

## Anestezistler için Radyasyon Güvenliği

Radiation Safety for Anesthesiologists

Ayla Esin<sup>1</sup>, Yasemin Özşahin<sup>2</sup>, Kerem Erkalp<sup>2</sup>, Ziya Salihoğlu<sup>2</sup>

1- Koç Üniversitesi Hastanesi Anesteziyoloji ve Reanimasyon Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye. 2- İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Cerrahpaşa Kardiyoloji Enstitüsü Anesteziyoloji ve Reanimasyon AD, İstanbul, Türkiye.

## ABSTRACT

The increasing prevalence of radiation, which has been used in the health field since the beginning of the twentieth century, inside and outside the operating room, leads to an increase in the radiation exposure of anesthesiologists. Therefore, it is very important to have knowledge about the basic concepts of radiation, radiation physics, and radiation safety in order to ensure both the safety of employees and patients, and to minimize the potential harmful effects of radiation exposure.

Our purpose is to inform anesthesiologists and help them to keep their occupational radiation exposure to a minimum.

## ÖZET

Yirminci yüzyıl başından beri sağlık alanında kullanılmakta olan radyasyonun, ameliyathane içinde ve dışında kullanım yaygınlığının giderek artması, anestezistlerin radyasyon maruziyetinin artmasına yol açmaktadır. Bu yüzden hem çalışanların güvenliğini hem de hasta güvenliğini sağlamak ve radyasyona maruz kalmanın potansiyel zararlı etkilerini en aza indirmek için, radyasyonun temel kavramları, radyasyon fiziği, radyasyon güvenliği konuları hakkında bilgi sahibi olmak çok önemlidir.

Bu yazının amacı anestezistleri bilgilendirme, mesleki radyasyon maruziyetlerini minimumda tutmalarına yardımcı olmaktır.

## Keywords:

Radiation  
Safety  
Anesthesia

## Anahtar Kelimeler:

Radyasyon  
Güvenlik  
Anestezi

## GİRİŞ

Yirminci yüzyılın başlarında anestezistler için en önemli mesleki risk, ameliyat odası içinde inhalasyon anesteziklerinin neden olduğu yangın ve patlamalarıdır. Günümüzde ise anestezi çalışanları gürültü, radyasyon gibi fiziki; gaz gibi kimyasal; bulaşıcı hastalıklar gibi biyolojik; yangın gibi çeşitli kaza riskleri altındadır. Ayrıca madde bağımlılığı, mesleki stres, tükenmişlik de risk olarak bildirilmiştir.

Ameliyathane, yoğun bakım ve diğer tıbbi girişim alanları ileri teknolojinin kullanıldığı, ekip çalışması gerektiren dinamik ortamlardır. Bilgisayarlı tomografi, nükleer tıp, girişimsel radyoloji, girişimsel kardiyoloji, ağrı tedavisi ve skopi gerektiren cerrahiler gibi radyasyon kullanımına dayanan prosedürlerin artmasıyla, radyasyon, günümüzde modern tıpta ileri tanı ve tedavi amacıyla giderek daha fazla kullanılır hale gelmiştir. Ameliyathane içinde ve dışında bu prosedürlerin yaygınlığının artması, anestezistlerin iyonize radyasyon kullanılan alanlarda hizmet vermelerinin giderek daha fazla gerekli olmasına, dolayısıyla radyasyon maruziyetinin artmasına yol açmaktadır (1,2).

Bu yüzden hem kendi güvenlikleri hem de hastalar açısından radyasyona maruz kalmanın potansiyel zararlı etkilerini en aza indirmek için, radyasyonun temel kavramları, radyasyon fiziği, radyasyondan korunmanın

temel prensipleri ve alınması gereken önlemleri bilmek çok önemlidir (3).

## TARİHÇE

İlk olarak 1895 yılında Wilhelm Conrad Röntgen, laboratuvarında çalışırken gözlemlediği ilginç fenomeni, Würzburg Tıbbi Fizik Derneğine “Yeni bir ışın tipi ; Preliminer bildiri” başlıklı ilk yazısıyla bildirdi. Bu ışına X-ışını adı verildi ve daha sonra bu ışınlar Röntgen ışınları olarak anılmaya başlandı. Çalışmaları sırasında bir fotoğraf kaseti üzerine X-ışınları ile görüntülediği eller ise ilk diagnostik denemelerdi. Bu önemli buluş bütün dünyada büyük heyecan yarattı. Daha sonra Fransa’da, 1896 yılında bir fizik öğretmeni olan Antoine Henri Becquerel uranyum tuzları üzerine çalışarak doğal radyoaktiviteyi buldu. “Fosforesan Maddelerden Yayılan Görülebilir Radyasyon” isimli makalesi ile bu çalışmasını yayınladı. İki sene sonra ise 1898 yılında Marie ve Pierre Curie uranyum ile deney yaparken polonyum ve radyum oluştuğunu gördüler ve ışın yayan bu iki elementi ilk keşfeden oldular. Bu buluşları, radyoaktivite ve ışınların fiziksel özellikleri ile ilgili başka çalışmalar takip etti. 1897’de Rutherford, uranyumdan çıkan alfa ve beta ışınlarını buldu. 1898’de Villard Radyumdan çıkan ışınların X-ışınları ile ayrı özellikte olan foton ışınları olduğunu gösterdi (4).

**Correspondence:** Ayla Esin, Koç Üniversitesi Hastanesi, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Anabilim Dalı, Davutpaşa Cd. No:4 Topkapı İstanbul, Türkiye. E-mail: aylaesin@hotmail.com

**Cite as:** Esin A, Özşahin Y, Erkalp K, Salihoğlu Z. Anestezistler için Radyasyon Güvenliği. Phnx Med J. 2023;5(1):1-5.

Received: 25.03.2022

Accepted: 25.04.2022



## Esin ve ark.

### GENEL BİLGİLER

Elektromanyetik dalga; bir vakum veya maddede kendi kendine yayılan dalgalar formudur. Yüklü bir parçacığın ivmeli hareketi sonucu oluşan bu dalgalar sırasıyla artan frekans ve azalan dalga boyuna göre sınıflandırılmıştır:

- Radyo dalgaları
- Mikrodalgalar
- Kızılötesi radyasyon
- Görünür ışık
- Morötesi radyasyon
- X-ışınları
- Gama ışınları

Elektromanyetik enerji, sinüs dalgası şeklinde ışık hızı ile yayılır ve dalga boyuna göre sınıflanır. Radyasyon ise elektromanyetik dalgalar veya parçacıklar biçimindeki enerji yayımı ya da aktarımıdır ve bu enerjinin frekansı arttıkça enerjisi de artmaktadır (5).

Radyasyona maruz kalma miktarını ölçmek için kullanılan 4 birim vardır (Tablo 1):

- Röntgen (R), havada elektrik yükü oluşturabilecek miktardaki  $\gamma$  ve x ışını için kullanılan birimdir. Bir röntgen görüntüleme cihazının çıkış yoğunluğu ise miliroentgen (mR) cinsinden ölçülür.
- Rad (radyasyon absorbe edilen doz), radyoaktif bir ışımaya maruz 1 kilogramlık bir maddenin  $10^{-2}$  joule'lük enerji soğurduğunda aldığı radyasyon miktarıdır.
- Rem (radyasyon eşdeğeri adam), canlı dokuların absorbe ettiği etkin radyasyon birimidir.
- Curie (Ci), saniyede  $3,7 \times 10^{10}$  atomun parçalandığı radyoaktif madde miktarıdır. 1981'den beri, Amerika Birleşik Devletleri (ABD) hariç tüm ülkeler tarafından "Le Système International d'Unités" (Uluslararası Sistem veya SI) benimsenmiştir. Uluslararası Sistemde Gray (Gy) Rad'a karşılıktır, 1 Gy = 100 Rad; Sievert (Sv) rem'e karşılıktır, 1 Sv = 100 Rem; Becquerel (Bq) Ci'ye karşılıktır, 1 Ci =  $3,7 \times 10^{10}$  Bq.

Radyasyona maruz kalma sınırları, belirli bir organ veya doku için 'eşdeğer doz' ve tüm vücut maruziyeti için, vücudun tüm doku ve organlarındaki eşdeğer dozların ağırlıklı toplamı 'etkili doz' cinsinden ifade edilir. Eşdeğer doz ve etkili doz, kişisel dozimetrelerle ölçülen değerlerden hesaplanır. Eşdeğer doz (Sv), bir doku veya organda (Gy) soğurulan ortalama dozdur. Farklı iyonize radyasyon türlerinin değişen derecelerde biyolojik hasara neden olma yeteneğini açıklayan spesifik değer, ağırlık faktörü (wR) olarak adlandırılır. Herhangi bir iyonize radyasyon türü için eşdeğer doz, uygun ağırlık faktörü (wR) ile çarpılarak hesaplanır (Tablo 2) (6,7).

Eşdeğer Doz (rem) = Absorbe Edilen Doz (rad)  $\times$  wR.  
Örneğin, x-ışınları, y ışınları ve  $\beta$  parçacıkları için wR=1; bu nedenle, bu iyonize radyasyon türleri için 1 rad = 1 rem.  $\alpha$  parçacıkları için ise wR= 20 dolayısıyla  $\alpha$ -parçacık

**Tablo 1:** Radyasyon birimleri (7)

	Radyoaktivite	Işınlama	Soğurulan Doz	Eşdeğer Doz (Biyolojik Etki)
<b>Eski Birimler</b>	Curie (Ci)	Röntgen (R)	Radiation Absorbed Dose (Rad)	Roentgen Equivalent Man (Rem)
<b>SI Birimleri</b>	Becquerel (Bq)	Coulomb/kilogram (C/Kg)	Gray (Gy)	Sievert (Sv)

radyasyonu için 1 rad = 20 rem.

### Maksimum güvenli dozlar

Atom bombasından sağ kurtulan 25000 kişi ve 15 ülkedeki 407000 radyasyon işçisinin takibinden elde edilen veriler radyasyon riskleri ile ilgili önemli bilgi sağlamıştır (8,9). Atom bombasındaki gama radyasyonu radyolojide kullanılan x-ışını radyasyonundan farklı olsa da, kanserojen potansiyeli açısından aralarında fark yoktur. Uluslararası Radyolojik Koruma Komisyonu'na (International Commission on Radiological Protection) (ICRP) göre, yıllık mesleki etkili doz sınırı 5000 mrem (50 mSv), 5 ardışık yılda her yıl için 20 mSv (100 mSv/5 yıl), kümülatif etkili doz limiti ise 1000 mrem  $\times$  yaş (10 mSv  $\times$  yaş)'dır. Ölümcül kanser riski ise yaşam boyu rem maruziyeti x yaklaşık % 0,04 oranında artar.

ICRP tarafından mesleki radyasyon maruziyeti eşdeğer doz sınırı, okuler lens için 20 mSv/ yıl, cilt, eller ve ayaklar için 500 mSv/ yıl olarak belirlenmiştir. ICRP ayrıca embriyo veya fetus için maruz kalınan radyasyon değerinin toplam gebelik süresi boyunca 500 mrem'i (5 mSv) veya ayda 50 mrem'i geçmemesini önerir (7).

Türkiye Atom Enerjisi Kurumu Nükleer Araştırma Merkezi de "Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği"nde mesleki radyasyon maruziyeti sınırı olarak etkili doz için ardışık beş yılın ortalaması 20 mSv, herhangi bir yılda ise 50 mSv olarak belirlemiştir. Ayrıca el ve ayak veya cilt için yıllık eşdeğer doz sınırını 500 mSv, göz merceği için ise 150 mSv olarak belirlemiştir. Cilt için en yüksek radyasyon dozuna maruz kalan 1 cm<sup>2</sup>'lik alanın eşdeğer dozu, diğer alanların aldığı doza bakılmaksızın ortalama cilt eşdeğer dozu olarak kabul edilir.

### Elektromanyetik radyasyon ikiye ayrılır

1. **İyonize olmayan radyasyon:** Zararsızdır. Görünür ışık, kızılötesi radyasyon, mikrodalgalar, radyo dalgaları, ultrason ve manyetik rezonans görüntüleme gibi tıbbi görüntüleme yöntemleri buna örnektir.

2. **İyonize radyasyon:** Belirli radyoaktif bozunma süreçlerinin ürünleri olan alfa ( $\alpha$ ) ve beta ( $\beta$ ) parçacıklarının yanı sıra x-ışınları ve gama ( $\gamma$ ) ışınları, kozmik ışınlar ve nötronlar çok yüksek frekanslarda olduğundan, elektromanyetik parçacıklar kimyasal bağları kırabilecek enerjiye sahiptir. Bu bağların kırılması sonucu iyonizasyon yani bir atomdan bir yörünge elektronunu uzaklaştırma işlemi gerçekleşir. İyonize radyasyon, hücrenin genetik materyali olan DNA'ya zarar vererek hücre hasarına, hatta hücre ölümüne neden olabileceğinden tehlikelidir.

İyonize radyasyon kaynakları doğal veya üretilmiş olarak ikiye ayrılır.

- Doğal kaynaklar arasında uzaydan gelen kozmik ışınlar, karasal radyasyon (yeryüzünde uranyum, radon ve diğer radyonüklid birikintilerinden kaynaklanan) bulunur.

**Tablo 2:** Önerilen doku ağırlık faktörü (7).

Doku	Ağırlık faktörü (wR)
Kolon, akciğer, mide, meme, kemik iliği ve diğer dokular*	0,12
Gonadlar	0,08
Mesane, özofagus, karaciğer, tiroid	0,04
Beyin, kemik yüzeyi, tükürük bezleri, deri	0,01

\*diğer dokular:safra kesesi, kalp, böbrekler, lenf nodları, pankreas, dalak, timus, prostat, uterus/serviks, kas, oral mukoza, adrenal bezler.

- Üretilen kaynaklar ise nükleer enerji ve endüstriyel kaynaklar, belirli tüketici ürünleri (Örn: duman dedektörleri, ışıldayan saat kadranları, televizyon ve bilgisayar ekranları), radyoaktif bozunma süreçlerini kullanan bazı tıbbi görüntüleme yöntemleri (nükleer tıp) ve x-ışını üretimidir (Örn: bilgisayarlı tomografi, floroskopi) (Tablo 3).

Medikal radyasyona maruz kalma ise üç kaynaktan olabilir:

1. Birincil röntgen ışımına doğrudan maruz kalma
2. Hastanın vücut yüzeyinden saçılan radyasyon
3. Sızıntı x-ışınları olarak tanımlanan, birincil ışın dışındaki alanlarda x-ışını tüpünden yayılan radyasyon

Mesleki maruziyetin ana belirleyicisi saçılan radyasyondur. Saçılma seviyesi, doz, maruz kalma süresi ve hastadan uzaklık ile belirlenir. Gerekli tıbbi sonucu elde etmek için radyasyon dozunu “as low as reasonably achievable” (ALARA) yani “makul olarak elde edilebilecek en düşük seviye”ye düşürmek, aşırı radyasyona maruz kalmayı önler (10).

### RADYASYON ETKİLERİ

Radyasyonun canlı organizmadaki etkilerini ilk kez tanımlayan Henri Becquerel, 2 hafta boyunca cebinde taşıdığı radyum kaynağının irritasyon nedeniyle derisinde eritem oluşturduğunu fark etmiştir. Radyasyona bağlı epilasyon ise 1896 yılında Daniel tarafından rapor edilmiştir. Radyasyonun ölümcül olabileceği bilinmediği ve sadece lokal eksternal etkilere yönelik koruyucu önlemler alındığı için ilk kez 1906 yılında radyasyona bağlı ölüm görülmüştür. ABD’de Thomas Edison için floroskop ve floresan film üretiminde çalışan Clarence Dally isimli işçinin ölümü sonrası kurşun eldiven, kurşun önlük, kurşun gözlük kullanımı giderek yaygınlaştı, kişisel doz takip cihazlarının geliştirilmesi sağlandı (12).

Bergonie ve Tribondeau kanununa göre, dokuların radyasyona hücrel yanıtı farklı olup, radyosensitivite ışınlanan hücrenin metabolik durumunun bir fonksiyonu olarak ortaya çıkar. Yani her hücre tipinin radyasyona duyarlılığı farklıdır. Kök hücreler en duyarlı hücrelerdir. Bir hücre ne kadar olgunsa radyasyona karşı o kadar dirençlidir, daha genç dokular ve organlar daha radyosensitifdir. Hücresel çoğalma hızı arttıkça, metabolik aktivite arttıkça radyosensitivite de artar. Sık bölünen ve aktif mitozdaki hücre sayısı fazla olan, az diferansiye hücreler (over ve testisin germinal hücreleri, hematopoetik sistem hücreleri, gastrointestinal sistem epitel hücreleri,

**Tablo 3:** Ortalama radyasyon dozları (11).

Tanı yöntemi	Etkili radyasyon dozu (mSv)
Akciğer direkt grafisi	0,02
Batın grafisi	0,53
Pelvis/kalça grafisi	0,83
Beyin BT	2
Abdominal BT	10
Toraks BT	10-40

BT: Bilgisayarlı tomografi.

tiroid dokusu, okuler lens gibi) radyasyona daha fazla duyarlıyken, bölünmeyen veya daha az bölünen, iyi diferansiye hücre ve dokular (karaciğer, böbrek, kemik, kıkırdak, kas, sinir hücreleri gibi) ise radyasyona daha az duyarlıdır. Biyolojik yapının yaşı, onun radyosensitivitesinin belirleyicilerinden biridir, fetüs ve büyüme çağındaki çocuklar en fazla duyarlıdır (12).

İyonize radyasyona maruz kalmanın etkileri kümülatif ve kalıcıdır. Alınan doz düşük bile olsa süreklilik söz konusu olduğunda, vücutta birikim nedeni ile zararlı etkiler göstermektedir. Bunlar; iyonlar ve serbest radikaller dahil olmak üzere reaktif oksijen türlerinin üretimi, kimyasal bağların kırılması, moleküller arasında çapraz bağda hasar ve en önemlisi, hayati hücrel süreçleri düzenleyen hücrenin genetik materyali olan DNA, RNA ve proteinlerde hasardır.

İyonize radyasyon, hücrel DNA’nın, karakteristik çift sarmal yapısını oluşturan bağların doğrudan veya dolaylı olarak bozulmasına neden olabilir. “Doğrudan etki”, iyonize radyasyonun bir atom veya molekül içindeki tek bir bağ ile doğrudan etkileşime girerek bu bağın bozulmasına neden olmasıdır. Ancak iyonize radyasyonun insan dokusu üzerindeki başlıca etkisi “dolaylı etki” yoluyla. İnsan vücudunun büyük bir kısmı sudan oluştuğu için, iyonize radyasyon bir molekül su ile etkileşime girerek (radyoliz), komşu atomlar ve moleküllerdeki bağları bozabilen reaktif bir oksijen türü oluşturabilir.

### DNA’ya verilen hasar 3 farklı sonuçlanabilir

1. Enzimler hasarı onaramayabilir ve hücre ölür.
2. Enzimler, hasarlı DNA’yı hiçbir yan etki olmaksızın doğru şekilde onarabilir.
3. Enzimler, hasarlı DNA’yı yanlış bir şekilde onarabilir ve kromozomal anormalliklere neden olabilir.

Bu genetik olarak mutasyona uğramış hücreler, sonraki hücre bölünmeleri boyunca korunur ve belirli koşullar altında, bu hücreler sonunda kanser hücresi haline gelebilir.

İyonize radyasyonun dokudaki biyolojik etkileri alınan toplam doza, radyasyon alan vücut miktarına, radyosensitiviteye ve radyasyonun tipine bağlı olarak stokastik veya deterministik etkiye sebep olur:

**Deterministik etkiler;** İnsanlarda birkaç saat ile aylar içinde bir radyasyon tepkisi oluşturmak için belli bir eşik doz aşılması gerekir. Böyle bir doza erken veya orantılıdır. Maruz kalan kişinin doku seviyesinde hücre ölümü oluşturarak özellikle katarakt, cilt yanıkları ve infertiliteye neden olur (13).

## Esin ve ark.

**Stokastik etkiler;** herhangi bir eşik dozuna bağlı olmadan ortaya çıkabilen geç radyasyon etkisidir. Doğrudan DNA iyonizasyonundan veya su molekülleri ile x-ışını etkileşimlerinden hidroksil radikalleri ortaya çıkar. Bu radikaller, yakındaki DNA ile etkileşime girerek iplik kopmalarına veya baz hasarına neden olur. Radyasyona bağlı DNA çift sarmal kırıklarındaki hasarların anormal onarımı, tümü kanser, lösemi indüklenmesiyle bağlantılı olan kromozomal translokasyonların, nokta mutasyonlarının ve gen füzyonlarının indüklenmesine yol açabilir (13).

Radyasyonun bir neoplazmi indüklediği bilinen "güvenli" bir doz sınırı yoktur. Stokastik etkiler, uzun bir süre sonra ve rastgele oluşurlar, verilen radyasyon dozuna, tipine, ışınlanan dokuya ve hastanın yaşına bağlıdır. Atom bombası sonrası hayatta kalanlarda kronik lenfositler lösemi dışında tüm lösemi tiplerinde ayrıca meme, tiroid, mide, kolon ve over kanserlerinde istatistiki artış saptanmıştır. Ayrıca diğer bir çok organ kanserlerinde istatistik olarak anlamlı olmasa da dikkate değer düzeyde artış görülmüştür (14).

### **Radyasyona maruz kalma nedeniyle en fazla risk altında olan organlar ve dokular:**

**Göz:** Korunmasız göz, saçılan radyasyondan ve diğer kaynaklardan yüksek radyasyon dozuna maruz kalabilir. Bu, çalışan için mesleki maruziyetin kanserojen veya teratojenik etkilerinden daha önemli olabilir. Yapılan bir çalışma, girişimsel nöroradyoloji prosedürlerinde anesteziğin yüzüne saçılan radyasyon miktarının, radyoloğa kıyasla üç kat fazla olabileceğini göstermiştir. Sonuç olarak anestezi de radyolog ile eşit düzeyde güvenlik tedbiri almalı ve koruyucu gözlük takmalıdır (15).

**Fetüs:** Gebelik sırasında radyasyona maruz kalma, kök hücre farklılaşması, artan metabolik ihtiyaçlar ve gelişen fetüsün hızlı hücre proliferasyonu nedeniyle her zaman endişe kaynağıdır. Özellikle ilk trimester en riskli dönemdir. ICRP, fetusa mesleki radyasyon maruziyeti için 1mSv'den daha düşük bir sınır önermektedir (7). Prenatal dönemde 0,5Gy'den fazla dozlarda radyasyona maruz kalan 2 haftadan küçük embriyo ya hasar görmeden hayatta kalır ya da rezorbe olur. Daha sonraki dönemlerde ise ölüm nadirdir ancak malformasyon riski artar. 2-7 gebelik haftası dönemde düşük, büyüme geriliği, nöromusküler yetersizlikler, 8. gebelik haftasından sonraki dönemde ise düşük, ciddi mental retardasyon, tüm vücut veya kafatasının büyüme geriliği, majör malformasyonlar görülebilir. Yaklaşık 20 ila 25 gebelik haftasından sonra fetüs, radyasyonun teratojenik etkilerine nispeten dirençlidir (16).

Bu deterministik etkiler için eşik dozu, bir kişinin koruyucu bir önlük altında alacağı mesleki radyasyon dozunun çok üzerindedir. Bu nedenle, standart radyasyondan korunma ilkelerine uyulması, gereken önlemlerin alınması fetüsü bu risklerden koruyacaktır. Bununla birlikte, herhangi bir dozda intrauterin radyasyona maruz kalma, artan çocukluk çağı malignitesi, özellikle lösemi riski ile ilişkilidir (17).

### **Sağlıkta radyasyon kullanılmasının avantajları**

1. Teşhisi doğrular.
2. Lezyonları veya malformasyonları tespit eder.
3. Hasta anatomisini doğrudan görüntüler.

4. Hareketi gerçek zamanlı olarak gösterir.
5. Girişimsel işlemlerin ve ameliyatların güvenli şekilde yapılmasını sağlar.

### **Radyasyon Güvenliği**

Zaman, mesafe ve zırhlama radyasyondan korunmada dikkate alınması gereken üç temel ilkedir.

**1- Zaman:** Alınan doz, radyasyona maruz kalınan süre ile doğru orantılı olarak artacağı için ışın kaynağı alanında harcanan zaman mümkün olduğunca kısa tutulmalıdır. Ancak anestezi uzmanları, işlem süresi üzerinde yeterli kontrole sahip değildir.

**2- Uzaklık:** Radyasyon kaynaklarının çoğu noktasaldır ve kaynaktan uzaklaştıkça alınan radyasyon dozu önemli ölçüde azalacaktır. Bir nokta kaynaktan yayılan radyasyon yoğunluğu, kaynağa olan uzaklığın karesi ile ters orantılı olarak azalır. Sıkışık bir çalışma ortamı anestezi uzmanları için güvenli mesafeyi koruma olasılığını sınırlar. Radyologun hastanın sağında, anestezi uzmanının ise solda, lateral x-ışınının saçılımı tarafında yer alması sık görülür ve radyasyon maruziyet riskini artırır (18).

**3- Zırhlama:** İyonize radyasyona karşı koruyucu malzemelerin kullanılmasıdır. Zırhlama kaynağın dört yanında yapılmalıdır. Radyodiagnostik ve ışın tedavisi kliniklerinde en pratik korunma yöntemi, diagnostik x-ışını cihazlarının kurşun bloklarla ve lineer hızlandırıcıların betonarme tesislerle muhafazasıdır. Kurşun içeren sabit bariyerler ve tavana monte şeffaf plak kullanımı da bir diğer yöntemdir.

Radyasyona en fazla tiroid, okuler lens ve dominant olarak kullanılan eller maruz kalarak etkilendiği için kişisel koruyucu olarak 0,5 mm kalınlığında kurşun önlük, tiroid koruyucu, gözlük ve eldiven kullanımı çok önemlidir. Kurşun gömlek dışında 17-245 mrem saptanan radyasyon oranı, gömlek içinde 0-5 mrem saptanmıştır (19). Hafif reçeteli gözlükler çok az koruma sağlarken (% 5 azalma), optik camdan yapılan reçeteli gözlükler orta düzeyde koruma sağlar (% 30-40 azalma). Büyük lensleri ve koruyucu yan siperleri olan hafif kurşunlu gözlükler genellikle 0,5 veya 0,75 mm kurşun eşdeğeri koruma ( $\geq$  % 98) sağlar ve standart koruyucu giysinin bir parçası olmalıdır (20). Bu nedenle koruyucu ekipmanların bilinmesi ve mutlak uygulanmasının sağlanması radyasyondan korunma açısından önemlidir.

**4- Dozimetreler:** Kümülatif radyasyon maruziyetini ölçen cihazlardır ve yüksek riskli radyasyona maruz kalma alanlarında çalışan tüm hastane personeli tarafından takılmalıdır. Kişiye özeldir, paylaşılmamalıdır. Tek dozimetre kullanılıyorsa dışarıya kurşun önlüğün üstüne veya tiroid yakasına takılmalıdır. İki tane dozimetre kullanılıyorsa dozların karşılaştırılması için biri kurşun önlüğün dışına, diğeri altına takılmalı ve okumalar düzenli sıklıkta analiz edilmelidir.

Kişisel bir dozimetre iki değer sağlar; Hp(0,07), cilde, ellere ve ayaklara uygulanan eşdeğer dozun değerlendirilmesi için kişisel bir izleme sağlar. Hp(10) ise etkili dozun değerlendirilmesi için kişisel bir izleme sağlar. Bunlar vücut yüzeyinin belirli noktalarında, uygun derinlikte yumuşak dokudaki eşdeğer dozları temsil eder (7).

**5- Eğitim:** Radyasyon açısından riskli alanlarda çalışan tüm personel radyasyon eğitimi almalıdır (21).

- 6- Yeni teknoloji ve düzenli olarak kontrolü yapılan cihazlar kullanılmalıdır.
- 7- Odada mümkün olduğunca az personel bulunmalıdır.
- 8- Radyasyon uygulanan alana girişte mutlaka uyarıcı işaretler olmalıdır.

#### SONUÇ

Ağrı tedavisi gibi radyasyon gerektiren prosedürlerin giderek yaygınlaşması, yeni klinik uygulamaların tanıtılması ve artan talep, anestezi sağlayıcılarının mesleki radyasyona maruziyet riskinin arttığını gösteriyor. Mevcut kanıtlar mesleki radyasyon dozlarının önerilen eşğin altında olduğunu öne sürse de radyasyona bağlı hasarlar için yayınlanmış kesin alt sınır bulunmamaktadır. Düşük

maruziyet seviyeleri bile önemsiz değildir. Radyasyondan korunma konusunda henüz yayınlanmış bir kılavuz mevcut değildir. Anestezistler, radyasyondan korunmada dikkate alınması gereken "ALARA" ve üç temel ilke olan zaman, mesafe, zırhlama kurallarına mutlaka uymalıdır. Tüm çalışanlar koruyucu gözlük, önlük, tiroid koruyucu giymeli, dozimetre takmalıdır. Koruyucu ekipmanların varlığı ve doğru kullanımı konusunda eğitim programları güvenli uygulamalarının geliştirilmesi için hayati önem taşımaktadır. Ayrıca alınacak radyasyon riski, girişimden sağlanacak yarara göre değerlendirilmeli ve ona göre karar verilmelidir.

**Çıkar Çatışması:** Yazarlar bu çalışmada herhangi bir çıkarı dayalı ilişki olmadığını beyan etmişlerdir.

**Etik:** Etik izin gerekmemektedir.

**Finansal Destek:** Yazarlar bu çalışmada finansal destek almadıklarını beyan etmişlerdir.

**Son onay:** Tüm yazarlar tarafından onaylanmıştır.

#### KAYNAKLAR

1. Berrington A, Darby SC, Weiss HA, Doll R. 100 years of observation on British radiologists: mortality from cancer and other causes 1897–1997. *Br J Radiol.* 2001;74(882):507–519.
2. Cancer risk from professional exposure in staff working in cardiac catheterization laboratory: insights from the National Research Council's Biological Effects of Ionizing Radiation VII Report. *Am Heart J.* 2009;157(1):118–124.
3. Domienik J, Brodecki M, Carinou E, Donadille L, Jankowski J, Koukorava C, et al. Extremity and eye lens doses in interventional radiology and cardiology procedures: first results of the ORAMED project. *Radiat Prot Dosimetry.* 2011;144:442–447.
4. T.Pinnar, O.Dicle. Radiation Oncology A.Century of Progress and Achievement, published by ESTRO, 1995
5. Jansen A. Radiation dose and risk, Radiation Protection 136; European guidelines on radiation protection in dental radiology. The safe use of radiographs in dental practice Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities. 2004. pp 11-17.
6. Wrixon AD. New ICRP recommendations. *J Radiol Prot.* 2008;28:161–168.
7. ICRP. The 2007 recommendations of the International Commission on Radiological Protection. *Ann ICRP.* 2007;103:1–332.
8. Pierce DA, Shimizu Y, Preston DL, Vaeth M, Mabuchi K. Studies of the mortality of atomic bomb survivors. Report 12, Part I. Cancer: 1950–1990. *Radiat Res.* 1996;146(1):1–27.
9. Cardis E, Vrijheid M, Blettner M, Gilbert E, Hakama M, Hill C, et al. The 15-Country Collaborative Study of Cancer Risk among Radiation Workers in the Nuclear Industry: estimates of radiation- related cancer risks. *Radiat Res.* 2007;167(4):396–416.
10. Bashore TM, Bates ER, Berger PB, Clark DA, Cusma JT, Dehmer GJ, et al. American College of Cardiology/ Society for Cardiac Angiography and Interventions Clinical Expert Consensus Document on cardiac catheterization laboratory standards. A report of the American College of Cardiology Task Force on Clinical Expert Consensus Documents. *J Am Coll Cardiol.* 2001;37(8):2170–2214.
11. Semelka RC, Armao DM, Elias J Jr, Huda W. Imaging strategies to reduce the risk of radiation in CT studies, including selective substitution with MRI. *J Magn Reson Imaging.* 2007;25(5):900–909.
12. Steven B, Elwin R, Tilson Ed. Practical Radiation Protection and Applied Radiobiology, 2e 2nd Edition. Saunders, 1999.
13. Mitelman F, Johansson B, Mertens F. Mitelman database of chromosome aberrations and gene fusions in cancer. 2010 [updated 2010; cited 07 February 2011].
14. National Academy of Sciences/National Research Council (NAS/NRC), Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation:BEIR VII Phase 2, Washington, DC2006.
15. Anastasian ZH, Strozyk D, Meyers PM, Wang S, Berman MF. Radiation exposure of the anesthesiologist in the neurointerventional suite. *Anesthesiology.* 2011;114(3):512-20.
16. Williams PM, Fletcher S. Health effects of prenatal radiation exposure. *Am Fam Physician.* 2010;82(5):488–493.
17. Wakeford R, Little MP. Risk coefficients for childhood cancer after intrauterine irradiation: a review. *Int J Radiat Biol.* 2003;79(5):293–309.
18. Vano E, Gonzalez L, Fernandez JM, Haskal ZJ. Eye lens exposure to radiation in interventional suites: caution is warranted. *Radiology.* 2008;248(3):945–953.
19. Klein LW, Miller DL, Balter S, Laskey W, Haines D, Norbash A, et al. Occupational health hazards in the interventional laboratory: time for a safer environment. *J Vasc Interv Radiol.* 2009;20(2):147–152.
20. Cousin AJ, Lawdahl RB, Chakraborty DP, Koehler RE. The case for radioprotective eyewear/facewear. Practical implications and suggestions. *Invest Radiol.* 1987;22(8):688–692.
21. ICRP. Radiological protection education and training for healthcare staff and students. 2010 [cited 19 February 2011]. [http://www.icrp.org/docs/ICRP\\_Report-RP\\_Education\\_and\\_Training\\_for\\_Healthcare\\_Staff\\_and\\_Students\\_\(for\\_Consultation\).pdf](http://www.icrp.org/docs/ICRP_Report-RP_Education_and_Training_for_Healthcare_Staff_and_Students_(for_Consultation).pdf).