

Radyasyon ve Radyoaktif Madde Toksisitesi

Radiation and Toxicity of Radioactive Substance: Review

Yrd.Doç.Dr. Filiz ALKAYA SOLMAZ,^a
Prof.Dr. Oya ÖZATAMER^b

^aAnesteziyoloji ve Reanimasyon AD,
Süleyman Demirel Üniversitesi
Tıp Fakültesi, Isparta

^bAnesteziyoloji ve Reanimasyon AD,
Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi, Ankara

Geliş Tarihi/Received: 30.06.2011
Kabul Tarihi/Accepted: 21.11.2011

Yazışma Adresi/Correspondence:
Yrd.Doç.Dr. Filiz ALKAYA SOLMAZ
Süleyman Demirel Üniversitesi
Tıp Fakültesi,
Anesteziyoloji ve Reanimasyon AD,
Isparta,
TÜRKİYE/TURKEY
filizalkaya@hotmail.com

ÖZET Dünyanın oluşumundan beri tüm canlılar iyonlaştırıcı radyasyon ile iç içe yaşamaktadır. Doğal sebeplerden kaynaklanan radyasyon ve tıbbi gerekliliklerden dolayı alınması gereken radyasyon dışında, insanların doğrudan iyonlaştırıcı radyasyona maruz kalması kesinlikle önerilmez. Çünkü iyonlaştırıcı radyasyon atomun yapısını bozar ve zincirleme olarak DNA'yı ve hücre yapısını etkileyerek, kısa veya uzun dönemde insan sağlığı üzerinde ciddi boyutta zararlı etkilere yol açar. Bu etkiler radyasyonun cinsine, radyasyona maruz kalma süresine, alınan radyasyonun miktarına, yaş, cins ve metabolik durum gibi biyolojik faktörlere bağlı olarak değişmektedir. Radyasyon; enerji üretiminden askeri amaçlı kullanımlarına, endüstriden tıpta teşhis ve tedaviye, tarımsal araştırmalardan bilimsel çalışmalara kadar hemen her alanda kullanılmaktadır. Radyasyona bağlı meydana gelebilecek kazalar insan sağlığını ciddi boyutta tehlikeye sokmaktadır. Radyasyonun erken dönemde sağlığımız üzerindeki etkileri belirli doz eşiklerine bağlıdır ve bu eşikler geçildiğinde etkilerin görülme sıklığı ve şiddeti artar. Erken dönemde radyasyon yanıkları, ciltte kızarıklık, saç ve kıllarda dökülme görülür. İyonlaştırıcı radyasyonun uzun dönemde insan sağlığına etkileri bütün toplumu ilgilendiren bir konudur. İyonlaştırıcı radyasyonun en önemli geç dönem etkisi, kanser riskinin artmasıdır. Radyasyona bağlı kanserler, radyasyona maruz kalınmasının hemen sonrasında değil, bir latent dönem (2-3 yıl) sonrasında ortaya çıkar. En sık görülen kanserler tiroid kanseri, lösemiler başta olmak üzere akciğer ve meme kanserleridir. Özellikle çocuklar ve gençler kanser oluşumu açısından çok daha hassastır. Radyasyon uzun dönemde kanser dışın,da, özellikle hamile kadınların bebeklerinde de ciddi sağlık problemlerine yol açabilir. Ameliyathane ortamında rutin işlemleri yaparken, iyonize ve noniyonize elektromanyetik radyasyona maruz kalmaktadır. Bu diagnostik yöntemlerin kullanılması operasyon süresini kısaltmakta, ancak ameliyathane çalışanlarını ciddi risk altına sokmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Radyasyon, iyonlaştırıcı; radyasyon etkileri; radyasyondan korunma

ABSTRACT All living organisms are living together with ionizing radiation since the formation of the world. People are strictly recommended to keep away from directly ionizing radiation except for radiation secondary to natural causes and medical causes. This is because, ionizing radiation disrupt the structure of atoms and leads to severe harmful effects of human health in the short or long term via its successive effects on DNA and cellular structure. These effects depend on the type of radiation, duration and amount of exposure to radiation, and biological factors including age, sex and metabolic state. Radiation is used in almost all areas including energy production, military purposes, industry, medical diagnosis and treatment, and agricultural to scientific studies. Accidents associated with radiation jeopardize human health at significant degrees. Early effects of radiation on our health are associated with certain dosage thresholds and the frequency and severity of the effects of radiation are increased beyond these thresholds. Radiation burns, skin rashes and loss of hair are among the early effects. Long term effects of ionizing radiation on human health is an issue that relates to the entire population. The most important long term effect of ionizing radiation is the increased risk of cancer. Cancers associated with radiation emerge following a latent period (2-3 years) rather than immediately after exposure. The most common cancers encountered in this respect are thyroid cancer and leukemias followed by lung and breast cancers. Children and teenagers are particularly sensitive to developing cancer. Long term effect of radiation also includes severe healthcare issues in the infants of pregnant women exposed to radiation. Ionizing and non-ionizing electromagnetic radiation are exposed during the performance of routine procedures in operating rooms. The use of these diagnostic methods shorten the duration of operation; however, they also pose significant risks to people working at operating rooms.

Key Words: Radiation, ionizing; radiation effects; radiation protection

Radyasyon kaynakları var olduğu sürece, radyasyon insanlığının tüm yaşamında iç içe olacak ve bundan kaçınması da mümkün olmayacaktır. 19. yüzyılın sonlarına doğru X ışınları ve radyoaktivitenin keşfiyle birlikte tıbbi ve endüstriyel alanlardaki kullanımının günümüze kadar artan bir hızla yaygınlaşması radyasyonu yaşantımızın ayrılmaz bir parçası haline getirmiştir. Radyoaktivite 1896 yılında Henri Becquerel ve asistanı Marie Curie tarafından bulunmuştur. Bu buluşta, 1895 yılında keşfedilmiş X ışınının büyük etkisi bulunmaktadır.¹ 1919 yılında Rutherford hava azotunun alfa ışınlarıyla bombardıman edilmesiyle oksijen elde etmiştir. Bu olay insanın atom çekirdeğine ilk müdahalesi olup suni radyoaktivite olarak isimlendirilmiştir. İtalyan fizikçi Enrico Fermi 1934 yılında nötronlarla uranyumu bombalayarak radyoizotopları bulmuştur. Amerika 16 Temmuz 1945 tarihinde Meksika sınırında çölde ilk atom bombasını denemiş, patlama ile 30 metre yüksekliğindeki çelik kule yok olmuştur.² Radyasyon teknolojisi yaşamın bazı alanlarında insanlığa faydalı olmasına rağmen, pek çok sorunda beraberinde getirmiştir.

RADYASYON (IŞINIM) NEDİR?

Maddenin temel yapısını atomlar meydana getirir. Atom, proton ve nötronlardan oluşan bir çekirdek ve çevresinde dönmekte olan elektronlardan oluşmaktadır. Herhangi bir maddenin atom çekirdeğindeki nötronların sayısı proton sayısına göre fazla ise; bu tür maddeler kararsız bir yapı göstermekte ve çekirdeğindeki nötronlar alfa, beta ve gama gibi çeşitli ışınlar yayarak parçalanmaktadır. Çevresine ışın yayarak parçalanan maddelere “radyoaktif madde”, çevreye yayılan ışınlara “radyasyon” denir. Radyasyon esas olarak iki kısımda incelenebilir: Parçacık ve dalga tipi radyasyon. Parçacık ve dalga tipi radyasyonu da iki gruba ayırmak mümkündür. Bunlar: 1- İyonlaştırmayan radyasyon: “Elektromanyetik radyasyon; dalga tipi radyasyon”da denir. Isı, ışık, kızıl ve mor ötesi ışınları, ultraviyole, radyo dalgaları, mikrodalga, ses dalgaları gibi. 2-İyonlaştıran radyasyon: “Partiküler radyasyon; nükleer radyasyon”da denir. Radyoaktif maddelerin çekirdeklerinin parçalanmasından oluşur. Alfa

partikül, beta partikül, gama ışınları, kozmik ışınlar, X ışınları ve nötronlardır.^{1,3}

RADYOAKTİVİTE

Radyoaktif cisimlerin, parçalanarak aktivitelerini kaybetmelerine, “radyoaktif parçalanma” denir.⁴ Radyoaktif parçalanma; alfa, beta ve gama şeklinde olmaktadır. Radyoaktivite durdurulamaz, yavaşlatılamaz, hızlandırılmaz, ancak kendine özgü bir tempoyla zamanla zayıflar. Radyoaktif kaynakların yaydığı radyasyonun artık istenmediği zaman kesilememesi, onlarla çalışmanın en büyük güçlüğüdür.⁴

ALFA PARÇACIKLARI

Alfa parçacıkları, iki proton ve iki nötronun oluşmuş bir helyum çekirdeğidir ve pozitif yüklüdür. Çok küçük bir madde kalınlığı ile örneğin; bir kâğıt parçası ile durdurulabilir. Elektrik yükleri büyük olduğundan, geçtikleri bölgelerde yoğun bir iyonlaşma oluştururlar. Bu yüzden, enerjilerini çabucak kaybederler. Dış radyasyon tehlikeleri yoktur. Alfa yayan maddeler sindirim, solunum veya yaralar yoluyla vücuda girerlerse tehlike oluştururlar.^{3,4}

BETA PARÇACIKLARI

Çekirdekteki enerji fazlalığı çekirdek civarında bir kütle oluşturur. Bu kütle çekirdekteki fazla yükü alır ve dışarıya bir beta ışını olarak çıkar. Beta parçacıkları, pozitif veya negatif yüklü elektronlardır. Çekirdekteki enerji pozitron ve negatron olarak yayılır.^{3,4}

X VE GAMA IŞINLARI

X ışınları birkaç şekilde oluşabilir; bir atoma dışarıdan gelen veya gönderilen yüksek enerjili elektronlar atomun ilk halkalarından elektronlar koparılır. Atomdan kopan bu elektronun yerine, üst halkalardan elektronlar atlayarak kopan elektronun yerindeki boşluğu doldururlar. Bu sırada ortaya çıkan enerji fazlalığı X ışını şeklinde dışarı salınır. Bunların dışında da X ışını yapay olarak, röntgen tüplerinden de elde edilir.³ Kimyasal ve biyolojik özellikleri vardır. Canlı dokulara zararlı etkilerde bulunurlar.

Gama ışınları; atomun çekirdeğinden oluşur. Çekirdekten bir alfa veya bir beta parçacığı çıktıktan sonra genellikle kararlı bir durumda olmaz. Kararsızlığa neden olan çekirdek enerjisi bir elektromanyetik radyasyon halinde yayımlanır. Beta ışınlarından daha yüksek enerjiye sahiptirler. Gama ve X ışınları dalga tipi, belli bir enerjiye sahip ancak kütsüz radyasyon çeşididir, titreşim yaparak ilerleyen elektrik ve manyetik enerji dalgaları gibidir. Çok gericidirler. X ışınları atomun elektronundan kaynaklanır, gama ışınları ise atomun çekirdeğinden kaynaklanır. Gama ışınları, X ışınlarından daha yüksek enerjilidirler.

İYONLAŞTIRICI RADYASYON

Dünyanın oluşumundan beri tüm canlılar iyonlaştırıcı radyasyon ile iç içe yaşamaktadır. “Çevresel radyasyon” olarak adlandırılan bu durum tamamen doğaldır ve insanın bundan kaçınabilmesi mümkün değildir. Doğal radyasyonun başlıca iki kaynağı vardır: Kozmik radyasyon ve yer kabuğundaki doğal radyoaktif maddelerden kaynaklanan radyasyon. Özellikle yer kabuğundan kaynaklanan radyasyonun temel kaynağı radon gazıdır. Bunun dışında insanlar tıbbi amaçlı tanı ve tedavi yöntemlerinden, havaalanları ve alışveriş merkezlerinde bulunan X ışını ile çalışan dedektörlerden de sürekli olarak iyonlaştırıcı radyasyona maruz kalabilir.^{4,5}

Alfa, beta ve gama radyasyonu, aynı zamanda iyonlaştırıcı radyasyon olarak da adlandırılır. Bu tür radyasyonlara maruz kalma süresine, radyasyonun şiddetine ve maruz kalınan vücut bölgesine bağlı olarak, hücreyi parçalayabilir, zarar verebilir veya herhangi zararlı bir etkisi olmadan geçip gidebilirler. İyonlaştırıcı radyasyonun insanlar üzerindeki etkisi Rem veya Sievert birimiyle ölçülmektedir. Ancak son yıllarda Rem yerine Sievert (Sv) kullanılması standart hale gelmiştir. (100 Rem= 1 Sv). Bulunduğu coğrafyaya da bağlı olmak üzere, bir insan yılda ortalama 2,4 mSv/yıl çevresel radyasyona, 0,6 mSv/yıl tıbbi amaçlı radyasyona ve 0,001 mSv/yıl diğer kaynaklara bağlı iyonlaştırıcı radyasyona maruz kalır. Hatta dünyanın bazı bölgelerinde bu yıllık dozlar dünya ortalamasının 200 katına çıkabilmektedir. Temel prensip, çevresel

radyasyon kaynakları dışındaki yapay radyasyona mümkünse hiç maruz kalmamaktır.^{1,3,5}

NÜKLEER ENERJİ

Nükleer enerji bilindiği gibi, atomun çekirdeğiyle ilgili bir olay olup, iki şekilde elde edilebilir: Bunlardan birincisi, iki küçük çekirdeğin birleştirilmesi, yani füzyon; ikincisi ise büyük bir çekirdeğin parçalanması, yani fisyon. Her iki halde de, reaksiyondan açığa çıkan enerji ısıya dönüştürülebilir, bu enerji ile su kaynatılıp buhar elde edilebilir. Sonra da bu buhardan elektrik enerjisi üretilir. Üretimi çoğu kez kirli, fakat kendi temizdir. Hem de çok amaçlı olup, kullanımı kolaydır. Dünyada halen aktif olan 430'dan fazla nükleer santral, fisyon dayalı olarak çalışıyor ve başlangıç yakıtı olarak uranyum kullanıyor. Atom bombası denilen fisyon dayalı patlayıcılar, uranyum parçaları halinde hazırlanıp son anda biraraya getirilirler. Orijinal parçaların her biri, zincirleme reaksiyonu başlatamayacak kadar küçük, fakat hepsi biraraya geldiğinde oluşan kütle, bunu fazlasıyla başaracak kadar büyüktür.⁶

RADYASYONUN İNSAN SAĞLIĞI ÜZERİNE ETKİLERİ

İlk kez 1895 yılında Röntgen'in X ışını bulduğu ilk ay, Becquerel'in cebinde taşıdığı radyum numunesiyle oluşan eritem ve ülserasyonlu yaranın geç iyileşmesi ile karakterize “radyasyon yanığı” olmuştur. 1905 yılında aşırı radyasyon dozunun kansere neden olduğu yayımlanmıştır. 1920'li yılların sonunda böcekler üzerinde yapılan araştırmalar, radyasyonun genetik bozukluklara neden olduğunu ortaya koymuş ve Nobel Barış Ödülü'nü Herman Müller almıştır. 1945'te Japonya üzerinde Hiroşima ve Nagazaki'ye atılan atom bombalarına maruz kalan 64 bin ölü ve 72 binden fazla yaralı sivil halk üzerindeki radyasyon etkileri halen araştırılmaktadır. Son olarak 2006 yılında Londra'da hastaneye yatan ve üç hafta sonra ölen Rus KGB ajanı Aleksander Litvienko'nun ölümüne yol açan olayın radyoaktif polonyum 210 olduğu anlaşılmıştır. Ajanı Londraya getiren en az üç uçakta bu maddeye rastlanmış ve uçaklar seferden çekilerek,

33 binden fazla üzerinde yolcu kontrole çağırılmıştır.

Doğal sebeplerden kaynaklanan radyasyon ve tıbbi gerekliliklerden dolayı alınması gereken radyasyon dışında, insanların doğrudan iyonlaştırıcı radyasyona maruz kalması kesinlikle önerilmez. İyonlaştırıcı radyasyonun fiziksel, yani atom düzeyindeki etkileri saniye altı birimde, daha sonra meydana gelen kimyasal reaksiyonlar saniyeler içinde, hücresel etkileşimler saatler içinde, organ ve doku hasarı ise günler ve hatta yıllar içinde ortaya çıkar.⁵

Radyasyonun zararlı etkisinin temel nedeni, doğrudan veya dolaylı olarak hücre içindeki DNA'nın yapısının bozulmasından kaynaklanır. Eğer iyonlaştırıcı radyasyonun DNA'ya verdiği bu hasar düzgün olarak tamir edilmez ise kısa veya uzun dönemde ciddi sonuçlar doğurabilecek hastalıklar ortaya çıkabilir. İyonlaştırıcı radyasyonun bu etkileri, erken ve geç dönem olarak iki grupta incelenir. Tüm vücudun veya büyük bir bölümünün yüksek dozlarda radyasyona maruz kalması sonucu ortaya çıkan etkiler radyasyonun akut veya ani etkisi olarak adlandırılır, dozunun büyüklüğüne bağlı olarak farklı etkiler oluşabilir. Bu tür radyasyon etkileşmelerinin canlı sistemlerde oluşturabileceği olası zararlar için bir de geç ortaya çıkan etkiler vardır. Bu etkiler genellikle birkaç yıllık bir kuluçka döneminden sonra ortaya çıkmaktadır. Radyasyonun kronik etkisinden söz ederken, kişinin düşük dozlarda sürekli olarak radyasyonla etkileşmesinden söz edilir. Teşhis veya tedavi amacıyla kullanılan iyonize radyasyonlar ile mezotelyoma ve hematolojik değişikliklere neden olacağı ileri sürülmektedir.^{5,7,8}

RADYASYONUN BİYOLOJİK ETKİLERİ

Organizmayı etkileyen radyasyonun cinsine, radyasyona maruz kalma süresine, alınan radyasyonun miktarına, yaş, cins ve metabolik durum gibi biyolojik faktörlere bağlıdır. Kemik iliği (hemopoetik sistem), sindirim sistemi, santral sinir sistemi (SSS) radyasyondan ilk etkilenen sistemlerdir. İyonize radyasyona uzun süre maruz kalanlarda periferik kan lenfosit alt gruplarının değişik oranlarda etkilendiği bildirilmektedir.⁹

Radyasyonun erken dönemde sağlığımız üzerindeki etkileri belirli doz eşiklerine bağlıdır ve bu eşikler geçildiğinde etkilerin görülme sıklığı ve şiddeti artar. Radyasyon yanıkları, ciltte kızarıklık, saç ve kıllarda dökülme bu etkilere örnek olarak gösterilebilir. Tüm vücut dozu özellikle 1 Sv (1000 mSv)'nin üzerine çıkması durumunda akut radyasyon sendromları (ARS) adı verilen ve hayati tehlike oluşturan hastalık tablosu oluşur. Bulantı, kusma, iştahsızlık ve halsizlik ile başlayan ARS tablosunda, özellikle tüm vücut dozu 2 Sv (2000 mSv)'i geçtiğinde kemik iliği etkilenmesi başlar. Etkilenen ilk hücreler lenfositlerdir. İyonlaştırıcı radyasyon alınımından 24-36 saat sonra sayıları hızla azalır. Bu durum bağışıklık sisteminin zayıflamasına yol açar. Ölüm genellikle sekonder enfeksiyon nedeni ile olur. Eritrosit ve trombositlerin etkilenmesi 30-60 gün sonra ortaya çıkar. Bu nedenle anemi ve kanamalara bağlı ölümler genellikle daha geç dönemde görülür. ARS olgularının %50'sinde 30 gün içinde ölümler neticelenen tüm vücut doz eşiği 4-5 Sv'dir. İshal, kramp tarzı karın ağrıları sindirim sisteminin etkilendiğinin göstergesidir ve radyasyon dozunun 4 Sv (4000 mSv)'nin üzerinde olabileceğini gösterir. Sindirim sistemi sendromunun özellikle bağırsakların yüzey mukozasının hasara uğramasına bağlı olduğu düşünülmektedir. Radyasyona maruz kalımdan sonraki ilk 7 gün içinde kendini belli eder ve ölümcül olabilir. Tüm vücut dozunun 10 Sv'nin üzerinde olduğu durumlar %100 ölümcüldür. SSS'nin etkilenmesine bağlı olarak şiddetli baş ağrısı, bulantı, kusma, dengesizlik, nöbet geçirme, bilinç kaybı ile kendini belli eden ARS tablosunda ölüm genellikle 24-36 saat içinde gerçekleşir. ARS adı verilen tablo tüm vücudun yüksek doz iyonlaştırıcı radyasyona maruz kaldığı (> 1000 mSv) durumlarda ve nükleer reaktör kazaları sonrası reaktöre komşu ilk 30 km'lik sınır içinde görülen durumlardır. Çernobil kazasında 30 km sınırının dışında hiçbir olguda ARS gözlenmemiştir. ARS genellikle toplumu değil, reaktör personelini ve reaktörün yakın çevresindeki yüksek radyasyona maruz kalan insanları ilgilendiren bir durumdur.

İyonlaştırıcı radyasyonun en önemli geç dönem etkisi, kanser riskinin artmasıdır. Çevresel radyasyonun etkisi dışında maruz kalan her 1 mSv

dozun, 100 bin kişi içinde sadece 5 olguda ölümcül kansere yol açtığı tahmin edilmektedir. 0,1 Sv'nin üzerinde doza maruz kalanların yakından izlenmesi, bu miktarın daha azına maruz kalan popülasyona ise sadece risk hakkında bilgi verilmesi önerilmektedir. Radyasyona bağlı kanserler radyasyona maruz kalınmasının hemen sonrasında değil, bir latent dönem (2-3 yıl) sonrasında ortaya çıkar. En sık görülen kanserler tiroid kanseri, lösemiler başta olmak üzere akciğer ve meme kanserleridir. Özellikle çocuklar ve gençler kanser oluşumu açısından çok daha hassastır. Radyasyon uzun dönemde kanser dışında özellikle hamile kadınların bebeklerinde de ciddi sağlık problemlerine yol açabilir. Hamileliğin ilk üç ayı içinde yüksek doz radyasyona maruz kalmak genellikle ölümlü sonuçlanır. Radyasyonun önemli bir diğer etkisi, hem erkek hem de kadın üreme hücrelerinde tek seferde 3,5 Sv'den fazla dozun kısırlığa yol açmasıdır. Ayrıca, iyonlaştırıcı radyasyonun genetik geçişli sağlık problemlerine yol açabileceği konusunda yeterli veri yoktur.^{2,3,5,10,11}

NÜKLEER OLAYLAR

1945-1947 yılları arasında gönüllü 18 hastaya ploutonyum zerkedilmiş, bu hastaların 10 yıl yaşayacağı öngörülmüştür. Otuz yıl sonra üç hastanın hâlâ yaşadığı görülmüştür. Model geliştirme reaktöründeki kazalarda 1952 yılında argon milli laboratuvarında kontrol çubukları denemesinde dört kişi aşırı dozda radyasyon almıştır. 1961 yılında Amerika Birleşik Devletleri (ABD) milli reaktöründe patlama olmuş, üç kişi ölmüş, 22 kişi radyasyon almıştır. 1965 yılında Windscale reaktörüne kamera düşmüş, özel giysilerle indirilen kişi kamerayı almıştır. Herhangi bir kötü sonuç ortaya çıkmamıştır. 1963 yılında, Thresher isimli nükleer Amerikan denizaltısı 129 mürettebatı ile kaybolmuş, denizaltı bulunamamıştır. 1979 yılında nükleer elektrik santralinde ilk büyük kaza meydana gelmiştir. Büyük maddi hasar olan kazada ölen ya da aşırı doz alan olmamıştır. 1986 yılında SSCB Çernobil Nükleer Santrali'nde kaza meydana gelmiş ve fazla miktarda radyoaktif madde serbest kalarak, parçalanma ürünleri gaz haline geçip havaya karışmış ve bütün kuzey yarı küreye radyoaktif maddeler yayılmıştır. Radyoaktif bulut Finlandiya, İsveç, İskandinav ülkeleri, Doğu

Avrupa ve Güney Avrupa'yı ve ülkemiz Karadeniz sahillerini etkilemiştir. Aradan geçen 20 yıla rağmen, Çernobil'in etkileri gün geçtikçe kendini bir öncekinden daha etkili bir biçimde göstermektedir. Çernobil kazası 1950'li yıllardan bu yana gerçekleşen 40'tan fazla nükleer kazadan biri olup, sonrasında oluşan bazı rakamlara bakarsak olayın ne kadar vahim ve ciddi boyutta olduğunu bir kez daha görebiliriz: 1986-2000 yılları arasında, kaza sırasında henüz çocuk olan 1400 gencin ameliyatla tiroid bezleri alınmak zorunda kalmıştır. Üç milyondan fazla insan faciadan doğrudan etkilenen Çernobil kurbanları statüsünde kayıtlı bulunmaktadır. Şu anda 1 milyonu çocuk olmak üzere 3,5 milyon insan, Ukrayna'nın radyasyonla kirlenmiş topraklarında yaşamaktadır. Sakat doğumlar ve büyüme bozuklukları Ukrayna'da %230, Beyaz Rusya'da ise %180 artmıştır. Ukrayna'nın, Çernobil kazası nedeni ile kaybı yaklaşık 150 milyar dolardır, 7,1 milyon insanın da gelecekte ciddi sağlık sorunları yaşaması beklenmektedir. Çernobil; Ukrayna'da yüzlerce ölü, yıllarca tarım yapılamayacak arazi, binlerce kanserli insan ve onlarca yıl kanser tehdidi altında yaşayacak nesiller bırakmıştır ve kaza yapan reaktör şu an toprağın altındadır. Daha da tehlikeli olan, şu an toprak altında ne olduğunu kimse bilmemektedir. 2011 yılında Japonya'da tsunami sonucu meydana gelen depremle Fukushima Daiichi santralinde oluşan nükleer patlama, Çernobil'den sonra ikinci büyük kaza olarak gözlenmiştir. Önümüzdeki yıllarda bu felaketin etkilerini bütün dünya görecekler.

RADYASYONUN TIPTA KULLANIMI

RADYOLOJİ

X ışını, radyum ve diğer radyoaktif maddelerin hastalıkların teşhis ve tedavisinde kullanımını konu alan bilim dalıdır. Tanısal radyoloji, nükleer tıp ve radyoterapi bilimleri kullanılmaktadır.

RADYOSKOPI

Fluoresan bir ekran yardımıyla bir organ veya cismin X ışınlarıyla muayenesidir. Radyoskopi, baryum platinosiyenür veya tungstenle floresan hale getirilmiş bir ekran üstünde X ışınlarının meydana getirdiği gölgelerin incelenmesidir.

RADYOGRAFİ

Yalnız X ışınlarını geçiren bir kutudaki hassas bir film üzerinde X ışınlarının iz bırakması ve bu özellikten faydalanarak resim çekilmesidir.

RADYOMETALOGRAFİ

Madeni parçaların bileşimini veya yapısını bozmadan incelemeye yarayan radyografidir. Gerek kimyasal bileşim değişikliklerini gerek maddenin iç yapısındaki kusurları meydana çıkarmak için madeni bir parçanın çeşitli kısımlarının X ışınlarını farklı şekilde soğurması özelliğinden yararlanır.

TOMOĞRAFİ

Bir organ ve organizma kesitinin röntgenle filmini çekmeye yarayan radyolojik teşhis yöntemidir. Gerçekte 1-2 cm kalınlığında ince bir dilimin filmi söz konusudur. Böylece belli bir organ, mesela akciğer art arda dilimler halinde yatay veya enine ve boyuna dikey düzlemler üzerinde incelenebilir.

RADYOTERAPİ

X ışınlarının biyolojik etkisine dayanan tedavi yöntemidir. Kansersiz hücrelerin tedavi edilmesi amacıyla iyonlaştırıcı radyasyon kullanılmaktadır.

RADYASYONUN AMELİYATHANE MARUZİYETİ VE TOKSİSİTESİ

Hepimiz kaçınılmaz olarak radyoaktif bir dünya içinde yaşıyoruz. İnsanların günlük hayatta aldığı tüm radyasyonun içinde, tıp amacıyla radyasyona maruz kalma oranı %46'dır. Radyasyon ile karşı karşıya kalınması, uygulanan miktara göre hücrelere zarar vermekte ve mutasyon, kromozomal bozukluklar, katarakt ve kansere neden olabilmektedir. Floroskopi ile çalışan personelin dozimetre takiplerinin yapılması gerekir. Alınan doz düşük olsa bile süreklilik söz konusu olduğunda, vücutta birikimi nedeni ile zararlı etkisini göstermekte, özellikle gebelik döneminde olanlar için daha büyük bir tehlike oluşturmaktadır.

Anestezistler, hasta ile ilgili rutin işlemlerini yaparken, iyonize ve noniyonize elektromanyetik radyasyona maruz kalmaktadır. Ameliyathanede X-ray, floroskopi gibi radyolojik yöntemler ameliyat

süresini kısalttığı için yaygın olarak kullanılmaktadır. İntraoperatif maruz kalınacak miktar, cerrahın tecrübesi ile ters orantılıdır. X ışınları çarptığı noktadan yansır ve saçılır. Bu saçılma, mesleki maruziyetin en önemli nedenidir. Korunmada fiziksel olarak uzaklaşmak çok önemlidir. Yapılan çalışmalara göre, ışın kaynağından 1,5 m uzaklaşınca radyasyon dozu %88 oranında düşmektedir. Saçılan radyasyonun şiddeti, kaynağa uzaklığın karesi ile ters orantılı olarak azalacağı için, korunmada fiziksel olarak uzaklaşma çok önemlidir. Kaynaktan en az 3 feet uzaklık (3 feet= 1 m) önerilmektedir. 6 feet'lik fiziksel uzaklık, 9 inç'lik (9 inç= 22 cm) beton veya 0,25-0-50 mm'lik kurşun levha kadar etkilidir. 0,25-0,5 mm kurşun içeren giysilerde kullanımları çok rahat olmasa da, yansıyan radyasyonun çoğunu bloke edeceği için maruz kalınacak durumlarda mutlaka giyilmelidir. Kullanılan kurşun gömleğin sağlamlığı da önemlidir, en ufak kırıklıklar radyasyon geçirmesine neden olmaktadır, o nedenle bunların da takibinin yapılması önemlidir. Ameliyathane ortamında radyasyona maruziyeti azaltmak için yapılması gerekenler şunlardır: Kurşun kaplı odaların olması, kurşun gömlek, boyunluk giyilmesi, kurşun giysilerin bütünlüğünün takibinin yapılması, doz metre takibi yapılması, sağlık taraması yapılması (hemogram yılda bir, dozimetre ölçümü iki ayda bir) ve gereksiz çekimlerin engellenmesi gerekmekte, hizmet içi eğitim programları ile bütün personele radyasyonun etkileri anlatılmalıdır.

Lens gibi korunmayan bölgelerin hâlâ risk altında olduğu unutulmamalıdır. Noniyonize radyasyon lazer (light amplification by stimulated emission of radiation) infrared, görülebilir ışık yayar. Lazerden yayılan ışık noniyonizedir. Doku-ları kesmek veya hasarlamak için kullanılır. Lazer yakınında çalışanlarda göz hasarlanması en önemli risktir. Direkt veya yansıyan radyasyon ile kornea veya retina yanık ile maküla veya optik sinirde hasar meydana gelebilir. Özel gözlüklerin kullanımı hasarı büyük ölçüde azaltır. Lazerin kullanımı sırasında ortaya çıkan duman, doku hasarlanması sonucu küçük partiküller içerebilir.¹²

Sonuç olarak, yüksek dozda iyonize radyasyona maruziyet ile kanser arasındaki risk göz ardı edilemeyecek kadar yüksektir. Bu nedenle mes-

lekleri gereği iyonize radyasyonlarla etkileşenler ve teşhis amaçlı radyasyonlara maruz kalanlar için kâr-zarar hesabı mutlaka dikkate alınmalıdır. Radyasyon güvenliği eğitimine son derece önem verilmeli, hastanelerdeki radyasyon güvenlik ko-

miteleri düzenli ölçümler yapmalı, radyasyon güvenliği ve atık yönetimi konusunda son derece duyarlı olmalıdırlar. Hastalar hasta hakları çerçevesinde, radyasyon güvenliği konusunda bilgilendirilmelidir.

KAYNAKLAR

1. Daşdağ S. [Ionizing radiations and cancer]. *Dicle Medical Journal* 2010;37(2):177-85.
2. Andrews JR, Berk MU, çeviri editörü. *Kanser Radyoterapisinin Radyobiolojisi*. Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Yayınları; 1. Baskı. Yayın No: 273. Ankara: Ankara Üniversitesi Basımevi; 1972. p.1-244.
3. Yaren H, Karayılanoğlu T. [Radiation and effects on human health]. *TSK Koruyucu Hekimlik Bülteni* 2005;4(4):199-208.
4. Hobbs HC, McClellan RO. Toxic effects of radiation and radioactive materials. In: Doull J, Klaassen CD, Amdur MO, eds. *Casarett & Doull's Toxicology-The Basic Science of Poisons*. 3rd ed. USA: Macmillan; 1986. p.669-701.
5. Özyiğit G. [Radiation and human health]. *TÜBİTAK Bilim ve Teknik* 2011;521(44):44-7.
6. Altın V. [Nuclear energy]. *TÜBİTAK Bilim ve Teknik* 2004;441(Ağustos Ek Sayı):4-7.
7. Goodman JE, Nascarella MA, Valberg PA. Ionizing radiation: a risk factor for mesothelioma. *Cancer Causes Control* 2009;20(8):1237-54.
8. Soldatov SK, Ushakov IB. [Low doses of ionizing radiation and short- and long-term hematologic changes (review of the literature)]. *Med Tr Prom Ekol* 1995;(9):20-3.
9. Hrycek A, Czernecka-Micińska A, Kłuciński P, Badowski R. Peripheral blood lymphocytes and selected serum interleukins in workers operating X-ray equipment. *Toxicol Lett* 2002; 132(2):101-7.
10. Jacob P, Kenigsberg Y, Goulko G, Buglova E, Gering F, Golovneva A, et al. Thyroid cancer risk in Belarus after the Chernobyl accident. Comparison with external exposures. *Radiat Environ Biophys* 2000;39(1):25-31.
11. Emral R, Baştemir M, Güllü S, Erdoğan G. Thyroid consequences of the Chernobyl nuclear power station accident on the Turkish population. *Eur J Endocrinol* 2003;148(5):497-503.
12. Can SÖ, Ökten F. [Risk of working in operating room]. *Türkiye Klinikleri J Anest Reanim* 2004;2(2):103-12.