

İyonlaştırıcı radyasyonlar ve kanser

Ionizing radiations and cancer

Süleyman Daşdağ

Dicle Üniversitesi, Tıp Fakültesi Biyofizik Anabilim Dalı, Diyarbakır- Türkiye

Geliş Tarihi / Received: 06.05.2010, Kabul Tarihi / Accepted: 21.05.2010

ÖZET

Bu makalenin amacı hastanelerde sıklıkla karşılaşılan gizli bir tehlike olan radyasyon uygulamalarına dikkat çekmektir. Bu amaçla bu makalede tıbbi amaçlarla kullanılan iyonlaştırıcı radyasyonlar ve kanser riski arasındaki ilişki irdelendi. Teşhis amaçlı radyasyon uygulamaları ile kanser risk artışı arasında ilişkiden söz eden araştırmaların sayısı son yıllarda artış göstermektedir. Radyasyonların stokastik etkileri dikkate alındığında bu çalışmalarda sözü edilen düşük dozlu radyasyonlar ile kanser arasında ilişkinin önemi ortaya çıkmaktadır. Sonuç olarak, teşhis veya tedavi amaçlı yapılan iyonlaştırıcı radyasyonlar ile kanser risk artışına ilişkin endişeleri yersiz olmadığı görülmüştür. Ayrıca, hekimlerin bu tür uygulamalarda hastaları için mutlaka kar-zarar hesabı yapmaları gerekir.

Anahtar kelimeler: İyonize radyasyonlar, biyolojik etkiler, kanser

ABSTRACT

The aim of this study is to evaluate the biologic effects of ionizing radiation and relation between medical diagnostic radiation exposure and cancer risk. Many unnecessary ionizing radiation applications are performed in the medical centers and hospitals. Therefore the health staff and the patients expose to serious risks of radiation. On the other hand, recently some studies, which suggested relationships between low dose ionizing radiation and some cancers, have been published. The relationship between low dose ionizing radiation and cancer can be more understandable when the stochastic effects of ionizing radiation take into consideration. This presented review calls attention to the fact that low dose ionizing radiation may be an important factor for increased cancer risk. Therefore, physicians, health workers and patients have to pay maximum attention to avoid hazards of low dose ionizing radiation.

Key words: Ionizing radiation, biological effects, cancer

GİRİŞ

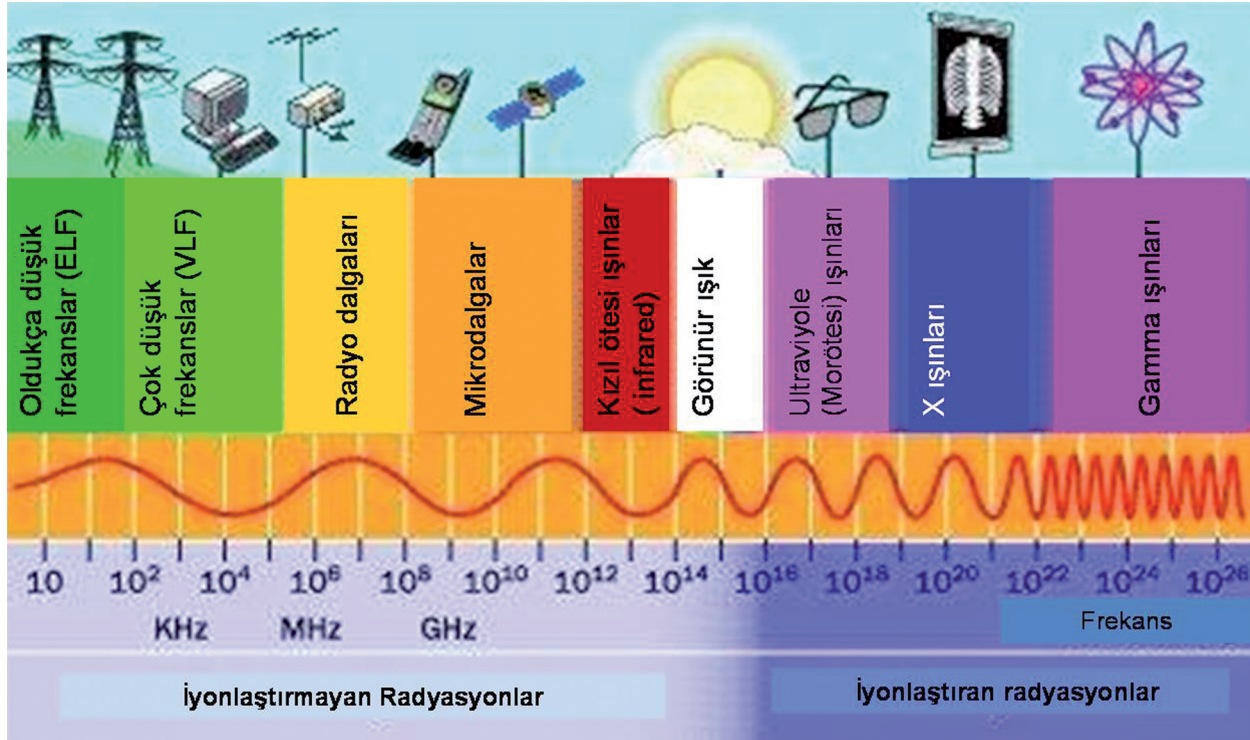
Radyasyonlar genellikle doğal ve yapay olmak üzere iki grupta değerlendirilir. Doğal radyasyonlar Dünya'nın kendi yapısından, Atmosfer ve Güneşin yer aldığı uzaydan gelen radyasyonlardır. İnsan yapımı araç, gereç ve sistemler aracılığıyla elde edilen radyasyon üreten kaynaklar ise yapay kaynaklar olarak tanımlanmaktadır. Radyasyonlar da kendi aralarında iyonlaştırıcı ve iyonlaştırıcı olmayan radyasyonlar olmak üzere iki grupta incelenmektedir.

İyonlaştırıcı radyasyonlar

Madde ile etkileştiğinde elektrik yüklü parçacıklar veya iyonlar oluşturan X-ışınları ile radyoaktif maddelerden yayılan alfa, beta, gama ışınları gibi radyasyonlar iyonlaştırıcı radyasyon olarak tanımlanır^{1,2}.

İyonlaştırıcı radyasyonlar geçtikleri ortamda bulunan bir atom ya da atom grubunda elektron kaybı ya da kazanımına neden olabilir, dolayısıyla artı veya eksi elektrik yüklü iyonlar oluşabilir. İyonlaştırıcı radyasyonlar da kendi aralarında dalga ve parçacık özelliği gösteren olmak üzere iki grupta incelenmektedir. Dalga özelliği gösterenler radyasyonlar X- ve gama ışınlarıdır. Parçacık özelliği gösteren radyasyonlar ise alfa ve beta parçacıklarıdır. Dalga özelliği gösteren X- ve gama ışınları madde veya vücuttan rahatlıkla geçtikleri için iç radyasyon tehlikeleri yoktur. Alfa ve beta parçacıkları da kütleleri ağır olduğu için havada uzun bir yol kat edemezler ve pratikte iç radyasyon tehlikesi oluşturmazlar. Ancak solunum, sindirim veya yara yoluyla bu parçacıkların vücut içerisine alınması ciddi iç radyasyon tehlikelerine neden olabilir.

Elektromanyetik dalgaların tümünün dalga boylarına ve enerji düzeylerine göre sınıflandırıldığı tabloya elektromanyetik spektrum adı verilmektedir (Şekil 1).



Kaynak: <http://img266.imageshack.us/img266/2985/specow2.jpg> den çevrilmiştir.

Şekil 1. Elektromagnetik spektrum

İyonlaştırıcı Radyasyonların Tarihi Süreci

Alman bir fizikçi olan Wilhelm Conrad Roentgen'in 1895 yılında kendi adıyla anılan ışınları keşfi, insanların yapay ve zararları çok sonraları anlaşılan iyonlaştırıcı radyasyonlarla tanışmasının başlangıcı olarak kabul edilebilir. Madde içinden kolayca geçebilen ve gözle görülemeyen bu ışınlar bir maddeden geçerken pozitif ve negatif iyonların oluşmasına neden olduklarından ötürü, iyonlaştırıcı radyasyonlar olarak tanımlandılar.

Günümüzde X- ışınları olarak bilinen radyasyonların keşfini izleyen yıl içinde bu ışınlarla uzun süreli etkileşenlerde cilt reaksiyonları, saç dökülmesi gibi zararlı etkiler olduğu anlaşıldı. Roentgen'in keşfini izleyen yıl olan 1896 yılında ise bir Fransız bilgini olan ve 1903 yılı Nobel Fizik Ödülünü alan Antoine Henri Becquerel uranyum tuzlarının bu ışınlarla benzer özellikler gösteren bir takım girici ışınlar yaydığını buldu ve olaya radyoaktiflik adını verdi³.

İki yıl sonra, Pierre ve Marie Curie bir Uranyum minerali olan pitchblende'den, uranyumdan çok daha radyoaktif olan iki yeni elementi ayırmayı başardılar ve bunlara polonyum ve radyum adlarını verdiler. Polonya'da doğup daha sonra Fransız vatanı olan Marie Skłodowska Curie, 1898 yılında radyoaktif ışınların varlıklarını kanıtlamıştır^{4,5}. Bayan Curie aynı zamanda radyoaktivitenin öncülerinden biri olarak kabul edilmektedir. Bu olayı izleyen dönemlerde, bu iki radyoaktif elementten biri olan radyumun da X- ışınları gibi insanlarda zararlı etkiler oluşturabileceği anlaşıldı. İnsan vücuduna girmesi durumunda oluşturacağı iç ışınlama dikkate alındığında X ışınlarından çok daha tehlikeli olan radyumun üretiminin zorluğu, düşük miktarlarda elde edilebilmesi ve dolayısıyla o yıllardaki sınırlı kullanımı, dönem insanları için büyük bir şans olmuştur. Radyumun gerçek tehlikesi ise ancak 1920 li yıllarda Amerika Birleşik Devletleri'nde ortaya konabilmiştir. Söz konusu tarihlere New Jersey'de buluna bir saat fabrikasında fosforlu saat yapımında

çalışan bayan işçiler, saat minelerindeki rakamları radyumlu bir boya ile boyamaktaydılar ve boyamada kullandıkları fırçaları her radyumlu boyaya batırdıklarında, fırçaların uçlarını dudaklarıyla sivri tiple mineleri boyuyorlardı. Bu durum ise, saat minelerini boyayan işçi bayanların her defasında bir miktar radyumu ağız yoluyla vücutlarına almaları, ciddi bir iç radyasyon tehlikesiyle karşı karşıya oldukları anlamına geliyordu. Gerçekten de, bir süre sonra bu işçi bayanlarda, vücut içine bilmeden almış oldukları radyumun iç ışınlanması sonucu kemik iliği harabiyeti gelişmiş ve anemiden ölümler meydana gelmiştir. Daha sonra bazıları da lösemi ve kemik kanseri sonucu yaşama veda etmişlerdir³.

Günlük yaşam ve radyasyon riskleri

Sağlık alanında, özellikle görüntüleme kullanılan X- ve Gamma ışınları hastalıkların teşhisinde çok önemli görevler üstlenmektedirler. Bugün hastanelerin tümünde kullanılan röntgen filmleri, tomografi, gamma kamera vb cihazlarla öyle ya da böyle karşılaşmaktayız. Ancak bunların gerek konuya ilişkin bilgilerden uzak hekimler ve gerekse hastalar tarafından gerekli, gereksiz kullanılması, yeni sağlık risklerinin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Çoğu hastanın “gidip bir tomografi çektireceğim” cümlesiyle sık karşılaşılıyor olmamız, toplumun bu konularda yeterince eğitilmediğini göstermektedir. Oysa radyasyon uygulamalarında veya korunmasında en temel ilke “kar-zarar” hesabının yapılmasıdır. Yani hastaya teşhis veya tedavi amacıyla kullanılacak radyasyon uygulamalarında; eğer radyasyon uygulaması hastanın lehine ise uygulanmalı, değilse uygulanmamalıdır^{6,7}.

Günümüzde ticari kaygılar güderek bebekler, çocuklar, hamileler veya diğer insanlardan gelişigüzel röntgen filmleri, tomografi istenmesi affedilmeyecek bir hatadır. Radyasyonların “stokastik” ve “stokastik olmayan” olmak üzere iki tür etkisi bulunmaktadır. Stokastik etkiler; her hangi bir radyasyon dozunda ortaya çıkabilecek etkilerdir. Yani düşük de olsa radyasyonlar kişiden kişiye değişim gösterebilecek etkilere neden olabilirler. Stokastik olmayan etkiler; belirli bir radyasyon dozunun aşılması durumunda canlılarda gözlenebilecek biyolojik etkilerdir ve güvenlik sınırı olarak belirlenen dozlar aşılmadığı sürece güvende olduğumuz düşünülür. Dünya’da da radyasyon korunmasında dikkate alınan etkiler “stokastik olmayan etkiler”dir. Çünkü bu etkilerin ortaya çıkması için belirli bir radyasyon

dozunun ve etkileşim süresinin aşılması gerekir. Etkileşim süresi de radyasyon korunmasında dikkate alınması gereken son derece önemli bir etkidir. Yani radyasyonlarla ne kadar az süre etkileşirsek o kadar kazançlıyız.

Şimdi tekrar stokastik etkilere dönelim. Son yıllarda Dünya’da “kişiye özel tedavi” diye bir eğilim gelişmektedir. Bu eğilimin ortaya çıkmasının ana nedeni aynı kimyasal ajanların, ilaçların veya fiziksel ajanların tüm insanlarda aynı etkiyi oluşturmadığının ortaya çıkmasıdır. Örneğin aynı hastalık için kullanılan bir ilaç aynı hastalığa sahip her hastada aynı düzeyde etki göstermeyebilmektedir. Dolayısıyla, hastaların çoğunun organları gereksiz yere yorulmakta veya zarar görmektedir. Kişinin bağışıklık sistemi, fizyolojik yapısı, psikolojik yapısı vb kişisel özellikler, fiziksel veya kimyasal bir ajanın kişi üzerinde oluşturacağı etkiyi değiştirebilmektedir. İlaç olarak verdiğimiz bu örneği radyasyonların etkileri için de söylemek mümkündür. Çünkü radyasyonlar da her insan veya canlı üzerine aynı düzeyde etki oluşturmaz¹.

İyonlaştırıcı Radyasyonların Biyolojik Etkileri

İyonlaştırıcı radyasyonların biyolojik etkileri, radyasyonun doku içinden geçerken, dokuyu oluşturan veya dokuda bulunan atomların uyarılması, iyonlaşması veya moleküler yapıların bozulması sonucu ortaya çıkan etkilerdir. Radyasyonun biyolojik açıdan iki tür etkisi bulunmaktadır. Bunlar sırasıyla somatik ve genetik etkilerdir. Somatik etkiler, radyasyon ile etkileşen kişi veya kişilerin bizzat kendisinde oluşan etkilerdir. Genetik etkiler ise radyasyonla etkileşen kişi veya kişilerde değil de daha sonraki nesillerinde ortaya çıkan etkilerdir.

Radyasyonlarla etkileşmelerde etkileşim süreleri dikkate alındığında ise iki tür radyasyon etkisinden söz etmek mümkündür. Bunlar sırasıyla radyasyonun aniden gelişen (akut) etkisi ve kronik etkisidir. Tüm vücudun veya büyük bir bölümünün yüksek dozlarda radyasyona maruz kalması sonucu ortaya çıkan etkiler radyasyonun akut veya ani etkisi olarak adlandırılır. Bu tür radyasyon etkileşmesini izleyen dönemlerde, maruz kalınan radyasyon dozunun büyüklüğüne bağlı olarak farklı etkiler oluşabilir (Tablo 1). 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 çıkan etkilerdir. Radyasyonun kronik etkisinden söz ederken, kişinin düşük dozlarda sürekli olarak radyasyonla etkileşmesinden söz edilir. Örneğin bir radyoterapi, radyoloji veya nükleer tıp kliniğinde çalışanlar veya endüstride meslekleri gereği iyonize radyasyonlarla etkileşenler düzenli ve sürekli bir şekilde ışınlamalara maruz kalırlar. Bu yüzden bu tür alanlarda çalışanlar için radyasyonun kronik etkileri risk oluşturabilmektedir.

X-ve Gamma Işınlarnın Sağlık Amaçlı Kullanımı ve Endişeler

Güvenlik sınırlarının altında bile olsa radyasyonun hangi insan üzerinde ne kadar olumsuz etki yaratabileceği henüz tam olarak anlaşılamamıştır. Örneğin, düşük dozlu X- ışınları ile guatr, göğüs, akciğer kanseri ve lösemi arasında bir ilişki olduğu ileri sürülmektedir⁸. Ayrıca X ve gamma ışınlarının insanlar için kanser riski taşıdığı Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı (IARC) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından da kabul edilmiştir⁸.

Son yıllarda ülkemizdeki sağlık alanındaki hızlı ve zaman zaman da çarpık şekilde gelişen sistem sayesinde bir sürü tıp merkezi açıldı. Bu tıp merkezleri sınıflara ayrılmakla birlikte, apartmanların alt katlarında veya bir bölümünde halka hizmet sunabilmektedir. Tomografi, Gamma Kamera veya Manyetik Rezonans Görüntüleme (MR) sistemlerinin kullanım iznine sahip olan ve genellikle apartmanların alt katlarında bu hizmeti veren tıp merkezlerinin radyasyon riskleri genel olarak vatandaş tarafından iyi algılanamamaktadır. Örneğin bu tür merkezlerde bulunan radyasyon kaynakları yeterince kurallara uygun bir şekilde zırhlanmış mıdır? Yani radyasyonun diğer odalara veya evlere sızmasını önleyecek şekilde önlemler alınmış mıdır? Bunlar üzerinde durulacak sorulardır. Bir başka soru ise bu merkezlerdeki radyasyon güvenliğine ilişkin denetlemelerin ciddiyetidir. Elbette yasal düzenlemeler bunları zorunlu kılıyor. Ancak, kamuoyunun da bu konulara duyarlı olması gerekmektedir. Aslına bakılacak olursa radyolojik uygulamaların yapıldığı birimlerin veya tıp merkezlerinin bağımsız binalar içinde yer alması en akıllıca yoldur.

Tablo 1. Ani (Akut) tüm vücut ışınlamalarının insanlarda oluşturabileceği etkiler.

Doz (Rem) (1rem=0.01Sv)	Gözlenen Klinik Etkiler
0 – 25	Gözlenen klinik etki yok
25 -100	Kan tablosunda meydana gelebilecek değişiklikler dışında gözlenebilen etki yok
100-200	Yorgunluk ve iştahsızlık Mide bulantıları ve 3 saat içinde kusmalar Kan tablosunda orta derecede değişiklikler Kan yapıcı organlar dışında birkaç hafta içinde iyileşme
2000 – 600	2 saat veya daha kısa sürede kusmalar (300 Rem ve üzerinde doz alanlarda) İç kanamalar ve enfeksiyon Kan tablosunda büyük değişiklikler 2 hafta içinde saç dökülmesi (300 Rem ve üzerinde doz alanlarda) Alınan radyasyon dozuna bağlı olarak bir ay ile bir yıl arasında % 20 - % 100 oranında iyileşme
600 – 1000	1 saat veya daha kısa sürede kusmalar Kan tablosunda büyük değişiklikler İç kanama ve enfeksiyon 2 ay içinde % 80 - % 100 oranında ölüm gerçekleşecek. Sağ kalanların ise iyileşmesi oldukça uzun sürecektir.

Teşhis amaçlı kullanılan radyasyonlar ve kanser ilişkisine ilişkin son bilgiler

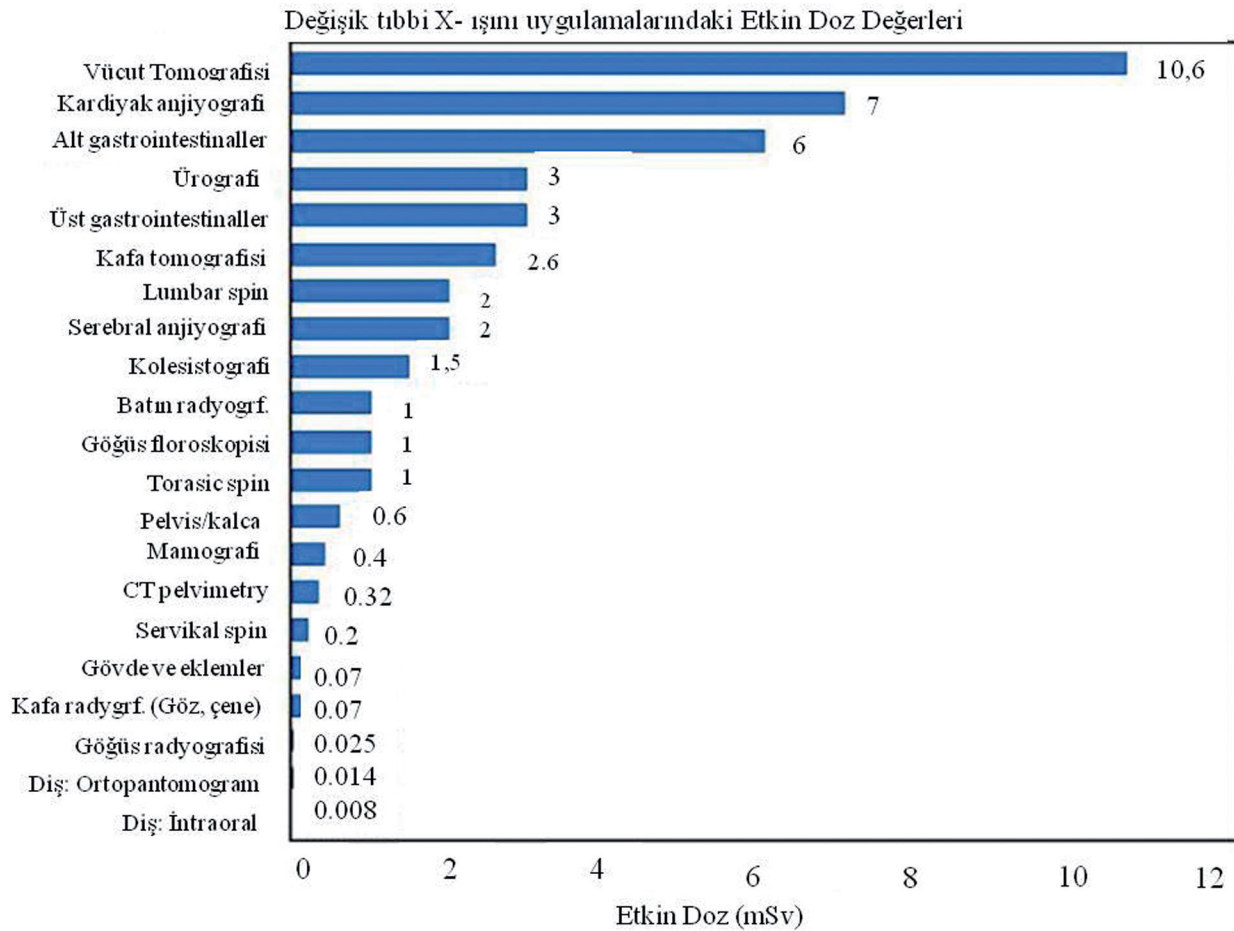
Bilgisayarlı tomografiler çeşitli hastalıkların tanısında üç boyutlu görüntülerin elde edildiği bir rad-

yolojik inceleme yöntemidir. Bilgisayarlı tomografi incelemeleri sırasında kullanılan radyasyon dozları 10.6 mSv düzeyindedir (Grafik 1). Bu değer bazen tomografik incelemenin türüne bağlı olarak bir bil-

gisayarlı tomografi çekimi sırasında kişinin aldığı radyasyon dozu 50 mSv düzeylerine kadar ulaşabilmektedir⁹.

Huang ve arkadaşları tüm vücut PET/CT nin yaydığı radyasyon dozu ile kanser arasında bir ilişki olabileceğini ileri sürmekte ve klinik açıdan zorunlu olmadıkça bu yönteme başvurulmamasını, zorunlu hallerde ise düşük radyasyon dozlarının tercih edilmesini önermektedirler¹⁰. Düşük doz radyasyon uygulamaları ile tiroid, göğüs, akciğer ve lösemi gibi

kanserler arasında bir ilişki olabileceğini iddia eden çalışmalar da son yıllarda artış göstermektedir¹¹. Grudzenski ve arkadaşları bilgisayarlı tomografi uygulamaları sırasında periferik lenfositlerde radyasyon kaynaklı hasarlarda artış olduğunu ileri sürmekte ve bilgisayarlı tomografi ile yapılan kontrast çekimler sırasında yayılan düşük dozlu radyasyonların uzun süreli biyolojik etkilerinin kanser artışı ile sonuçlanıp sonuçlanmayacağını ise bilinmediğini belirtmektedirler¹².



Grafik 1. Değişik tıbbi X- ışını uygulamalarındaki etkin doz değerleri

Goodman ve arkadaşları X ışınları ile kontrast çekim yapılanlar, radyasyon tedavisi görenler ve kronik olarak atomik enerji ile düşük düzeylerde radyasyonlara maruz kalan çalışanlarda radyasyon ile mezotelyoma riski arasında bir ilişki olup olmadığını epidemiyolojik olarak incelemişler. Genel nüfus incelendiğinde düşük bulunan mezotelyoma oranının, bu radyasyona maruz kalan bireylerde artış göstermesinin dikkat çekici olduğunu vurgulamaktadırlar.

Dolayısıyla, teşhis veya tedavi amacıyla kullanılan iyonize radyasyonlar ile mezotelyoma oluşma riski arasında bir ilişki olabileceği ileri sürülmektedir¹³. Dedic ve Pranjić yaptıkları araştırmada, teşhis amaçlı kullanılan X ışınlarının akciğer kanseri için risk etkeni olabileceğini ileri sürmektedirler. Zorunlu olmadıkça tomografiye başvurulmamasının, bir başka deyişle, tomografik inceleme gerektiren hastaların özenle seçilmesinin bu riski azaltacağını ifade

eden araştırmacılar, mümkün olduğunca alternatif teşhis metotlarına veya radyasyon dozunun önemli derecede düşük olduğu yöntemlere başvurulmasını önermektedirler ve bu yolla söz konusu kanser riskinin olabildiğince düşebileceğini belirtmektedirler¹⁴.

Herfarth ve Palmer radyasyon riski ve görüntüleme seçimi adlı makalelerinde, kanser riski ile teşhis amaçlı kullanılan iyonize radyasyonlar arasında ilişkiye ilginin son yıllarda arttığını belirtmektedirler ve radyasyon uygulamalarında erişkinlerin yanı sıra özellikle gelişme çağındaki çocuklara maksimum özen gösterilmesinin zorunlu olduğunu belirtmektedirler. Ayrıca inflamatuvar barsak hastalıklarında başvuru amaçlı iyonlaştırıcı radyasyonun kümülatif etkilerinin özellikle gelişme çağındaki çocuklar için son derece riskli olabileceği ileri sürülmektedir. Bu tür hastalıklarda radyasyon riskine maruz kalmanın ana kaynağının ise batin tomografisi olduğu vurgulanmakta ve böylesi durumlarda teşhis amacıyla öncelikle ultrason veya hala ciddi yan etkilere neden olduğu öne sürülmemiş olan manyetik rezonans görüntüleme yöntemine başvurulmasının, özellikle gelişme çağında bulunan çocuklar için son derece önemli olduğu vurgulanmaktadır¹⁵. Karşılı ve arkadaşlarının Amerikalı 456 hekim arasında gerçekleştirdikleri çalışmalarında, hekimlerin büyük çoğunluğunun, radyolojik inceleme istenen hastaların veya yakınlarının radyoloji kliniklerince radyasyon kaynaklı kanser riski konusunda bilgilendirilmeleri ve bu hastalardan bilgilendirildiklerine ilişkin onay formu alınmasının gerektiğini vurgulamışlardır¹⁶. Heyes ve arkadaşları yapılan son radyobiyojoloji çalışmalarının düşük enerjili X ışınlarının mutasyonel tahribat açısından yüksek enerjili X ışınlarına nazaran 4.42 ± 2.02 kez daha etkili olduğunu ileri sürmektedirler. Aynı grup mamografi ile kanser riski arasında ilişki olabileceği endişelerinden ötürü iyonlaştırıcı radyasyonların kullanılmadığı manyetik rezonans görüntüleme vb yöntemlere yönelmenin riskleri azaltmak için iyi bir yaklaşım olacağını ileri sürmektedirler¹⁷.

Linnet ve arkadaşları hamilelik döneminde maruz kalınan tıbbi radyasyon uygulamaları ile çocukluk çağı kanserleri arasında bir ilişki olabileceğine ilişkin yayınların son yıllarda arttığına dikkat çekmişlerdir. Hamilelik döneminde ve çocukluk çağında yapılan teşhis amaçlı radyasyon uygulamaları ile yaşam boyu kanser riski arasında bir ilişkinin olup olmadığının, ulusal programlarla belirlenmesinin

toplumsal öncelikler arasında yer alması gerektiği belirtilmektedir¹⁸. Gilbert yayınladığı makalede, lösemi ve solid tümörlerinin radyasyonla ilişkilendirildiğini belirtmekte ve yaşamlarının ilk dönemlerinde radyasyona maruz kalan kişilerin radyasyon bağlantılı kanser türleri bakımından yaşam boyu risk altında olabileceğini ileri sürmektedir¹⁹.

Dadulescu ve arkadaşları yaptıkları çalışmada hekimlerin genellikle her yaş grubu hastalardan ilk olarak akciğer grafisi istediklerini ve hastalara çekirilen akciğer grafilerinin yaklaşık % 50 sinin ise teşhis açısından gereksiz olduğunu ileri sürmektedirler. Ayrıca çocuklar tarafından soğrulan radyasyon dozlarının, belirlenmiş referans değerlerinden üç dört kat daha yüksek olduğunu belirtmektedirler²⁰. Grufferman ve arkadaşları yaptıkları çalışmada doğum öncesi dönemde alınan teşhis amaçlı radyasyon uygulamaları ile çocuklardaki rabdomiyosarkoma arasında bir ilişki olup olmadığını incelemişler. En yüksek riskin hamileliğin ilk üç ayında olduğunu ve bu riskin üçüncü üç aylık dönemde de artış gösterdiğini ortaya koymuşlardır. Buna karşın ikinci üç aylık dönemde bir risk artışı gözlemediklerini iddia etmektedirler. Diş röntgeni çekirilenin de risk artışına katkıda bulunduğunu belirten araştırmacılar en güçlü ilişkinin embriyonal rabdomiyosarkoma ile hamileliğin ilk üç ayında alınan radyasyon arasında olduğunu vurgulamaktadırlar²¹. Buna karşın Hammer ve arkadaşları doğum sonrası teşhis amaçlı radyasyon uygulamaları ile kanser risk artışı arasında bir ilişki gözlemediklerini ve öne sürülen risklerin cinsiyete bağlı bir değişim de göstermediğini ileri sürmektedirler²². Dawson ve Punwani tiroidin radyasyon hasarları açısından en önemli organ olduğunu ve radyasyonun tiroid kanserlerinin en iyi bilinen nedenlerinden biri olduğunu ileri sürmektedirler. Doğal radyasyona ek olarak baş ve boyun tomografisinin de yer aldığı teşhis amaçlı radyasyonların yanı sıra diğer radyasyon türlerinin de tiroide zarar verebileceğini öne sürmektedirler. Tomografi ile tiroid kanserleri arasındaki ilişki olabileceğine ilişkin kaygıların arttığını, bu nedenle kontrast çekimlerde kullanılan iyot içerikli maddelerin tiroitteki birikimi ile tomografi çekimi sırasında hastanın aldığı radyasyonun soğrulması arasında bir ilişki olup olmadığını incelediklerini ve çekimlerde kullanılan iyot konsantrasyonu artışı ile tomografi çekimi sırasında soğrulan radyasyon miktarındaki artış arasında bir ilişki olduğunu belirtmiş-

leridir. Sonuç olarak, gelişme çağındaki çocukların ve genç bayanların (göğüs, tiroid vb kanser riskleri nedeniyle) baş, boyun veya diğer tomografik incelemelerinden olabildiğince kaçınılmasını, zorunlu hallerde baş, boyun, toraks tomografisi çekilirken tiroidin olabildiğince korunmasının yararlı olabileceğini vurgulamaktadırlar²³. Wakeford doğum öncesi ve sonrası yapılan tomografi incelemeleri ile çocukluk çağı kanserlerin arasında bir ilişki olabileceğini belirtmekte ve mümkün olduğunca bu uygulamalardan kaçınılması gerektiğini vurgulamaktadır²⁴. Buna karşın Brent yayınladığı makalesinde, son yayınların radyasyonla etkileşmiş embriyodaki kanser riskinin, radyasyona maruz kalmış çocuğa nazaran daha düşük olduğunu gösterdiğini ve bunun da teşhis amaçlı radyasyon uygulamaları ile kanser artışı arasında, en azından embriyonik dönem açısından, bir ilişki kurulamayacağını ve konunun hala tartışmalı olduğunu belirtmektedir. Bununla birlikte radyasyonun stokastik etkileri dikkate alındığında teorik olarak düşük dozlardaki radyasyon ile kanser oluşum riski arasında ilişki kurulabileceğini ve yüksek dozlardaki radyasyon ile kanser oluşum riski arasında doğrudan bir ilişki olduğunu vurgulamaktadır²⁵. Myles ve arkadaşları yaptıkları araştırmada prostatın teşhis amaçlı radyasyon uygulamaları ile kanser risk artışı arasında bir ilişki olabileceğini ve bunun da kişinin aile hikayesine ve genetik yapısına bağlı olarak değişim gösterebileceğini vurgulamaktadırlar²⁶. Hall ve Brener, istatistiklerin tomografik inceleme sayısının son 20 yılda Amerika'da 20 ve İngiltere'de ise 12 kat arttığını gösterdiğini, gereksiz yere art arda tomografi çekimleri yapıldığını ve bunların da kanser riskinde rol oynayabileceğinin açık olduğunu belirtmekte ve bu tür uygulamalarda kar-zarar hesabının mutlaka yapılması gerektiğini özellikle belirtmişlerdir²⁷. John ve arkadaşları tıbbi teşhis amaçlı radyasyon uygulamalarının kanser riskini arttıracaklarını garanti olduğunu ve özellikle BRCA1 veya BRCA2 mutasyonu taşıyan bayanların daha dikkatli olmaları gerektiğini belirtmektedirler²⁸.

Radyasyondan Korunma

Radyasyon korunmasında dikkate alınması gereken iki etki vardır. Bunlar sırasıyla stokastik ve stokas-

tik olmayan etkilerdir. Stokastik etkiler; herhangi bir radyasyon eşik dozu olmaksızın canlı veya cansız tüm sistemlerde ortaya çıkabilecek radyasyon kaynaklı etkiler olduğu için insanların kendilerini radyasyondan olabildiğince korumasını gerektirir.

Stokastik olmayan etkiler ise yukarıda vurgulandığı gibi ancak belirli bir radyasyon dozunun aşılması durumunda canlı veya cansız ortamlarda oluşabilecek radyasyon etkileridir. Uluslar arası kuruluşlarca Bu eşik radyasyon değerleri toplum ve radyasyonla çalışanlar için ayrı ayrı belirlenmiştir ve radyasyon korunmasında esas alınan kriterler radyasyonun stokastik olmayan etkileri ile ilgilidir. Ancak bu eşik değer yapılan araştırma sonuçlarına göre zaman zaman değişebilmektedir. Aslında stokastik olmayan etkilerin bir başka amacı da stokastik etkilerin oluşumunu sınırlamaktır.

Radyasyon korunmasında etkin bir rol oynayan Uluslar arası Radyolojik Korunma Komitesi (ICRP) tarafından önerilen doz sınırlamasının temel ilkeleri aşağıdaki gibidir⁶;

1. İyonlayıcı radyasyonlarla (X-, gama, alfa, beta) teşhis, tedavi veya endüstriyel amaçlı uygulamalarda, pozitif net bir yarar sağlamayan hiçbir uygulamaya yer verilmemelidir. Bu kuralın sağlık ve endüstride ne kadar uygulanabildiği insanlar için son derece önem arz eder.

2. Radyasyonlara maruz kalarak çalışan kişiler tarafından alınan tüm radyasyon dozları olabildiğince düşük tutulmalıdır.

3. Kişilerin etkileştikleri eşdeğer radyasyon dozları (yukarıda tanımlanmıştı), belirli koşullar için ICRP tarafından belirlenen sınırları aşmamalıdır.

Radyasyonla etkileşmeleri mesleki, toplum, tıbbi, acil durum ve tehlike durumları olmak üzere sınıflandırmak mümkündür. ICRP ve ülkemizdeki Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK) tarafından radyasyon korunması için belirlenen sınırlar aşağıda verilen Tablo 2 de görülmektedir.

Tablo 2. Toplum ve radyasyon görevlileri için TAEK tarafından tavsiye edilen doz sınırlamaları (TAEK'den 03.05.2010 tarihinde alınmıştır).

		Radyasyon Görevlileri	Toplum
Etkin doz	Yıllık Ortalama	20 mSv/yıl	1 mSv/yıl
	Yıllık	50 mSv/yıl	5 mSv/yıl
Eşdeğer Doz	Göz	150 mSv/yıl	15 mSv/yıl
	Cilt	500 mSv/yıl	50 mSv/yıl
	EI-Ayak	500 mSv/yıl	50 mSv/yıl

Genel Radyasyon Korunma Kuralları

İyonlaştırıcı radyasyonların iç ve dış radyasyon tehlikesi olmak üzere iki riskinin olduğundan daha önce söz etmiştik. Bu iki riskten korunmak için farklı korunma yöntemlerinden söz edilebilir. X- ve gamma vb ışınlar gibi dalga özelliği gösteren ışınlardan korunmada üç temel etken vardır. Bunlar;

1. Uzaklık
2. Süre
3. Zırhlama

gibi etkenlerdir. Sırasıyla açıklayacak olursak; Radyasyon yayan kaynak veya kaynaklardan uzaklaşmak, radyasyonun zararlarını azaltır. Yani radyasyon kaynağına olan uzaklık radyasyon korunmasında en önemli parametredir. Süre olarak belirlenen radyasyon korunma etkeni, radyasyon ile ne kadar az süre etkileşirsek o oranda kazançlıyız anlamına gelmektedir. Üçüncü korunma parametresi olan zırhlama da, radyasyon görevlileri veya uygulamaya maruz kalan kişilerin, radyasyon türüne, şiddetine göre değişen korunma duvarları veya kıyafetleri kullanarak kendilerini korumaları anlamına gelmektedir. Radyolojik incelemelerde kullanılan kurşun yelekler, kurşun içerikli camlar veya kurşun bloklar zırh materyallerine örnek olarak verilebilir. Ya da X- veya gamma ışını uygulamaları yapılan odaların duvarlarının planlanması da bu zırh faktörüne örnek olarak verilebilir.

İç radyasyon tehlikeleri genellikle alfa ve beta gibi parçacık özelliği taşıyan ve kütlelerinden ötürü havada fazla yol alamayan radyasyonlar için kullanılır. Parçacık özelliği gösteren bu tür radyasyonlar, vücuda solunum, sindirim veya ciltteki yara bereler yoluyla girebilirler. Bu tür radyasyonların vücut içi-

ne alınması ciddi iç radyasyon ışınlamalarına veya tehlikelerine neden olabilir.

Radyoaktif bulaşma ve temizlenme de radyasyon korunmasında son derece önemli olan bir başka parametredir. Bu yüzden bu tür uygulamalarda yer alan klinik veya laboratuvarlarda çalışan kişilerin radyoaktif bulaşma ve radyoaktif atıkların yönetilmesine gereken özeni göstermeleri kendileri ve toplum sağlığı açısından son derece önemlidir.

Sonuç ve Öneriler

Yukarıda verilen bildiler dikkate alındığında yüksek dozlu iyonize radyasyonlar ile kanser arasında ilişki olduğu görülmektedir. Ancak son yıllarda teşhis amacıyla kullanılan düşük dozlu radyasyon uygulamalarının da masum olmadığına ilişkin endişeler artmaktadır. Bu endişeleri azaltmak konuyla ilgili kişilerin bu risklerden korunma yollarına gerekli özeni göstermesiyle mümkün olabilir. Bu bağlamda meslekleri gereği iyonize radyasyonlarla etkileşenler ve teşhis amaçlı radyasyonlara maruz kalanların aşağıdaki önerileri dikkate almaları önerilmektedir;

1. Hekimler ALARA (as low as reasonably achievable, gerektiğinde) prensibine uymalıdır. Yani gerekmedikçe hastalarını X- veya Gamma vb. ışınlarla maruz bırakmamalı ve karar kar-zarar hesabı mutlaka dikkate alınmalıdır.

2. Tıp Fakültelerinde ve hastanelerde gerek öğrenci ve gerekse hekim düzeyinde, radyasyon güvenliği eğitimine son derece önem verilmelidir.

3. Hastanelerdeki Radyasyon Güvenlik Komiteleri bir formalite olmadıklarına inanmalı ve görevlerinin ciddiyetine inanarak düzenli ölçümler yapmalı, radyasyon güvenliği ve atık yönetimi konusunda son derece duyarlı olmalıdırlar.

4. Hastalar hasta hakları çerçevesinde, radyasyon güvenliği konusunda bilgilendirilmelidirler.

5. Radyasyonlarla etkileşim süreleri olabildiğince azaltılmalıdır.

6. Işınlanma kaynaklarından olabildiğince uzakta olunmalıdır.

7. Etkileştığımız radyasyon türüne bağlı olarak zırlama veya varsa uygun araç ve gereçlerle korunma sağlanmalıdır.

8. Hamileler, bebekler ve çocukların tüm radyasyon türleri ile etkileşmesi olabildiğince sınırlandırılmalıdır.

9. Radyasyonun stokastik etkileri kişiden kişiye göre değişeceğinden ötürü, bağışıklık sistemi zayıf kişiler radyasyon kaynaklarından olabildiğince uzak tutulmalıdır.

KAYNAKLAR

1. Dasdag S, Elektromanyetik Kirlilik ve Sağlık. Kent ve Elektromanyetik Dalga Kirliliği Sempozyumu Bildiri Kitabı, sf: 15-22, Antalya, 2010.
2. <http://www.taek.gov.tr/tr/bilgi-kosesi/radyasyon-insan-ve-cevre/65-radyasyon-ve-radyoaktivite/83-yonlatrici-radyasyon.html>
3. Göksel SA, İyonlaştırıcı radyasyonların biyolojik etkileri. Tıp ve Biyolojik Bilimlerde Radyasyondan Korunma Kurs Notları. Türkiye Atom Enerjisi Kurumu Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi. İstanbul 1985
4. http://en.wikipedia.org/wiki/Marie_Curie
5. Demir M, Nükleer Tıp Fiziki ve Klinik Uygulamaları. Bayrak Ofset Matbaacılık Ltd Şti. İstanbul, 2008.
6. Valentin J (Editor). Annals of ICRP, Publication 103. The 2007 recommendation of the international Commission on Radiologic Protection.
7. ICRP Publication 105. Radiation protection in Medicine. Annals of ICRP 2007; 37:1-5.
8. <http://www.cancerwa.asn.au/resources/2009-05-20-medical-imaging-xrays-cancer-myth-fact-sheet.pdf>
9. Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency (ARPANSA). X-rays. Radiation Protection 2004 [cited 31/01/2008]; Available from: <http://www.arpansa.gov.au/radiationprotection/Basics/xrays.cfm>.
10. Huang BS, Law MWM, Khong PL. Whole-Body PET/CT Scanning: Estimation of Radiation Dose and Cancer Risk. Radiology 2009;251:166-74.
11. U.S. Department of Health and Human Services, 11th Report on Carcinogens. 2005,Public Health Service - National Toxicology Program.
12. Grudzinski S, Kuefner MA, Heckmann MB, Uder M, Lorbich M. Contrast Medium-enhanced Radiation Damage Caused by CT Examinations. Radiology 2009;253:706-14.
13. Goodman JE, Nascarella MA, Valberg PA. Ionizing radiation: a risk factor for mesothelioma. Cancer Causes & Control 2009;20:1237-54.
14. Dedic S, Pranjic N. Lung cancer risk from exposure to diagnostic x- rays. Health Med 2009;3:307-13.
15. Herfarth H, Palmer L. Risk of Radiation and Choice of Imaging. Digest Dis 2009;27:278-84.
16. Karsli T, Kalra MK, Self JL, Rosenfeld JA, Butler S, Simoneaux S, What physicians think about the need for informed consent for communicating the risk of cancer from low-dose radiation. Pediatr Radiol 2009;39:917-25.
17. Heyes GJ, Mill AJ, Charles MW. Mammography-oncogenecity at low doses. J Radiol Protect 2009;29: A123-A132.
18. Linet MS, Kim KP, Rajaraman P. Children's exposure to diagnostic medical radiation and cancer risk: epidemiologic and dosimetric considerations. Pediatr Radiol 2009;39 (Suppl):4-26.
19. Gilbert ES. Radiation-related risk of solid cancers appears to persist throughout life. Int J Radiation Biol 2009;85:467-82.
20. Dadulescu E, Sorop I, Mossang D, Pera C, Patru E, Bondari D, Prejbeanu I. Benefit vs. risk in children's exposure to Radiation for Medical Diagnosis Purposes. Revista Romana De Bioetica 2009;7:91-8.
21. Grufferman S, Ruymann F, Ognjanovic S, Erhardt EB, Maurer HM. Prenatal X-ray Exposure and Rhabdomyosarcoma in Children: A Report from the Children's Oncology Group. Cancer Epidemiol Biomarker&Prevention 2009;18:1271-6.
22. Hammer GP, Seidenbusch MC, Schneider K, et al. A Cohort Study of Childhood Cancer Incidence after Postnatal Diagnostic X-Ray Exposure. Radiation Res 2009;171:504-12.
23. Dawson P, Punwani S. The thyroid dose burden in medical imaging A re-examination. Eur J Radiol 2009;69:74-9.
24. Wakeford R, Childhood leukaemia following medical diagnostic exposure to ionizing radiation in utero or after birth. Radiation Protect Dosimetry 2008;132:166-74.
25. Brent L. Saving lives and changing family histories: appropriate counseling of pregnant women and men and women of reproductive age, concerning the risk of diagnostic radiation exposures during and before pregnancy. Am J Obstet Gynecol 2009;200:4-24.
26. Myles P, Evans S, Lophatananon A, et al. Diagnostic radiation procedures and risk of prostate cancer. British J Cancer 2008;98:1852-6.
27. Hall EJ, Brenner DJ. Cancer risks from diagnostic radiology. British J Radiol 2008;81:362-78.
28. John EM, Phipps AI, Knight JA, et al. Medical radiation exposure and breast cancer risk: Findings from the Breast Cancer Family Registry. Int J Cancer 2007;121: 386-94.