

RADYASYON VE TOPLUM

Yrd.Doç.Dr. H.Murat AKGÜL*

Arş.Gör.Dr. Saadettin DAĞİSTAN**

Prof.Dr. Abubekir HARORLI*

RADIATION AND SOCIETY

SUMMARY

All of the ionizing radiations are harmful to the living systems and lead to biological changes in living tissues. Radiation is used in a number of branches and fields varying from the basic sciences, health and industry to agriculture and also for a wide range of purposes such as military. Thus, it puts almost all the people of the society under a risk.

This article is intended to inform dentists about the radiation, with which we are so familiar in the society, and which has the capacity to ionize; to minimize the harmful effects of radiation to the largest possible extent; and to examine the interaction between radiation and living systems.

Key Words: Radiation, ionizing radiation, effects, sources

ÖZET

İyonize radyasyonların tamamı canlılar için zararlıdır ve canlı dokularda biyolojik değişikliklere sebep olur. Radyasyon; temel bilimlerde, sağlık alanında, endüstride, tarımda ve askeri amaçlar için kullanılmakta olup, toplumdaki bütün kişileri biyolojik bir risk altına sokmaktadır.

Bu makalede, günlük yaşamımızda bu kadar iç içe olduğumuz iyonizasyon yapma özelliğine sahip radyasyon hakkında dişhekimleri bilgilendirmek, radyasyonun zararlı etkilerini en düşük düzeye indirmek ve radyasyonla canlı sistemler arasındaki etkileşimi incelemek amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Radyasyon, iyonize radyasyon, etkileri, kaynakları.

GİRİŞ

Radyasyonla ilgili haberlere hemen her gün çeşitli gazete ve dergilerde rastlamaktayız. Özellikle 1979 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nin Pennsylvania cyaletindeki Three Mile Island Nükleer Enerji Santralinde meydana gelen nükleer kazayla, 1986 yılında Sovyetler Birliği'nin Çernobil kenti yakınlarındaki nükleer enerji santralinde meydana gelen nükleer kazalardan sonra, toplumun radyasyon konusundaki duyarlılığı artmıştır.

Radyasyonla ilgili olarak çeşitli yayın organlarında yer alan haber ve yorumlar, hastalar tarafından da okunmakta veya izlenmektedir. Hastalar bu yayınların etkisi altında kalarak teşhis

amaçlı kullanılan x-ışınları hakkında da bazı korku ve endişeler taşımaktadır.

Dişhekimi radyasyonla ilgili ve özellikle diagnostik radyolojide kullanılan x-ışınlarının oluşturduğu zararlar konusunda hastasını bilgilendirmek zorundadır. Bunun için de dişhekiminin radyasyon hakkında temel bir bilgiye sahip olması gerekir.

Bu makalenin amacı, radyasyonla ilgili olarak dişhekimlerinin karşılaşılabileceği bazı sorulara açıklık getirmektir.

Radyasyon: Radyasyon "atomlardan enerji salınması" şeklinde tanımlanabilir.¹ Doğada bulunan her nesne atomlardan oluşmuştur. Atomlar maddelerin yapı taşlarıdır. Bir araya gelen atom

* Atatürk Üniversitesi Dişhekimi Fak .Oral Diağnoz ve Radyoloji ABD Öğretim Üyesi

** Atatürk Üniversitesi Dişhekimi Fak .Oral Diağnoz ve Radyoloji ABD Araştırma Görevlisi

grupları molekülleri oluşturur. Atomlar ve moleküller hareketlerinden dolayı kinetik enerji veya yapılarından dolayı potansiyel enerjiye sahiptirler. Atomlar ve moleküller enerji soğurabilir veya enerji yayabilirler. Bu da onların kinetik ve potansiyel enerji konumlarındaki değişikliklere neden olur.²

Radyasyonlar taşıdıkları enerji miktarına göre iki ana başlık altında incelenir:

- İyonlaştırıcı radyasyonlar
- İyonlaştırıcı etkisi olmayan radyasyonlar

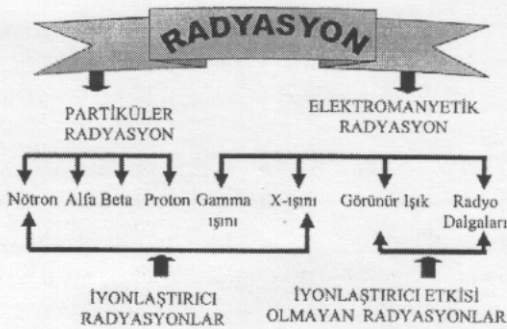
İyonize edici etkisi olmayan radyasyonlara, görülebilen ışık ve yüksek frekanslı radyo dalgaları gibi elektromanyetik dalgaları örnek verebiliriz.¹

İnsan sağlığı ve çevre açısından önem taşıyan radyasyonlar iyonlaştırıcı radyasyonlardır. Bu makalede özellikle iyonlaştırıcı radyasyonlar üzerinde durulacaktır.

İyonlaştırıcı radyasyonlar, maddesel bir ortamdan geçerken onunla etkileşerek doğrudan veya dolaylı olarak iyon çiftleri oluşturabilen x-veya gamma ışını gibi elektromanyetik ışınlarla, kinetik enerjileri olan yüklü parçacıklar, ağır iyonlar ve serbest nötronlar gibi tanecik karakterli parçacıklardır. Ses dalgalarıyla, elektromanyetik spektrumun mor ötesi ve daha büyük dalga boylu ışınları bu tanımın kapsamı dışındadır.³

Tanımdan da anlaşıldığı gibi iyonlaştırıcı radyasyonlar yapı itibarıyla de iki gruba ayrılır (Şekil 1). Bunlar;

- Elektromanyetik radyasyonlar
- Partiküler radyasyonlar



Şekil 1. Radyasyon çeşitleri

Elektromanyetik Radyasyonlar: Belli bir enerjiye sahip, ancak kütsüz radyasyon çeşididir. Bunlar, titreşim yaparak ilerleyen elektromanyetik enerji dalgalarıdır. Görünür ışık elektromanyetik radyasyonun bir çeşididir. Bütün dalga tipi radyasyonlar ışık hızıyla (3×10^8 m/saniye) hareket ederler.⁴

Elektromanyetik radyasyonlar içerisinde iyonlaştırıcı etkiye sahip olanlar, x-ışınları ve gamma ışınlarıdır. Bunların özellikleri birbirlerine çok benzer. Aralarındaki en önemli fark meydana geliş şekilleridir. X-ışınları, x-ışını tüpünden elde edilir. Gamma ışınları ise atom çekirdeğinin içinde oluşurlar. Bunların penetrasyon özellikleri çok yüksektir. İnsan vücudunu kolaylıkla geçerler.¹

Partiküler Radyasyonlar: Belli bir kütle ve enerjiye sahip çok hızlı hareket eden minik parçacıklardır.⁴ Dört tip partiküler radyasyon tanımlanmıştır:

Alfa partikülleri: Bunlar iki proton ve iki nötrondan oluşur. Yapılarında bulunan protonlar nedeniyle (+) yüklü partiküllerdir.¹

Beta partikülleri: Radyoaktif atomların çekirdeğinden yayılan, çok hızlı hareket eden negatif yüklü partiküllerdir. Negatif yüklü beta parçacıkları elektronlara benzerler.

Protonlar: Kütleli 1 olan ve +1 yüklü hızlandırılmış partiküllerdir.

Nötronlar: Kütleli 1 olan ve yüksüz hızlandırılmış partiküllerdir.

Buraya kadar radyasyon kavramını genel olarak anlatmaya çalıştık. Bundan sonra konumuz gereği radyasyon kelimesinin kullanıldığı her yerde "iyonlaştırıcı radyasyon" dikkate alınmalıdır.

Radyoaktivite: Kararsız atom veya elementlerin daha dengeli nükleer bir durum kazanmak için spontan ayrışmaya veya bozunmaya uğraması işlemi olarak tarif edilir.¹

Doğada mevcut elementlerin çoğunda atomlar nötr durumdadır. Bunlara kararlı atom denir. Kararlı bir atomda proton sayısı ile elektronların sayısı eşittir. Bu atomlarda çekirdekteki proton ve nötronlar birbirlerine nükleer kuvvetle sıkı sıkıya bağlıdır.¹

Proton ve nötronların birbirine eşit sayıda bulunmaları çekirdekdeki kararlılık için önde gelen şarttır. Kararlı atomlarda $N/Z=1$ dir. Ancak atom numaraları yüksek olan elementlerde bu oran 1'in üzerindedir. Bunlara "kararsız atom" denir. Her kararsız çekirdek, nötron ve proton oranındaki dengesizliği, alfa taneciği veya beta taneciği atarak kararlı duruma geçer. Bazı çekirdekler bunlara ilave olarak az miktarda gamma ışınları da yayınlırlar. Bu atomların oluşturduğu elementlere "Doğal Radyoaktif Element" adı verilir.¹

Çekirdek bombardımanı sonucunda da radyoaktif elementler elde edilebilir. Bunlara "Yapay Radyoaktif Element" adı verilir.¹

Radyoaktif Madde: Çözelti veya bileşik olarak, alfa, beta parçacıkları veya gamma ışınlarından bir veya birkaçını yayınlırlayarak kendiliğinden bozunuma uğrayan çekirdeklerden meydana gelen maddelerdir.³

Radyoaktif Bozunum: Kararsız radyonükleitlerin kararlı hale geçmek üzere fazla enerjilerini dışarıya atmak için radyasyon yaymalarıdır.³

Yarılanma Süresi: Radyoaktif atomların bozunma sonucu radyoaktif olmayan maddelere dönüşmesi nedeni ile zamanla radyoaktiviteleri de yok olur. Herhangi bir radyoaktif elementin aktifliğinin yarıya inmesi için geçen süreye o maddenin "yarılanma süresi" denir ve ($T = 1/2$) ile gösterilir.¹

İyonizasyon: Normalde çoğu atom kararlıdır. Kararlı bir atom eşit sayıda proton ve elektron içerir. Kararlı bir atomdan elektron koparıldığında ya da elektron ilave edildiğinde, bu denge bozularak ilgili atom pozitif veya negatif değerlerde yüklenir. Atomdaki bu elektrikselsel yük değişikliğine "iyonizasyon" denir.¹

Radyasyon Ölçüm Birimleri: Zaman, uzaklık, ağırlık gibi fiziksel kavramlar nasıl ölçülebiliyorsa, radyasyon da ölçülebilir. İyonlaştırıcı radyasyonlarla yapılan çalışmalarda sonuca ulaşabilmek, radyasyonun zararlı etkilerini belirleyebilmek için alınan radyasyon dozunun ölçülmesi gerekir. Radyasyon dozu denildiğinde, bir hedef kütle tarafından, belli bir sürede soğurulan

veya alınan radyasyon miktarı anlaşılır.^{1,4-6}

Radyasyon miktarının ölçümünde kullanılan birimlerin tanımlarının yapılması gerekir.⁴ Uluslararası Radyasyon Ölçüm ve Birimleri Komitesi (ICRU- International Comitee of Radiation Units) radyasyon ölçümü için özel birimler saptamıştır.^{1,4,5,7}

İlk kez 1925 yılında kurulan ICRU aktivite birimi olarak Curie (Ci), ışınlama birimi olarak Röntgen (R), absorblanan radyasyon miktarı birimi olarak Rad'ı ve biyolojik eşdeğer doz birimi olarak da Rem'i kabul etmiştir.¹

Ancak sonraki yıllarda tüm ülkelerde kullanılan ölçü ve ağırlık birimlerinin uniform olması görüşünün benimsenmesi nedeniyle Uluslararası Birimler Sistemi (SI) kabul edilmiştir. 1975'de ICRU tarafından alınan kararlar daha önce kullanılan birimlerin tüm dünyada kabul edilen SI eşdeğerleri ile değiştirilmesi öngörülmüştür.¹ Aynı kavramlar SI sisteminde farklı birimler ile sunulmuştur. Bu sistemde, aktivite birimi olarak Becquerel (Bq), ışınlama birimi olarak Coulomb/kg, absorblanan radyasyon miktarı birimi olarak Gray (Gy), ve biyolojik eşdeğer doz birimi olarak da Sievert (Sv) kullanılmaktadır.^{1,4}

Aktivite Birimi: Radyoaktivite şiddet birimi olarak "Curi" ve "Becquerel" kullanılır.

Curie (Ci): Bir radyoaktif maddede saniyede parçalanmış çekirdek sayısı 3.7×10^{10} ise bu maddenin radyoaktivitesi 1 Ci'dir.

SI birim sisteminde aktivite birimi olarak Becquerel (Bq) kullanılır

Becquerel (Bq): Bir radyoaktif maddede saniyede 1 çekirdek parçalanması oluyorsa, o maddenin radyoaktivitesi 1 Becquerel 'dir.

$$1 \text{ Bq} = 2.7 \times 10^{-11} \text{ Ci}$$

$1 \text{ Ci} = 3.7 \times 10^{10} \text{ Bq}$ (1 Ci = 37 GBq "Giga Becquerel")

İşınlama Birimi = İyonlaştırma Dozu = Ekspozur Birimi: X-ışınları havadan geçerken iyonizasyona neden olurlar. Ekspozur terimi x-ışınları tarafından havada oluşturulan iyonizasyonun ölçümünü ifade eder.

Bu iyonizasyona neden olan x-ışın miktarı "iyonlaştırma dozu" veya "ekspozur birimi" ola-

rak tanımlanır. Geleneksel ölçü birimi olarak "Röntgen (R)" kullanılır. Röntgen x-ışınları ve gamma ışınlarını kapsayacak şekilde tanımlanmıştır.

Röntgen (R): Normal şartlar altında (0°C ve 760 mm⁺ Hg basıncında) duvar etkilerinden kurtarılmış 1cm³ kuru havada (0.001293 gr) 1 elektrostatik yük birimi (2.08 x 10⁹ iyon çifti) iyon oluşturabilen veya 1 kg havada 2.58x10⁻⁴ coulomb'luk bir elektrik yükü oluşturan x- veya gamma ışını miktarı olarak tanımlanmıştır. (1 R = 1000 miliröntgen)

Röntgen esas olarak havadaki iyonların ölçümleriyle sınırlıdır. Tanım itibariyle sadece x-ışınları ve gamma ışınları için kullanılır ve diğer radyasyon tiplerini içermez.

Son yıllarda, fotonların elektronlara ilettiği kinetik enerjiyi ölçen Kerma (Kinetic energy released in matter) doz birimi de kullanılmaktadır.

Ekspozur için Röntgene eşit SI birimi yoktur. Onun yerine ekspozur, basitçe kilogram başına coulomb (C/kg) olarak saptanır. Coulomb (C) bir elektrik yükü birimidir.

Coulomb / kg: Normal şartlar altında duvar etkilerinden kurtarılmış 1 kg kuru havada 1 Coulomb'luk elektrik yüklü iyon oluşturan x- veya gamma ışını miktarı olarak tanımlanır.

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

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

Işınlama birimi; bir radyasyon alanında bir noktada var olan ve o noktayı işleyen radyasyonun havada oluşturduğu iyonlaşma miktarıdır.

Bir *kaynağın radyasyon şiddeti* denildiğinde, x- veya gamma ışını kaynaklarının 1 metre uzağında oluşturdukları radyasyon miktarı anlaşılır. Elde edilen değerler "1 metrede Röntgen / saat" şeklinde ifade edilir.

Radyasyonun alan şiddeti denildiğinde de birim alanda maruz kalınan radyasyon miktarı anlaşılır. Elde edilen değerler "Röntgen / saat" veya "Coulomb / Kilogram / Saniye" şeklinde ifade edilir. Buna göre şiddeti 1 Röntgen / saat (1 R/s) olan radyasyon alanında 1 saat bulunan kişi 1 R, 2 saat bulunan kişi de 2 R'lik radyasyona maruz kalır.

Absorbe Doz Birimi = Radyasyon Absorbsiyon Dozu (RAD): Ölçüm birimi olan Röntgen bir organizmanın yüzeyine ulaşan enerji miktarını ölçer, fakat absorbe edilen radyasyon miktarını göstermez.

Absorbe edilen radyasyonun miktarını belirlemek için de bir birimin oluşturulması gerekir. Bu amaçla absorblanan radyasyon miktarı birimi olarak önceleri Rad (Radiation Absorbed Dose) kullanılırdı. SI birim sisteminde ise Gray (Gy) kullanılmaktadır.

1 Rad: Işınlanan objenin 1 kilogramına absorbe ettiği enerji 10⁻² joule ise bu absorpsiyon dozu 1 Rad'dır.

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

1 Gray (Gy): Işınlanan objenin 1 kilogramının absorbe ettiği enerji 1 joule ise bu absorpsiyon dozu 1 Gray'dır.

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

$$1 \text{ Rad} = 0.01 \text{ Gy}$$

$$1 \text{ Gy} = 100 \text{ Rad}$$

$$1 \text{ Rad} = 1000 \text{ milirad}$$

Tanımdan da anlaşıldığı gibi Rad, hasta yada diğer biyolojik sistemler tarafından alınan radyasyon miktarı tanımlandığı zaman kullanılır ve 1 gr dokuda absorbe edilen iyonize radyasyon enerjisi miktarını ölçer. 1 R'lik x-ışını yada gamma ışınları ile su yada yumuşak doku ekspozuru, 1 rad'lık absorbe dozla sonuçlanır. Ancak diğer dokularda bu ilişki farklıdır.⁵

1 Röntgenlik x-ışınına maruz kalan canlı dokunun absorbe ettiği radyasyon dozu 0.87 Rad olarak bilinir.

$$1 \text{ R} = 0.87 \text{ Rad}$$

Eşdeğer Doz Birimi: Işınlamaların biyolojik sistemler üzerinde meydana getireceği hasar yalnızca doz miktarına bağlı değildir. İki ayrı ışımadan soğurulan enerjiler aynı olsa bile, enerji absorblayan biyolojik sistem üzerinde bu ışınların etkileri farklı olabilir. Bu nedenle biyolojik etkiyi de gözönüne alacak birimlere ihtiyaç duyulur. Memelilerde alınan ışın miktarı "eşdeğer doz birimi" "Roentgen Equivalent Man = Rem" ile belirlenir.

Rem: 1 R'lik x-ışını veya gamma ışını ile aynı biyolojik etkiyi oluşturan radyasyon miktarıdır.

Rad ile Rem arasındaki fark, Rem'in daha çok radyasyondan korunmada kullanılan bir birim olmasıdır.

Rad x Kalite Faktörü = Rem'dir.

Diagnostik radyolojide kalite faktörü 1 olarak kabul edilir. Bunun için Rad = Rem şeklinde ifade edilebilir.

SI birim sisteminde Rem yerine Sievert (Sv) kullanılmaktadır.

Sievert (Sv): Bir graylık x-ışını veya gamma ışını ile aynı biyolojik etkiyi meydana getiren herhangi bir radyasyon miktarıdır. Sievert oldukça büyük bir birimdir, hastane uygulamaları için doz milisievert (mSv) ve Mikrosievert olarak ölçülür.

1 Rem = 0.01 Sv

1 Sv = 100 Rem

1 Rem = 1000 milirem

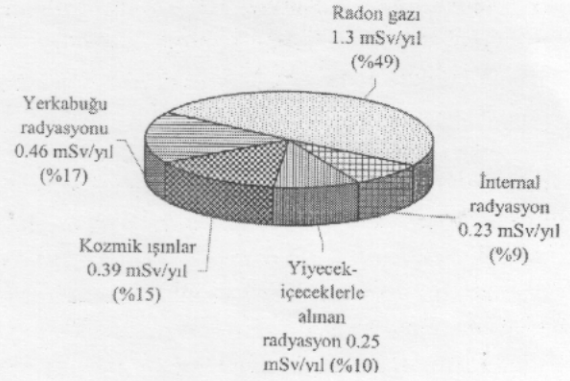
1 Rem = (Rad)x(W_R) (W_R: Radyasyon ağırlık faktörü)

Radyasyonla uğraşanların mesleki expoju-rları Rem yada Sv'in doz equivalent birimi ile monitörlenir, genellikle milirem (mrem) yada milisievert (mSv) olarak ölçülür. Çünkü monitörlenilen doz çok küçüktür.⁵

Radyasyon Kaynakları: Her canlı hayatı boyunca radyasyonla birlikte yaşamak zorundadır. Günlük yaşantımızda karşılaşılan radyasyona "Background Radyasyon" denir. ABD'de yıllık background radyasyon miktarı ortalama 3.60 mSv'dir.⁵

Radyasyon kaynakları farklı ve çok sayıda olmakla birlikte, bunları temelde "Doğal Radyasyon Kaynakları" ve "Yapay Radyasyon Kaynakları" olmak üzere iki başlık altında incelemek mümkündür.

Doğal Radyasyon Kaynakları: Tabiatla mevcut radyoaktif elementler yaşadığımız çevrede normal ve kaçınılmaz olarak kabul edilen doğal bir radyasyon düzeyi oluşturur.⁸ Her birey yılda yaklaşık 2.63 mSv'lik bir doğal radyasyona maruz kalmaktadır (Şekil 2).



Şekil 2. Doğal radyasyon kaynakları

Doğal radyasyon miktarını belirleyen birçok neden vardır. Yaşanılan yer, bu yerin toprak yapısı, yaşadığımız binalarda kullanılan malzemeler, mevsimler, kutuplara olan uzaklık ve hava şartları bu nedenlerden bazılarıdır. Yağmur, kar, alçak basınç, yüksek basınç ve rüzgar yönü gibi etkenler de doğal radyasyon seviyesinin büyüklüğünü belirler.⁴

Doğal kaynaklar hem vücudun dışında, hem de vücudun içindeki radyoaktif maddelerden oluşur. Toplumdaki bütün insanlar bu radyasyona maruz kalırlar. Doğal radyasyon, insanların yaşamları boyunca aldıkları radyasyonun en büyük kaynağını oluşturur. Doğal radyasyon vücut dışı kaynaklardan (eksternal radyasyon) ve vücut içindeki kaynaklardan (internal radyasyon) yayılır.^{1,9} Bunlar;

- Eksternal radyasyon

Radon gazı

Kozmik radyasyon

Yer kabuğu (terrestrial) radyasyonu

Yiyecek ve içeceklerle alınan radyasyon

- İnternal radyasyon

Radon Gazı: Doğal kaynaklardan alınan dozun en önemli bileşeni, Radon gazı ve onun kısa yarı ömürlü bozunma ürünleridir. Radon; kaya, toprak ve sudaki doğal Uranyumun radyoaktif bozunması sonucunda oluşur. Uranyumun bozun-

ması sırasında oluşan diğer radyoaktif maddeler toprak içerisinde kalırken, Radon gazı toprak yüzeyine doğru yükselir. Radon terimi, bazen, Radon, Toron ve bozunma ürünlerini de kapsayacak şekilde geniş anlamda kullanılmaktadır.^{4,9-11}

Radon gazının yayıldığı yüzey üzerinde bulunan evlerde iyi bir havalandırma sisteminin olması gerekir. Böyle bir havalandırma yoksa radon gazı evin içinde, dışarıdakinden yüz kat hatta daha fazla birikecektir¹⁰ (Tablo 1). İnsanlar zamanlarının büyük bir kısmını kapalı mekanlarda geçirdikleri için radon gazına maruz kalmaları önemli bir problem olarak ortaya çıkmaktadır. Bu gaz tenneffüs edildiği takdirde özellikle akciğerlerin aşırı şekilde radyasyona maruz kalmasına neden olabilir.^{4,10} Alınan Radon gazının Amerika'da yılda 10 000 kadar akciğer kanserine sebep olabileceği düşünülmektedir.⁷

Tablo 1. Evlerde ortalama radon konsantrasyonu (Bq/m³)

Mısır	9	ABD	46	İran	82
Avustralya	11	Almanya	50	İspanya	86
İngiltere	20	Türkiye	52	Ermenistan	104
Çin	24	Danimarka	53	Macaristan	107
Cezayir	30	Fransa	62	İsveç	108
Polonya	41	Yunanistan	73	Finlandiya	120
Suriye	44	İtalya	75	Çek Cümh.	140

Epidemiyolojik çalışmalar, yüksek seviyede Radon ve bozunma ürünlerinden dolayı radyasyona maruz kalmış bireylerde akciğer kanseri oranlarının yüksek olduğunu göstermiştir. Radon gazı akciğerlere çekildiği zaman, akciğerlerde gaz halinde iken katı ürün olan bir sonraki safhaya döner ve uzun süre akciğerlerde kalır. Bunun sonucu olarak akciğerler devamlı internal radyasyonun etkisinde kalır.⁵

Uluslararası Radyasyondan Korunma Komitesi (ICRP) akciğer kanserlerinin %10'unu alınan Radona bağlamaktadırlar. Sigara, kanser riskini

arttırmaktadır. Hem sigara içip hem de yüksek dozda Radona maruz kalmış kişilerde kansere yakalanma riski oldukça yüksektir.^{10,11}

Radon gazından dolayı dünya genelinde maruz kalınan ortalama radyasyon miktarı 1,3 mSv/yıl'dır.^{4,10}

Kozmik Radyasyon: Doğal radyasyonun bir kısmını uzaydan gelen kozmik ışınlar oluşturur. Kozmik radyasyon, güneş ve yıldızlardan kaynaklanır. Kozmik radyasyonlar uzaydan yeryüzüne gelen yüksek enerjili parçacıklardan oluşur. Bu ışınların büyük bir kısmı dünya atmosferinden geçmeye çalışırken tutulurlar. Sadece küçük bir miktarı yerküreye ulaşır.^{1,2,4,7,9}

Kozmik ve yerkabuğu radyasyonunun seviyeleri havadan ölçülür. Dünyaya ulaşan (ölçülebilen) kozmik radyasyon miktarı, enlem, yükseklik, barometrik basınç ve güneş etkisi ile oluşan aktivitelerle yakından ilişkilidir. Kozmik radyasyon miktarı kişinin ev içinde yada dışında geçirdiği zamanla, günlük yaşam şartları, yılda yaptığı uçuş sayısı, kişinin yaşadığı yerle de çok yakından ilgilidir.⁵

Kozmik radyasyonların şiddeti yükseklerde, deniz seviyesinden çok daha fazladır.^{9,11} Bir dağın tepesinde veya havada yol alan bir uçakta bulunan bir kişi, deniz seviyesinde bulunan bir kişiden çok daha fazla kozmik ışına maruz kalır. Deniz seviyesinde, kozmik radyasyon yaklaşık olarak yılda 0,28 mSv'dir. Yükseklik arttıkça bu radyasyon miktarı da artar. Deniz seviyesinden her 150 m yükseklik için 0,28 rakamına 0,03 rakamı eklenerek o yerin kozmik radyasyon miktarı saptanabilir.²

Bu nedenle bir pilot, uçuş süresi boyunca, deniz seviyesinde çalışan bir kişinin maruz kaldığı doğal radyasyon düzeyinden yaklaşık 20 kat daha fazla bir radyasyon dozuna maruz kalır.⁴

İnsanlar, dünya atmosferinin koruyucu tabakası üzerinde ne kadar sık seyahat ederse, o kadar fazla kozmik radyasyona maruz kalır. Bu konu ile ilgili astronotlar ekstrem bir örnek olarak verilebilir. Astronotlar her uçuşlarında, 1-10 mSv'lik doza denk tüm-vücut radyasyonuna maruz kalırlar.⁷ Bu da yeryüzünde yaşayan insanla

rın aldığı kozmik radyasyon miktarının yaklaşık 1-10 katıdır.¹¹

Kozmik radyasyon aynı zamanda, dünyanın magnetik alanı tarafından kutuplara doğru çekilmiş olan düşük enerjili kozmik ışıklardan dolayı kutup bölgelerinde daha yüksektir. Ayrıca ev içinde harcanılan zaman boyunca strüktürel korunmadan dolayı, alınan kozmik radyasyon miktarında % 20'lik bir azalma söz konusudur.^{7,11}

Günlük yaşamımızda, kozmik ışınlar nedeniyle maruz kaldığımız radyasyon dozunun dünya ortalaması 0.39 mSv/yıl'dır.⁴ Amerikan popülasyonunda rakım ve enlem dağılımı dikkate alınarak yapılan değerlendirmelerde, kozmik radyasyonun efektif doza oranının yılda yaklaşık olarak 0.27 mSv/yıl olduğu hesaplanmıştır. Bu hesaplama hava seyahatlerinden oluşan radyasyon da dahil edilmiştir.⁷

Yerkabuğu Radyasyonu (Terrestrial Radyasyon): Yerkabuğu kaynaklarından yayılan radyasyon, toprakta doğal olarak bulunan çeşitli radyoaktif ürünlerin varlığına bağlıdır. Toprakta doğal olarak bulunan Radium; Thorium, Uranium ve Potassium-40'ın yanı sıra onların bozunmuş ürünleri sonucunda oluşur.⁵

Ayrıca fosil yakıtlar da doğal ve uzun ömürlü radyoaktif elementler içerirler. Bu tür elementler yakıt içinde iken bir radyasyon tehlikesi yaratmazlar. Ancak fosil yakıtlar yakıldıklarında bu elementler atmosfere yayılır ve daha sonra toprağa dönerek doğal radyasyon düzeyinde az da olsa bir artışa neden olurlar.⁴

Toprakta bulunan Potasyum-40, Toryum-232 ve Uranyum-238 elementlerinden gelen gamma radyasyonunun çoğu, toprağın en üst kısmındaki 20 cm'lik bölgede bulunur.⁷

Terrestrial radyasyon toprağın tipi, coğrafik yerleşim, tuğla yada beton bina yapı malzemelerinin kimyasal bileşenleri ile yakından ilişkilidir.⁵

Yerkabuğu radyasyonu, Amerikan popülasyonunda yılda yaklaşık olarak 0.28 mSv olarak tahmin edilmektedir. Bu miktar, gamma radyasyonunun yılda yaklaşık olarak 120 mSv olduğu Brezilya ve Hindistan'ın bazı köy ve kasabalarında yaşayan kişiler tarafından alınan doz ile

karşılaştırıldığında çok az olarak görülür. Bu nadir olan yüksek yerkabuğu radyasyon dereceleri, yüksek Toryum-232 içerikli minerale sahip topraktan yapılmış köy ve kasaba yapılarının sonucudur.^{7,9}

Doğada mevcut kısa ömürlü radyoaktif elementlerin yaydığı gamma ışınlarının da katkısıyla, topraktan maruz kaldığımız radyasyon dozunun dünya ortalaması 0.46 mSv/yıl'dır.⁴

Yiyecek ve İçeceklerle Vücuda Alınan Radyasyon: Yiyecek, içecek ve teneffüs ettiğimiz havadan aldığımız radyasyon miktarının dünya ortalaması yaklaşık 0.25 mSv/yıl'dır. Özellikle kabuklu yiyecekler daha fazla radyoaktif madde içerdiğinden, bu ürünleri fazla miktarda tüketen insanlarda bu şekilde alınan radyasyon miktarı daha yüksek çıkar.⁴

Internal Radyasyon: Vücudumuzda bulunan Potasyum-40, Karbon-14, P-210 gibi radyoaktif elementler nedeni ile de tabii radyasyona maruz kalabiliriz.^{4,9,11,12} Bir yıl boyunca bu şekilde alınan radyasyon miktarının dünya ortalaması 0.23 mSv/yıl kadardır.⁴

Yapay Radyasyon Kaynakları: Teknolojik gelişmelerin bir sonucu olarak, yapay yollarla bazı radyasyon kaynakları üretilmiştir. Bu kaynakları dört başlık altında toplamak mümkündür.⁷ Bunlar;

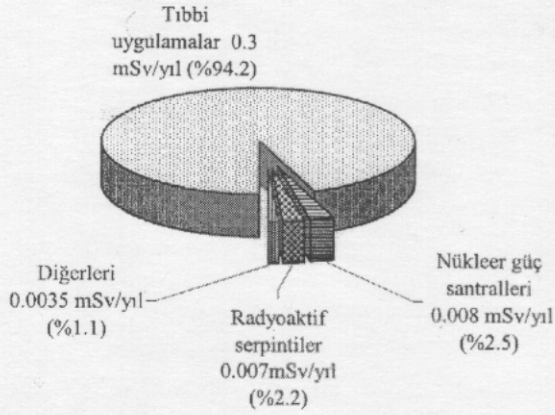
- Tıbbi teşhis ve tedavide kullanılan kaynaklar
- Nükleer güç santralleri
- Radyoaktif serpintiler
- Diğer kaynaklar.

Tıbbi Teşhis ve Tedavide Kullanılan Kaynaklar: Radyasyon tıpta teşhis (Diagnostik Radyoloji) ve tedavi (Radyoterapi) amacı ile kullanılır. Tıbbi amaçlar için kullanılan radyasyon, yapay radyasyonun en büyük kısmını oluşturur (Şekil 3).

Tıbbi teşhis ve tedavide kullanılan kaynakları üç başlık altında inceleyebiliriz. Bunlar:

- X-ışınlarının tanı amacı ile kullanılması sonucu alınan radyasyon.
- Radyoizotopların tanı ve tedavi amacı ile kullanılması sonucu alınan radyasyon.

- Radyoaktif materyallerin tedavi amacı ile kullanımları sonucu alınan radyasyon.



Şekil 3. Yapay radyasyon kaynakları

X-Işınlının Tanı Amacı ile Kullanılması: X-ışını yayan cihazlar günümüzde çok yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Dişhekimlerinin kullandıkları dental röntgen makineleri piyasadaki tüm röntgen cihazlarının yaklaşık yarısını oluşturur. Türkiye Atom Enerjisi Kurumu, Radyasyon Sağlığı ve Güvenliği Dairesi kayıtlarından, Türkiye'deki ve bazı Avrupa ülkelerindeki diagnostik cihazların dağılımı ile ilgili rakamlar Tablo II'de verilmiştir.¹³

Tablo 2. Diagnostik cihazların dağılımı ve karşılaştırılması.

ÜLKE	Tıpta Kullanılan Röntgen Cihazı	Diş Röntgen Cihazı
TÜRKİYE	5.000	10.000
Bulgaristan	1.813	431
Yunanistan	1.200	7.000
Norveç	2.000	6.000
İsveç	1.400	13.500
Fransa	18.312	36.386
Almanya	56.000	77.000

Dental röntgen makinelerinin mA ve kVp'sinin diğer röntgen makinelerine göre daha düşük olması nedeniyle dental radyolojide, radyasyondan korunmaya olan ihtiyacı önemsememe gibi hatalı bir eğilim bulunmaktadır. Ancak dişhekimi röntgen kliniklerinde bu cihazların haftalık çalışma yükleri çoğu zaman diğer röntgen kliniklerinden daha fazladır. Böylece bir röntgen cihazı ile korunma tedbirleri almadan çalışan dişhekimi veya teknisyenin aldığı radyasyon dozu, bazen müsaade edilen sınırları aşmaktadır.¹

Diagnostik radyolojide hasta ve hekim primer radyasyona (x-ışını tüpünden gelen direkt radyasyon), sekonder radyasyona ve sızıntı radyasyonuna (tüpten faydalı radyasyonun dışında çıkan radyasyon) maruz kalırlar.

Hastaların maruz kaldıkları radyasyon, özellikle bütün dişlerin filmlerinin alınması durumunda bir hayli yüksek olduğundan, üzerinde önemle durulması gereken bir durumdur.

Diagnostik radyolojide x-ışınları hasta üzerine ve direk olarak görüntüsü istenen bölgeye gönderilir. Bunların bir kısmı dokular tarafından absorbe edilir.

Dental radyografi sonucu meydana gelen ekspoju miktarı şu faktörlere bağlıdır:

Film hızı: Radyasyon ekspoju mevcut en hızlı film kullanılarak sınırlanabilir. D-grubu yerine E-grubu film kullanımı absorbe edilen dozu % 50 azaltır.^{14,15}

Kolimasyon: Radyasyon ekspoju dikdörtgen şekilli kolimasyon kullanılarak sınırlandırılabilir. Silindir kolimasyon yerine dikdörtgen şeklinde kon kullanıldığında, alınan radyasyon miktarında azalma olacaktır.¹⁴⁻¹⁶

Teknik: Radyasyon ekspoju uzun fokal spot-film mesafesi kullanılarak sınırlanabilir. Uzun kon (paralel teknik) kullanımı ve daha uzun kaynak-film mesafesi deri dozunu azaltır.¹⁴

Ekspoju faktörleri: Radyasyon ekspoju daha yüksek bir kilovolt peak (kVp) kullanılarak sınırlanabilir. Daha yüksek bir kilovolt peak kullanımı deri dozunu azaltır.¹⁴

Absorbsiyon sonucunda biyolojik hasarlarla sonuçlanabilen bazı kimyasal değişiklikler oluşur.

Dental radyografilerden kaynaklanan hasta dozu, genellikle bir hedef organ tarafından alınan radyasyon miktarı olarak rapor edilmiştir. En yaygın ölçümlerden biri, deri ve yüzey ekspozurudur. Direk ölçümlerle elde edilen yüzey ekspozuru, x ışınlarıyla hasta ekspozurunu kaydetmede en basit yoldur.

Hastanın aldığı radyasyonu, deri dozu ve organ dozu başlıkları altında incelemek gerekir.

Deri dozu denildiğinde x-ışınlarının giriş yüzeyindeki ekspozur anlaşılır. Deri dozu "Çıkış Yoğunluğu" formülü ile hesaplanabilir.

$$\text{Çıkış Yoğunluğu (mR)} = k \cdot \text{mAs} \cdot (\text{kVp})^2 / d^2$$

k = Sabit (Tanı incelemelerinde ortalama 15 kabul edilir)

mAs = Tüpün mA'ı ile ışınlama zamanı (saniye) çarpımı

kVp = Röntgen tüpünün potansiyeli

d = Fokal spot-obje arası mesafe (cm)

Dişhekimliğinde kullanılan dental röntgen makinelerinde (65 kVp, 10 mA) kısa kon kullanıldığında, hastanın yüzüne her saniyede yaklaşık 1 R'lik ışın verilmektedir.

Tek bir intraoral radyografi (D-grubu film, Uzun kon, 70 kVp) ortalama 250 mR yüzey ekspozuru meydana getirir. E-grubu filmler kullanılırsa tek bir intraoral radyografide ortalama 125 mR yüzey ekspozuru oluşur.

14 günlük bir periyotta toplam 250 rad (2.5 Gy), deride crite meydana getirir. Böyle değişiklikler oluşturmak için 14 günlük bir periyotta 500'den fazla periapikal filmin (E-grubu film, 0.7 R/sn ekspozur oranı) ışınlanması gerekir. Bu dental radyoloji pratiğinde karşılaşılan bir durum değildir.

Organ dozu direkt olarak ölçülemez, hesaplanarak bulunur. Organ dozunda önemli olan hedef organlar, kemik iliği, tiroit bezi ve gonadlardır. Burada önemli olan efektif dozdur. Efectif doz, günlük background radyasyondan alınan dozla, diagnostik radyasyondan alınan dozun karşılaştırılmasıdır.⁵

Dental röntgen makineleri ile hastaların aldığı dozları araştırmak için yapılan çalışmalar 1950'lerde başlamıştır. Ülkemizde de ancak son çeyrek yüzyılda konu ile ilgili çalışmalar yapılabilmektedir. Bu çalışmalarda geneli amaç, ICRP tarafından kritik organlar olarak nitelenen bölgelerin (Örneğin; gonadlar, kan yapıcı organlar, tiroit) almış oldukları radyasyon dozlarını tayin etmek ve bundan sonraki uygulamaları bu sonuçların ışığında yapmaktır. Kritik bir organ eğer hasar görmüşse, kişinin yaşam kalitesini kısıtlayan bir durum söz konusudur.

Ortalama aktif kemik iliği dozu, lösemi gibi özel sitokastik etkiyle ilişkili olan spesifik bir doku dozunu hesaplamada kullanılır. Ortalama kemik iliği dozu, aktif kemik iliğinin tümünün aldığı radyasyon dozudur.

Ağızdaki bütün dişleri görmek için 21 film kullanılarak yapılan full-mouth incelemede, silindirik şekilde konularak radyografi işlemi yapılmış ise bu durumda oluşan ortalama aktif kemik iliği dozu 0.142 mSv olarak bulunmuştur. Bu doz dikdörtgen şekilli bir kon kullanıldığında ise 0.06 mSv olarak rapor edilmiştir.⁷

Panoramik radyografide aktif kemik iliği dozu film başına 0.01 mSv'dir. Bir göğüs filminde alınan ortalama aktif kemik iliği dozu ise 0.03 mSv olarak bildirilmiştir.⁷

Dental radyografi uygulamalarında ışınlanan maksilla ve mandibula sahaları, aktif kemik iliğinin çok küçük bir kısmını içine alır. Kanseri (Lösemi) başlama riski, direk olarak ışınlanan kan üreten dokuların miktarı ve doz ile ilişkilidir. Sonuçta hastadan alınan periapikal filmlere bağlı olarak lösemi oluşması için 2000-5000 arası periapikal film çekilmesi gerekir.⁶

Tiroit bezi; radyasyon sonucu oluşan kanserlerin en yüksek oranına sahip olan dokulardan birisi olduğu için doku dozu bakımından üzerinde önemle durulması gerekir. Tiroit bezi dental radyografik işlemler sırasında primer ışın demeti ile ışınlanmamasına rağmen, tiroit radyasyon ekspozuru oluşur.⁶

Dental diagnostik radyolojide, tiroit bezinin x-ışını demetine yakın olması nedeniyle bu bezin aldığı radyasyon önem kazanır.

Çalışmalar oral radyografilerden kaynaklanan tiroit dozunun oldukça düşük olduğunu göstermiştir. 21 filmle gerçekleştirilen full-mouth incelemelerde tiroit dozu 0.94 mGy olarak bulunmuştur.⁷ Bu değer, boyun omurunun (cervical spine) radyografik incelemesinden kaynaklanan dozun 1/6'sıdır. Panoramik radyografi de alınan radyasyon miktarı ise yaklaşık 0.74 µGy'dir.⁵ Bu doz ise, servikal spinal incelemelerden kaynaklanan tiroit dozunun %1'i kadardır.⁷

Dental radyografide tiroit bezini korumak için hastaya kurşun önlükle birlikte kurşun yakalılıkta giydirilmelidir.

Gonadal doz da, diagnostik x-ışını ekspozuruna olan şüpheli genetik cevabından dolayı önemlidir. Üreme organları dental radyografi işlemlerinin gerçekleştirildiği bölgelerin oldukça uzatılmıştır. Fakat kurşun önlük kullanılmazsa skater radyasyon sonucu gonadlar gereksiz ışın almış olur.⁵

Karın bölgesini içeren radyografiler gonadlarda en yüksek miktardaki doz ile, baş, boyun ve ekstremiteleri içeren radyografiler ise en düşük miktarlardaki doz ile sonuçlanır. Örneğin, böbrekler, üreterler ve mesanenin radyografilerinin, erkeklerde 0.08 mGy'lik ve kadınlarda 1.07 mGy'lik bir gonad dozunun alınmasına sebep olduğu rapor edilmiştir.⁷

Halbuki kafatası grafisinde alınan doz her iki cinstede 0.005 mGy'den daha azdır. Dental radyolojide ise gonadal doz önemsiz sayılabilecek derecede çok azdır (1.0 µGy). Bu miktar ortalama yıllık background (doğal) ekspozurun sadece % 0.003'üdür.⁷

Ancak çocuklarda boy daha kısa olduğundan, dental radyoloji uygulamalarında gonadlara giden ışın miktarı daha fazla olur.

Gözler: Gözlerde katarakt oluşumunu başlatmak için 200 000 mrad (2 Gy)'dan daha fazlası gerekir. Keza böyle yüksek dozlar dental radyografide düşünülmez. Aslında gözün korneası için ortalama yüzey dozu (D-grubu film, uzun kon, 20 filmlik seri) 60 mrad (0.0006 Gy)'dır. Dental radyografide katarakt oluşma ihtimali hiç yoktur.⁶

Dental diagnostik radyolojide hastanın aldığı riskler: İyonize radyasyon ekspozuru ile birlikte oluşan riskin derecesi iki şekilde ifade edilebilir. Bunlardan biri hastanın aldığı doz doğal radyasyonla kıyaslanır. İkincisi ise sitokastik etki ihtimali araştırılır.

Optimize edilen teknikler ile bir panoramik film ve ağızdaki bütün dişleri incelemek için alınan periapikal radyografilerin (14-18 adet) sonucunda hastanın aldığı radyasyon, kişinin aldığı doğal radyasyonun dörtte biri kadardır.

Düşük dozlarda alınan radyasyon sonucu oluşan asıl risk, kanserlerdir. Dental radyolojide bu risk oldukça düşüktür.

Radyoizotopların tanu ve tedavi amacı ile kullanılması sonucu alınan radyasyon: Radyoizotoplar nükleer tıp uygulamalarında teşhis ve tedavi amacı ile kullanılabilirler. Radyoizotop maddeler stabil olmadıklarından etraflarına radyasyon yayırlar. Bunlar alfa, beta, gamma ışını şeklinde olur. Alfa ve beta ışınları dokuyu geçemediklerinden radyonükleid görüntüleme kullanılmazlar. Görüntü oluşturmada sadece gamma ışınlarından yararlanır.¹

Bu tür çalışmalarda radyoaktif madde, vücutta verildiğinde, bu maddenin incelenecek dokuda toplanmasını sağlamak ve radyoaktif etkinin istenilen süre boyunca devamlılığını temin etmek için radyoizotop bir kimyasal madde ile birleştirilir. Herhangi bir radyoizotop maddenin insan üzerinde teşhis ve tedavi maksadı ile uygulanmasını mümkün kılacak şekilde hazırlanmış ilaçlara radyofarmasötikler adı verilir.¹

Salınan fotonları alarak görüntü oluşturma, gamma kamera yada sintilasyon kamerası yardımı ile olur. Tarama süresi tamamlandıktan sonra radyonükleidin vücutta tutulduğu organın görüntüsü noktalardan oluşan dijital görüntü şeklindedir. Bu görüntü film üzerine veya kağıt üzerine aktarılabilir. Bu şekildeki uygulamalarda maruz kalan doz, radyoizotopun cinsine ve miktarına göre değişir. Bu sistemle tomografik kesitler de alınabilir.¹

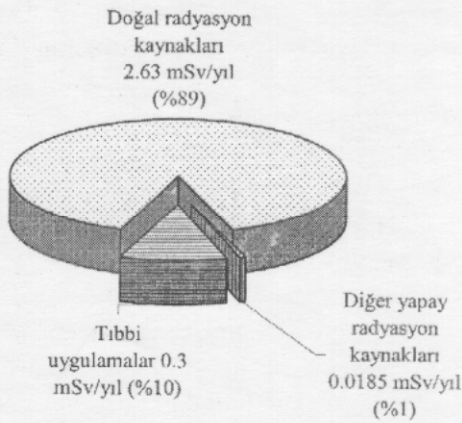
Radyonükleidin dokuda kalma süresi, radyonükleidin biyolojik mekanizması ve fiziksel

yarı ömrüne bağlıdır. Bu incelemeler sırasında kişinin maruz kaldığı radyasyon, uygulanan yön-teme ve radyonükleidin çeşidine göre değişir.

Radyoaktif materyallerin tedavi amacı ile kullanımları sonucu alınan radyasyon: Radyoterapide yüksek enerjili x-ışınları veya Co-60 ve benzeri gamma ışını yayan radyoaktif maddeler kullanılarak malign tümörlerin tedavisi yapılır. Radyoterapide, tümörün cinsine göre 60 000 mSv'e kadar varan çok yüksek dozlarda radyasyon uygulanır.

Ülkemizde radyoterapide hastanın radyasyon güvenliğinin sağlanması için kalite kontrol parametrelerini de içeren denetimler yapılmaktadır. Benzer uygulamaların tanıtılabilirliği için nitelikli teknik eleman ve donanım alt yapısının oluşturulması gerekmektedir.

Tıbbi uygulamalar sonucu kişinin maruz kaldığı yıllık ortalama radyasyon dozunun dünya ortalaması ise 0.3 mSv/yıl'dır. Bu miktar yapay radyasyonun %94'ünü oluştururken (Şekil 3), genel radyasyonun da yaklaşık olarak % 10'unu oluşturur (Şekil 4).



Şekil 4. Tıbbi uygulamalar sonucunda alınan radyasyon, genel radyasyonun % 10'unu oluşturur.

ABD'de tıbbi uygulamalardan ortaya çıkan radyasyon, toplam iyonize radyasyonun miktarı-

nın yaklaşık % 15'idir (0.53 mSv/yıl).⁷ Bu radyasyonun yaklaşık % 4'ünü (0.14 mSv/yıl) nükleer tıp ve radyoterapi cihazları oluştururken, % 11'ini (0.39 mSv/yıl) diagnostik radyolojide kullanılan cihazlar oluşturur.^{5,7} Dental diagnostik radyolojide alınan radyasyon, tüm diagnostik radyolojide alınan dozun % 3'ünü oluşturur.⁵

Radyoaktif Serpintiler: Atmosferde gerçekleştirilen nükleer bomba denemeleri sonucu meydana gelen radyoaktif serpintiler, radyoaktif çevre kirliliğine neden olan en büyük yapay radyasyon kaynağıdır. Ancak 1960'lı yıllardan sonra bu yolla maruz kalınan radyasyon dozu nispeten azalmıştır. Radyoaktif serpintilerden maruz kalınan radyasyonun dünya ortalaması 0.007 mSv/yıl'dır.¹

Radyoaktif serpintiler sonucunda Cesium-137 ve Strontium-90 oluşur. Bunlardan özellikle Strontium-90 çok önemlidir. Çünkü Strontium-90 saf beta parçacığı taşır ve Kalsiyumun özelliklerine benzer bağlanma özelliklerine sahiptir. Strontium-90, Kalsiyum gibi kolayca kemik ve diş dokularının içine katılabilir ve 20 yıldan daha uzun bir süre aktif ve bağlanmış olarak kalabilir.⁵

Nükleer güç santralleri: Nükleer güç santralleri, toplum tarafından en fazla tartışılan konulardan birisidir. Nükleer güç santralleri, günümüzdeki küresel enerji üretiminin % 15.9'unu sağlamaktadır. Avrupa Birliği ülkelerinde bu oran % 30'lara ulaşmaktadır. Fransa sahip olduğu enerjinin % 76.4'ünü nükleer güç santrallerinden karşılamaktadır. 1999 yılı itibarıyla çoğu gelişmiş olan 31 ülkede toplam 438 nükleer güç santrali bulunmaktadır.⁴

Uranyumdan oluşan nükleer santral yakıtının madenciliği, işlenmesi, santralde kullanılması ve atık haline geldikten sonra depolanması esnasında çevreye çok az miktarda radyoaktif madde salınır. Bu salımlardan maruz kalınan radyasyonun dünya ortalaması 0.008 mSv/yıl'dır.⁴

Nükleer santrallerden salınan radyoaktif maddenin çeşidi ve katı, sıvı veya gaz şeklinde olup olmadığı tamamen yapılan işleme bağlıdır. Örneğin, nükleer güç istasyonları, besin zinciri ile insanlara ulaşan C-14 ve S-35 salırlar. Sıvı salı-

nımlar, özellikle kabuklu deniz ürünleriyle insanlara ulaşan radyoaktif maddeler içerirler.

Diğer Kaynaklar: Bu başlık altında özellikle endüstriyel ve tüketici ürün kaynakları üzerinde durulacaktır.

X-ışınları ve gamma ışınları endüstriyel alanda da kullanılırlar. X- ve gamma ışınları ile boru, buhar kazanı, makine aksamı, vb.nin röntgen filmleri çekilerek bunların herhangi bir hata içerip içermediği tespit edilebilir. Bu işlemler, özel olarak imal edilmiş x-ışını üreten veya gamma ışını yayan cihazlarla yapılmaktadır.^{4,17}

Tek kullanımlık atılabilir tıbbi malzemelerin radyasyonla sterilizasyonu, klasik sterilizasyon yöntemlerine göre kıyaslanmayacak derecede başarılı ve çok daha güvenilir olarak gerçekleştirilebilir. Yine benzer tesislerde yapılan gıda işlemleri ile yiyecek maddelerinin daha uzun süre dayanmaları sağlanır.⁴

Radyasyon zirai alanlarda, özellikle tohum ıslahında kullanılır. Radyasyondan yararlanılarak mutasyona uğratan tohumlar daha verimli ve dayanıklı hale getirilir.⁴

Arkeolojik nesnelerin yaş tayininde radyoaktif maddeler önemli rol oynar.

Radyasyonun endüstriyel alanlarda kullanılması sonucu halkın maruz kaldığı radyasyonun dünya ortalaması sadece 0.001 mSv/yıl 'dir.⁴

Televizyon alıcıları, bilgisayar ekranları, fosforlu saatler, havaalanı tespit edici sistemleri içeren cihazlar, duman detektörleri gibi tüketici ürünlerinin kullanılması sonucunda halkın maruz kaldığı radyasyonun dünya ortalaması 0.0005 mSv/yıl 'dir.⁴

Bunlara ilave olarak diğer bazı mesleki radyasyon uygulamaları sonucunda da maruz kalınan radyasyon 0.002 mSv/yıl 'dir.

Bütün bu değerler toplanacak olursa diğer kaynaklardan alınan radyasyon miktarı toplamı 0.0035 mSv/yıl olarak kabul edilebilir.

Genel olarak yapay radyasyonun dünya ortalaması yaklaşık olarak 0.48 mSv/yıl olarak kabul edilir. Yapay radyasyon Amerikan popülasyonunda 0.60 mSv/yıl 'dir.⁷

Sonuç olarak, insanların maruz kaldığı iyonize radyasyonların büyük bir kısmını, doğal kaynaklardan alınan radyasyonun oluşturduğunu söyleyebiliriz. Ancak yine de yapay kaynaklardan alınan radyasyon miktarının azaltılması için hekimlere ve radyasyon alanında çalışan diğer bilim adamlarına büyük bir görev düşmektedir. Bu amaçla toplumun bilinçlendirilmesinin, radyasyon zararlarının azaltılmasında ve önlenmesinde büyük bir katkı sağlayacağını düşünmekteyiz.

KAYNAKLAR

1. Harorlu A, Yılmaz AB, Akgül HM. Dişhekimliğinde radyolojide temel kavramlar ve radyodiagnostik. Birinci Baskı, Erzurum, 2001.
2. Gözbebek F, Hızarcı S. Radyasyon yaşamımızın bir parçasıdır. RSGD-TAEK.
3. Radyasyon terimleri sözlüğü. TAEK Radyasyon Sağlığı ve Güvenliği Dairesi.
4. Togay YE. Radyasyon ve biz. BET-TAEK
5. Razmus TF, Williamson GF. Current oral and maxillofacial imaging. WB Saunders, Philadelphia, 1996.
6. Haring JI, Jansen L. Dental radiography: principles and techniques. 2nd ed. WB Saunders, Philadelphia, 2000.
7. White SC, Pharoah MJ. Oral radiology: principles and interpretation. 4th ed. Mosby, St.Louis, 2002.
8. Tanısal radyolojide radyasyondan korunma. Türkiye Atom Enerjisi Kurumu.
9. Environmental Sciences Training Center. What are the sources of ionizing radiation. The State University of New Jersey, Fact Sheet, 1996.
10. Yücel B, Arıkan İH. Binalarda radon. bilgi.yucel@taek.gov.tr, iarikan@taek.gov.tr

11. Biological effects of ionizing radiation. Radiation and life Web site: <http://www.uic.com.au/ral.htm>, University of Michigan Web Sitesi: <http://umich.edu>

12. Bodner GM, Rhea TA. Natural sources of ionizing radiation. Journal of Chemical Education 1984; 61: 687-689.

13. Okyar HB, İngeç İ, Meriç N, Vural M, Uğur B, Buyan G, Tuğrul N. Türkiye’de diagnostik x-ışını tetkiklerinde hasta dozları. TAEK Radyasyon Sağlığı ve Güvenliği Dairesi.

14. Precece JW, Morris CR. The efficient and effective use of x-radiation in the dental office: part 1-patient protection. GP 1980; 6: 8-10.

15. White SC, Rose TC. Absorbed bone marrow dose in certain dental radiographic techniques. J Am Dent Assoc 1979; 98: 553-558.

16. Winkler KG. Influence of rectangular collimation and intraoral shielding on radiation dose in dental radiography. J Am Dent Assoc 1968; 77: 95-101.

17. TAEK-RSGD-Endüstriyel Radyografi Şubesi 2002.

Yazışma Adresi: Dr. H. Murat AKGÜL
Atatürk Üniversitesi, Dişhekimliği Fakültesi
Oral Diağnoz and Radyoloji Anabilim Dalı,
Erzurum, 25240 -Turkey
Business telephone number: +90.442.2311766
Home telephone number: +90.442.2353950
Fax number: +90.442.2360945
e-mail address: makgul@atauni.edu.tr