir.

1.8.6. Yanlış Radyofarmasötik veya Yanlış Doz Uygulanması

Yanlış hastaya radyofarmasötik verilmesi, hastaya yanlış dozda radyofarmasötik verilmesi, hastaya yanlış radyofarmasötik verilmesi veya radyofarmasötik yanlış yöntemle uygulanması gibi durumlarda hastanın en az zararı görmesi için gerekli müdahale yapılmalı ve bu durumların kayıtları tutulmalıdır. Tedavi uygulamalarında uygulanması gereken dozun %10'undan fazlasının, teşhis uygulamalarında ise uygulanması gereken dozun %50'den fazlasının uygulanması yanlış doz verilmiş olduğunu gösterir.

1.8.7. Radyo İyot Tedavisi Görmüş Hastalara Acil Müdahale Gerekmesi ve Ölmesi Durumu

I-131 tedavisi gören hastanın vücudunda yüksek aktivite bulunduğu esnada, acil tıbbi müdahale gerektiği durumlarda müdahaleyi yapacak olan personel radyasyondan korunmak ve kontaminasyonun önlemek için alınacak önlemler hakkında bilgilendirilmeli ve gerekli korunma giysileri kullanılmalı ve müdahale esnasında çalışma alanında çevresel radyasyon ölçümleri alınmalıdır. Hastanın ölümü halinde hastanın vücudundaki aktivite müsaade edilen sınır düzeyine düşünceye kadar bekletildikten sonra defin işlemleri yapılmalı ve hasta yakınları radyasyondan korunmak için alınacak önlemler hakkında bilgilendirilmelidir. Otopsi

yapılması gereken durumlarda vücuttaki aktivite otopsi yapacak olan kişileri etkilemeyecek düzeye düşünceye kadar beklenmelidir.

1.8.8. Tehlike Durumu ve Olağan dışı Durumlarda Tutulacak Kayıtlar

KTÜ Tıp Fakültesi Farabi Hastanesin’de herhangi bir tehlike durumuyla karşılaşıldığında olayı açıklayan bir rapor tutulmalıdır. Bu raporda tehlike durumunun sebepleri, tehlike durumuna sebep olan radyoaktif maddenin cinsi, aktivitesi, bulaşma şekli, etkilenen kişi sayısı, kişilerin almış oldukları dozlar, bulaşıklığın giderilmesi için alınan önlemler, vb. bilgiler bulunmalı ve kayıtlar istendiğinde NDK’ya verilmelidir.

1.8.9. Tehlike Durumu ve Olağandışı Durumların Yöntemi

a) TEHLİKE DURUMU VE OLAĞANDIŞI DURUMLARDA SORUMLU OLACAK KİŞİLER:

	Hastane Yönetimi Sorumlusu	Nükleer Tıp Birimi Sorumlusu
Adı ve Soyadı	Prof. Dr. Celal Tekinbaş	Prof. Dr. Bircan SÖNMEZ
Görevi	Başhekim	Nükleer Tıp Anabilim Dalı Başkanı
Eğitimi	Öğretim Üyesi (Tıp Doktoru)	Öğretim Üyesi (Tıp Doktoru)
Telefon No	0 462 377 54 54	0 462 377 53 39
Adres	KTÜ Tıp Fakültesi Farabi Hastanesi TRABZON	KTÜ Tıp Fakültesi Farabi Hastanesi Nükleer Tıp AD TRABZON

b) TEHLİKE DURUMU VE OLAĞANDIŞI DURUMLARDA GÖREV ALACAK KİŞİLER

Adı ve Soyadı	Görevi	Eğitimi	Telefon No
Prof. Dr. Bircan SÖNMEZ	Öğretim Üyesi (Tıp Doktoru)	Tıpta Uzmanlık	0533 641 85 31
Dr. Öğr. Üyesi Seyid Ahmet ERTÜRK	Öğretim Üyesi (Tıp Doktoru)	Tıpta Uzmanlık	0507 414 38 41
Bilgin ÇAKMAK	Sağlık Teknisyeni	Lisans	0533 235 39 57
Şenol ERAYDIN	Laborant	Yüksek Okul	0546 262 80 14

*Gerekli acil önlemleri almak, radyasyon ölçümlerini yapmak, bulaşmayı temizlemek, vb. işlerden sorumlu kişiler.

1.8.10. Tehlike Durumunda Kullanılacak Radyasyon Ölçüm Cihazı

Marka: Biodex, Radyasyon Monitörü

Model: TBM- 3 Seri No: 8217

2. Radyasyon Onkolojisi

2.1. Lineer Hızlandırıcı Cihazı için Tehlike ve Olağan Dışı Durumlarda İzlenecek Yöntemler

2.1.1. Lineer Hızlandırıcı Cihazında Çalışma Prensipleri

- Cihaz eğitim almış deneyimli teknisyen ve fizikçiler tarafından kullanılmalıdır.
- Cihaz bakım-onarımı lisanslı ve eğitilmiş kişilerce yapılmalıdır.
- Cihaz ilk açıldığında sorumlu teknisyen tarafından havalandırma, soğutma sisteminin çalışıp çalışmadığı, su sıcaklığı, basıncı, seviyesi, gaz basıncı kontrol edilmelidir.

- Cihazın bulunduğu oda sıcaklığı ve basıncı kontrol edilerek kayıt tutulmalıdır.
- Gantri ve kolimatör 0°'ye getirilmelidir.
- Elektron ve foton enerjilerinde sabah kontrolleri sorumlu teknisyen tarafından yapılmalıdır.
- Cihazın mekanik kontrolleri sorumlu teknisyen tarafından yapılmalı ve sorumlu fizikçiye onaylatılmalıdır.
- Foton enerjileri için 5 cm derinlikte, elektron enerjileri için d max derinliğinde doz verimi kontrolleri yapılmalıdır. Sonuçlar sorumlu fizikçiye bildirildikten sonra hasta tedavisine başlanmalıdır.
- Tedaviler bittikten sonra cihaz gantri ve kolimatör 90°'de STANBY konumuna getirilmelidir. Bilgisayarlar kapatılmalıdır.
- Hasta tedavisi ayarlanırken gantri ve masa hareketleri sırasında çarpma ve vurmalara dikkat edilmelidir (gantrinin çarpabileceği veya sıkışabileceği materyallerin olmamasına dikkat edilmelidir).
- Tedavi sırasında herhangi bir çarpma ve sıkışma durumunda acil durum butonları kullanılarak hastanın ve tedavinin zarar görmesi engellenmelidir.
- Hasta tedavi süresince teknisyenler tarafından monitörden izlenmeli ve tedaviyi hatalı hale getirecek koşulların oluşmasına izin verilmemelidir.
- İlk hasta tedavilerinde sorumlu fizikçi ve sorumlu doktora haber verilmeli ve tedavi bu koşullarda gerçekleştirilmelidir.
- Tedavi boyunca belirtilen günlerdeki hasta kontrollerinin yapılmasına dikkat edilmelidir.
- Tedavi boyunca hastada beklenmedik reaksiyonlar için sorumlu fizikçi ve sorumlu doktor haberdar edilmelidir.
- Emin olunamayan hiçbir hasta set-up'ı ve tedavisi gerçekleştirilmemelidir. Böyle durumlarda sorumlu fizikçi ve sorumlu doktor haberdar edilmelidir.
- Cihaz arıza ve hata mesajları gün, saat ve oluşma koşulu laboratuvar bulundurularak kayıt edilmeli ve bakım-onarım sözleşmesi olan firmaya sorumlu fizikçi denetiminde haber verilmelidir.

- Cihazın günlük, aylık, 3 aylık, 6 aylık ve yıllık kontrolleri düzenli olarak yapılmalı ve kayıtları saklanmalıdır.
- Herhangi bir arıza ve bakım sonrası cihazın tüm kontrolleri sorumlu fizikçi ile birlikte yapıldıktan sonra hasta tedavisi başlamalıdır.
- Cihaz ile ilgili tüm dokümanlar gerektiğinde kullanılabilir şekilde uygun yerlerde bulundurulmalıdır.
- Tedavide kullanılan yardımcı cihazlar (kol tutacağı, kurşun bloklar, yasta yatakları, vs.) uygun koşullarda yerleştirilmelidir. Hasar görenler sorumlu fizikçiye ve doktora bildirilerek tedavi koşulları yeniden sağlanmalıdır.
- Cihaz odası çalışma koşullarını kolaylaştıracak şekilde düzenlenmeli ve tedavi boyunca hasta ve çalışanı rahatsız edecek ayrıntılar bulundurulmamalıdır.
- Cihazda bulunan bilgisayarlara dışarıdan hiçbir disket veya CD takılmamalıdır.
- Temel prensip güvenli, doğru ve sistemli çalışma olmalıdır.

2.1.2. Lineer Hızlandırıcı Cihazı için Tehlike Durum Planı

Yangın

- Işınlama süresi kaydedilerek cihaz durdurularak hasta tedavi odasının dışına çıkarılmalıdır. Durumdan bölüm sorumlusu ve ilgili fizikçi haberdar edilerek hastane sorumlusu bilgilendirilmelidir.
- Yangın alarmı düğmesine basılarak bölüm boşaltılmalıdır.
- Elektrik ana şalterden kapatılmalıdır.
- Eldeki yangın söndürücülerle yangına müdahale edilirken; yangın durumuna göre 110 numaradan itfaiye haberdar edilmelidir.
- İtfaiye görevlilerine yol gösterilmelidir.
- Cihazlar yangından hasar görmüş ise NDK-RGD ve ÇNAEM aranarak haberdar edilmelidir.
- Sorumlu kişi ayrıntılı raporları hazırlayarak NDK'ya göndermelidir.

- Yangın halinde elektrik ve binada kullanılan materyale uygun söndürücü kullanılması ve yangın söndürücülerin periyodik kontrollerinin yapılması gereklidir. Yangın söndürücüler kolay ulaşılabilir yerlerde bulundurulmalıdır. Tüm çalışanlar yangın anında yapılacak işlemler konusunda eğitilmelidir.

- Olay sonrası cihaz çalıştırılmadan önce genel bakımdan geçmeli, kalite kontrol ve doz ölçümleri yapılmalıdır.

Su Basması

- Tedavi odasının zemin ve kablo kanallarına su girmiş, kablolar ıslanmış ise cihaz kesinlikle çalıştırılmamalıdır.

- Elektrik ana şalterden kesilmelidir.

- Suyun boşaltılmasını takiben sorumlu teknik personel tarafından cihazın kontrolleri yapılmalıdır.

- Hasta tedavi odasında iken su basarsa cihaz hemen kapatılmalı ve hasta dışarı alınmalıdır.

- Elektrik ana şalterden kesilmelidir.

- Sorumlu kişilere, hastane sorumlusuna ve yetkili firma elemanlarına haber verilmelidir.

- Hasar tespiti yapılarak ve gerekli raporlar hazırlanmalı ve NDK'ya gönderilmelidir.

Deprem

- Tüm çalışanlar deprem anında yapılacak işlemler konusunda eğitilmelidir.

- Depremün tedavi sırasında olması halinde; çalışan kişiler asla paniğe kapılmamalıdır. Işınlama hemen durdurulmalıdır. Bu işlem sırasında sadece ışın kesilmeli, sistemin elektriği kesilmemelidir. Aksi halde cihaza müdahale etmek imkânsız hale geleceğinden hasta masası hareket ettirilemez.

- Hastaya sakin olması söylenmelidir.

- Güvenli bir yerde sarsıntının geçmesi beklenmelidir.

- Sarsıntı geçer geçmez hasta derhal tedavi odasından dışarı alınmalı ve ana şalterden elektrik kesilmelidir.

- Sorumlu kişilere haber verilmelidir.
- Hasar tespiti yapılmalıdır.
- Bina hasar görmüş ise itfaiye ve polisten yardım istenmelidir.
- Cihazın koruyucu zırhı hasar görmüş ise NDK'dan yardım istenmelidir.
- Herhangi bir hasar yoksa ilgili firma elemanlarıyla birlikte cihazın tüm parametreleri kontrol edilmelidir.
- Deprem sonrası ayrıntılı rapor hazırlanarak NDK'ya gönderilmelidir.
- Depremi tedavi saatleri dışında meydana gelmesi durumunda; hasar tespiti yapılır, cihaza ait parametreler kontrol edilir, durum NDK'ya rapor edilir.

2.2. BT Simülâtör Cihazı için Tehlike ve Olağan Dışı Durumlarda İzlenecek Yöntemler

2.2.1. BT Simülâtör Cihazında Çalışma Prensipleri

Cihaz ile İlgili Olarak;

- Öncelikle UPS açılarak şebekenin cihaza gelmesi sağlanmalıdır.
- Ana şalterden açma düğmeleri devreye sokulduktan sonra, bilgisayar sistemi açılmalı ve skopi ekranına elektrik gelip gelmediği kontrol edilmelidir.
- Bilgisayar sistemi açılırken; ilk açılışta bilgisayar şifresi konulmadığı için “tamam” veya “iptal” denilerek geçilebilir.
- Bilgisayar açıldıktan sonra, programa girmek için kullanıcı “service”, şifre “3” olarak girilmeli ve programın açılması sağlanmalıdır.
- Bu sırada içeride maske eritme potasının açılıp açılmadığı kontrol edilmelidir. İçerisindeki su miktarının yeterli seviyede olması sağlanmalı, eğer su çok kirlenmiş ise simülasyonlar bittikten sonra bütün su boşaltılıp temiz su ile değiştirilmeli ve ertesi güne hazır durumda bırakılmalıdır.
- Mobil konturmetrede kullanılmak üzere hazırda kâğıt bulunmasına dikkat edilmelidir.
- Simülâtör cihazının günlük kalite kontrol formlarının her gün cihaz açıldıktan sonra düzenli olarak yapılması gerekmektedir. Değerlerde limit dışında düzensizlikler olduğunda sorumlu

fizikçiye haber verilmelidir. Son olarak hasta alınmadan önce cihazın skopi yapıp yapmadığı ve görüntü kalitesinin durumu kontrol edilerek cihaz hasta alır duruma getirilmelidir.

- Akşam mesai bitiminde simülâtör odası ertesi güne hazır olacak şekilde bütün kullanılan malzemeler yerlerine kaldırılmalı ve Gantry 0° olacak şekilde cihaz kapatılmalıdır. Maske eritme potasının (potanın içerisinde maske bırakılmamalıdır), banyo cihazının kapalı olup olmadığı kontrol edilmeli ve içerideki ısıtıcılar açıksa mutlaka kapatılmalıdır.

Hasta Alımı ile İlgili Olarak;

- Simülâtör randevu defterinden o güne ait hastaların listesi alınmalı ve randevu saatinde hastanın doktoru ile iletişime geçilerek simülasyona başlanmalıdır.

- Öncelikle hastanın dikkatli bir şekilde masaya yatması sağlanmalıdır. Maske yapılırsa baş veya baş-boyun olmak üzere hastadan sorumlu asistanı ile birlikte hastaya açıklama yapılarak maske hazırlanmalıdır.

- Simülasyon işleminin hangi cihaza göre yapılacağı doktorundan öğrenilerek, sistem ona göre ayarlanmalıdır (SSD, alan göstergesi tepsisi).

- Filmler çekildiğinde FFD mesafesi ve diğer gerekli bilgilerin film üzerine yapıştırılan etikette olmasına dikkat edilmelidir.

- Eğer hastanın konturu alınacaksa simülasyon işlemi bittikten sonra kontur alımı tamamlanmalıdır.

- Hastanın tedavi randevusu hangi cihazda tedaviye başlayacaksa cihaza ait teknisyen ile görüşülerek saati hastaya ve ilgili kişilere bildirilmelidir.

- Hastaya ait filmler, tedavi dosyası ve varsa konturunun sorumlu fizikçiye ulaşması sağlanmalıdır.

- Hasta işlemleri bittikten sonra yakınları çağırılarak güvenli bir şekilde odadan çıkması sağlanmalı ve hastanın odada tek başına bırakılmamasına özen gösterilmelidir.

- Gerekli düzenlemeler yapıldıktan sonra diğer hasta alımı için doktoru ile iletişime geçilmelidir.

- Sorumlu teknisyen mesai saatleri içerisinde daima cihazı başında bulunmak zorundadır.

2.2.2. BT Simülâtör Cihazı için Tehlike Durum Planı

Tehlike ve Acil Durum Nedenleri, Olası tehlikeler Elektrik Arızası, Yangın, Deprem, Su basması Simülasyon sırasında odaya girilmesi

- Yukarıda belirtilen kaza durumlarında Simülatörün bütün fonksiyonlarını durdurabilen kırmızı renkli acil butonları, kumanda paneli üzerinde ayrıca odanın prizleri de dâhil tüm elektrik akımını kesen acil düğmesi kumanda odası duvarında bulunan elektrik panosunda bulunmaktadır. Ayrıca sadece masanın elektrik akımını keserek masanın hareketini durduran butonlar, masanın her iki yanında bulunan panel üzerinde bulunmaktadır.

- Kaza halinde görevli kişi acil butonları ile cihazın elektrik akımını keserek hastayı hızla odadan dışarı çıkarmalı ve derhal yetkili kişilere haber vermelidir.

- Yangın durumunda acil butonları ile cihazın elektrik bağlantısı kesilir. Acil yangın çıkışı kapısının yanında iki tip yangın tüpü vardır. Elektrikli cihazların söndürülmesi gerekiyorsa halokarbon yangın tüpü ile değilse normal yangın söndürme tüpü ile müdahalede bulunulur. Ana şalter kapatılarak tesisin elektrik akımı kesilmiş olur.

- Simülatör odasının kapısı üzerinde bulunan kırmızı radyasyon uyarı lambası hasta simülasyonu sırasında yanar. Bu durumda oda kapısı hiçbir şekilde açılmamalı simülasyon işlemi bitiminde ışığın sönmeye beklenmelidir.

Kaza Durumunda İzlenecek Yöntemler:

- Kaza gerçekleştiğinde, çalışanların ve hastaların kazayı hangi şiddette yaşadıkları araştırılır. Radyasyona maruz kalıp kalmadıklarının tespiti için derhal yetkili otoriteye haber verilir. Simülatör cihazında mekanik ve fiziksel kontroller yapılarak hasar tespiti yapılır. Cihazın bakım ve onarımından sorumlu servis ile temasa geçilerek cihazın parametrelerinde değişiklik olup olmadığı, ışın çıkış şiddeti ve görüntüleme fonksiyonlarının durumu araştırılır. Simülasyon işlemine başlamadan önce cihazın bütün kalite kontrol testleri yapılarak kabul edilebilir seviyede olduğu tespit edildikten sonra, hasta simülasyonuna izin verilir.

Kaza Durumunda Başyurulacak ve Müdahalede Görev Alacak Personel:

- Kaza yâda olağanüstü durum sorumlu kişilere bildirilerek halledilebilecek türde ise dâhili telefon numaraları aranarak yardım istenir.

3. Radyoloji

3.1.Radyoloji Departmanında NDK Tarafından Uyulması İstenilen Kurallar

3.1.1. Çalışanların Radyasyon Güvenliği İçin Uyulması Gereken Kurallar

Yıllık doz sınırları sağlığa zarar vermeyecek şekilde uluslararası standartlara uygun olarak, NDK tarafından radyasyon görevlileri için belirlenmiştir. Bu nedenle tanı amaçlı ışınlanmalarda, kişilerin alacağı radyasyon dozunun, NDK tarafından öngörülen rehber düzeylerinde kalacağı uygun çalışma koşulları sağlanmalıdır. Bu amaçla;

1. Exposure (radyasyona maruz kalma) faktörlerinin yanlış seçimi, yanlış pozisyon gibi teknik hatalar nedeniyle tetkik tekrarına yol açılmamalıdır.

2. Radyasyon kontrolünde; zaman, mesafe ve bariyerin önemini iyi anlaşılmalı ve pratikte kullanılmalıdır.

-Işınlama süresi arttıkça aynı oranda x-ışını miktarı artar.

-Mesafe ile radyasyon dozu ters orantılıdır (karesi oranında). Bir metre mesafede exposure 2 R ise, 4 metrede 0.125 R olur $\left(2R \times 1/4^2 = 0.125 R\right)$

-Kurşun veya beton bariyerler radyasyon korunmasında paravan oluştururlar.

3. Primer ışının yolunda kesinlikle durulmamalıdır. Koruyucu bariyer arkasında değil ise mutlaka kurşun önlük giyilmelidir.

4. Sürekli dozimetre kullanılmalı ve bunu kurşun önlüğün içine takmalıdır.

5. Çekim esnasında hastanın tutulması gerekli ise bu yakınlarına yaptırılmalıdır. Rutin olarak hastanın tutulması için hiç kimseyi görevlendirilmemelidir. Hastayı tutan kişiye kurşun önlük ve mümkünse kurşun eldiven giydirilmelidir.

6. Radyasyon dozunu azaltmak için incelemeler sırasında mümkün olan en küçük kolimasyon kullanılmalıdır.

7. Görevli tüm personel, tanı ve tedavinin gerektirdiği radyasyon güvenliği konularında eğitilmiş olmalıdır.

3.1.2. Hastanın Radyasyon Güvenliği İçin Uyulması Gereken Kurallar

1. Tanı ve tedavi amacıyla radyasyon uygulamalarının amacına ulaşması öncelikli olmak üzere hastanın radyasyon güvenliğini sağlamak üzere aşağıdaki hususlara uyulur.

- Hekimin yazılı kararı olmayan hiçbir ışınlama yapılamaz.

- Hastanın alacağı veya alması gereken doz miktarının tayini ve tıbbi ışınlama süresince hastanın radyasyon güvenliğini sağlamak üzere gerekli tüm bilgiler hekim tarafından yazılı olarak önceden belirlenir ve bunlar kesinlikle uygulanır.

- Kalibrasyon, dozimetri ve cihazların kalite kontrolü bu konuda yetkili kişilerin denetimi altında yapılır.

2. Radyolojik incelemelere aşağıdaki koşullarda izin verilir.

- Alternatif tekniklerle karşılaştırıldığında, radyasyonla yapılacak tanı ve tedavinin yararları radyasyonun hasarlarına göre daha ağırlık kazandığı durumlarda tıbbi ışınlamalar uygulanır.

- Mesleki, yasal veya sağlık sigortası amaçlı tıbbi ışınlamalar, sağlıkla ilgili belirgin bir beklenti olmadıkça ve uygulama tipi hakkında profesyonel kişi veya kuruluşların görüşleri alınmadan yapılamaz.

- Toplumun sağlık taramalarında radyolojik yöntemler ekonomik ve sosyal bedelin sağlık riskini karşılaması halinde ve kişiler için net bir yarar sağlayacak ise uygulanır.

- Sağlık kuruluşlarının Etik Komite önerileri ve yazılı onayları ile araştırma yapılacak kişinin yazılı onayı alınmadan araştırma amacıyla tıbbi ışınlamalarına izin verilemez.

3. Kişiye net bir yarar sağlamayan, alacakları doz ve risk hakkında kişilerin bilgilendirildiği, kişilerin ve Etik Komite'nin yazılı onayı alınmış araştırma amaçlı gönüllü ışınlamalarda, halk için bir yıllık en yüksek izin verilen doz düzeyi aşılamaz. Çok özel durumlarda NDK tarafından onaylanmak koşuluyla radyasyon görevlileri için izin verilen ortalama yıllık doz düzeyine izin verilebilir.

4. Gerek görülen hallerde tıbbi tanı ve tedavi altındaki hastalara gönüllü ve bilinçli olmak koşuluyla yardım etmek isteyen veya hasta ziyareti için gelen kişilerin alacakları etkin doz, tanı ve tedavi süresince 5 mSv değerini aşamaz.

5. Doğum çağındaki herkes için tetkike engel olmuyorsa gonad koruyucu kullanılmalıdır.

6. Kesin gereklilik mevcut değilse gebelikte inceleme yapılmamalıdır. Doğurgan kadında pelvis ve alt abdominal inceleme menstruasyondan sonraki ilk 10 günde yani gebelik şansının en az olduğu dönemde uygulanmalıdır. Gebelikte bu tip inceleme gebelik sonrasına veya mümkünse gebeliğin 2. yarısına ertelenmelidir.

3.1.3. Radyasyondan Korunmada Cihaz Kullanılmasında Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar

Radyografi Cihazları

- Radyografi tekrarlarından kaçınmak gerekir.

-Bazı tekrar nedenleri; Yetersiz pozisyonlandırma, uygun olmayan exposure faktörleri (aşırı ya da düşük doz), hasta hareketi, yetersiz kolimasyon, kaset ve ranforsatör hataları, banyo hataları, grid hataları, aynı kasete birden fazla exposure yapılması, yanlış bölgeye radyografi yapılması.

Kolimasyon

-Kolimatör, sadece ilgilenilen alanı içine alacak kadar açılmalıdır. Işın alanı ile film uyumuna dikkat edilmeli ve bu amaçla film boyutuna uygun kolimasyon sağlayan otomatik kolimatörler kullanılmalıdır.

-Kolimasyon, hastanın aldığı dozu azaltmasının yanı sıra saçılmanın azalmasına bağlı görüntü kalitesini de artırır.

Filtrasyon

-X-ışını tüpünden çıkan tanı değeri olmayan düşük enerjili ışınların vücuda ulaşmadan filtre edilmesi gerekir. Bu amaçla röntgen cihazındaki kaçınılmaz ve eklemeli filtrasyonun toplam miktarı 2,5 mm Al eşdeğeri olmalıdır.

Fokus-obje mesafesi

-Portabl incelemelerde 30 cm'den, fluoroskopide 45 cm'den, radyografide ise 100 cm'den az olmamalıdır.

Koruyucu bariyerler

-Radyografi cihazlarının primer ve sekonder koruyucu bariyerleri vardır ve teknisyenin aldığı doz bu şekilde en aza indirilmiştir.

Röntgen masaları

-Röntgen masalarının iyi ışın geçiren maddelerden yapılmış olması gerekir. Bu amaçla en sık “karbon fiber” kullanılır. Absorbsiyon özelliği az olan karbon fiber, oldukça dayanıklı bir maddedir.

Grid türü

-Çok yüksek oranlı gridlerin kullanılması hasta dozunu arttırır. Görüntü alıcı (film, ranforsatör ve dedektörler)

-Ranforsatörler hastanın aldığı dozu büyük oranda azaltırlar (%95). Yüksek hızlı ranforsatörler ve bunlara uyumlu filmlerin kullanılması, alınan dozu daha da azaltmaktadır. Bu nedenle nadir toprak ranforsatörler ve diğer hızlı ranforsatörlerin öncelikle seçilmesi gerekir.

Portabl röntgen cihazları

-Bu cihazlarda koruyucu bariyerler olmaması nedeniyle, birlikte koruyucu kurşun önlük bulundurulmalıdır. Bu cihazların ekspozür düğmeleri x-ışını tüpünden 180 cm'ye kadar uzaklaştırılabilmelidir.

Fluoroskopi ve Anjiografi Cihazları

- Bu cihazlar, radyografiden beklenen verileri elde etmek amacıyla kullanılmamalıdır.

-Görüntü kuvvetlendirici tüpü, hastanın aldığı dozu azaltmasının yansıra primer koruyucu bariyer gibi rol yapar.

-Görüntü tüpünün operatörün bulunduğu tarafta olması ve hastaya temas edecek kadar yakın olması gerekir.

-Bu cihazlarda kullanılan fluoroskopi düğmesinin basınca radyasyon veren, bırakınca radyasyonu kesen tipte olması daha avantajlı olmaktadır.

-Bu cihazlarda hastadan gelen radyasyonu azaltmak için koruyucu perdeler, koruyucu kurşunlu camlar kullanılabilir.

-Yine bu cihazlarda bulunan zaman uyarıcıları, toplam skopi süresini belirler ve beş dakikalık toplam skopi süresinde sesli sinyal verir.

-Floroskopi cihazları, masa üzerindeki x-ışını intanitesi 10 R/dk'yı geçmeyecek şekilde ayarlanmıştır.

-C kollu fluoroskopi ve anjiyografi sistemlerinde x-ışını tüpü masa üstünde ise çalışanın aldığı doz daha fazladır.

-Bu nedenle bu cihazlarla çalışırken x-ışını tüpü masa altında ya da çalışanın öbür tarafında olmalıdır.

-Hasta yakınında personelin durması gereken masa kenarlarında doz değerlerinin en yüksek olduğu unutulmamalıdır.

-Radyolojik tetkik esnasında personelin hastanın yanında bulunması gerekiyorsa, vücutlarını, troid ve gözlerini korumaları gerekir. Ters kare yasaının sonucu olarak, hastadan 3 metre uzaklık civarında saçılma düzeyleri hızla düşer ve kurşun önlük giymek gerekmez.

-Radyoloji personeli asla hastaları tutmamalıdır. Mümkün olduğunca mekanik tutma aygıtları kullanılmalı ya da hastanın yakını veya arkadaşından yardımcı olması istenmelidir. Bu yardımı yapacak kişiye de uygun koruma sağlanmalıdır.

Mamografi

-Mamografide radyasyonun oluşturduğu risk nedeniyle tarama amacıyla 35-40 yaşın üzerinde kullanılması ve taramada her bir meme için tek projeksiyonda inceleme yapılması önerilmektedir.

-Mamografi cihazlarında ranforsatörlerin kullanılması, hastanın aldığı dozu oldukça azaltmıştır.

-Görüntü kalitesi yüksek olan xeromammografi tetkikinde hasta daha fazla doz alır.

-Ranforsatör kullanılarak yapılan tetkikte her bir projeksiyon için meme dozu 40 mRad iken, xeromammografide meme dozu 370 mRad olmaktadır.

Bilgisayarlı Tomografi

-BT de kolime edilmiş x-ışını demeti kullanıldığı için saçılan radyasyon floroskopiye göre daha azdır.

-BT'de hasta dozu, ardışık kesitlerin aldığı dozun toplamı şeklindedir.

-Fakat saçılan radyasyon ve yetersiz kolimasyon bağlı olarak verilen radyasyon, ilgili kesit alanının dışına kısmen taşma göstermektedir.

-Bunun sonucu olarak taranan bölgenin almış olduğu total radyasyon miktarı, bir kesitte alınmış olan dozun üzerinde olmaktadır.

-Bir BT kesitinin radyasyon dozu, kesit alanı içindeki tüm dokulara yaklaşık olarak eşit oranda dağılır.

-Bu doz 1-10 rad arasında değişir.

-Bir BT kesitinde en yüksek dozu deri alır.

-Deri dozu vücudun merkezine oranla yaklaşık %20 daha fazladır.

-Ardışık kesitler alınan bir çalışmada, her kesitin aldığı radyasyon dozu, tek bir kesitte alınan doza göre %40 daha fazladır.

3.1.5. Kaza veya Tehlike Durumunda Yapılması Gerekenler

1. Radyasyon ile tanı amaçlı uygulamalarda dozun rehber düzeyin belirgin şekilde üzerine çıkması veya cihaz arızası, kaza, hata gibi nedenlerle hastanın beklenenden fazla doz alması durumunda;

-Hasta dozu belirlenir,

-Durum hakkında NDK bilgilendirilir,

-Durum hastaya, radyasyon korunması sorumlusuna ve ilgili doktoruna bildirilir,

-Önlemler ve hastanın durumuna göre yapılması gerekenler belirlenerek, uygulanması sağlanır.

- Tekrarlanmaması için önlemler alınır.

2. Tehlike durumu veya kaza durumlarında Radyasyon Güvenliği Komitesinin hazırladığı "Tehlike Durumu Planı" uygulamaya konulur.

3. Tehlike durumu veya kaza halinde alınması gerekli önlemler derhal yerine getirilir ve durum en hızlı haberleşme aracı ile NDK'ya bildirilir.

4. Tehlike durumu veya kaza sona erdikten sonra, kazanın oluş şekli radyasyon görevlilerinin ve diğer kişilerin maruz kaldıkları radyasyon dozları ve radyoaktif maddelerin vücuda alınış şekli ve nedeni araştırılarak, radyasyon görevlilerinin film ve/veya TLD dozimetre ve

gerekirse kromozom aberasyonu test sonuçları ile birlikte, sonuç bir raporla en kısa zamanda NDK'ya bildirilir.

5. Radyasyon kazasından sonra, yönetmelikte belirtilen sınırlar üzerinde radyasyona maruz kalan radyasyon görevlilerinin, eski görevlerine devam etmesinde bir sakınca bulunmadığının, resmi sağlık kuruluşu tarafından bir raporla belirlenmesi halinde, bu kişiler eski görevlerine devam edebilirler. Raporda eski görevine devamı sakıncalı görülen radyasyon görevlileri, sosyal ve ekonomik durumları, yaşları ve özel becerileri göz önüne alınarak radyasyona maruz kalmasını gerektirmeyecek başka bir görevde çalıştırılır.

6. Tehlike durumu ve kaza söz konusu olmamakla birlikte, doz sınırlarının aşılmasından şüphe edilmesi halinde konuya ilişkin araştırma ve sonuçlar bir raporla NDK'ya yazılı olarak bildirilir.

7. Radyasyon kaynaklarının kaybı, çalınması veya hasar görmesi halinde, ivedilikle gerekli önlemler alınır ve durum en hızlı haberleşme aracı ile NDK'ya bildirilir.

TEHLİKE DURUMU VE OLAĞANDIŞI DURUMLARDA ARANACAK NDK ACİL TELEFONLARI

NDK Acil Durum Bildirim Hattı.....**444 635 6**

İLGİLİ LİNKLER

- | | |
|--|--|
| -Karadeniz Teknik Üniversitesi Tıp Fakültesi Farabi Hastanesi | www.ktu.edu.tr/farabi |
| -Nükleer Denetleme Kurumu | www.ndk.org.tr |
| -International Atomic Energy Agency | www.iaea.org |
| -International Commission on Radiological Protection | www.icrp.org |
| -United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Rad. | www.unscear.org |
| -World Health Organization | www.who.int |