

Kalite Kontrol, Enstrümantasyon ve Radyasyon Güvenliği Komitesi Yönergesi

Hazırlayanlar

Meral Değer

Marmara Ün. Tıp Fak. Nükleer Tıp Anabilim Dalı

Mustafa Demir

İstanbul Ün. Cerrahpaşa Tıp Fak. Nükleer Tıp Anabilim Dalı

Mehmet İnce

GATA Haydarpaşa Eğitim Hastanesi Nükleer Tıp Anabilim Dalı

Suna Kıracı

Pamukkale Ün. Tıp Fak. Nükleer Tıp Anabilim Dalı

Kamil Köseoğlu

Ege Ün. Tıp Fak. Nükleer Tıp Anabilim Dalı

Ercan Turan

Pamukkale Ün. Tıp Fak. Nükleer Tıp Anabilim Dalı

Banu Uysal

Dokuz Eylül Ün. Tıp Fak. Nükleer Tıp Anabilim Dalı

Yönergenin hazırlanması sırasında bilgi ve tecrübelerini bizlerle paylaşan Dr Taner Erselcan, Dr Yakup Yürekli ve Dr Ahmet Baskan'a teşekkür ederiz.

* İsimler soyadı sırasına göre yazılmıştır.

BÖLÜM III

RADYASYON GÜVENLİĞİ

Giriş

Bu kısımda radyoaktif maddelerin kullanımı, taşınması, saklanması ve yok edilmesi sırasında radyasyon çalışanları ve çevrenin radyasyonun zararlı etkilerinden korunması için dikkat edilmesi gereken kuralları açıklanmaya çalışılacaktır.

Tanımlar

Aktivite: Bir radyonüklidin saniyede oluşan bozunma sayısı olup Curie veya Becquerel ile ölçülür.

Curie (Ci): 1 gr radyuma eşdeğer radyoaktif maddenin birim zamanda oluşan parçalanma sayısıdır.

1 Curie (Ci) = 3.7×10^{10} bozunma/ saniye

1 miliCurie (miliCi) = $1 / 1000$ Ci = 3.7×10^7 bozunma/ saniye

Becquerel(Bq): Bir saniyedeki bir bozunmaya eşdeğer radyoaktivite miktarıdır. SI (System International) birimidir. 1 Mega Becquerel (MBq) = 10^6 Bq

Curie - Becquerel arasındaki ilişki ise şöyle açıklanabilir:

1 miliCi = 37 MBq

1 mikroCi = 37 kBq

100 miliCi = 3.7 GBq

1000 Ci = 37 TBq

1 Bq = 27×10^{-12} Ci

Radyasyon Birimleri: Radyoaktif maddenin ortamda ve dokularda olası etkilerini açıklamak için kullanılır.

A. Radyasyon Doz Birimleri

Roentgen (R): 1 Roentgen NŞA 1ml. kuru havada (0.001293gr) absorblandığı zaman 1 elektrostatik yük birimlik (eyb) iyon oluşturmak için gerekli X veya gama radyasyonu miktarı olarak tanımlanır. Roentgen'in SI birimindeki karşılığı Coulomb/kg'dır.

$1 R = 2.58 \times 10^{-4} C/kg$

rad (Radiation Absorbed Dose): Belli bir ortamda 1gr maddeye 100 erg enerji bırakan herhangi bir radyasyon dozu miktarıdır. Genel bir kural olarak, orta düzeyde enerjisi bulunan X veya gama ışınlarının 1 Roentgen'e eşit ışımasının yumuşak dokuya verdiği enerji miktarı, 1 rad'dır denir.

1 rad = 100 erg / g

1 rad = 0.01 J / kg

Absorbe edilen doz ve maruz kalınan doz arasındaki ilişki aşağıdaki formül ile gösterilir.

Rad = Röntgen x f

f, ışın demetinin kalitesi ve ışınlanan dokuya bağlı faktördür (Tablo I).

Gray (Gy): Rad biriminin SI (System International) karşılığıdır. 1 Gray, 1 kg maddeye 1 joule'luk enerji bırakan radyasyon dozu miktarıdır.

1 Gray = 100 rad

B. Eşdeğer doz birimleri

rem (Radiation Equivalent Man): Bu birim rad'ın canlıdaki eş değeri olarak tanımlanır. "rem" birimi iyonize radyasyon tipine göre değişen Lineer Enerji Transferi (LET) ve vücut içine alınan radyonüklidlerin dağılımını açıklamak için kullanılan dağılım faktöründen etkilenir.

Sievert (Sv): Rem'in karşılığı olan SI sistem birimidir.

$$\begin{aligned} 1 \text{ Sv} &= 100 \text{ rem} \\ 100 \text{ milirem} &= 1 \text{ miliSv} \\ 1 \text{ rem} &= 10 \text{ miliSv} \end{aligned}$$

Tablo I. Foton enerjisi ve doku tipine göre f değerleri

Foton enerjisi (MeV)	f faktör		
	Su	Kemik	Kas
0.01	0.90	3.60	0.92
0.02	0.87	4.20	0.90
0.03	0.87	4.20	0.90
0.04	0.88	4.00	0.91
0.05	0.90	3.50	0.92
0.06	0.91	2.80	0.93
0.08	0.94	1.90	0.94
0.10	0.95	1.40	0.95
0.15	0.96	1.10	0.96
0.20	0.96	0.98	0.96
0.40	0.97	0.93	0.96
0.60	0.97	0.92	0.96
0.80	0.97	0.92	0.96
1.00	0.97	0.92	0.96
1.25	0.97	0.92	0.96
1.50	0.97	0.92	0.96
3.00	0.96	0.93	0.95
5.00	0.96	0.94	0.95
10.00	0.95	0.96	0.93

RADYASYON ALANLARI

Radyasyon alanlarının sınıflandırılması, önemsiz de olsa, ülkelere göre bazı farklılıklar gösterir. Maruz kalınacak yıllık dozun 1 miliSv değerini aşma olasılığı bulunan alanlar radyasyon alanı olarak nitelendirilir ve radyasyon alanları radyasyon düzeylerine göre aşağıdaki şekilde sınıflandırılır (Tablo II).

1. Denetimli Alanlar

Görevi gereği radyasyon ile çalışan kişilerin ardışık beş yılın ortalama yıllık doz sınırlarının (20 miliSv) 3/10'undan (yaklaşık 6 miliSv/yıl) fazla radyasyon dozuna maruz kalabilecekleri alanlardır. Radyasyon görevlilerinin girişi ve çıkışları özel denetime, çalışmalarını radyasyon korunması bakımından özel kurallara bağlıdır. Nükleer tıp birimlerinde denetimli alanlar sıcak oda, radyofarmasötik hazırlama odası, enjeksiyon odası, radyoaktif madde verilmiş hastaların bekleme oda-

Tablo II. Radyasyon aktivite miktarı ve maruz kalınan radyasyon düzeyine göre radyasyon alanlarını gösteren tanım ve işaretler (4, 5, 10)

DURUM	TANIMLAMA
Kaynak veya kılıflı yüzeyden 30 cm uzaklıkta 1 saatte maruz kalınan doz ≥ 5 milirem (0.005 miliSv)	Dikkat, Radyasyon alanı
Kaynak veya kılıflı yüzeyden 30 cm uzaklıkta 1 saatte maruz kalınan doz ≥ 100 milirem (1 miliSv)	Dikkat, Yüksek radyasyon alanı
Kaynak veya kılıflı yüzeyden 1 m uzaklıkta 1 saatte absorbe edilen doz ≥ 500 rad (5 Gy)	Ölüm riski, Çok yüksek radyasyon alanı
DAC değerini aşan hava konsantrasyonları	Dikkat, Havada yüksek radyoaktivite
Depolama veya kullanma değerinin 10 katı aktivite	Dikkat, Radyoaktif madde

*DAC= derived air concentration

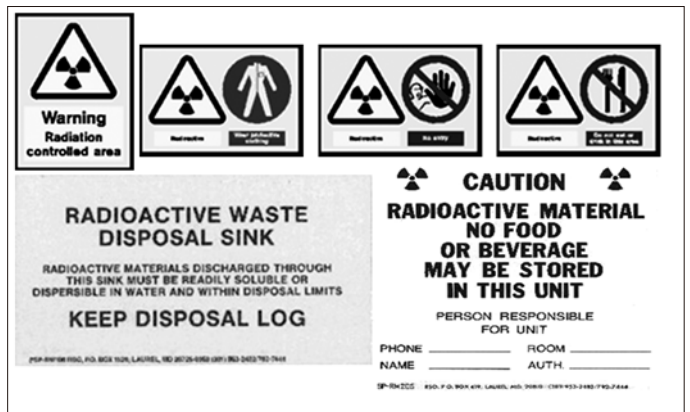
*Ayrıntılı bilgi için 10 CFR 20.1902 ve 20.1003 bölümlerine bakınız

sı, radyoaktif madde bekletme odası, radyoaktif atıkların bekletildiği yerler, görüntüleme odası ve tedavi amacıyla radyoaktif madde verilmiş hastaların yattıkları odalar, radyoaktif hasta tuvaletleri ve radyoaktif bulaşma olasılığı yüksek olan benzeri alanlardır.

Denetimli alanların girişlerinde ve bu alanlarda aşağıda belirtilen radyasyon uyarı levhaları bulunması zorunludur: (1) Radyasyon alanı olduğunu gösteren temel radyasyon sembelleri,

(2) Radyasyona maruz kalma tehlikesinin büyüklüğünü ve özelliklerini anlaşılabilir şekilde göstermek üzere gerekli bilgi, simge ve renkleri taşıyan işaretler

(3) Denetimli alanlar içinde radyasyon ve bulaşma tehlikesi bulunan bölgelerde geçirilecek sürenin sınırlandırılması ile koruyucu giysi ve araçlar kullanılması gerekliliğini gösteren uyarı işaretleri bulunmalıdır (Şekil 1).



Şekil 1. Radyasyon uyarı işaretleri. Bu işaretler denetimli alanların kapılarına görülebilecek şekilde konur ve radyasyona maruz kalma riski olduğunu gösterir.

2. Gözetimli Alanlar

Radyasyon görevlileri için beş yıllık doz sınırlarının 1/20'sinin (1 miliSv/ yıl) aşılma olasılığı olup, 3/10'unun (6 miliSv/yıl) aşılması beklenmeyen, kişisel doz ölçümünü gerektirmeyen, fakat çevresel radyasyonun izlenmesini gerektiren alanlardır. Radyasyon personelinin 8 (sekiz) iş saatinde 100 mikroSv'ı aşabilen düzeyde radyasyon dozuna maruz kaldığı alanlardır şeklinde de tanımlanmaktadır. Radyasyon güvenlik sorumlusu tarafından radyasyon ölçümlerine göre geçici olarak denetimli alan statüsüne sokulabilir. Nükleer tıp biriminde hasta bekleme odası, koridor, tuvaletler gibi denetimli alan dışında kalan tüm alanlar, RIA laboratuvarları, personel odaları, P-32, Y-90 ve Sr-89 gibi yalnız beta yayıcı radyonüklidler uygulanan hastaların yatış odaları ve benzerleri alanlardır.

3. Kontrolsüz Alanlar

Radyasyon dozu 2 milirem (20 mikroSv)/saat ve 50 milirem (0.5 mikroSv) /yıl düzeyini aşmayan ve çevresel radyasyon ölçümünü gerektirmeyen alanlardır .

ÖZEL DURUMLAR

A. 18 yaşından küçükler radyasyon alanlarında çalıştırılmaz. 16-18 yaşları arasındaki öğrenci ve stajyerlere sadece gözetimli alanlarda eğitim izni verilebilir. ICRP ve NCRP önerisine göre öğrenci ve stajyerlerin efektif doz sınırları Tablo III'de verilmiştir. Eğer kişi 18 yaşından önce radyasyona maruz kalırsa, daha sonraki dönemde gonadlar, kırmızı kemik iliği ve tüm vücut radyasyon maruziyeti kontrol edilmeli ve 30 yaşına dek toplam maruziyet dozu 600 miliSv (60 rem) sınırını aşmamalıdır.

B. Hamileliği belirlenmiş olan çalışanlar ancak ilgili yönetmeliklerde tanımlanan koşullarda ve gözetimli alanlarda çalıştırılabilir.

C. Emzirme döneminde bulunan çalışanlar iç ışınlanmaya sebep olabilecek uygulamaların yapıldığı alanlarda çalıştırılmaz.

D. Geçici görevliler için radyasyondan korunma önlemleri alınır ve yaptıkları görevler esnasında almaları gereken önlemler hakkında yeterli eğitim verilir.

E. Ziyaretçiler denetimli alanlara kesinlikle giremezler; gözetimli alanlara girişleri ise radyasyon korunması sorumlusunun izni ile mümkündür. İzin verilen ziyaretçilerin giriş ve çıkış saatlerinin kayıtlarının tutulması radyasyon korunması sorumlusu tarafından yapılır.

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

Tablo III. Radyasyon elemanları ve toplumdaki kişiler için kabul edilen radyasyon dozları (2, 3, 5, 8, 10, 13)

ETKİNİN TİPİ	ICRP -TAEK	NCRP
A. Radyasyon çalışanları için MPD değerleri		
Stokastik etki (kanser ve kalıtsal etki) için yıllık efektif doz	5 yılın üzerinde ortalaması 2 rem (20 miliSv), bir yılda 5 rem (50 miliSv) aşmamalıdır	5 rem (50 miliSv)
Stokastik etki için kümülatif efektif doz		1 rem x yaş yıl 10 miliSv x yaş yıl
Doku için yıllık efektif doz (non-stokastik etki)		15 rem (150 miliSv) 50 rem (500 miliSv)
Lens		
Diğer tüm organlar		
*18 yaşından küçükler radyasyon işlerinde çalışamaz *Gebe radyasyon elemanı batin yüzeyine gebelik süresince en fazla 1 miliSv radyasyon alabilir. Gözetimli alanlarda çalışmalıdır		
B. Toplumdaki kişiler için MPD değerleri		
Stokastik etki için yıllık efektif doz	0.1 rem (1 miliSv)	0.1 rem (1 miliSv) 0.5 rem (5 miliSv)
Sürekli veya sık Nadir maruziyet		
Eğitim sırasında		0.6 rem (6 miliSv)
Doku için yıllık efektif doz (non-stokastik etki)		1.5 rem (15 miliSv) 15 rem (150 miliSv)
Lens		
Ekstremiteler		
C. Fötüs için MPD değerleri		
Total etki		0.5 rem (5 miliSv)
Stokastik etki için doz	0.2 rem (2 miliSv)	
Bir aylık efektif doz		0.5 rem (5 miliSv)

Tüm vücudun uniform ışınlanmadığı durumda tüm vücut dozu yerine efektif doz kullanılır. *Efektif doz* ;

$$\sum W_o H_o$$

denklığı ile bulunur. Burada W_o , her bir organ veya doku (o) için ICRP (1977) tarafından önerilen ağırlık faktörü (Tablo IV) ve H_o , (o) dokusundaki doz eşdeğeridir.

$$\sum W_o H_o \leq H_{wb, L}$$

Bu eşitlikteki $H_{wb, L}$ tüm vücut için yıllık kabul edilen eşdeğer doz sınırdır, 50 miliSv (5 rem) / yıl.

Tablo IV. Efektif doz hesaplaması için gereken ağırlık faktörleri, Wo (NRPB 1983)

Organ veya doku	Wo
Gonadlar	0.25
Meme	0.15
Kırmızı kemik iliği	0.12
Akciğer	0.12
Tiroid	0.03
Kemik yüzeyleri	0.03
Diğerlerinden her biri	0.06

Tablo V. Özel tanımlama gerektirmeyen Radyasyon alanlarında kabul edilebilen MPC_{air} düzeyi için maksimum radyoaktivite değerleri

RADYONÜKLİD	AKTİVİTE MİKTARI (mikroCi)
³ H, ⁶⁷ Ga, ¹⁴ C, ¹⁸ F, ⁵¹ Cr, ^{99m} Tc, ¹³³ Xe, ²⁰¹ Tl	1000
³³ P, ⁵⁷ Co	100
³² P	10
⁶⁰ Co, ¹²⁵ I, ¹³¹ I	1

Nükleer tıp laboratuvarlarında en sık karşılaşılan sorun radyoaktif gazların (ör. ¹³³Xe) veya uçucu radyoaktif maddenin (¹³¹I) havayı kontamine etmesidir. Havadaki radyoaktif madde düzeyi için NCRP tarafından *maksimum kabul edilebilen konsantrasyonlar (MPC_{air})* belirlenmiştir. Nükleer tıpta sık kullanılan bazı radyonüklidler için denetimli ve kontrolsüz alanlarda MPC_{air} değerleri aşağıdaki Tablo V'de görülmektedir. Bu değerler haftalık 40 çalışma saati esas alınarak belirlenmiştir.

RADYOAKTİF KAYNAKLAR VE KORUNMA

Nükleer tıp uygulamaları tanısal ve tedavi amaçlı olmak üzere ikiye ayrılır. Günlük pratikte radyofarmasötikler en sık olarak tanısal düşük dozlarda uygulanmakta ve yüksek tedavi dozlarının aksine sıkı korunma kuralları gerekmemektedir. Yüksek doz tedavide hastanın radyoaktif madde uygulanmadan önce hazırlanması yanı sıra uygulamadan sonra belli bir süre özel donanımlı odada izlenmesi zorunludur. Hasta vücudundaki radyasyon dozu toplum içinde kabul edilebilir sınıra geldiği anda hastaneden çıkarılır. Çevresindeki kişilerin güvenliği açısından düşük doz radyasyona maruz kalan hastalarla aynı kurallara bir süre daha uyması konusunda eğitilir.

Radyasyonun zararlı etkilerinden korunmada üç temel faktör: a) Uzaklık (l) b) Süre(t) c) Zırhlama (HVL)'dir.

Tablo VI. En sık kullanılan gama ışını yayan radyonüklidler için HVL değerleri

Radyonüklid	Kurşun (mm)	Radyonüklid	Kurşun (mm)
Ba-133	2.2	In-111	1.0
Cs-137	6.5	In-113m	3.0
Cr-51	2.0	Mo-99	6.2
Co-57	0.06	Se-75	3.0
Co-60	12.0	Sr-85	5.3
Fe-59	10.3	Tc-99m	0.17
Ga-67	1.7	Tl-201	0.006
I-123	0.5	Xe-127	1.0
I-125	0.05	Xe-133	0.3
I-131	2.4	F-18	4.0

Radyasyonun ışınlama etkisi uzaklığın karesi ile ters orantılıdır. Radyoaktif materyal ile mümkün olduğu kadar kısa süreli ve uzak temas radyasyondan etkilene riskini azaltır. Radyoaktif madde içeren ortamın zırhlanması, genellikle kurşun ile, radyasyon şiddetini önemli oranda azaltacaktır.

Half value layer (HVL): Radyonüklidden yayılan fotonların yarısının durdurulması için gereken zırh kalınlığıdır. Foton enerjisi ve absorban madde atom numarasına bağlıdır. Enerji yükseldikçe absorban madde kalınlığı artar; Z arttıkça azalır.

$$HVL = 0.693 / \mu$$

Burada μ , lineer atenuasyon sabiti olup birimi cm^{-1} dir.

Farklı enerjide ışını yapan farklı radyonüklidler için gerekli kurşun kalınlığı Tablo VI'da verilmiştir.

Tenth-value thickness (TVT): Radyonüklidden yayılan fotonları 10 kat azaltan kalınlıktır.

$$TVT = \ln(0.1) / \mu$$

$$= 2.3 / \mu$$

$$HVL = 0.693 / \mu \Rightarrow TVT = 3.32 \text{ HVL}$$

TANISAL NÜKLEER TIP UYGULAMALARINDA RADYASYONDAN KORUNMA

Tanısal radyoaktif izotopların kullanımları *in vivo* ve *in vitro* teknikler olarak başlıca iki gruba ayrılabilir. *In vivo* çalışmalarda radyofarmasötikler genellikle intravenöz uygulanır. Özel durumlarda oral, rektal vb. yoldan da verilebilir. Hatalı uygulamaları önlemek için her bir enjektörün üzerine radyofarmasötüğün adı, dozu ve hazırlama saati yazılmalıdır. Daha önce uygulanan radyofarmasötikler sorgulanmalı ve hastanın radyasyon maruziyeti mümkün olduğunca azaltılmalıdır. Tekrarlı testlerden kaçınılmalı, optimum görüntü elde edilebilecek en az doz uygulanmalıdır.

Tablo VII. Tanısal amaçlı kullanılan önemli radyonüklidler ve fiziksel özellikleri

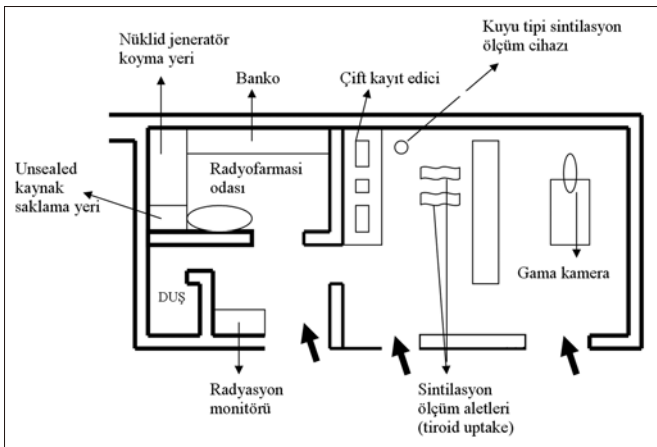
Radyoizotop	Işın Tipi / Enerjisi	$t_{1/2}$
I-125	0.035 MeV-0.027 MeV (X-ışını)	60 gün
Co-57	122 keV (γ ışını)	270 gün
Co-58	810 keV (γ ışını)	71 gün
I-131	364 keV (γ ışını)	8 gün
I-123	159 keV (γ ışını)	11 saat
Tc-99m	140 keV (γ ışını)	6 saat
Tl-201	80 keV (x ışını)	72 saat
Ga-67	92 ve 300 keV (γ ışını)	78 saat
Cr-51	320 keV (γ ışını)	28 gün
F-18	511 keV (γ ışını)	110 dk
In-111	173-247 keV (γ ışını)	2.8 gün

Tanısal amaçlı kullanılan radyofarmasötiklerin (Tablo VII) uygulama dozu 1 GBq (27 milCi)' den fazla olmayacaktır. Sıkı korunma kuralları gerekmez ve hastalar normal hijyenik tuvalet ve banyoları kullanabilir. Ancak, enjeksiyondan sorumlu personel, emzikli anneler ve yoğun bakım tedavisi altındaki olgularda radyasyon korunmasına dikkat edilmesi gereklidir.

SICAK ODA DÜZENİ

Sıcak oda radyofarmasötiklerin hazırlandığı yer olup güçlü karbon filtreli çeker ocak ve laminar flow kabini bulunmalıdır. Çalışma bankoları, lavabo ve dekontaminasyon için duş olmalıdır (Şekil 2). Ancak, bazı hastanelerde birden fazla radyofarmasi odası vardır. Radyofarmasötiklerin üretimi ve otolog bağlı radyofarmasötiklerin üretimi radyofarmasi laboratuvarında yapılır. Nükleer tıp ünitesindeki sıcak odada kullanıma hazır radyofarmasötikler bulunur.

Elle taşınabilir radyasyon monitörü taban ve çalışma alanlarının kontaminasyon kontrolleri için sıcak odada bulunması zorunludur. Ayrıca, laboratuvar kapı-



Şekil 2. Dünya Sağlık Örgütü'nün önerisine göre düzenlenmiş tanısal amaçlı küçük bir nükleer tıp ünitesi ve sıcak oda planı

sına yakın yerleştirilen ve sabit bir radyasyon monitörü de bulunmalıdır. Bu monitör odadan ayrılmadan önce kıyafet ve ellerin kontrolü için kullanılır. Üzeri şeffaf plastik kaplı olmalı ve alarm sesi açık olmalıdır. Monitör ellenmemelidir, çünkü kişi kontamine olmuşsa monitörü de kontamine edecektir.

Radyofarmasi/sıcak odada işaretlenen kitlerin kurşun korumalarının üstüne kitin adı, hazırlanış saati, aktivitesi ve hacmi yazılmalıdır. Bu vialler kapakları kilitlenebilen kurşun kaplar içinde saklanmalıdır.

Sıcak odadaki diğer kurşun kaleler çalışma modülü içinde ve bankolar üzerine kurşun bloklarla oluşturulabilir. İçleri kolay dekontaminasyon için çelik veya laminat ile kaplanır. Kurşun camlı L-tipi zırhlar radyofarmasötik hazırlarken lensi korumak ve yüze sıçramaları önlemek için gereklidir.

Çeker ocaklı çalışma modülü ve laminar flow kabinleri önerilir. Üç tip çalışma modülü vardır (3, 4, 6, 10, 11):

1. *Glove box*: Uçucu olmayan radyofarmasötiklerin düşük aktiviteleri için kullanılabilir. Bunlar sıklıkla alfa ve beta yayıcılar için kullanılır. Gerekirse kurşun zırhlama yapılır. Daima eldiven ile çalışılır; eldivenler kullanıldıktan sonra atılmalı ve yıkayıp tekrar giyilmemelidir. Radyoaktif maddeyi tutmak için maşa, pens, şişe açacağı gibi aletler "sealed" kaynaklarla çalışırken önerilir. Özellikle yüksek aktiviteli kaynakların tutulmasında önemlidir.

Kurşun bloklar, eldiven ve tutucu aletlerin kullanılması kadar sıcak odada uyulması gereken kurallar vardır. Bunlar: sigara içilmez, hiçbir şey yiyip - içilmez, çalışma alanları temiz-düzenli olmalıdır. Düzenli kontaminasyon testleri yapılmalıdır. Radyoaktif maddeler vialden ağız pipeti yolu ile çekilmez, çünkü kaza ile radyoaktif madde yutulabilir. Sıcak odada çalışan kişiler laboratuvarında kıyafet değiştirmeli, hastanede giydikleri kıyafet ayrı olmalıdır. Bu çevreye bulaş olasılığını en aza indirir.

2. *Slit box, class I "air contained" glove box*: Bir veya daha fazla çalışma alanı içerir.

Kullanılmadıkları zaman aşağı inen kapak ile kapatılır ve hava girişi küçük filtreler aracılığı ile önlenir. Böylece ünite kullanılmadığı zaman hava akımı sürerken kontaminasyon en aza iner. Bu slitler neopren zırh eldiveni ve taşıyıcılarla ağızlaştırılmış "slide"lar da taşınabilir. Bu "class I" tipi kapalı ünite ön paneli değiştirilerek "sealed class III" tipine dönüştürülebilir.

3. *Sealed class III tipi*: Kılıflı kapalı sistemdir. Hava akımını sağlamak için iç havalandırma sistemi vardır. Yüksek etkinlikte partiküler hava filtreleri aracılığı ile hava desteği ve temizlenmesi sağlanır.

Radyofarmasi laboratuvarları nükleer tıp birimi içinde denetimli alanlar olup radyasyon dozimetrisi kullanılması zorunludur ve radyasyon konusunda eğitilmiş kişilerin girmesine izin verilir. Bu alanlarda çalış-

Tablo VIII. Radyofarmasi laboratuvar ve bölümlerinde uyulması gereken genel prensipler (National Radiological Protection Board-1983) (3, 6, 12, 14)

1. "Unsealed" radyoaktif ürünlerin kullanımında tüm personel iyi eğitilmiş olmalıdır.
2. Çalışma işlemleri alandaki kontaminasyonu en aza indirmeye yönelik olmalıdır.
3. Çalışma alanına yenilip içilebilecek hiç bir şey sokulmamalı, buzdolabında depolanmamalı, sigara paketi açılmamalıdır.
4. Mendil kullanımı YASAK, kağıt havlu kullanılmalıdır.
5. Derideki her hangi bir kesik veya çizik laboratuvara girmeden önce suya dayanıklı yapışkan bantlar ile kapatılmalıdır.
6. Duvarlar, taban ve tavan ve odadaki tüm donanım kontaminasyonu mümkün olduğu kadar düşük düzeyde tutmak için yeterli sıklıkta temizlenmelidir.
7. Uygulanacak radyoaktif solüsyonların adı, kimyasal formu ve verilme tarihi ve zamanı açık olarak yazılmalıdır. "miliCurie" ve "mikroCurie" deyimleri hataları önlemek için açık yazılmalı kısaltma kullanılmamalıdır.
8. Eğer radyoaktif iyodun her hangi bir formu veya 185 MBq (5 miliCi) den fazla Tc-99m uygulanacaksa hastanın radyasyon dozunu azaltmak için tiroit bezini bloke eden ajan verilmelidir.
9. Radyoaktif gazlar veya aerosoller uygulandığı zaman exhale edilen hava doğrudan binanın dışına iletilmelidir.

ma sırasında uyulması gereken kurallar tanımlanmıştır (Tablo VIII). Ayrıntılı bilgi için Radyofarmasi Çalışma Grubu yönergesine bakınız.

Kullanıma hazır radyofarmasötik vialleri ve hasta enjektörleri üzerine olası radyasyon kazasını önlemek için radyofarmasötüğün adı, total aktivite miktarı, hazırlama saati vb. bilgiler mutlaka yazılmalıdır (Tablo IX).

Tablo IX. Radyofarmasötik doz hazırlama kayıtlarının içermesi gereken bilgiler**RADYOFARMASÖTİK**

Çoklu doz vial	Hasta dozu enjektörü
Farmasötik adı	Hasta adı
Hacim	Çalışma adı
Total Aktivite	Farmasötik adı
Spesifik konsantrasyon	Hacim
Ölçüm veya kalibrasyon tarih ve saati	Aktivite
Son kullanım tarihi	Ölçüm tarih ve saati
Spesifik aktivite	
Üretici kodu	

RADYOFARMASİ ODASINDA RASYASYON GÜVENLİĞİ

Radyoizotoplarla çalışırken aşağıdaki genel güvenlik önlemleri alınmalıdır.

A. Radyoaktif madde ile çalışırken eldiven giyilir. Laboratuvar kıyafetleri, tek kullanımlık eldiven galoş ve koruyucu gözlük kullanılmalıdır. Laboratuvardan ayrılırken kıyafetler çıkarılır.

B. Eldivenler sık değiştirilir.

C. Radyoaktif madde taşıyıcı kaplar üzerine radyofarmasötik adı ve aktivite miktarı yazılmalıdır.

D. Radyoizotoplarla çalışırken yemek, içmek yasaktır.

E. Madde hazırlarken yutma riskini azaltmak için pipet veya absorban materyal kullanılır.

F. Buharlaştırma ve gaz salma özelliği olan maddeler havalanması yeterli ortamda tutulmalı ve taşınmalıdır.

G. Radyoaktif atıklar uygun ortamda saklanmalıdır.

H. Çalışma tamamlandıktan sonra çalışan personelin ve çalışma ortamının radyasyon ölçümleri alınmalı ve gerekirse dekontaminasyon işlemi yapılmalıdır.

I. Önemli düzeyde bulaş saptanırsa nükleer tıp uzmanı ve radyasyon güvenlik birimi bilgilendirilmelidir.

RADYONÜKLİD TEDAVİ UYGULAMALARINDA RADYASYONDAN KORUNMA

Radyoaktif kaynaklar ile tedavide korunma kuralları, düzenlemeler ve yönergeler genellikle iki gruba ayrılarak incelenir: intersisyel ve intrakaviter tedavide kullanılan "sealed" kaynaklar ve "unsealed" kaynaklar (I-131, P-32, Au-198 vb.). Nükleer tıp kliniklerinde en sık düşük ve yüksek doz I-131 tedavisi yapıldığı için bu uygulamada dikkat edilmesi gereken kurallar ayrıntılı olarak verilecek diğer tedavi yöntemleri ile ilgili kurallar genel olarak anlatılacaktır.

RADYOAKTİF I-131 TEDAVİSİNDE KORUNMA

Radyoaktif iyot-131 tiroit hastalıklarının tedavisinde internal kullanılır ve tedavi amaçlı en yaygın kullanılan "unsealed" kaynaktır. İyot tiroit bezinde tiroksin ve triiyodotironin sentezinde temel anyondur. Ancak, malign tiroit dokusu normalden az iyot tutulumu gösterir. Bu nedenle, tiroit kanseri tedavisinde cerrahi ve radyoaktif iyot-131 birlikte uygulanır. Radyoaktif iyot rezidü tiroit dokusu ve metastatik lezyonların tedavisinde önemli rol oynar. Radyoaktif iyot-131 kapsül veya likit formda oral uygulanır; eğer oral uygulanamazsa uygun formda intravenöz uygulanabilir. Tedavi amaçlı I-131 dozu 3.7-5.55 GBq (100-150 miliCi) olabilir; hipertiroidizm tedavisinde daha küçük dozlar 74-

800 MBq (2-22 mCi) uygulanır. Uygulanan dozun büyük kısmı tiroit tarafından tutulur, geri kalanı idrarla ve çok az bir kısmı ise ter ile vücuttan atılır. 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. Radyoaktif iyot özellikleri ve dozlar hakkında ayrıntılı bilgi için lütfen Endokrin Tedavi Grubu yönergesine bakınız.

Taşıma sırasında ulusal ve uluslar arası 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 uyarı işareti konmalıdır.

TAEK tarafından kabul edilen ayaktan tedavi odasındaki **22 mCi (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 (Ek A). Tedavi uygulamadan önce tedavinin fayda ve riskleri konusunda bilgi verildiğine ve herhangi bir baskı olmaksızın kendi isteği ile I-131 tedavisini onayladığına dair belge imzalatılmalıdır (Ek B).

Yüksek doz I-131 uygulaması için özel donanımlı 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 düşünceye kadar Kurum tarafından sıvı atık sistemi ve oda projesi uygun bulunan izolasyonlu ayrı bir odada bekletildikten ve hastanın özel koşulları değerlendirildikten sonra diğer kişilerle temasları ve radyasyon korunması ile ilgili alınacak önlemler sözlü ve yazılı talimatlar şeklinde imza karşılığı verilmek şartıyla taburcu edilir. Bazı Avrupa ülkelerinde ayaktan doz limiti 1100 MBq'dir.

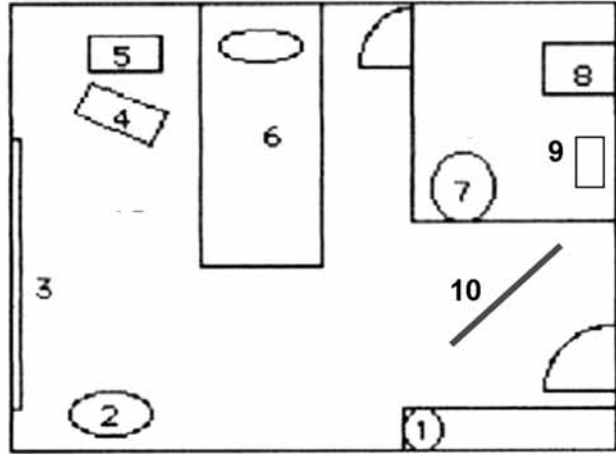
İyot Tedavi Odası

Özel zırhlanmış tedavi odaları brakiterapide gerekir, ancak radyoaktif iyot tedavisinde özellikle doz uygulandıktan sonra ilk 2 gün iyodun idrarla atılmasından kaynaklanan bulaş tehlikesi de göz önüne alınmalıdır. Bunun için, hastane içinde uygun tedavi odası yapılmalıdır (Şekil 3A). Nükleer tıp biriminde odaların yerleşimi yüksek aktiviteden düşük aktiviteye doğrudur. Yüksek aktiviteli hasta odaları koridorun bir bölümünde düşük aktiviteli hasta odaları ise diğer tarafında toplanır (EK C). 150 mCi I-131 aktivitesi için kurşun zırhlı tek yataklı oda (lar) bulunmalıdır.

İdeal bir nükleer tıp tedavi birimi oluşturmak özellikle eski hastane binalarında zordur; hatta olanaksızdır. Eski hastanelerdeki odaların radyoaktif tedavi odasına dönüştürülmesi için yapılması zorunlu bazı düzeltmeler vardır (Şekil 3B). Örneğin;

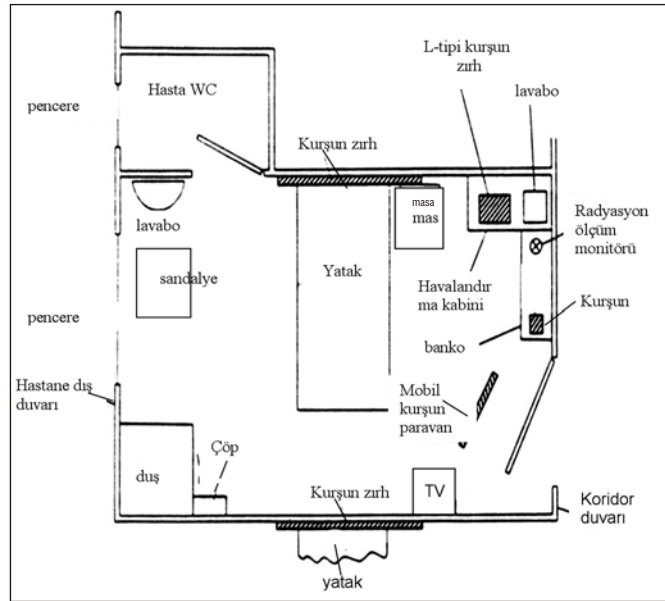
Şekil 3. Yeni yapılacak (A) ve varolan bir odadan oluşturulacak (B) iyot tedavi odası planı

A. Yeni yapılacak iyot odası planı örneği



- | | |
|-------------------------------|--------------------|
| 1. Alüminyum Soyunma dolabı | 6. Yatak |
| 2. Koltuk | 7. Tuvalet |
| 3. Pencere (Kurşun panjurlu) | 8. Duş |
| 4. Televizyon | 9. Lavabo |
| 5. Komidin ve telefon | 10. Kurşun paravan |

B. Var olan bir odanın I-131 tedavi odasına dönüştürülmesi



1. Hasta odasında tuvalet bulunmalıdır, *hastane çalışanları ve diğer hastalar kullanamaz*
2. Pencere genel kullanım alanlarına açılmamalıdır.
3. Odada hava temizleme özelliği olan havalandırma sistemi bulunmalıdır. *Radyasyon korunma kurallarından çok hasta rahatı için gereklidir.*
4. İyot-131 tedavisi için hazırlanan bazı odalar yeterli korumaya sahip olamayacaktır. Yatağın altı, duvar tarafı ve odanın doğrudan yatak üzerine denk gelen

tavanına kurşun zırh eklenebilir.

5. Hareketli kurşun paravan koridorda ışınlamayı azaltmak için yatak ve kapı arasına yerleştirilebilir.

6. Odanın tabanı, en azından yatağın bulunduğu alan, hastadan olabilecek bulaşı önlemek için tek kullanımlık örtü ile kaplanır.

7. Oda kapısında radyasyon alanı işareti bulunmalıdır

Varolan bir oda iyot tedavi odasına dönüştürüldüğü zaman, tedavi odası radyoaktif maddenin hazırlandığı ve saklandığı laboratuvarından uzakta bulunabilir. Radyoaktif kaynağın tedavi odasına iletilmesinde asansör gibi halka açık alanların kullanılması gerekebilir. Bu durumda, iyot tedavi odası içinde kurşun kaplı ve havalandırması iyi olan kilitli dolap oluşturulur ve radyoaktif madde ve radyoaktif atıklar burada saklanır (Şekil 3B).

Yüksek Doz Radyoaktif İyot Tedavi Odasının Özellikleri

1. Tavan ve taban ile çalışma ortamlarını gören duvarlarda 1 cm'lik kurşun kaplama olmalıdır.
2. Hastaya acil müdahale gerektiren durumlar için oksijen, aspiratör sistemi ile elektrik girişi olmalıdır.
3. Uçucu I-131 temizlenmesi için karbon filtreli havalandırma sistemi olmalıdır.
4. Sıvı ve katı atıklar ayrı taşıma sistemi ile radyoaktif atık deposuna girmelidir.
5. Özel yapılmış radyoaktif sıvı ve katı atık bekletme deposu olmalıdır. Katı ve sıvı atıkların uzaklaştırılması ve yok edilmesi ile ilgili hususlar TAEK tarafından yayınlanan 02.09.2004 / 25571 sayılı Radyoaktif Madde Kullanımından Oluşan Atıklara İlişkin Yönetmelikle belirlenmiştir (17).

İYOT TEDAVİ ODASININ ZIRHLANMASI

$$1/K_k = (P/W \cdot U \cdot T) d^2$$

$$W \text{ (iş yükü) } = A \cdot \Gamma \cdot t \text{ (Sv/yıl)}$$

K= kurşun kalınlığı

$$D = \Gamma_{(\text{gamma})} \cdot (A/d^2)$$

$$\Gamma \text{ (I-131) } = 2.2 \text{ mSv} \cdot \text{m}^2/\text{Ci} \cdot \text{hr}$$

$$P_{(\text{görevli})} = 20 \text{ mSv/yıl}, P_{(\text{halk})} = 1 \text{ mSv/yıl}$$

T= meşguliyet faktörü

U= Kullanma faktörü

d= uzaklık (m)

A= hastaya verilen ortalama aktivite (miliCi)

Meşguliyet ve Kullanma Faktörleri

1. Tam meşguliyet (T=1) : çalışma odaları, koridor vb
2. Kısmi meşguliyet (T=1/4) : depo, ambar, tuvalet vb

3. Aralıklı meşguliyet (T= 1/16) : merdiven, asansör, sokak vb

4. Kullanma faktörü (U=1) : taban, tavan ve duvarlar

YÜKSEK DOZ I-131 TEDAVİSİ SIRASINDA RADYASYON GÜVENLİĞİ

Radyonüklid tedavi uygulanması durumunda hemşire ve hastanın radyasyon güvenliği açısından dikkat edilmesi gereken kurallar aşağıda verilmiştir.

A. Hemşirenin korunması

Radyoaktif iyot tedavisi sırasında hemşire hem hastadan hem de kendisinin iyot-131 ile bulaşından dolayı radyasyona maruz kalabilir.

1. Hemşirenin hasta bakımı için harcayacağı zaman radyasyondan ışınlanma riskini azaltmak için sınırlandırılmalıdır.

2. Radyonüklid uygulanıp radyasyon maruziyeti dozu ölçülür ölçülmez sorumlu personel (radyasyon korunma görevlisi) ziyaretçilere sınırlamalar ve özel hemşirelik işlemleri için gerekli radyasyon işaretlerini koymalıdır.

3. Hamile hemşireler radyoaktif tedavi alan olguların bakımından sorumlu olmamalıdır.

4. Özel bakım hemşiresi Radyasyon Güvenlik Sorumlusu tarafından onaylanmadıkça ayda birden fazla radyoaktif hasta ile ilgilenmemelidir.

5. I-131 uygulanan hasta tükürük salgısı ile yemek tabağına bulaş yapabilir. Kullandığı malzeme birkaç gün için ayrılmalı veya tek kullanımlık malzeme kullanılmalıdır.

6. Yatak örtüleri, kullanılan malzemeler nükleer tıp personeline toplanmalı ve radyasyon dozu izlenmelidir.

7. Hastaya acil müdahale gerektiği durumda hemen nükleer tıp hekimine haber verilmelidir.

8. Ölçüm için idrar toplanması gerektiğinde, özel kap sağlanmalı ve hasta çoğunlukla sabit olmadığı için bu kabı yanında bulundurmalıdır. Eğer hemşirenin idrar örneği alması gerekirse eldiven giymelidir. Eldivenler çıkarılmadan mutlaka yıkanmalı ve eldiven çıkarıldıktan sonra eller tekrar yıkanmalıdır.

9. I-131 uygulanan hasta kusarsa ve uygulamadan sonra ilk 48 saat içinde inkontinans olursa, aşırı terlese yatak örtülerinde ve hatta oda tabanında bulaş olabilir. Bu gibi acil durumda Radyasyon Güvenlik Sorumlusuna dekontaminasyon işlemi sırasında bulunması için hemen haber verilmelidir. Bulaşı önlemek için oda içinde ve hasta müdahalesi sırasında eldiven, önlük, galoş vb. kullanılmalı; kullanılan malzeme ile genel alanlarda dolaşılmalıdır.

B. Hastanın korunması

“Unsealed” radyoaktif kaynaklar ile tedavide uyul-

ması gereken kurallar radyasyon ile ilgili birimler tarafından tanımlanmıştır.

1. En önemli kural tedavi ve tanı için doğru radyoaktif maddenin uygulanmasıdır.

2. Aşağıda verilen laboratuvar ve alanlar ideal bir nükleer tıp bölümünde bulunmalıdır :

- Radyofarmasi laboratuvarı ve lokal depo
- Uygun ölçüm ekipmanı ve kanalizasyon bağlantısı bulunan radyoaktif atık deposu
- Hasta bekleme odası
- Hasta tuvaleti
- İnvitro tanısal testler için laboratuvar

3. "Unsealed" radyoaktif kaynak tedavisi uygulanan olgular genel serviste bulunmamalıdır.

4. Radyofarmasötik kalite kontrolü önemlidir. Tedavide kullanılan radyofarmasötikler genelde üretici firma tarafından kalite kontrolleri yapılarak hastaneye ulaştırılır.

5. Uygulama anında hasta üzerine bulaş olmamasına dikkat edilmelidir. Kapsül formunda iyot-131 ile dökülme riski yoktur. Eğer sıvı formda iyot-131 içirilirse veya intravenöz uygulanacaksa önlem alınmalıdır.

6. Radyoaktif tedavi uygulanan hastaların tuvalet ve banyosu diğer hastalardan ayrı olmalıdır.

7. Oda çalışanlar için koruyucu örtü ile kaplanmalıdır.

8. Oda hazırlığı ve temizliğinde uyulması gerekli kurallar radyasyon güvenlik komitesi, radyasyondan korunma sorumlusu ve sorumlu klinik hemşiresi gözetiminde belirlenmelidir. Bu kurallar tüm klinik hemşireleri ve temizlik elemanlarına anlatılmalıdır.

9. İyot içirilmeden önce 6 saat ve sonrasında 2 saat oral beslenme yasaklanır.

10. Nükleer tıp personeli hastanın radyasyon doz miktarını iyot içirildikten 24 saat sonra kontrol etmeli ve ne zaman hastaneden çıkarılabileceğini saptamalıdır (Tablo X).

11. Tuvalet kullanıldıktan sonra 2-3 kez bol su dökülmelidir.

12. Tek kullanımlık malzeme kullanılmasına dikkat edilmelidir.

13. Eğer yüksek aktivite uygulandı ise, acil olmayan hemşirelik hizmetleri hastadaki aktivite azalana dek ertelenmelidir. Enjeksiyondan sonraki ilk 2 gün kontamine yatak örtüsü, çarşaf, havlu vb. hasta malzemeleri ile temastan mümkün olduğunca kaçınılmalıdır.

14. Radyoaktif tedavi alan olguların bulunduğu odalarda ve yataklarda radyasyon uyarı işareti bulunmalıdır. Radyoaktif kaynağın adı, aktivite miktarı, uygulama tarih ve saati, uygun hemşirelik hizmetleri hasta yatağındaki tabelada yazılmalıdır.

15. Hamile personel iyot tedavi odasında görevlendirilmemelidir.

16. Kontamine hasta materyallerinin (çarşaf, kıyafet, tuvalet temizliği vb.) uzaklaştırılması sırasında ko-

Tablo X. Radyoiyot tedavisi uygulanan hastalar için sınırlamalar (HMSO Londra, 1995) (3, 16)

Kalan Doz	Doz hızı @1 metre	Gerekli önlemler
>800MBq	> 47 mikroSv / saat	Hasta izole edilmelidir. Taburcu edilemez
800-400 MBq	47-24 mikroSv / saat	Taburcu edilebilir. Özel araçla ulaşım gerekir. İşine dönemez. Çevresi ile ilişkisi sınırlanır. Hasta bilgilendirme kartı mutlaka verilir.
400-150 MBq	24-8.8 mikroSv / saat	Toplu taşıma aracı kullanılabilir. Yakın temastan kaçınarak işine dönebilir. Çevresindeki kişilerden uzun süre ayrı durması gerekmez. Hasta bilgilendirme kartı mutlaka verilir.
150-30 MBq	8.8-1.8 mikroSv / saat	İşine dönebilir ancak işverene bilgi vermemelidir. Çocuklarla gereksiz temastan kaçınılmalıdır. Hasta bilgilendirme kartı gerekmez.
< 30 MBq	< 1.8 mikroSv / saat	Kısıtlama yoktur.

ruyucu önlük, eldiven ve galoş giyilmesi zorunludur.

17. Bulaşı mümkün olduğunca azaltmak ve çalışanları radyasyondan korumak için servis ve oda yeterli sıklıkta temizlenmelidir.

18. Nükleer tıp radyasyon görevlisi hasta çıkarılıp "temiz" raporu verdikten sonra yardımcı personel odanın temizlenmesi için odaya girebilir.

GEBELİK VE EMZİRME

Fötüs plasentadan geçen radyonüklid veya komşu organlarda tutulan radyofarmasötiklerin yaydığı ışınlar ile radyasyona maruz kalır. Gebe ve fötüsün radyasyon maruziyetini önlemek için dikkat edilmesi gereken kurallar:

1. Gebe gereksiz radyasyondan korunmalıdır.

2. Radyasyon elemanları anne ve fötüsün alacağı dozu en aza indirmek için gereken önlemleri bilmeli ve uygulamalıdır.

3. Radyoaktivite uygulanması zorunlu durumlarda gebeye ve gönderen hekime olası riskler anlatılmalıdır.

4. Gebeden ve/ veya yakınlarından bilgilendirildikleri ve riskleri kabul ettiklerini içeren yazılı onay alınmalıdır.

Tablo XI. Radyoaktif madde uygulanan kadınlarda hamilelikten kaçınma süreleri

Radyofarmasötik	Aktivite (MBq)	Süre (ay)
Tanısal İşlemler		
t _{1/2} < 7 gün olan tüm RF	-	0
⁵⁹ Fe	0.4	6
⁷⁵ Se-selenokolesterol	8	12
¹³¹ I-MIBG	20	1
¹³¹ I-Nal	400	4
Tedavi		
¹³¹ I-Nal (tirotoksikoz)	800	4
¹³¹ I-Nal (tiroit kanseri)	5000	4
¹³¹ I-MIBG	200	3
³² P-fosfat	150	3
⁸⁹ Sr-klorid	150	24
⁹⁰ Y-kolloid	400	0

Tanısal veya tedavi amaçlı radyoaktif madde uygulanan doğurganlık çağındaki kadınlarda Tablo XI'de verilen süreler için gebelik kontrendikedir.

Emzikli anneye sütle atılan radyoaktif madde enjeksiyonu ise doğrudan sütle alma yolu ile bebekte radyasyon maruziyetine neden olacaktır (Tablo XII).

Emzikli kadınlar için temel üç kural: (1) 24 saat süresince bebekle yakın temas edilmemelidir, (2) Uygulanan radyofarmasötiklerin sütle geçmesi nedeni ile yeterli süre emzirme yasaklanmalıdır (Tablo XII), (3) Eğer bu kurallara uyulmasında sorun varsa nükleer tıp uzmanından destekleyici bilgi alınmalıdır.

RADYOAKTİF BULAŞ DEKONTAMİNASYONU

Nükleer tıp birimlerinde bulaş olmaması temel ilkedir. Ancak, bulaş olduğu takdirde anında doğru önlemler alınmalıdır. Bulaş olup olmadığını saptamak için Wipe testi yapılır veya radyasyon ölçer ile ölçüm alınır. Elde edilen ölçümler kayıt edilmelidir.

Tablo XII. Anne sütünden atılan radyofarmasötikler ve biyokinetikleri (19, 20)

Radyofarmasötik Adı	Biyolojik t _{1/2} (saat)	Aktivite MBq(miliCi)	Yenidoğan efektif doz mSv/MBq (rem/miliCi)	1 yaş efektif doz mSv/MBq (rem/miliCi)	Emzirme önerileri
Ga-67 sitrat	82-385	18.5 (5)	1.2(4.4)	0.49 (1.81)	KES
Tc-99m DTPA	6.5-30	740(20)	0.03 (0.111)	0.014 (0.052)	DEVAM
Tc-99m MAA	4.6-54	148(4)	0.17 (0.63)	0.068 (0.252)	12 SAAT ARA
Tc-99m perteknetat	6-66	185(5)	0.14(0.52)	0.062 (0.229)	4 SAAT ARA
I-131 sodyum*	11-526	5550 (150)	5400 (20000)	3900 (14400)	KES
Cr-51 EDTA	5-7	1.85 (0.05)	0.028 (0.104)	0.012 (0.044)	DEVAM
Tc-99m DISIDA	10	300(8)	0.22 (0.81)	0.095 (0.35)	DEVAM
Tc-99m glucoheptonat	9	740 (20)	0.008 (0.3)	0.036 (0.13)	DEVAM
Tc-99m HAM	7	300 (8)	0.2 (0.74)	0.083 (0.31)	DEVAM
Tc-99m MIBI	23	1110 (30)	0.14(0.52)	0.065 (0.24)	DEVAM
Tc-99m MDP/HEDP	8.4-34	740 (20)	0.063(0.23)	0.026 (0.096)	DEVAM
Tc-99m PYP	8.4	740 (20)	0.066 (0.24)	0.028 (0.1)	DEVAM
Tc-99m RBC invivo	9.5	740 (20)	0.071 (0.26)	0.031 (0.12)	12 SAAT ARA
Tc-99m RBC invitro	9	740 (20)	0.071 (0.26)	0.031 (0.12)	DEVAM
Tc-99m SC	35	44412	0.09 (0.34)	0.042 (0.16)	DEVAM
In-111 WBC	85-140	18.5 (0.5)	5.5 (20)	2.2 (8.1)	DEVAM
I-123 Na	10.4	14.8 (0.4)	2.7 (10)	1.9 (7)	KES
I-123 OIH	4.8-10.2	74 (2)	0.051 (0.19)	0.022 (0.081)	DEVAM
I-123 MIBG	85	370 (10)	2.7 (10)	1.9 (7)	48 SAAT ARA
I-125 OIH	4.8	0.37 (0.01)	0.2 (0.74)	0.082 (0.3)	DEVAM
TI-201 klorür	13-362	111 (3)	3.6 (13)	2.1 (7.8)	96 SAAT ARA
Tc-99m DTPA aerosol	6.5-30	37 (1)	0.052 (0.19)	0.022 (0.081)	DEVAM
Tc-99m MAG3	6.5-30	370 (10)	0.027 (0.1)	0.012 (0.044)	DEVAM
Tc-99m WBC	6.5-30	185 (5)	0.2 (0.74)	0.074 (0.27)	48 SAAT ARA
I-131 OIH	11-526	11.1 (0.3)	0.23 (0.85)	0.093 (0.34)	DEVAM
F-18 FDG	1.8	40 (11)	0.025 (0.1)	-	DEVAM

Wipe testi

Wipe testini yapmak için emici kağıt, örn. Whatman kağıdı No: 41 gibi, kullanılır. Yaklaşık 100 cm²'lik alan veya obje emici kağıt ile hafifçe silinir. Kağıt kuyu tipi sayıcıda sayılır ve kayıt edilir. İşlem bulaş temizlenene kadar sürer. *Kuyu sayıcıda 200 dpm (= 3 Bq) veya zemin aktivitesininin 2 katı aktivite saptanırsa dekontaminasyon işlemi gereklidir.*

Testin Yapılışı

1. Alanın zemin planları hazırlanmalıdır.
2. Test alanları işaretlenmelidir – Tezgahlar, zemin, çeker ocak, çöp kovaları, kullanılan aletler, telefon ahizeleri vb.
3. Uygun çözücü (su, alkol) ile nemlendirilmiş emici kağıt veya pamuklu spanç kullanılarak tanımlanan alan (100 cm²) silinir. Her bir alan için bir silme işlemi yapılır.
4. Silme materyali havada kurutulur.
5. Sayım için bir taşıyıcıya konur (plastik kapalı bir torba gibi).
6. Uygun bir sayıcı ile sayılır.
7. Temiz bir silme materyali zemin aktivitesini belirlemede kullanılır.
8. Sonuçlar kayıt edilir.

Sıklık: Wipe testinin etkinliği %10 olup rutinde haftalık olarak yapılır.

Survey meter (G-M sayacı)

Survey meter ile elde edilen tüm ölçümler kayıt edilir. Kullanılan probun cinsine göre sayım/dakika veya miliR/saat cinsinden ölçüm alınır. "Pancake" veya sintilasyon probu kullanıldı ise birim sayım/dakika olmalıdır. Eğer "energy compensated" prob kullanıldı ise miliR/saat cinsinden ölçüm alınmalıdır. Objelerden ölçümler daima sabit uzaklıkta alınmalıdır; genellikle 1 cm uzaklıktan sayımlar alınır. Probu kontamine olmamasına DİKKAT edilmelidir.

Sıklık: Survey meter ölçümlerinin radyoaktif madde ile çalışıldıktan sonra ve bulaş olasılığı var ise uygulanması önerilir. Günlük çalışma sonunda yapılabilir.

Bulaş saptandığı anda dekontaminasyon işlemi yapılır. Öncelikle acil ekipmanlar kolaylıkla elde edilebilir olmalıdır. Dekontaminasyon işlemleri için gerekli acil malzemelerin listesi aşağıda verilmiştir; birimin çalışma sistemine göre seçilebilir (Tablo XIV).

Bulaş radyonüklidin etrafa saçılması veya dökülmesi ile olabilir; tabana, suya veya havaya vb. olabilir. Personel ve hasta dışındaki kişileri vücut içinde veya dışında bulaş ile etkileyebilir. Dekontaminasyon işlemleri bulaş yüzeyi (banko veya deri) ve tipine (düşük veya yüksek doz) göre değişir (Tablo XV). Yakıcı kimyasallar ve sert fırçalama deriye bulaş temizliğinde uygun değildir. Bol su ve hafif sabunlarla cildin yıkanması önerilir. Cam yüzeyin temizliğinde alkali deterjan-

Tablo XIV. Dekontaminasyon kitinde bulunması gereken malzemeler

MALZEME	AMAÇ
Uyarı işaretleri	Alanı belirlemek
Plastik torbalar, küçük	Ayakkabıları örtmek, bulaşlı materyali koymak
Eldiven	Ellerin korunması
Yapışkan bant	Örtücü materyali sabitlemek (galoş vb.)
Forceps, pens	Bulaşlı materyali tutmak
Plastik torba, büyük	Bulaşlı materyali koymak
Sünger, 4x4	Bulaşlı materyali emmek
Kağıt havlu	Silmek ve kurulamak
Radiac wash ve deterjan	Bulaş uzaklaştırma (bağlayıcı-çöktürücü etki)
Pudra	Bulaş uzaklaştırma (bağlayıcı)
Etiketler	Bulaş materyalini tanımlama
Makas	Emici materyali kesmek
Whatman No:1 kağıdı	Dekontaminasyondan sonra örnekler alma
Chux	Dekontaminasyon sonra alanı örtmek
G-M survey metre	İzleme

lar kullanılır. Oysa, WHO (1975) porselen ve cam yüzey temizliği için kromik asid önermiştir. Doz kalibratöründe ölçülen örneklerdeki aktivite düzeyi 0.36 MBq/cm² olana dek dekontaminasyon işlemi sürer, kontrol G-M cihazı ile yapılır.

Kısa yarı ömürlü, Tc-99m gibi, radyonüklidlerle çalışma alanında bulaş oldu ise dekontaminasyon işlemi sonrası ince kurşun plaka ile bulaşlı alanın üzeri örtülür. Aktivite düzeyi, tarih ve saat yazılır; kabul edilebilir düzeye dek örtülü kalır. Eğer yatak örtüsü vb. bulaşlı ise YIKANMAZ, plastik torba içine konur ve radyasyon düzeyi kabul edilir düzeye inene dek atık deposunda tutulur.

Personele bulaş olduğunda genellikle deri etkilenir ve duş gerektirecek kadar yoğun değildir. Eğer duş gerekirse dilüsyon yolu ile daha geniş alana yayılım önlenmelidir. Sıcak su kullanımından kaçınılmalıdır; çünkü dolaşımı arttırarak radyoaktif maddenin emilimini ve dolaşıma geçmesini hızlandırır. İlk su önerilir. Genellikle, kontamine alan iyi sınırlı ise sabun ve su ile yıkanması yeterlidir. Eğer deride kesik veya yara var ise, su ile hemen yıkanır. Gözlere bulaş oldu ise, su ile ardından serum fizyolojik ile yıkama işlemi yapılır. Saçlarda bulaş oldu ise, radyoaktif maddenin yayılmasından kaçınarak dekontaminasyon solüsyonu veya şampuan ile yıkanmalıdır.

Aerosol, toz ve gaz ürünleri ile havaya bulaş olduğu taktirde radyonüklid için DAC değeri esas alınır. DAC değeri yüksek ise ortam havalandırılmalı ve radyoaktif gazların kapalı sistemde toplanması sağlanmalıdır.

Tablo XV. Bulaş yüzeyi ve dekontaminasyon materyalleri

Bulaş Yüzeyi	Dekontaminasyon Ajanı
Cam-porselen	Alkali deterjanlar (NRPB 1983) Kromik asid (WHO 1975)
Plastik	Decon 90
Deri	Su (ılık) ve hafif sabun
Gözler	Su-serum fizyolojik
Saçlar	Bol su-Şampuan

RADYOAKTİF MADDELERİN TAŞINMASI

Nükleer tıp birimine teslim edilmiş radyoaktif madde içeren paketlerin farklı binalar arasında ve aynı bina içinde hastalara uygulanmak üzere taşınması ve kabulü sırasında radyasyon güvenliği açısından tanımlanan kurallara uyulmalıdır. Aşağıda iki ayrı başlık altında bu kurallar özetlenmiştir.

A. Taşıma sırasında uyulması gereken kurallar

Radyoaktif maddelerin taşınması sırasında uyulması gereken kurallar TAEK tarafından hazırlanan Radyoaktif Maddelerin Güvenli Taşınması Yönetmeliği'nde belirlenmiştir. Genel kural olarak radyoaktif maddeler kalın kurşun kaplar içinde taşınmalıdır. Kurşun kalınlığı radyonüklidin cinsi, miktarı ve taşıma zamanına bağlıdır. Beta yayıcı radyonüklidler için özel işlemler gerekir. Beta parçacıkları dokuda nispeten kısa yol alır; bu nedenle eksternal zarar oluşturmazlar. Ancak, yüksek enerjili beta parçacıkları kurşun gibi yüksek atom numaralı maddeler ile etkileşirse Bremsstrahlung radyasyon (X-ışını) oluşumuna yol açar. X-ışınının enerjisi soğuran maddenin atom numarasına bağlıdır. Örneğin; ^{32}P ($E_{\text{max}} = 1.7 \text{ MeV}$) durdurucu 3 mm cam, 1 MeV in üstünde X-ışını kaynağı gibi davranır. Toplam enerjisinin sadece % 1'i bu yolla yayıldığı halde, bu gibi yayıcıların büyük miktarı sadece yüksek atom numaralı materyal ile kaplandığı zaman eksternal radyasyon ciddi bir hal alabilir. Bunun için yüksek enerjili beta ışını yayılımı yapan radyonüklidler için düşük atom ağırlıklı madde ile içerden kaplı (örneğin alüminyum veya plastik) kurşun bir taşıyıcı kullanılmalıdır. Alüminyum beta parçacıklarını durdurur ve Bremsstrahlung radyasyonu belirgin derecede azaltır. Beta parçacığı yayan radyonüklidler zırhsız olarak taşındıklarında çok zararlı olurlar. Bir miliCi/ml konsantrasyonda ^{32}P solüsyonu açıkta bırakılınca yüzeydeki doz miktarı $\sim 13 \text{ rad/dk}$ 'dır. Hava atenüasyonu radyasyon dozunu azaltamaz, açık bir taşıyıcı ile el ve yüz kısa sürede yüksek doz radyasyona maruz kalabilir.

Radyoaktif altın ve iyodun çok yüksek dozları için taşıyıcılar tekerlekli kart veya masa üzerine yerleştirilmelidir. Radyoaktif maddelerin taşınması sırasında uyulması gereken kurallar hastane içi ve uluslararası

Tablo XVI. Tip A taşıyıcıların özellikleri

Sınıflandırma ve paket işaretleri	1 metrede maksimum doz hızı (mikroSv/ saat)	Maksimum yüzey doz hızı (mikroSv/ saat)
BEYAZ I	1	5
SARI II	10	500
SARI III	100	2000

taşıma için hemen aynıdır. Uygun paketlenme ve etiketlenme yapılmalıdır. Taşıyıcı kabın üstünde radyoaktif maddenin adı, miktarı ve tarih yazılı olmalıdır.

Nükleer tıpta başlıca iki tip taşıyıcı vardır: (1) "Excepted" paket (2) Tip A taşıyıcı.

Excepted paketler dış radyasyon dozu düşük olup sınırlı aktiviteye sahiptir. Yüzeyde doz hızı 5 mikroSv/saat'i geçmez ve paketin her bir kenarı en az 10 cm olmalıdır. $^{99\text{m}}\text{Tc}$ kolaylıkla paketlenildiği ve bu sınıfa düştüğü halde her bir paket için 800 MBq aktivite sınırı vardır.

Tip A taşıyıcıların hazırlığı önemlidir. Özel vial ve şırıngalar için uygulanır. Dış yüzey radyasyon dozuna göre alt gruplara ayrılır (Tablo XVI).

Paket içeriği, radyasyon hızları ve gönderici bilgileri yazılmalıdır. Transport indeksi (TI) paketten 1 m uzaklıkta radyasyon doz hızı ile ilişkilidir ve 1 transport indeksi 1 metrede 10 mikroSv/ saat doz hızına denk gelir. Bu bilgi, sürücü için yararlı göstergedir. Paketler sürücüdenden en uzak yere konmalıdır. Radyoaktif paketler transport indekslerine göre sınıflandırılır (Tablo XVII).

Transport indeksi= 1 metrede maks. doz hızı (miliSv/ saat) / 10

"Excepted" paketler taşıyan aracın işaretlenmesi gerekmez. Ancak, Tip A paket taşıyan aracın gerisine ve her iki yanına işaret konmalıdır. Ayrıca, kaza anın-

Tablo XVII. Radyoaktif madde paketlerinin transport indeksine göre sınıflandırılması ve paket işaretleri

Sınıflandırma ve paket işaretleri	Yüzeyde doz hızı (mikroSv/ saat)	1 metrede doz hızı (mikroSv/ saat)	Transport İndeksi (TI)
BEYAZ I	5	0.05- 1	0
SARI II	> 5 < 500	< 10	0 < TI < 1
SARI III	>500 < 2000	>10 < 100	1 < TI < 10

da aranması gereken kişiye ait bilgiler ateşe dayanıklı metal üzerine yazılı olarak araçta bulunmalıdır.

Radyoaktif madde taşıyan araç sürücüleri özel eğitim almalıdır. Kısa süreli mola verebilirler, araçta olmadıkları zaman mutlaka araç kilitli bırakılmalıdır.

B. Radyoaktif materyal içeren paketlerin kabul edilmesi

Radyoaktif madde kabul edilmeden önce mutlaka koruyucu kıyafet giyilmelidir. Paketler nükleer tıp bölümünde hastalara radyofarmasötik uygulanan ve hastaların bulunduğu ortamdaki uzak bir mekanda açılmalıdır. Paket havalandırma çalışması modülünde açılmalı; paketin dışında ve iç yüzeyinde bulaş olup olmadığı kontrol edilmelidir. Paketin dışı ve içindeki taşıyıcının üzerinde aynı radyoaktif madde adı ve aktivitesinin yazıp yazmadığı kontrol edilmelidir. Eğer paket gama veya yüksek enerjili beta yayan radyoizotop içeriyorsa paketin dışında radyasyon doz hızı ölçülmelidir. Kontaminasyon varsa radyasyon güvenliği birimine haber verilmelidir. Paket açıldıktan sonra aktivitesi ölçülmeli ve uygun yerde saklanmalıdır.

RADYOAKTİF ATIKLARIN SAKLAMA ve YOK EDİLMESİ

İğne, şırınga, vial, eldiven gibi radyoaktif madde ile bulaşmış materyal plastik torba ile kaplı çöp toplama kabında izole edilmeli ve diğer çöplerden ayrı imha edilmelidir. Bu kaplar üzerinde DİKKAT! RADYOAKTİF MADDE uyarısı bulunmalıdır. Tüm tıbbi tanısal radyonüklidler kısmen kısa yarı ömürlüdür ve “düşük-düzyey” atıklar olarak adlandırılır. Atık materyaldeki aktivite miktarı birkaç mikroCi’den birkaç yüz miliCi’ye kadar (kullanılmış Molibden/Tc-99m jeneratörlerinde) değişebilir. Bu materyalin saklanması ile ilgili en basit yöntem kurşunlu odalarda depolanması ve geri-plan aktivite düzeyine ulaşana dek yıkılmaya bırakılmasıdır. Jeneratör hariç radyoaktif atıklar aktivite düzeyi geri-plan aktivite düzeyine indiği zaman standart atık olarak yok edilebilir.

Radyoaktif atık deposunun kapısı kilitli olmalı, kapıda uyarı işareti bulunmalı ve uygun zırhlama yapılmalıdır. Zırhlama sürekli depolama alanında < 2 miliSv/ saat ve geçici depolama alanında 1 metre uzaklıkta < 20 miliSv/ saat olacak şekilde yapılmalıdır. Radyoaktif atıkların kayıtları düzenli tutulmalıdır.

Radyoaktif atıklar kuru atıklar (eldiven, gazlı bez, vb), kesici-delici atıklar (iğne, bisturi ucu, lanset vb), sıvı atıklar (hasta sekresyonlarını içeren sıvılar vb.) ve hayvan cesetleri diye gruplandırılır. Bunlar ayrı kapılarda saklanır ve imha edilir.

Geri-plan aktivitesine ulaşmak için radyoaktif madde ile bulaşmış atıkların en az 10 yarı ömür bekletilmesi gerekir. Pratikte atıklar, “kısa” ve “uzun” yarı ömür-

lü olanlar diye ayrılır. Kısa yarı ömürlü olanlar ^{99m}Tc ve ürünleridir. Daha uzun yarı ömürlü maddeler ²⁰¹Tl, ¹¹¹In, ⁶⁷Ga’dır. ¹³³Xe ve ¹²⁷Xe de kısmen uzun yarı ömre sahiptir (sırası ile, 5.2 ve 36.4 gün). Kapalı solunum sistemlerindeki kömür yakalayıcılar önemli miktarda Xenon içerir ve uzun süre bekletilmelidir. ¹³¹I gibi uzun yaşam süreli bulaşlar depolama için gereken süreyi iki katına çıkarabilir. Radyoaktif atık depolanırken miktarı ve tarih yazılmalıdır. En az 10 yarı ömür geçtikten sonra aktivite geri-plan aktivite düzeyine gelir. Eğer saptanan aktivite geri-plan aktivite değerinin üzerinde değilse atıklar o zaman normal atık olarak kabul edilir.

^{99m}Tc için 10 yarı ömürlük süre 60 saattir. Bu zaman içinde, radyoaktivite miktarı başlangıç değerinin yaklaşık % 0.09’a iner. Bu miktar geri-plan aktivite değerine eşdeğerdir. Fakat yoğun şekilde bulaşmış atıklar için daha uzun zaman gerekebilir.

Atıklar fiziksel durumlarına göre;

1. Solid atıklar
2. Akıcı likit atıklar
3. Organik likit atıklar
4. Gaz atıklar olarak sınıflandırılır.

Hastanelerin kanalizasyonu aracılığı ile atılan maksimum radyoaktivite düzeyi 1 Ci / yıl olup kabul edilebilen maksimum doz sınırını aşmaz. Nükleer tıp bölümlerinden radyoaktif atıklar ya depolayarak kabul edilebilir düzeye inmesi beklendikten sonra kanalizasyona boşaltılarak veya yetkili atık toplama servisine aktarılarak uzaklaştırılır. Eğer atık likit formda ise sızıntıyı önlemek için emici materyal ile karıştırılarak metal kap içinde depolanır.

Radyoaktif atıklar bozunumları sırasında yaydıkları fotonlara göre farklı saklama ve yok edilme işlemine tabi tutulmalıdır.

A. Beta parçacıkları yayan radyonüklidler ile ilgili işlemler: Beta ışını yayan radyonüklidleri içeren materyalin saklanması sırasında uyulması gereken kurallar taşıma kuralları ile aynıdır. Saklama kabının üzerine radyonüklidin adı, aktivitesi, katı veya sıvı olduğu, paketleyen görevlinin adı ve tarih içeren etiket konmalıdır.

B. Gama ışını yayan radyonüklidler ile ilgili işlemler: Gama-ışınları daha penetran olup aşırı dozdan kaçınmak için radyoaktif madde içeren materyalin hazırlanması sırasında daha büyük dikkat gerekir. Doz yoğunluğunu azaltmak için iki yöntem uygulanabilir.

a) Radyasyon kaynağı ve alıcı arasındaki uzaklığı arttırmak: Radyasyon yoğunluğu nokta kaynağın hedefe uzaklığının karesi ile ters orantılıdır. Eğer kaynak nokta değil ise uzaklıkla yoğunluk azalması daha yavaştır.

b) Radyasyon soğurucu bariyer yerleştirmek: Genelde en iyi X- ve gama ışını soğurucusu kurşundur. Radyasyon yoğunluğunu emniyetli bir düzeye indirmek için gereken kurşun kalınlığı radyonüklidin miktarına, kişinin kaynaktan uzaklığına, maruz kalma süresine

ve maruz kalma hızına bağlıdır.

Radyoaktif madde taşıyan kişinin vücudu kurşun kılıf ile korunduğu halde el ve yüzü işlemler sırasında korunmayabilir. Bunun için pipetleme ve dilüsyon sırasında kesinlikle kapalı taşıyıcı kullanılmalı, pipetleme eller açık kaynak üzerine getirilmeksizin yapılmalı ve ağız yolu ile yapılmamalıdır. Forseps ve diğer aletler yeterli uzunlukta olmalıdır; ama hareket kabiliyetini kısıtlamamalıdır.

Radyoaktif hasta/ ceset ile ilgili işlemler (16)

Tedavi dozunda radyonüklid uygulanan hasta uygulamadan hemen sonra operasyona alındığı veya öldüğü zaman görevli personelin mümkün olduğunca az radyasyona maruz kalması için gerekli önlemler alınmalıdır .

- Hazırlık eğitilmiş kişilerce yapılmalıdır.
- Görevli ve akrabaların hasta ve kadavra ile yakın teması önlenmelidir.
- Taşımada görevli tüm personel radyasyon güvenlik sorumlusu tarafından izlenmeli ve mümkünse radyasyon ölçümü yapılmalıdır.
- Hasta ve cesetle temas etmiş tüm malzemeler bu laş açısından kontrol edilmelidir.
- Kontamine vücut sıvılarının yayılmasını önlemek için kadavra suya dayanıklı materyal ile sarılabilir.
- Mumyalama yapılmamalıdır.
- Otopsi , zorunlu ise, minimumda sınırlandırılmalıdır.
- Aktivite kabul edilir düzeye inene kadar ceset yakılmamalıdır.

HAYVANLAR VE RADYOAKTİF MATERYALLER:

HAYVAN BAKICILARI İÇİN GENEL KURALLAR

"DİKKAT! Radyoaktif Materyaller" etiketi ve radyasyon işareti taşıyan tüm kafesler aşağıdaki işlemlere uygun olarak bakılmalıdır.

a. Personelin Korunması

1. Film badge kullanılmalıdır. Çok çeşitli radyoaktivite kaynağı varsa film badge gereksizdir.
2. Daima disposable eldivenler, laboratuvar elbisesi veya diğer koruyucu kıyafetler giyilmelidir. Hayvan-

lar, atıklar, kafes vb. materyalin çıplak deriye teması önlenmelidir.

3. Yeme, içme, sigara içme işlemi öncesi eller ve deri mutlaka yıkanmalıdır. Kesin veya şüpheli personel kontaminasyonu varsa radyasyon güvenlik birimine bilgi verilmelidir.

b. Rutin İşlemler

1. Özel bir durum yoksa besleme–su verme diğer hayvanlarla birlikte yapılabilir.
2. Zemin materyali, idrar, feces ve diğer atıklar radyasyon güvenlik birimi tarafından sağlanan özel saklama kabında tutulmalı ve normal atık kabına konmamalıdır. Bunlar genellikle "DİKKAT! Radyoaktif Materyal" işaretli metal kaplardır. Saklama kabı dolduğu zaman yok edilmesi için radyasyon güvenlik birimi aranmalıdır.
3. Kafesler temizleninceye dek mutlaka kontamine kabul edilmeli ve tanımlayıcı işaretler uzaklaştırılmamalıdır.
4. Kafesler ve oda temiz olarak kabul edilmeden önce eğitilmiş kişi tarafından kontrol edilmeli, şüphe durumunda radyasyon güvenlik biriminden yardım istenmelidir.
5. Hayvanlar temiz kafeslere taşındığı zaman, yeni kafese "DİKKAT! Radyoaktif Materyal" yazısı ve radyasyon tanımlayıcı işaretler konmalıdır.

c. Rutin olmayan işlemler

1. Radyoaktif madde uygulanmış hasta, şokta veya ölü hayvanlar için ilgili kişi aranmalıdır.
2. Radyoaktif hayvan cesetlerinde tanımlayıcı etiketler ve boyunluklar çıkarılır ve saklanır. Ceset çift kat plastik emici materyalden yapılmış torbalara konur. Hayvan cesedini içeren torba üzerine "Radyoaktif Hayvan İçermektedir" etiketi yapıştırılır ve dondurulur. Torbanın dışı kontamine olmamalıdır.

RADYOAKTİF MATERYELİN KAYBI VEYA ÇALINMASI

Radyoaktif materyalin kaybı veya Çalınması durumunda, hemen Radyasyon Güvenlik Birimi bilgilendirilir.

KAYNAKLAR

1. International Commission on Radiation Units and Measurements. Quantities and units in radiation protection dosimetry. Bethesda, MD; 1993; ICRU report no: 51
2. Kıracı S, Yüksel D. Radyasyon Biyolojisi, Gültürk Ofset, Denizli, 2000
3. Mould RF. Radiation protection in hospitals. Medical Science Series, 1985
4. Yale University Radiation Safety Procedure Manual. 1994
5. Perkins AC. Nuclear Medicine Science and Safety. John Libbey&Company Ltd. 1995,London
6. <http://www.evms.edu/radsafety/rasaman.html>
7. <http://www.mcl.tulane.edu/oehs/radman.htm>
8. TAEK Radyoaktif Maddenin Güvenli Taşınması Yönetmeliği Taslağı

Tablo XVIII. İşlem öncesi tüm evrelerde personelin alacağı kabul edilebilir aktivite düzeyi (MBq)

Radyonüklid	Burial (Yakma)	Cremation (gömme)
I-131	400	400
Y-90 kolloid	2000	70
Au-198 kolloid	400	100
P-32	2000	30
Sr-89	2000	200

9. IPSM Report 63. Radiation protection in Nuclear Medicine and Pathology. IPSM York 1991.
10. Saha G. Radiation protection and regulations. In: Physics and radiobiology of nuclear medicine. 2nd ed., 2002, Springer, New York, pp. 213-233
11. Daresbury lab. local rules for the SRS experimental and ancillary areas. 2000 in: www.srd.dl.ac.uk/SRS
12. National Radiological Protection Board 1983. Draft guidance notes for the protection of persons against ionising radiations arising from medical and dental use consultative document (London HMSO)
13. International Commission on Radiological Protection. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP publication 26. Ann ICRP 1977; 1 (3)
14. Bushberg JT, Leidholdt EM. Radiation protection. In: Diagnostic Nuclear Medicine. Sandler MP et al (Eds), 4th ed., Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, 2003, pp. 133-163
15. TAEK Radyasyon Güvenlik Tüzüğü Taslağı
16. Nükleer Tıpta Radyasyon Güvenliği Ve Lisanslama Yönetmeliği taslağı
17. Radyoaktif Madde Kullanımından Oluşan Atıklara İlişkin Yönetmelik Resmi Gazete Tarih/Sayı: 02.09.2004 / 25571
18. www.ucla.edu I-131 Radioiodine Ablative Therapy for Thyroid Cancer.
19. Stabin MG, Breitz HB. Milk excretion of radiopharmaceuticals: mechanisms, findings and radiation dosimetry. JNM 2000; 41: 863-73
20. RJ Hicks et al. Pattern of uptake and excretion of (18)F-FDG in the lactating breast. JNM 2001; 42: 1238-1242

EK A.

RADYOİYOT TEDAVİSİ ALACAK HASTALARI BİLGİLENDİRME FORMU

Sayın hastamız,

Bu broşür size uygulanacak radyoiyot tedavisi ve uymanız gereken kurallar hakkında sizi bilgilendirmek amacıyla hazırlanmıştır.

RADYOAKTİF İYOT NEDİR VE NASIL ETKİ EDER?

Radyoaktif iyot, iyodun radyoaktif şeklidir ve etrafa radyasyon yaymaktadır. Halk arasında ATOM olarak bilinmektedir. Ağız yolundan kapsül ya da sıvı olarak verilen radyoiyot, sindirim sisteminden emilerek tiroit bezi (guatr) hücrelerinde toplanır ve yaydığı radyasyon tiroit hücrelerinin büyümesini ve çalışmasını durdurur. Aşırı çalışan tiroit bezinin fonksiyonu normale döner veya istenmeyen tiroit dokuları yok olur.

RADYOAKTİF İYOT TEDAVİSİNİN YAN ETKİLERİ NELERDİR?

Radyoiyot, tiroit bezi (guatr) hastalıklarının tedavisinde 50 yıldan beri başarıyla uygulanmaktadır. Tedavi sırasında önemli yan etkiler görülmeyecek saçlarınız dökülmeyecek, kısırlık oluşmayacaktır.

Bazı hastalarda tükürük bezlerinde şişme ve ileride

tükürük azalması görülebilir. İki gün süre ile sakız çiğnenmesi ve limon yenmesi ile bu yan etki görülme sıklığı azalır.

VERİLEN RADYOİYOT MİKTARI NE KADARDIR VE HASTANEDE YATMAK GEREKİR Mİ?

Radyoiyot dozu, tiroit hastalığının özelliğine göre değişir. Bazı hastalarda düşük doz, bazı hastalarda yüksek doz verilebilir. Düşük doz verilecekse hastanın hastanede yatması gerekmez, uygulamadan sonra evine gidebilir. Eğer doz yüksek olursa, çevresine radyasyon yaymaması için hastanede radyoaktif iyot uygulaması için hazırlanmış özel odada yatması gerekir. Bu dozun miktarı kanunen belirlenmiştir. Hastanede kalış süresi; uygulanan doza ve günlük ölçümlerle vücutta saptanan radyasyona göre 3 gün ile 1 hafta arasında değişebilir.

RADYOİYOT VÜCUTTAN NASIL VE NE KADAR SÜREDE ATILIR?

Ağız yoluyla alınan iyodun önemli bir kısmı tiroit bezi tarafından tutulur. Vücudun diğer kısımlarında tutulan iyot az miktardadır ve dokulara herhangi bir zararı yoktur. Radyoiyot; vücuttan çoğunlukla idrar yolu ile, bir kısmı ise tükürük, ter ve dışkı ile atılır. Atılmayanlar da bir süre sonra kendiliğinden yok olur, 10 gün ila 1 ay arasında vücudunuzda radyasyon kalmaz. Vücutta kalış süresi; düşük dozlarda daha kısa, yüksek dozlarda daha uzundur.

RADYOAKTİF İYOT UYGULANMADAN ÖNCE HANGİ YİYECEK VE İÇECEĞE DİKKAT EDİLMELİDİR?

İçerisinde iyot olan tüm yiyecek, içecek ve ilaçlar tedaviden önce kesilmelidir.

Tedaviden önce kullanılması yasak olan ilaçlar ve tedaviden önce kesilmesi gereken süreleri

- İyot içeren **öksürük şurupları** 2 hafta
- İyot içeren **vitamin hapları** 2 hafta
- **Tentürdiyot**, lugol solüsyonu 2 hafta
- Röntgen filmi çekiminde kullanılan maddeler 2-3 hafta
- Tiroit hormon ilaçları (**Levotiron, Tefor** 4-6 hafta, Tiromel 2 hafta)
- Guatr tedavisinde kullanılan ilaçlar (**Propycil, Thyromazol** 1 hafta)

Tedaviden önce yenmesi sakıncalı yiyecekler:

- **İyotlu tuz**, kaya tuzu
- Deniz ürünleri
- İçinde iyot olan veya iyotlu tuz kullanılarak hazırlanmış konserve, hazır yiyecekler.
- Çay, hazır kahve
- Süt, yoğurt, peynir ve dondurma

RADYOAKTİF İYOT NASIL İÇİLİR VE İÇERKEN NELERE DİKKAT EDİLMELİDİR?

- Radyoaktif iyot, bir bardak su içinde ya da kapsül olarak bir Nükleer Tıp uzmanı tarafından hastaya içilir.
- İçerken, bir damla sıvının bile yere **dökülmemesi** için özen gösterilmelidir.
- Hasta **uygulama öncesi 4-6 saat hiçbir şey yememeli ve içmemelidir.**
- Eğer bulantınız olursa ve radyoaktif iyodu içtikten sonra **kusarsanız** hemen hekiminize haber veriniz.

RADYOAKTİF İYOT İÇTİKTEN SONRA NELERE DİKKAT EDİLMELİDİR?

- Hasta, radyoaktif iyodu içtikten sonra **2 saat** hiçbir şey **yememeli ve içmemelidir.**
- **Bol miktarda su veya meyve suyu içilmelidir, sulu yiyecekler tercih edilmelidir. İlk yemeğinizi hafif bir kahvaltı şeklinde yiyiniz**
- Tükürük bezinde radyoaktif iyot birikmemesi için iki gün sakız veya limon dilimleri çiğnenmelidir.
- Sık tuvalete giderek idrarda biriken radyoiyot atılmalıdır. Eller bol su ve sabunla yıkanmalıdır.
- Tuvaleti kullandıktan sonra en az 3 kez sifon çekilmeli ve tuvalet bol su ile yıkanmalıdır.
- Her gün, duş şeklinde yıkanılmalı, yıkandıktan sonra banyo temizlenmeli, çamaşır değiştirilmeli, çamaşlıklar ayrı yıkanmalıdır.
- Tedaviden sonra bir hafta süreyle yatak odasında yalnız uyunmalıdır.
- Bir hafta süre ile diğer insanlarla iş arkadaşları ile uzun süreli ve yakın temas içinde bulunmamalıdır.
- Özellikle **bebeklere, küçük çocuklara ve hamilelere** 2 metreden yakın ve uzun süre birlikte olunmaması, onları öpmemelidir.
- Birkaç gün ayrı çatal, kaşık, tabak ve bardak kullanılmalı ve bunlar bol su ile yıkanmalı, bulaşık makinesi kullanılmamalıdır.
- **Ayrı el ve yüz havlusu kullanılmalı ve giysiler ayrı yıkanmalıdır.**
- Hastaneden ayrılırken hekiminiz tarafından reçete verilmişse, ilaçlar tedaviden 48 saat sonra alınmaya başlanmalıdır.

RADYOİYOT TEDAVİSİ KİMLERE UYGULANMAZ?

- **Hamilelere kesinlikle uygulanmaz!!!**
- **Tedavi öncesi hamile olunmadığından gebelik testi yaptırarak emin olunmalıdır ve tedavi sonrasında 6 ay hamile kalınmamalıdır.**
- **Emziren annelere** ancak emzirmeyi kestikten sonra radyoaktif iyot tedavisi uygulanabilir.
- İyot içeren ilaçları kullanan veya iyotlu maddelerle film çekilmiş hastalara da uygulanmaz

EK-B

30-150 mCi I-131 Tedavisi İçin Hasta Onay Formu

.....Nükleer Tıp Kliniği

AÇIKLAMA:

Radyoaktif iyot, iyodun radyoaktif şeklidir. Ağız yolundan kapsül veya sıvı olarak verilen radyoiyot, sindirim sisteminden emilerek tiroit bezi (guatr) hücrelerinde toplanır ve yaydığı radyasyon tiroit hücrelerinin büyümesini ve çalışmasını baskılar. Boyunda tiroit bezi lokalizasyonunda hafif duyarlılık ve /veya midede yanma hissi oluşabilir. Kemik iliği baskılanması, saç dökülmesi, deri reaksiyonları ve diğer ciddi yan etkiler nadiren görülür.

ONAY:

Yukarıda yazılanları okudum ve anlamadığım konularda doktoruma soru sorma şansım vardı. Ben bu tedavinin risklerini ve değişik tedavi yöntemlerini seçme şansım olduğunu biliyorum. Bana uygulanacak tedavinin kesinlikle başarılı olacağına dair garanti olmadığını anladım. Kendi kararım ile gönüllü olarak yukarıda açıklanan tedavi yöntemini onaylıyorum ve bu gibi tedavilerle gelişebilecek riskleri kabul ediyorum.

Ayrıca kesin veya şüpheli hamilelik durumu söz konusu değil ve/veya çocuk emzirmiyorum.

Tarih

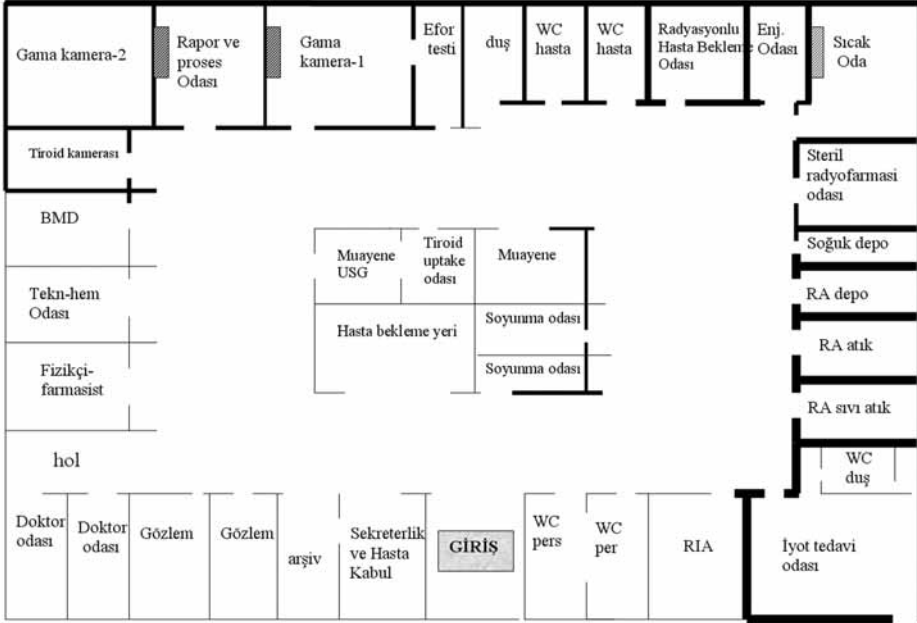
Hastanın Adı Soyadı:

Hasta dosya / protokol No:

**Hastanın
imzası**

**Hekimin
imzası**

**Tanığın
imzası**

EK C.**NÜKLEER TIP ANABİLİM DALI YERLEŞİM DÜZENİ****EK D.****NÜKLEER TIP ANABİLİM DALI****RADYASYON KAZALARI İÇİN ACİL DURUM PLANI**

Nükleer Tıp Anabilim Dalı uygulamaları sırasında radyoaktif maddelerden kaynaklanan kazalar üç genel başlıkta sınıflandırılır. Radyasyon kazalarında bölüm per-

soneli kazanın kategorisine göre hareket eder. Bu üç kategori, kategorilere ait hareket şekli ve haber verilecek birimlerin telefon numaraları aşağıdaki tabloda verilmiştir.

RADYASYON KAZALARININ SINIFLANDIRILMASI

KAZANIN KATEGORİSİ	ACİLEN HABER VERİLECEK BİRİMLER	HAREKET PLANI VE ÖNLEMLER
YAŞAMI TEHDİT EDEN KAZALAR VE RADYOAKTİF BULAŞ	Hastane güvenlik birimini ara Telefon#: Radyasyon güvenliği birimini ara Telefon#:	Bölüm I ve sonra III de belirtildiği gibi hareket et.
HAFİF KAZALAR VE RADYOAKTİF BULAŞ	Mümkün ise ilk yardım yap, bulaşın yayılmasını önle Radyasyon güvenliği birimini ara Telefon#: Hastane güvenlik birimini ara Telefon #:	Bölüm II ve sonra III de belirtildiği gibi hareket et.
DÖKÜLME, SAÇILMA VE/VEYA VÜCUDA BULAŞ İLE OLAN YARALANMASIZ KAZALAR	Bulaş alanını sınırla ve girişlere kapat Radyasyon güvenliği birimini ara Telefon #: Hastane güvenlik birimini ara Telefon #:	Bölüm III de belirtildiği gibi hareket et

I - Yaşamı Tehdit Eden Kazalar ve Radyoaktif Bulaş

Yaşamı tehdit eden radyasyon yaralanması olan tüm olgularda radyasyon tehlikesine bakılmaksızın hemen hayat kurtarmaya yönelik acil müdahale yapılması gerekir. Kazaya uğrayan kişiye gerekli tıbbi müdahale yapıldıktan sonra radyasyon tehlikesi düşünülmemelidir. Dışarıdan radyasyon ile ışınlamaya maruz kalan kişide radyoaktif bulaş oluşmaz. Bulaş, radyoaktif madde içeren pudra, sıvı veya diğer yayılma özelliği olan maddelerin kaza ile kazazedenin üzerine dökülmesi sonucu oluşur. Radyoaktif bulaş olmaz ise kazaya uğrayan kişiye diğer acil müdahale gereken kişiler gibi tedavi uygulanmalıdır. Tedavi yöntemini belirlemek için radyoaktif bulaşın olup olmadığını bilmek çok önemlidir. Aşağıda verilen uygulama kılavuzu yaşamı tehdit eden kazalar ve radyoaktif bulaşın olduğu radyoaktif madde ile çalışılan Nükleer Tıp Anabilim Dalı bünyesinde kaza olduğunda yapılacakları içermektedir.

A. Kazazedenin tıbbi durumunu değerlendirip gerekli ilk yardım yapılmalı ve yaralanan bölge belirlenmelidir.

B. Hastane güvenlik görevlisi çağırılmalıdır (Telefon#:.....).

C. Güvenlik görevlisi kazaya uğrayan kişi ile ilgili aşağıdaki bilgileri alacaktır.

1. Kazazedenin adı
2. Kazazedenin yeri (bina ve numara)
3. Yaralanma tipi
4. Kazayı haber veren kişinin isim ve telefon numarası
5. Kazazedenin üzerindeki radyoaktif madde ve yaklaşık olarak miktarı

D. Hastane güvenlik görevlisi sizin aradığınızı onaylamak için sizi tekrar arayabilir.

E. Acil personelinin gelmesi beklenmelidir. Mümkün ise, kaza yerine acil personelinin gelişinde onlara eşlik etmek amacı ile bir görevliyi karşılamak üzere yollanmalıdır.

F. Hastanın tıbbi durumu olanak veriyor ise, bulaşa maruz kalan maddeler uzaklaştırılmalı ve giysiler kazazedenin üzerinden çıkarılmalıdır.

G. Zaman varsa, acil görevlisine bulaşa maruz kalmamış bir yol sağlamak için zemine emici bir paspas yerleştirilmeli ve üzeri folyo kağıt ile örtülmelidir.

H. Acil odasına kadar kazazedeye eşlik edilmelidir. Acil müdahale edecek birime çok değerli bilgiler verebilirsiniz.

II - Hafif Kazalar ve Radyoaktif Bulaş

Hafif yaralanma ve radyoaktif bulaşa neden olan kazaların aciliyeti daha azdır. Yine de çok ciddi yaralanmalarda olduğu gibi kazazedenin tıbbi durumu değerlendirilerek gerekli ilk yardım yapılmalıdır. Yaralının hastane acil bölümüne sevkini gerektirmesine ka-

rar verilirse, bu gibi durumlara aşağıdaki gibi yaklaşılabilir.

A. Yaralının durumu değerlendirilerek hemen ilk yardım yapılmalıdır.

B. Mümkün ise kauçuk eldivenler giyilmeli ve bulaş bulunan bölge süngerle (emici materyel) ve/veya tazyikli su ile temizlenmelidir.

C. Çalışma saatleri içinde Radyasyon Güvenliği birimi (Telefon #:.....) veya hastane güvenliği (Telefon #:.....) aranmalıdır.

Çalışma saatleri dışında hastane güvenliğine (Telefon #:) olay bildirilmelidir.

D. Kazanın ayrıntıları ve mevcut radyoaktif madde hakkında bilgi, bildiren kişinin ismi, bulunduğu yer ve telefon numarası verilmelidir.

E. Radyasyon Güvenliği birimi kaza ile ilgili uymanız gereken kuralları size bildirecektir.

F. Acil bölümüne bir kişinin sevk gerekiyorsa, bunu hastane güvenlik görevlisi sağlayacaktır. Böyle bir sevk ayrıntıları yaralanmanın ciddiyeti ve radyoaktif bulaşın varlığına bağlı olarak değişir. Acil servise sevk işleminden önce Radyasyon güvenlik sorumlusuna haber verilmelidir. Radyasyon güvenlik sorumlusunun onayı olmadan kazazede acil bölümüne sevk edilemez.

G. Radyasyon Güvenliği kurallarına göre bulaş bulunan giysiler çıkarılmalı ve giysiler ayrı torbalara konarak radyoaktif katı atık işlemi uygulanmalıdır. Gerekli temizlik bol su ile yapılmalıdır.

H. Kaza alanının izolasyonu ve zırhlanması yapılarak bulaşın yayılımı önlenmelidir. Alana görevli olmayanların girişini engellenmeli ve merkezi sistem havalandırma olan alanlarda havalandırma kapatılmalıdır.

I. Yüksek radyasyon alanı işareti ile bulaş alanı belirlenmelidir.

III- Dökülme, Saçılma ve/veya Vücuda Bulaş İle Olan Yaralanmasız Kazalar

Çok Tehlikeli Durumlar Yüksek radyasyon düzeylerinin (100 milirem/saat) veya kuru ve uçucu radyoaktif maddelerin havaya bulaştığı durumlardır.

A. Hemen laboratuvar boşaltılmalı; içeri girişleri önlemek için kapılar kapatılıp kilitlenmeli ve önüne bir güvenlik bariyeri yerleştirilmelidir. Çalışma saatleri içinde Radyasyon Güvenliği birimi (Telefon #:.....) ile iletişim sağlanarak kaza ile ilgili bilgileri verilmelidir.

B. Çalışma saatleri dışında laboratuvar boşaltılmalı; içeri girişleri önlemek için kapılar kapatılıp kilitlenmeli, hastane güvenliği (Telefon #:.....) aranmalıdır. Kaza hakkında ayrıntılı bilgi ve telefon numarası verilmelidir. Hastane güvenliği Radyasyon Güvenliği personeli ile iletişim kuracaktır. Radyasyon Güvenliği personeli ilgili kişiye ulaşım gerekli talimatları verecektir.

C. Radyasyon Güvenliği veya hastane güvenliğini aramak için olay yerini terk etmek gerekiyorsa, bulaş bulunan bölgeyi terk etmeden önce ayakkabılar çıkarıl-

malı veya galoş giyilmeli ve gerekmedikçe hiçbir şeye dokunulmamalıdır.

D. Yüksek hava bulaşı olan bölgelerde acilen olay yerini terk edene kadar nefes tutulmalıdır. Merkezi havalandırma sistemi bulunan alanlarda havalandırma kapatılmalıdır.

Diğer Tehlikeli Durumlar:

A. Radyoaktif maddenin karıştığı kazalarda; çalışma saatleri içinde Radyasyon Güvenliği birimi (Telefon #: ...) ve çalışma saatleri dışında hastane güvenliği (Telefon #:) aranmalıdır.

B. Radyoaktif maddeyi etkileyen yangın,deprem ve patlama gibi kazalar: Bölgedeki tüm personel olay yerini terk etmeli ve hayati tehlike olmayan bir bölgeye gitmelidir. En yakın yangın alarmı çalıştırılarak hemen hastane güvenliğine (Telefon #:.....) haber verilmelidir. Yaralı kişi var ise bildirilmeli, radyoaktif bulaş için ölçüm yapılmadan güvenli bölge terk edilmemelidir. Radyasyon Güvenliği sorumlusu (Telefon #:...) aranmalıdır.

Tüm Acil Durumlarda Hareket Biçimi: Sakin olunmalı, halk korunmalı, bulaş yayılmamalıdır. Survey metre ile radyasyon düzeyi normal sınırlara gelene kadar bulaş olduğu düşünülmeli. Radyasyon Güvenliği birimi (Telefon #: ...) veya hastane güvenliği (Telefon #:) aranmalı ve talimat beklenmelidir.

Dökülme ile olan bulaş durumlarında kontrol işlemi:

DUR.....ne yapıyorsun

Panik yaratma

Olduğun yerde kal

Düşüncelerini topla sakin ol

DÜŞÜN ...bulaş oldun

Bulaşı yayma

Gereksiz hareketler yapma

Durum uygun ise deri bulaşını kontrol et.

BİLGİLENDİR...radyoaktif maddenin döküldüğü bölgedeki diğer kişileri bilgilendir.

Çalışma saatleri içinde Radyasyon Güvenliği birimini (Telefon #:.....) ve çalışma saatleri dışında hastane güvenliğini (Telefon#:....) ara.

YERİNİ BELİRLE..... dökülen maddenin yerini belirle.

Yayıldığı alanı saptamaya çalış

Kauçuk eldiven giyerek dökülen radyoaktif madde üzerini emici bir madde ile kapla ve üzerini kurşun folyo ile kapat

İŞARETLE.....bulaş alanını işaretle

Bölgeye giriş ve çıkışları engelle

IV- Kaza Sonrası Raporlama:

Kaza sonrası Radyasyon Güvenliği birimi kaza hakkında gerekli raporu hazırlar ve kayıtları tutar. Kazanın tipine göre Türkiye Atom Enerjisi Kurumunu bilgilendirir.

TAEK KRİZ MERKEZİ

ALO TAEK : 172

Tel: 0 312 205 50 34 - 205 50 39 - 285 63 56

Faks: 0 312 285 15 37