

DERLEME

Radyasyon Güvenliğinde Mesleki Olarak Bilmemiz Gerekenler

Need To Knows About Radiation Safety Vocationally

F. Dilek Gökharman¹, Sonay Aydın¹, Pınar N. Koşar¹

¹Ankara Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Radyoloji Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye.

Özet

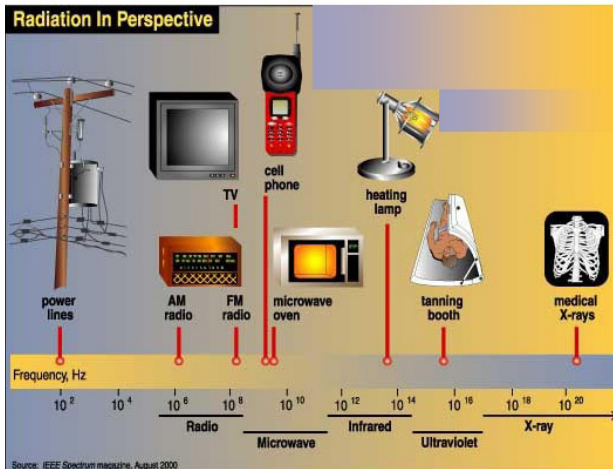
Tanısal radyolojide radyasyon güvenliği, sadece doza maruz kalan hasta için değil bu ortamda çalışan radyasyon görevlisi için de sağlanması gereken zorunluluk olup; ulusal ve uluslararası kurumlar tarafından oluşturulan sınırlar çerçevesinde gözetilir. Bu nedenle radyasyonla çalışan bireylerin temel düzeyde radyasyon güvenliğini bilmesi, hem kendi sağlığı hem de günlük pratik uygulamalar sırasında karşılaşacakları olası problemlerin çözümünde önem taşımaktadır. Bu çalışmada radyasyonun tanımı, radyasyon kaynakları ve tipleri, temel radyasyon doz birimleri, radyasyon alanları ve radyasyonun zararlı etkilerinin neler olduğu, radyasyondan korunma kurumları, radyasyon güvenliği tüzüğü ve yönetmeliği bilgileri güncel verilerle gözden geçirilecektir.

Anahtar kelimeler: Radyasyon Güvenliği, Diagnostik Radyoloji

Giriş

Radyasyon nedir?

Radyasyon atomlardan enerji yayılımı ve transferi olarak tanımlanmakta ve elektromanyetik dalga özelliklerini göstermektedir (şekil 1). Enerjisi frekans ile doğru; dalga boyu ile ters orantılıdır (1, 2).



Şekil 1: Elektromanyetik spektrum.

Abstract

In diagnostic radiology, radiation safety is important for both patients and staff. Radiation safety has certain criteria which are stated by both national and international foundations. Staff who works in radiation areas needs to know basic principles about radiation safety, so that they can protect themselves and solve daily problems more easily.

In this review; we try to summarise up-to-date informations about definition of radiation, sources of radiation, types of radiation, basic radiation dose units, radiation fields, harmful effects of radiation, radiation protection foundations, radiation safety rules and regulations.

Key words: Radiation Safety, Diagnostic Radiology

Radyasyon kaynakları nelerdir?

Radyasyon doğal veya yapay kaynaklı olabilir:

a- Doğal radyasyon nedir? Doğal radyasyon kaynakları nelerdir?

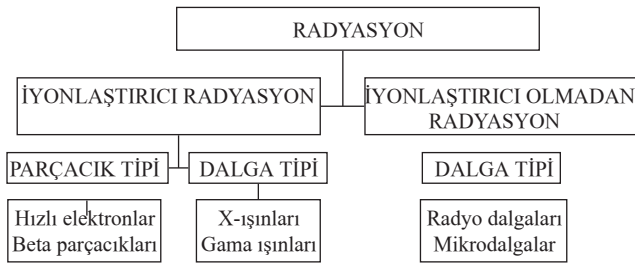
Doğal kaynaklı maruz kalınan radyasyondur. En önemli sebebi, yer kabuğunda bulunan radyoaktif radyum elementinin (Ra226) bozunması sırasında salınan “radon gazı”dır. Radon gazından dolayı dünya genelinde maruz kalınan ortalama doz 1.3 mSv/yıl’dır. Gama ışınları ve kozmik ışınlar kaynaklı doğal radyasyon dozunun dünya ortalaması sırasıyla 0.46 mSv/yıl ve 0.39 mSv/yıl’dır. Yiyecek, içecek ve solunan hava ile maruz kaldığımız radyasyonun dünya ortalaması yaklaşık 0.25 mSv/yıl’dır. Doğal radyoaktif elementlerden Potasyum-40 nedeni ile maruz kaldığımız ortalama radyasyon dozu ise 0.23 mSv/yıl’dır (3, 4).

b-Yapay radyasyon nedir? Kaynakları nelerdir?

Tıbbi, zirai ve endüstriyel amaçla kullanılan X ışınları ve yapay radyoaktif maddeler sonucunda maruz kalınan radyasyondur. Bunlar içinde tıbbi uygulamalar en önemli neden olup; yapay radyasyon kaynağının %95’den fazlasını oluşturur. Yapay radyasyonla halkın maruz kaldığı yıllık radyasyon dozunun dünya ortalaması 0.3 mSv’tir (4).

Tablo 1. Radyasyon dozunun eski ve yeni birimleri.

TERİM	BİRİMİ		DÖNÜŞÜM
	ESKİ	YENİ	
IŞINLANMA DOZU	Röntgen (R); normal hava şartlarında (0°C ve 760 mm Hg basıncı) havanın 1kg'ında 258×10^{-4} Coulomb'luk elektrik yükü değerinde (+) ve (-) iyonlar oluşturan X veya Y radyasyonu miktarıdır.	Coulomb / kilogram (C/kg); normal hava şartlarında havanın 1 kg'ında 1 Coulomb'luk elektrik yükü değerinde (+) ve (-) iyonlar oluşturan X veya Y radyasyonu miktarıdır.	$1 \text{ C/kg} = 3876 \text{ R}$ $1 \text{ R} = 2.58 \times 10^{-4} \text{ C/kg}$
SOĞURULMUŞ DOZ	Radiation absorbed doz (rad); ışınlanan maddenin 1 kg'ında 10^{-2} Joule'lük enerji soğurulması meydana getiren herhangi bir radyasyon miktarıdır.	Coulomb / kilogram (C/kg); normal hava şartlarında havanın 1 kg'ında 1 Coulomb'luk elektrik yükü değerinde (+) ve (-) iyonlar oluşturan X veya Y radyasyonu miktarıdır.	$1 \text{ Gy} = 100 \text{ rad}$ $1 \text{ rad} = 0.01 \text{ Gy}$
DOZ EŞDEĞERİ	Röntgen eguevalent man (rem); 1 Röntgen'lik X veya Y ışını ile aynı biyolojik etkiyi oluşturan herhangi bir radyasyon miktarıdır. $\text{Rem} = (\text{rad}) \times (W_R)^*$	Sievert (Sv); 1 Gy'lık X ve Y ışını ile aynı biyolojik etkiyi meydana getiren herhangi bir radyasyon miktarıdır. $\text{Sv} = (\text{Gy}) \times (W_R)^*$	$1 \text{ Sv} = 100 \text{ rem}$ $1 \text{ rem} = 0.01 \text{ Sv}$

**Şekil 2:** Radyasyon çeşitleri.

Radyasyon tipleri nelerdir?

Radyasyon iyonizasyon oluşturan ve iyonizasyon oluşturmeyen radyasyon olarak sınıflanmaktadır (şekil 2).

1. İyonizasyon oluşturan (iyonize) radyasyon; karşılaştığı atomun yörüngelerinden elektron kopararak iyon çiftleri oluşturan radyasyondur. Parçacık ve dalga tipi olmak üzere ikiye ayrılır: a) parçacık tipi radyasyon: Belirgin bir kütle ve enerjiye sahip çok hızlı hareket eden parçacıkları ifade eder. Alfa ve beta tipi radyasyon bu grubun en bilinen tipleridir. b) dalga tipi radyasyon: Belli bir enerjiye sahip ancak kütsüz radyasyon çeşididir. Bu grupta X ve gama ışınları bulunur; farkları X ışınının atomu çevreleyen elektron bulutunda, gama ışınının ise atomun çekirdeğinde meydana gelmesidir (5).

2. İyonizasyon oluşturmeyen radyasyon (noniyonize radyasyon); etkileşime girdiği maddede iyonlar oluşturmeyen radyasyondur. Radyo dalgaları, mikro dalgalar, kızıl ve mor ötesi ışık ve görünür ışık bu tip radyasyon örnekleridir (5, 6). Bu yazıda ağırlıklı olarak tanınal uygulamalarda kullanılan X ışını kaynaklı radyasyondan söz edilecektir.

Temel radyasyon doz birimleri nelerdir?

Maruz kalınan radyasyon düzeyini ölçmek, karşılaştırabilmek ve maruziyet sonucu olabilecek zararlı biyolojik etkilerin

tahmininde kullanmak için yıllar içinde aşağıda tanımlanan temel radyasyon doz birimleri oluşturulmuştur (6, 7). (Tablo 1).

Işınlama Dozu: X-ışınlarının havada yaratacağı etkinin büyüklüğünü ifade eden dozimetrik bir kavramdır. Işınlama dozu eski birimi “Röntgen” (R) ; uluslararası (SI) birimine göre ise “Coulomb/ kilogram”dır (C/kg).

Soğurulmuş Doz: Bir maddenin birim kütlede soğurulan herhangi bir radyasyon enerjisi miktarını göstermek için kullanılır. Eski birimi “rad”, yeni birimi ise “Gray” (Gy)’dir.

Eşdeğer Doz: Belli bir radyasyon çeşidinin yaratacağı biyolojik etkiyi ifade eder. Soğurulmuş dozun o radyasyon çeşidinin ağırlık katsayısı (radiation weigthing factor, WR) ile çarpılması ile hesaplanır. Tıpta kullanılan radyasyon çeşitlerinin çoğu için WR 1 kabul edilir. Eski birimi “rem” ; yeni birimi “Sievert” (Sv)’tir.

Etkin Doz: Doku veya organların aldığı dozun tüm vücut için yüklediği riski ifade etmek için kullanılan bir kavramdır. Her organ ve doku için ayrı bir organ doz ağırlık katsayısı (tissue weigthing factor, WT) vardır (Tablo 2). Her organ veya

Tablo 2. Organ ve dokular için değişen doz ağırlık katsayılar

ORGAN / DOKU	W_T	ORGAN / DOKU	W_T
Kemik iliği	0.12	Akciğer	0.12
Mesane	0.05	Ösefagus	0.05
Kemik yüzeyi	0.01	Deri	0.01
Meme	0.05	Mide	0.12
Kolon	0.12	Tiroid	0.05
Gonad	0.20	Diğer	0.05
Karaciğer	0.05		

(W_T : doku ağırlık faktörü)

Tablo 3. Radyasyon çalışanları ve toplum üyesi kişiler için doz sınırları.

		Radyasyon çalışanları	Toplum Üyeleri
Etkin Doz Sınırı	Ardışık 5 yılın Ortalaması	20 mSv	1 mSv
	Herhangi bir yılda	50 mSv	5 mSv
Yıllık Organ Eşdeğer Doz Sınırı	Göz Merceği	150 mSv	15 mSv
	Deri (cm ²)	500 mSv	50 mSv
	Eller ve Ayaklar	500 mSv	50 mSv
Hamile Çalışanın Abdomen Eşdeğer doz Sınırı		Hamileliğin Bildirilmesini Takiben 1 mSv	-

dokunun maruz kaldığı eşdeğer doz, WT ile çarpılır ve çıkan sonuç tüm vücudun aldığı toplam etkin dozu verir . Birimi "Sv" 'tir.

Radyasyon çalışanları ve halk için belirlenen doz sınırları Tablo 3'de özetlenmiştir.

Radyasyon alanları nelerdir?

Hastane ve benzeri sağlık kuruluşlarında maruz kalınacak yıllık dozun 1 mSv değerini geçme olasılığı bulunan alanlar radyasyon alanı olarak kabul edilir. Maruz kalınan doza göre radyasyon alanları denetimli ve gözetimli alanlar olarak ikiye ayrılır (8).

Denetimli alanlar (controlled area): Giriş ve çıkışların özel denetime ve çalışmaların radyasyon korunması bakımından özel kurallara bağlı olduğu alanlardır. Bu alanlarda çalışanlar, ardışık 5 yılın ortalamasının 3/10'unu geçen radyasyon dozuna maruz kalabilir. Denetimli alanlarda radyasyona maruz kalma tehlikesinin büyüklüğünü ve özelliklerini gösteren uyarı işaretleri (şekil 3) kullanılmalı, koruyucu giysi ve kişisel dozimetri kullanılmalı ve görev yapanların hematolojik tetkikleri yılda en az bir kere yapılmalıdır.

**Şekil 3:** Radyasyon uyarı işaretleri.**Tablo 4.** Radyasyon duyarlılığına göre hücrelerin sınıflandırılması

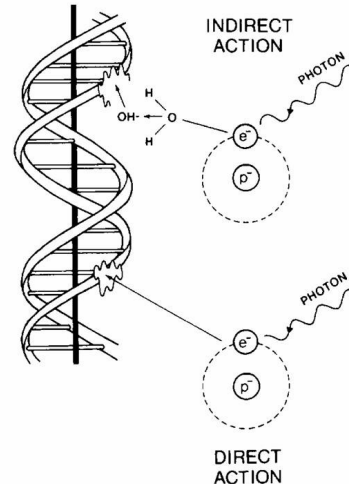
Yüksek RD	Orta RD	Düşük RD
Kemik iliği	Deri	Kaslar
Dalak	Mezoderm organlar	Kemikler
Timus bezi	(Akciğer, karaciğer, kalp,..)	Sinir sistemi
Lenf nodülleri		
Gonadlar		
Göz merceği		
Lenfositler		

Gözetimli alanlar (supervised area): Radyasyon görevlileri için yıllık doz sınırlarının 1/20'sinin aşılma olasılığı olup; 3/10'unun aşılması beklenmeyen alanlardır. Bu alanlarda kişisel doz ölçümü gerekmezken çevresel radyasyonun izlenmesi gerekir. Hamileliği belirlenmiş radyasyon görevlileri de ancak gözetimli alanlarda çalıştırılır. Fetüsü korumak amacıyla hamile radyasyon görevlisinin batin yüzeyi için hamilelik boyunca ilave eşdeğer doz sınırı 1 mSv'dir (8).

Radyasyonun zararlı etkileri nelerdir?

Radyasyonun neden olduğu biyolojik hasar, radyasyonun tipine ve enerjisine, hedef tarafından soğurulan doza, bu dozun alındığı süreye ve canlı dokunun (hedefin) özelliklerine bağlı olarak değişir (8). Biyolojik hasarı etkileyen faktörler arasında, doku özellikleri (oksijen konsantrasyonu yüksek dokularda hassasiyet fazladır), hücre bölünme sıklığı ve metabolik aktivitesi (Tablo 4), doku tarafından absorbe edilen doz miktarı, bu dozun absorblanma süresi sayılabilir (3).

Radyasyon dokularda direkt ve indirekt biyolojik hasarlanma oluşturabilir. Radyasyonun direkt etkisi, radyasyon enerjisinin doğrudan biyolojik hedef olan DNA tarafından absorbe edilmesidir. DNA'da oluşan hasar genetik şifrede kalıtsal değişikliklere neden olur. Radyasyonun indirekt etkisi, radyasyon enerjisinin biyolojik sistemin içinde bulunduğu ortamın molekülleri tarafından absorbe edilmesi ile oluşur (şekil 4). İndirekt etkide su molekülü iyonizasyonu ile oluşan hidrojen peroksit gibi serbest radikaller aracılığıyla DNA zedelenmesi ortaya çıkar (9).

**Şekil 4:** Radyasyonun direkt ve indirekt etkileri

Radyasyonun direkt ve indirekt olarak oluşturduğu hücrel hasar deterministik yada sitokastik etkilerle sonuçlanır. **Deterministik etkiler:** Radyasyonun dozunun şiddeti ile doğru orantılı olup; etkinin ortaya çıkabilmesi için eşik doz değeri aşılmalıdır. Katarakt oluşumu, cilt yanıkları, geçici ya da sürekli kısırlık deterministik etkilerdendir. Örneğin göz merceğinin, uzun yıllar boyunca yıllık olarak 0.1 Sv'in üzerinde bir doza maruz kalması gözde fark edilebilir bir opasiteye neden olurken; bu doz 0.15 Sv'in üzerine çıktığında katarakt meydana gelebilir.

Sitokastik etkiler: Aralıklı olarak düşük dozlara maruz kalınması sonucu ortaya çıkar. Etkinin şiddeti dozdan bağımsızdır ancak doz arttıkça etkinin olma olasılığı da artar. Bunlar karsinogenik etkiler (lösemi akciğer, meme, kemik tümörleri), doğal ömrün kısalması, kalıtsal etkiler, doğurganlığın azalması olarak sıralanabilir (9, 10).

Radyasyondan korunma kurumları nelerdir?

Kuramsal olarak miktarı ne olursa olsun, radyasyonun herhangi bir dozunun kanser meydana getirme olasılığı vardır. Örneğin hamilelikte radyasyonun oluşturduğu riski belirlemekte doz önemli olmakla birlikte; dozdan bağımsız sitokastik etki göz ardı edilmemelidir. Ancak bu olasılıkların çok düşük olması nedeniyle bu varsayımın ispatlanması mümkün değildir. deterministik-sitokastik etkilerden radyasyon çalışanları ile halkı koruma ve bilinçlendirme amaçlı ulusal ve uluslararası radyasyondan korunma kurumları oluşturulmuştur. Bu konuda çalışan ilk kurum, Uluslararası Radyolojik Korunma Komisyonu (ICRP) olup, 1928 yılında Stockholm'de kurulmuştur. Radyasyondan korunmada, Birleşmiş Milletler Atomik Radyasyonun Etkileri Bilimsel Komitesi (UNSCEAR), Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (IAEA), Avrupa Atom Enerjisi Topluluğu (EURATOM), Uluslararası Radyasyon Birimleri Komisyonu (ICRU), Dünya Sağlık Örgütü (WHO), Uluslararası Standartlar Organizasyonu (ISO) gibi uluslararası başka birçok kuruluş bulunmaktadır (8).

ICRP, radyasyon çalışanları ve halkın maruz kaldığı düşük dozların etkileri ile ilgili sürekli veriler toplamakta ve bu verilere dayanarak sitokastik etkileri için belli aralıklarla risk tahminleri yayınlamaktadır. Bu risk seviyelerine dayanarak, radyasyon çalışanları ve halk için doz sınırları belirlenmektedir (Tablo 3). Ülkemizde ise bu görevi Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK) üstlenmiş olup; radyasyon güvenliğine ilişkin ilke, önlem ve hukuki sorumluluk sınırlarını belirleyen tüzük ve yönetmelikleri hükümete sunmakta, bunların yasalaştırılmasını sağlamakta ve uygulamaları denetlemektedir (8).

Radyasyon güvenliği tüzüğü ve yönetmeliği nedir?

Radyasyon güvenliği tüzüğü; iyonlaştırıcı radyasyon kaynaklarını bulduran, kullanan, imal, ithal ve ihraç eden, alan, satan, taşıyan ve depolayan, resmi ve özel kurum ve kuruluşlar ile gerçek kişilerle ilgili sorumluluk esaslarını belirler. Genel hükümler, görevler ve yetkiler, temel standartlar, lisans, izin, denetim, çeşitli hükümler alt

başlıklarında bu esasların sınırları çizilmiştir.

Radyasyon güvenliği yönetmeliği; radyasyon güvenliğinin sağlanmasını gerektiren her türlü tesis ve radyasyon kaynağının zararlı etkilerinden kişileri ve çevreyi korumak için alınması gereken her türlü tedbir ve yapılması gereken uygulamaları kapsar (4, 5, 10, 12).

Radyasyon güvenliğinde sorumluluklar nelerdir?

Tıbbi işlemlerde uygulamaların gerekçelendirilmesi ve optimizasyon ilkelerinin uygulamasından hastane yönetimleri, lisans sahibi ve uygulama alanında çalışan kişiler sorumludur.

Lisans sahibi veya tesis sahibi:

- i) radyasyon güvenliğine ilişkin standartların ve yasaların uygulanmasını sağlamak,
- ii) yıllık doz sınırları üzerinde etkin doza maruz kalmayı gerektiren durumlarda her türlü önlemi almak ve ışınlanacak kişileri uyarmak,
- iii) çalışmaların riskine göre uygun radyasyon görevlilerini çalıştırmakla yükümlüdür.

Radyasyon Korunması Sorumlusu:

- i) uygun radyasyon ölçüm cihazlarının bulundurulmasını ve kullanılmasını sağlamak,
- ii) radyasyondan korunma ile ilgili ölçüm programlarını hazırlamak ve uygulamak zorundadır.

TAEK lisans alınmasının yanı sıra çalışan, hasta ve çevrenin korunması radyasyon kaynaklarının güvenliğinin sağlanması amacıyla, hastanelerden radyasyon güvenliği komitesini (RGK) oluşturulması istenmiştir (13). Başhekimlik, RGK örgütlenmesini sağlamak ve yetkilendirmekle sorumludur. Bu komitede hastane yönetimi, radyoloji, radyasyon onkolojisi, nükleer tıp, kardiyoloji ve endokrin laboratuvarı bölümleri temsilcileri, hemşirelik hizmetleri sorumlusu, teknik hizmetler sorumlusu, halk sağlığı temsilcisi görev almalıdır. RGK görev ve sorumlulukları;

- i) Uygulamalarda TAEK'in radyasyon güvenliği mevzuatını yerine getirmek,
- ii) Hastane içinde radyasyondan korunma konusunda politikalar oluşturmak,
- iii) Radyasyon güvenliği programları hazırlamak, aksayan yönleri saptamak ve yenilemek,
- iv) Hastanede bulunan radyasyon kaynaklarının envanterini tutmak ve denetlemek,
- v) Kullanılan radyasyon kaynaklarına ilişkin güvenlik analizlerinin yapılmasını ve raporlarının tutulmasını sağlamak,
- vi) Tutulan kayıtları ve hazırlanan raporları incelemek ve değerlendirmektir (13).

Radyasyon güvenliği felsefesi nedir?

Ülkemizde uygulanan Radyasyon Güvenliği Tüzük ve Yönetmelikleri, ICRP'nin radyasyon korunması bakımından ortaya koyduğu 3 temel ilkeye dayanmaktadır (8);

a) Uygulamanın gerekliliği (Justification): İşinlamanın

zararlı sonuçları göz önünde bulundurularak fayda sağlamayan hiçbir radyasyon uygulamasına izin verilemez.

b) Optimizasyon: Tedavi amaçlı tıbbi ışınlamalar hariç; radyasyon ışınlamasını gerektiren uygulamalarda, mümkün olan en düşük dozun alınması sağlanmalıdır. Bu olabildiğince düşük doz (as low as achievable possible ALARA) prensibi olarak bilinir.

c) Doz sınırları: Mesleği gereği radyasyonlarla çalışanlar ve halk için yıllık alınmasına izin verilen doz sınırlarıdır (Tablo 3). Görevi gereği radyasyona maruz kalan kişilerin, aldıkları radyasyon dozu sıkı bir şekilde kontrol ve takip edilmelidir. Tıp alanında çalışan radyasyon görevlilerinin aldıkları dozun yıllık ortalaması 1 - 5 mSv arasında olmalıdır.

X ışını uygulamalarında temel güvenlik yöntemleri nelerdir?

X ışını uygulamalarında temel güvenlik prensipleri, hem hastayı hem de radyasyon personelinin korumayı hedefler. En yüksek radyasyon dozunu hasta almakla birlikte; personel kendi aldığı dozun hastanın aldığı doz ile orantılı olduğunu bilerek davranmalıdır (5).

Radyasyon dozunun kontrolü;

- X ışını kaynağında: sızıntının ve saçılan radyasyonun önlenmesi, radyolojide kullanılan cihazların düzenli aralıklarla kalite kontrol ve güvenlik denetimleri yapılması ile,
- cihazın bulunduğu çevrede çekim odasında yeterli havalandırma ve kumanda ünitesi önündeki paravanın, hastaların giriş/çıkış yaptığı kapının ve radyoloji ünitesinin bulunduğu duvarların kurşunla kaplanarak yapısal zırhlamanın sağlanması ile,
- çalışan personelde kurşun önlük gibi koruyucu giysi kullanılması ve doz takibi yapılması ile sağlanabilir.

Koruyucu giysi; 100 kVp'nin altında çalışanlar için 0.25mm, 100 kVp üstünde çalışanlar için 0.35mm kalınlığında olmalıdır(8). Ana zırhlama malzemesi kurşun önlük olup, tiroid koruyucu, gonad koruyucu ve kurşun eşdeğeri camdan yapılmış gözlük, eldiven, zırhlamanın diğer parçalarıdır. Kurşun gözlüklerin 0.75mm kurşun eşdeğeridir.

Kişisel ölçüm cihazları (dozimetreler); film dozimetre, termoluminesans dozimetre (TLD), optik dozimetreler, cep iyonizasyon odacıları ve diğer küçük radyasyon dedektörlerinden oluşur. Genellikle 0.1-0.2 mSv'in üzerindeki dozları ölçerler. Doz değerlerinin yüksek beklenmesi durumunda iki dozimetre kullanılmalı ve ilk dozimetre önlük altında bel seviyesinde; 2. dozimetre ise önlük üstünde boyun seviyesinde kullanılır (5, 8, 11).

Hem çalışan hem de hastanın maruz kaldığı radyasyonu azaltmak için yapılabilecek en etkili yöntemlerden bir diğeri ise tanısal radyolojide kullanılan yüksek radyasyon maruziyetini en aza indirmektir. X ışını keşfinden ve klinik alanda kullanılışından bu yana günümüze kadar geçen sürede, X ışınlarının film üzerinde görüntü oluşturma prensiplerinde bir değişiklik olmamasına rağmen cihazlardaki teknolojik

gelişmelere paralel hasta dozunda 100 kattan daha fazla azalma olmuştur (6). Bu doz azalması sağlanırken görüntü kalitesinden ödün verilmemesi amaçlanmıştır. Radyasyon dozunu azaltmak için aşağıda özetlenecek dengelerin gözetilmesi esastır (4, 6):

1. Kilovoltaj (kVp): kVp yükseltildikçe saçılan ışın miktarı da artacağından görüntüdeki kontrast azalır. Bu nedenle kVp optimum görüntü kalitesi ile en düşük radyasyon dozu kombinasyonunun elde edileceği en yüksek değerde seçilmelidir.
2. Tüp akımı (mA) ve ışınlama süresi (mAs): Optimum radyografik dansitenin elde edilmesi mAs seçimi ile gerçekleşmektedir. Ancak mAs'taki artış, hastanın aldığı dozu artırır.
3. Filtrasyon: X ışını demetinin önündeki toplam filtrasyon ile demetin çok düşük enerjili kısmı hastaya ulaşmadan durdurulmaktadır. Böylece demetin kVp'si ve ışının gericiliği artırılarak çıkış dozunda önemli bir farklılık olmadan giriş-deri dozu azaltılmış olur.
4. Kolimasyon: Fokal spot boyutu inceleme yapılacak hastaya ve incelenecek bölgenin yapısına göre seçilmelidir.
5. Grid: Saçılan ışınların kontrolünü sağlarken primer ışını da soğurduğundan daha yüksek ışınlama faktörleri kullanmak gerekir ki bu da hastanın aldığı dozu artırır.
6. Film-ekran kombinasyonu: Ekran tarafından salınan ışığın dalga boyu ile film hassasiyeti birbirine uygun olmalıdır.
7. Film-banyo teknikleri: Karanlık oda gün ışığından tümüyle yalıtılmış olmalıdır. Ancak günümüzde kullanıma giren computerize röntgen (CR) ve dijitalize röntgen (DR) uygulamaları, karanlık oda gereksinimini ortadan kaldırmıştır.

Sonuç:

Personel eğitimi, detaylı prosedürlerin hazırlanması, ergonomik tasarımların kullanılması, oluşturulan korunma ve güvenlik sisteminin işlerliğinin sağlanması radyasyon güvenliğinde istenmeyen olayların ortaya çıkmasını engelleyecektir.

Kaynaklar

1. Brateman L. The AAPM/RSNA Physics Tutorial for Residents Radiation Safety Considerations for Diagnostic Radiology Personnel. Radiographics 1999: 1037-1055.
2. Bushong SC. Radiologic Science for Technologists. The Mosby Company 3rd ed. The C. V. Mosby Company 1984: 138-144.
3. 1990 Recommendations of the ICRP. ICRP Publication 60. Pergamon Press 1991.
4. <http://www.taek.gov.tr> (Erişim tarihi: 01.06.2016)
5. Togay YE. Radyasyon Ve Biz . Türkiye Atom Enerjisi Kurumu Yayınları. 2002: 2-12.
6. İnce MZ. Tanısal Radyolojide Radyasyondan Korunma Türkiye Atom Enerjisi Kurumu Yayınları. 2002: 2-34.
7. CJ. Martin and D.G. Sutton. Oxford Practical Radiation

Protection in Health Care. Medical Publications 2006: 27-42.

8. International Basic Safety Standards for Protection Against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources, Safety Series 115, IAEA, 1994.

9. Özalphan A. Temel Radyobiyojoloji. Haliç Üniversitesi Yayınları 1. Basım 2001; 1-33. 10. Bor D, Buyan G, Meriç N. Tanısal Radyolojide Radyasyondan Korunmada Yeni Kavramlar 2. Radyoloji Gündemi 2000: 5-10.

11. Togay YE. Tanısal Radyolojide Radyasyondan Korunma.

Türkiye Atom Enerjisi Kurumu Yayınları 2002; 2-20.

12. Pabuşcu Y. Türkiye'nin Radyasyon Kaza ve Savaşına Karşı Durumu ve Radyasyon İle İlgili Yasal Durum. Temel Radyoloji Fiziđi. Türk Radyoloji Derneđi İzmir Şubesi Eğitim Sempozyumları 2004-2005: 133-141.

13. Balcı P. Radyasyon Güvenliği Komiteleri Kuruluş Görev Ve Etkinlikleri. Temel Radyoloji Fiziđi. Türk Radyoloji Derneđi İzmir Şubesi Eğitim Sempozyumları 2004-2005: 142-146.