

GÜNLÜK YAŞAMIMIZDA

RADYASYON



Prof. Dr. Doğan BOR

Ankara Üniversitesi

Mühendislik Fakültesi Fizik Mühendisliği

Öğretim Üyesi

2017

Bu kitap radyasyon ve radyasyonun insan sağlığı üzerindeki etkilerine yönelik olarak toplumumuzda merak edilen hususlara açıklık getirmek amacıyla yazılmıştır. Kolay anlaşılabilmesi için sorular ve yanıtlar olarak hazırlanmış, hiçbir matematik formül ve radyasyon birimi kullanılmamıştır.

Grsel ve yazılı medyada, toplumda “radyasyon korkusunu” oluşturan çok sayıda hatalı haber yer almaktadır. Japonya’da yaşanan atom bombası felaketi ve soğuk savaş yıllarının miras bıraktığı nükleer tehditler bu korkunun başlamasının en önemli nedenleridir. Bazı nükleer santral kazalarının sonuçlarına ve radyasyonun tıpta kullanılmasına yönelik yanlış bilgilerin, çoğu zaman konunun uzmanı olmayan bilim adamlarınca aktarılması, bu korkuyu daha da krklemetedir.

Unutulmamalıdır ki radyasyonun kullanıldığı teknolojiler insan hayatını kolaylaştırmakta, medikal uygulamalarda hastalıklar erken teşhis edilmekte, tedaviler yapılmakta ve sonuçta insanların yaşamları kurtarılmaktadır.

Tanısal incelemelerde kullanılan radyasyon dozlarındaki risk, günlük hayatta karşılaştığımız diğer risklere kıyasla çok daha düşüktür ve uygulamaların yararları bu riskleri kabullenmemizi gerektirmektedir. Ülkemizde her yıl yüzlerce insan trafik kazasında ölmektedir, ancak yaşantının gereği olarak kimse ulaşım vasıtalarını kullanmamayı göze almamakta, küçükte olsa kaza riskini kabullenmektedir. Hastalıklarda kullanılan ilaçların reçetelerinde yazılan ve bazıları çok düşük olasılıkta da olsa ciddi yan etkileri, birçok kişi tarafından dikkate bile alınmamaktadır.

Tanısal incelemelerdeki radyasyon riskleri, kullanıcıların gelişen teknolojiye karşı yetersiz kalan deneyimleri ve eğitim eksikliklerine bağlı olarak gittikçe artmakta, özellikle ocuk hastaların incelemelerinde ciddi boyutlara uzanabilmektedir.

Bu kısa kitapta sadece radyasyon ve radyasyonun sağlığa etkileri konusunda, kişilerde akla ilk gelen sorular ve bu soruların yanıtları yer almaktadır. Yanıtlanması gereken daha birçok sorunun olduğu şüphesizdir. Aradığı yanıtları bulamayan okuyucuların, radyasyon uygulamalarına yönelik geniş yelpazeyi göz önüne alarak anlayış göstereceklerine inanıyorum.

Başta kıymetli dostlarım Yeter Göksu ve Gönül Buyan olmak üzere birçok değerli arkadaşım ve yakınlarım kıymetli zamanlarını ayırarak yazdıklarımı gözden geçirdiler, çok yararlı önerilerde bulundular. Hepsine teşekkür ediyorum.

Yararlı olması dileklerimle

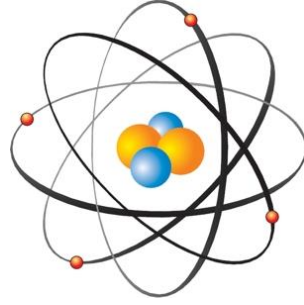
Prof. Dr. Doğan Bor

Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fizik Mühendisliği Bölümü

İNSAN VE RADYASYON

Atomun yapısı nasıldır?

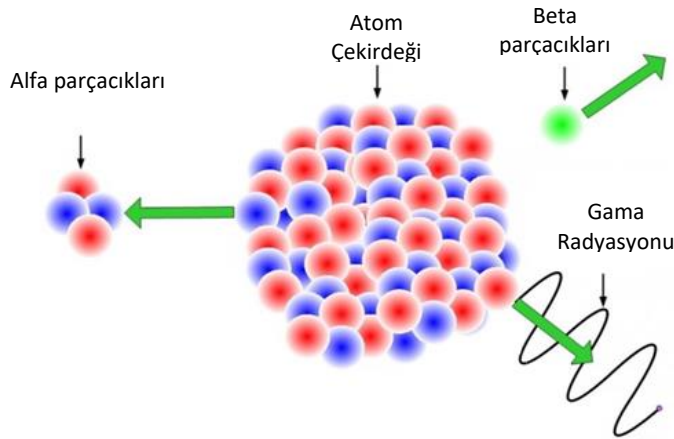
Kolay anlaşılması için atomun tanımı aşağıdaki şekilde olduğu gibi verilebilir.



Farklı yörüngelerdeki elektronlar, içerisinde proton ve nötronlar bulunduran bir çekirdeğin etrafında dönmektedir.

Radyoaktif atom nedir?

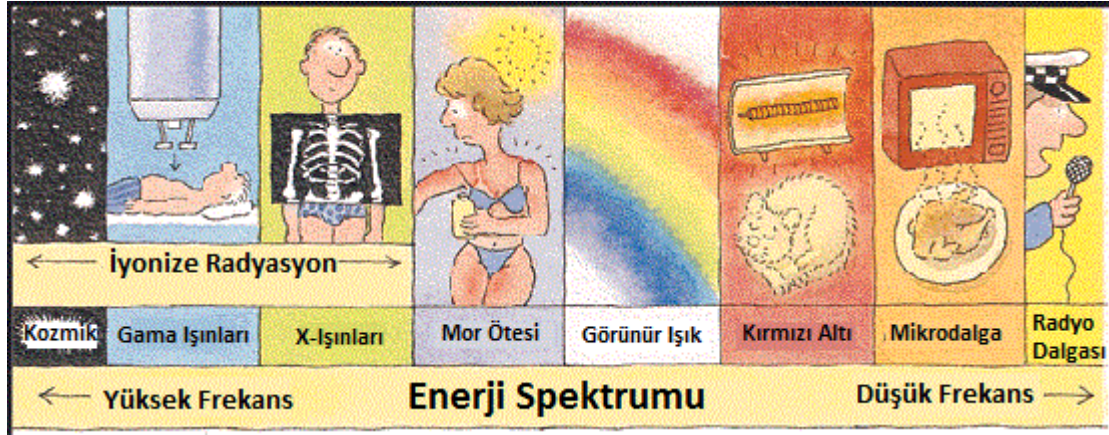
Çekirdeğinde eşit sayıda proton ve nötron bulundurmayan atomlara radyoaktif atomlar denir. Proton-nötron sayısındaki dengesizlik atom çekirdeğinde ilave enerji olarak ortaya çıkar, bu enerji fazlalığı radyasyon (ışınım) olarak salınır (kaynar suyun ısı enerjisini buhar olarak dışarı vermesi basit bir örnek olabilir). Bu salınım, çekirdekteki proton sayısı nötron sayısı ile dengeleninceye kadar devam eder. Fotonlar, alfa ve beta parçacıkları bu radyasyonların en fazla bilinenleridir.



Radyoaktif salınım

Radyasyon nedir? Hangi türleri vardır?

Bir kaynaktan (örneğin radyoaktif bir maddeden veya X-ışın tüpünden) dalga veya parçacık halinde salınan enerjidir. Görünür ışık, radyo ve mikro dalgalar iyonlaştırıcı olmayan radyasyonlardır. Enerjileri çok düşük olduğu için madde içerisine (insan vücuduna) giremeyip, sadece maddenin atomlarını titreştirebilirler ve etkileştikleri ortamın sıcaklığını çok az bir miktar artırırlar. İyonlaştırıcı radyasyonların ise enerjileri çok daha büyük olduğundan madde içerisine girerek, atomların elektronlarını koparabilirler. Bu nedenle, insan sağlığını etkilemeleri söz konusudur.



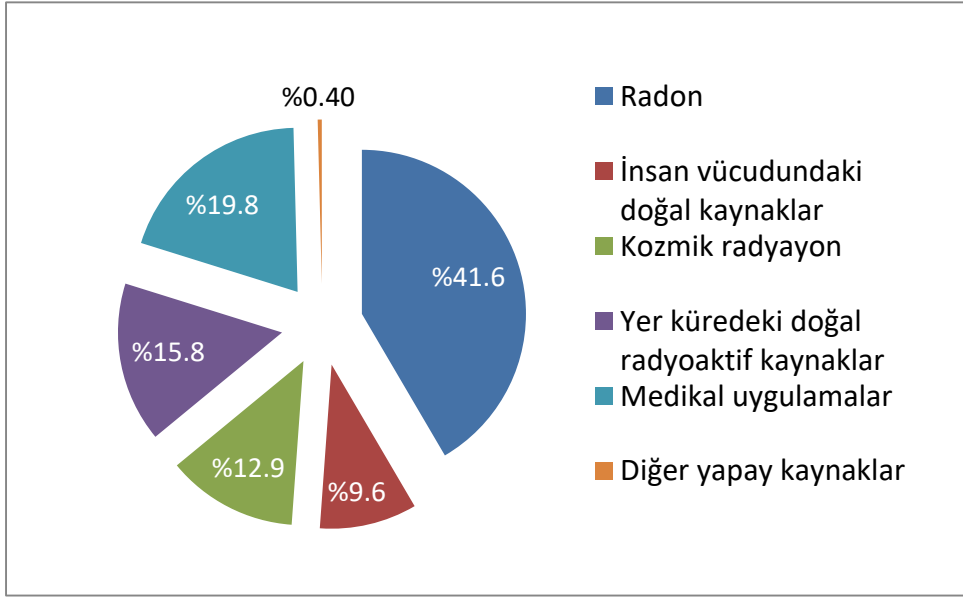
Farklı enerjilerde (frekanslarda) iyonlaştırıcı ve iyonlaştırıcı olmayan radyasyonlar

İnsanlar normal yaşamlarında ne tür radyasyona maruz kalırlar?

Tüm insanlar doğal fon radyasyonu olarak bilinen doğal radyasyona maruz kalırlar. Ayrıca radyasyonun kullanıldığı işlerde çalışanlar, tanısal amaçlı radyasyon uygulamasının söz konusu olduğu tıbbi incelemeleri yaptırınlar ilave radyasyondan etkilenebilirler. Tüm bu radyasyonlar düşük seviyede radyasyon olarak kabul edilir.

Radyasyon kaynakları nelerdir?

Doğal ve yapay radyasyon kaynakları olarak sınıflandırabiliriz. Doğal radyasyon, dünyanın oluşumundan beri var olan doğal radyoaktif maddelerden ve uzaydan gelen kozmik ışıklardan oluşur. İnsan yapımı radyoaktif kaynaklar ve X-ışını üreten cihazlar yapay radyasyon kaynaklarına örnek olarak verilebilir. Dünya genelinde toplumun radyasyondan etkilenmesinde en fazla doğal radyasyon kaynakları rol oynar.



İnsanların maruz kaldıkları radyasyon kaynakları

Doğal radyoaktif madde ne demektir?

Doğada bulunan bazı elementlerin radyoaktif olan, yani radyasyon salan izotopları (proton sayısı aynı nötron sayısı farklı olan çekirdekler) vardır. Bu izotoplar birbirlerinden saldıkları radyasyonun türleri, enerjileri ve ne kadar süre radyoaktivitelerini devam ettirdiklerine göre farklılıklar gösterirler.

Radyoaktif bir kaynak ne kadar süre radyasyon salar?

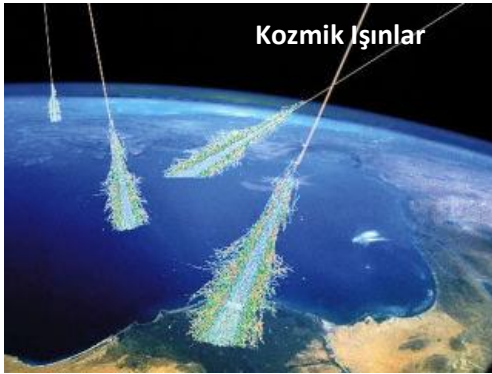
Bu süre, her radyoaktif maddenin kendine özgün “**yarı ömrü**” ile ifade edilir ve mevcut radyoaktif çekirdek sayısının yarıya düşmesi için geçen zamandır. Her bir yarı ömür geçtiğinde aktivite, yani radyasyonun şiddeti de yarı yarıya azalmaktadır.

Doğal radyasyon kaynakları nelerdir?

Yer kabuğunda, oturduğumuz binaların yapım malzemelerinde bulunan radyoaktif radonun doğal radyasyona katkısı neredeyse tüm doğal kaynakların katkılarının yarısı kadardır. Uzaydan gelen kozmik ışınlar, yer kabuğunda bulunan diğer radyoaktif kaynaklar yine doğal radyasyona katkıda bulunurlar.

Patates, muz, havuç gibi birçok yiyecekte ve içtiğimiz suda çok düşük miktarda doğal radyoaktif maddeler bulunur (el bileğiniz ya da kolunuzun röntgen filmi çekildiğinde aldığınız radyasyon, kabaca 10 adet muz yediğinizde aldığınız radyasyona eşdeğerdir).

İnsan vücudunda doğal olarak bulunan radyoaktif maddeler (en fazla potasyum, uranyum ve radyum izotopları), çevreye saniyede 400'den fazla foton salarken, doğal fon radyasyonu nedeniyle saniyede 15 000 civarında fotonun bombardımanına uğrarız. Yani adeta bir radyasyon sağanağı altındayız. Doğal radyasyonun şiddeti, yer kabuğundaki radyasyon kaynaklarının miktarı ile konsantrasyonuna ve deniz seviyesinden olan yüksekliğe bağlı olarak değişir.



Kozmik ışınlar ve Radon gazı

İnsanlar en fazla nerelerde Radon ışınlanmasına maruz kalırlar?

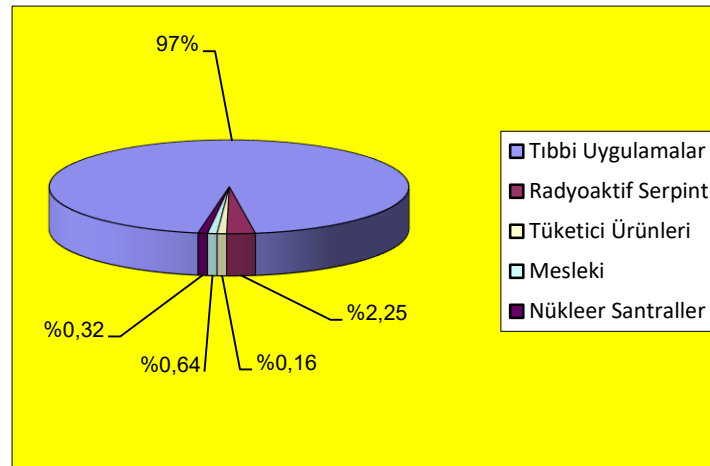
Bazı kayalarda (granit gibi) yüksek oranda bulunan Radon gazı, esas olarak madenlerde yüksek konsantrasyonda bulunur. Bu gaz, yeryüzüne sızıntı yaparak kapalı mekânlara da ulaşabilir. Kapalı yerlerin, özellikle zemin katların günde birkaç kez havalandırılması bu radyoaktif gazın dışarı atılması için yeterli olacaktır.

Uçak yolculuğunda alınan radyasyon daha mı fazladır?

Evet, deniz seviyesinden yükseğe doğru çıktıkça artan kozmik radyasyon nedeni ile insanlar radyasyondan daha fazla etkilenirler. Örneğin, 5 ve 10 km yükseklikteki 1 saat radyasyona maruz kalma Ankara'da aynı süre için ölçülen doğal fon radyasyonuna kıyasla 20 ve 40 kat daha fazladır.

Hangi yapay radyasyon kaynakları insanları en fazla etkilemektedir?

Tüm yapay kaynaklar dikkate alındığında, insanları etkileyen toplam radyasyonun %97'si hastalıkların tanısında kullanılan radyasyondan kaynaklanır. Nükleer santrallerin katkısı ise %0,3 oranındadır.



Toplumun yapay radyasyon kaynaklarından etkilenme oranları

Radyasyon içeren tüketici ürünleri var mıdır?

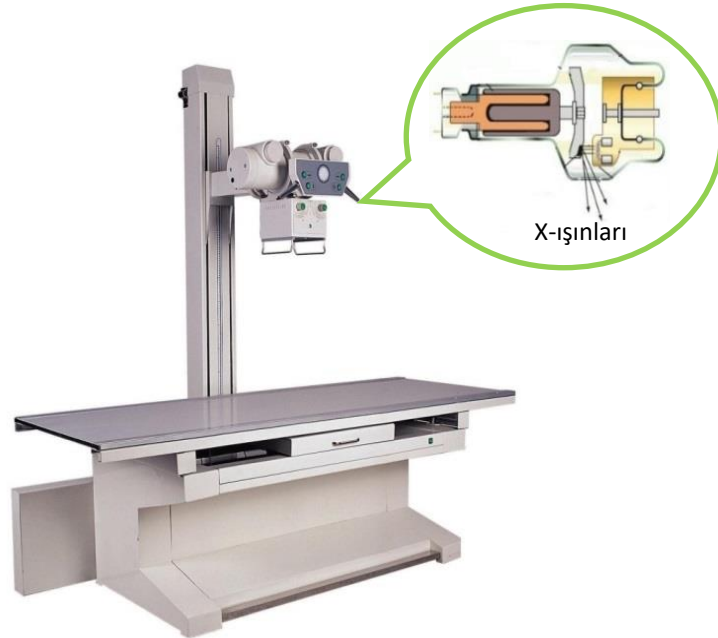
Evet, duman detektörlerinde, bazı floresan lambalarda, saatlerin fosfor kaplı akrep ve yelkovanlarında, seramiklerde ve gübrelerde çok az miktarda radyasyon vardır.

İyonlaştırıcı radyasyonun hangi türleri vardır? Özellikleri nelerdir?

İyonlaştırıcı radyasyon gama ve X—ışınları (fotonlar) ile alfa, beta parçacıkları ve nötronlardan oluşur. Bu radyasyonların özellikleri, **şiddetleri** (radyasyon demetini oluşturan fotonların, alfa veya beta parçacıklarının sayısı), **enerjileri** (demetteki her bir radyasyonun enerjisi), **elektrik yükleri** (foton ve nötronlar yüksüz, alfa parçacıkları pozitif, beta parçacıkları ise negatif yüklüdür) ve **kütleleri** ile ifade edilirler. Gama ışınları görünür ışık ile aynı özelliktedir ancak enerjileri çok daha yüksektir. Alfaların kütleleri betaların kütlelerinden 7000 kat daha büyüktür. Beta parçacıkları serbest elektronlardır. Nötronlar da bir radyasyon türüdür ve nükleer reaktörlerde olduğu gibi bazı radyoaktif maddelerin bölünmesi sırasında salınırlar. Vücudu delip geçerler ve doğrudan bir etki yaratmazlar, ancak etkileştikleri bazı maddelerden foton ve alfa radyasyonlarının salınmasına neden olurlar.

X-ışınları nedir? Nasıl elde edilirler?

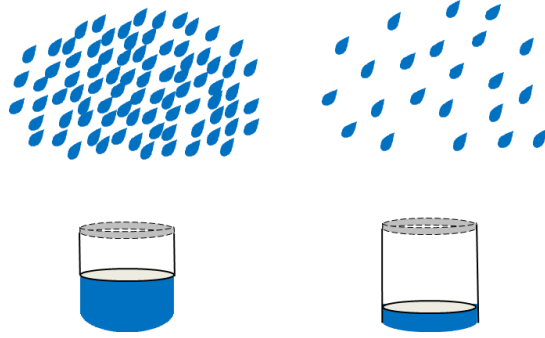
Gama radyasyonu ile aynı özelliktedir, kaynağı atom çekirdeği değil elektron yörüngeleridir. X-ışın tüpleri ile farklı şiddet ve enerjilerde X-ışınları elde edilir ve tanısal radyolojik incelemelerde bu ışınlar kullanılır.



X-ışın sistemleri (Röntgen makinaları) en fazla kullanılan insan yapımı radyasyon kaynaklarıdır.

Radyasyonun şiddeti ne demektir?

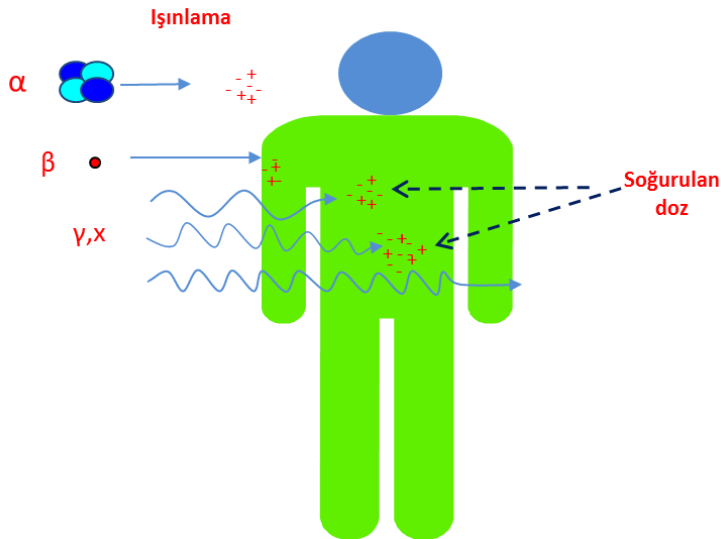
Radyasyonun şiddeti ile aydınlanmada kullanılan lambanın gücü arasında bir benzerlik kurulabilir, ancak lambanın verdiği ışığın insan üzerinde biyolojik bir etki yaratması söz konusu değildir. Nokta şeklinde radyoaktif bir kaynak her yöne doğru radyasyon salar, bu kaynaktaki aktif çekirdek sayısı ne kadar fazla ise salınan parçacık sayısı, yani şiddeti de o kadar fazladır. X-ışınları ise tüpten bir demet halinde çıkarlar, bu demetteki foton sayısı şiddetin bir ölçüsüdür.



X-ışınlarının şiddetlerini yağın yağmurun şiddetine benzetebiliriz

Işınlama ve radyasyon dozu ne demektir?

Işınlama radyasyonun havada elektrik yükleri meydana getirmesidir. Radyasyon dozu ise, bu ışınlama sonucunda radyasyon enerjisinin ne kadarının ortamda (örneğin insan vücudunda) soğurulduğunun bir ölçüsüdür.



Farklı radyasyon türlerinin insan vücudunu ışınlaması ve radyasyon dozuna maruz bırakması.

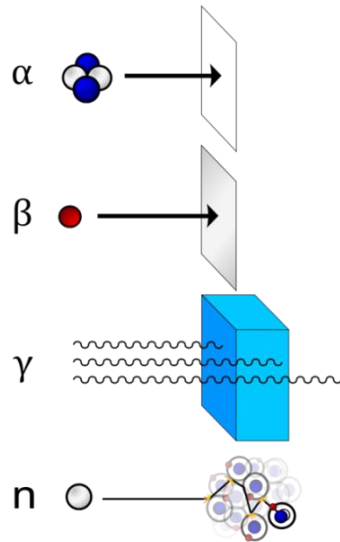
Tüm iyonlaştırıcı radyasyonların madde ile etkileşimleri aynı mıdır?

Hayır, etkileşimler radyasyonların enerjilerine, türlerine, yüklerine, kütlelerine ve şiddetlerine (radyasyon demeti içerisindeki parçacık ya da foton sayısı) bağlı olarak farklılık gösterir. Örneğin, beta parçacıklarının ortamdaki elektronlarla etkileşimlerini, birbiri ile çarpışan küçük bilyelerin etkileşimlerine benzetebiliriz (bu parçacıkların elektronlara eşdeğer olduğu hatırlayınız). Daha ağır olan alfa parçacıklarının etkileri ise çok daha fazladır (büyük bir top güllesinin çarptığı bilyeleri nasıl dağıtacağını hayal ediniz)

Elektromanyetik dalga özelliği gösteren gama ve X-ışın fotonları için de benzer mantık kullanılabilir. Dalgalar halinde de yayılan bu fotonların etkileşimleri, çok küçük ve büyük deniz dalgalarının sahildeki kumları farklı savurmasına kabaca benzetebiliriz.

İyonlaştırıcı radyasyonlar nasıl durdurulurlar?

Alfa parçacıkları bir kâğıttan bile geçemezler, havada ancak birkaç santimetre ilerleyebilirler. Beta parçacıkları ise havada birkaç metre yol alabilirler, ince bir metal levha tarafından soğurulurlar. Gama ve X ışınları ise enerji ve şiddetlerine bağlı olarak farklı kalınlıklardaki kurşun ve beton bloklarla ancak durdurulabilirler. Nötronların soğurulmasında ise, etkileşimleri sonucu radyasyon salınmasına neden olmayacak bazı malzemeler (bor gibi) kullanılır.



Alfa, beta, gama ışınları ve nötronların durdurulması

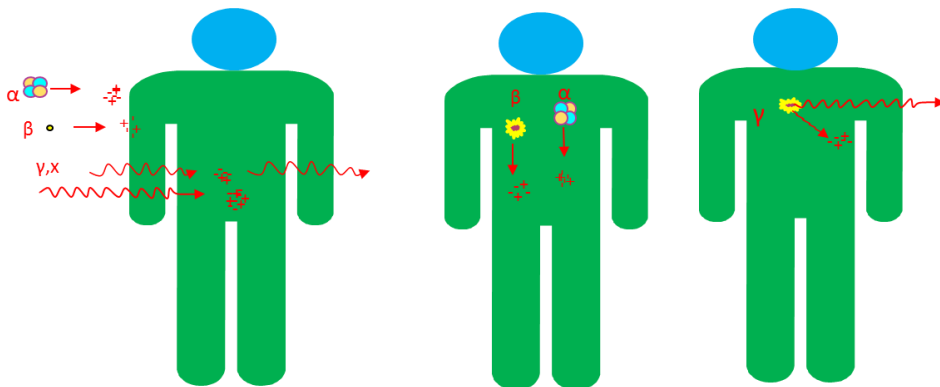
Güneşimiz de bir radyasyon kaynağı mıdır?

Evet, güneş enerjisini taşıyan fotonların büyük bir oranı iyonlaştırıcı özelliği olmayan düşük enerjili fotonlardır. Dolayısıyla güneş ışınları derimizi ısıtırlar ancak iç organlarımız üzerine hiçbir etkileri yoktur. Ancak güneş ışığının çok düşük bir yüzdesi, daha büyük enerjide ve iyonlaştırıcı özellikteki morötesi (ultraviyole) fotonlardan oluşur. Cildimizdeki güneş yanıkları ve hatta çok fazla maruz kalınması durumunda cilt kanserlerine bu fotonlar neden olurlar.



Vücudumuzun hangi tür ışınlamalardan daha çok etkilenir?

Dış bir kaynaktan vücudumuza gelen alfa ve beta parçacıkları derimiz tarafından durdurulurlar. Ancak bu parçacıkları salan radyoaktif kaynağın vücudumuza girmesi durumunda (solunum ya da beslenme yolu ile) salınan parçacıklar hemen iç organlarda soğurulacağı için etkileri çok daha fazladır. Gama ve X-ışınları ise enerjilerine ve etkileştikleri organın kalınlık ve özelliklerine bağlı olarak soğurulur ya da vücudumuzu delip geçebilirler.



Vücudun dış kaynaklar tarafından ışınlanması (solda), radyoaktif kaynakların vücuda girmesi (sağda).

Radyasyonun varlığı nasıl anlaşılır?

İyonlaştırıcı radyasyon renksiz ve kokusuz olup insan duyu organları tarafından algılanması mümkün değildir. Radyasyonun şiddeti, enerjisi ve türü ancak özel tasarlanmış detektörlerle (iyon odaları, GM sayaçları, sintilatörler gibi) algılanıp ölçülür.



Radyasyonun şiddetinin ve dozunun ölçülmesinde kullanılan bazı detektörler

Radyasyon kontaminasyonu (bulaşması) ne demektir?

Sıvı, gaz veya toz halindeki radyoaktif maddelerin insan tenine bulaşmasına kontaminasyon denir. Bu maddelerin alfa ve beta radyasyonu salıcısı olması durumunda zararlı etkisi daha fazladır.

İnsanlar radyasyondan nasıl korunabilirler?

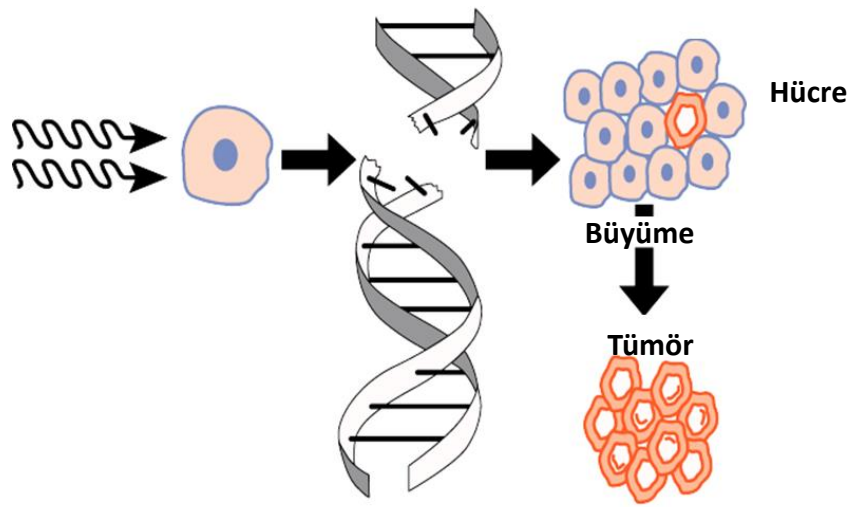
Kişinin radyasyon kaynağından uzaklaşması, kurşun, beton gibi koruyucu bir bariyerin arkasında durması ve kaynak yakınında mümkün olan en az süre kalması dış radyasyondan korunmanın en temel kurallarıdır. Vücudun bir bölgesinde, genelde sıvı radyoaktif kaynaklarla temas edilmesine bağlı olarak, radyasyon bulaşıklığı olması halinde, bu kısımların hemen yıkanması gerekmektedir. Radyoaktif maddenin solunum ya da sindirim yoluyla vücuda girmesi durumunda ise, radyoaktif maddenin en kısa zamanda vücuttan atılmasını sağlayacak önlemlerin alınması için bir uzmana danışılmalıdır.



Radyasyon korunmasında üç temel unsur; Radyasyon kaynağın yanında kısa süre kalınız, kaynaktan uzakta kalınız ve koruyucu paravan arkasında kalınız.

İyonlaştırıcı radyasyon hücrelerimizle nasıl etkileşir?

Radyasyonun hücre çekirdeğindeki DNA molekülü ile doğrudan ya da dolaylı etkileşmesi sonucunda; a) Hücre zarar görebilir ama vücut tarafından tamir edilerek yaşamını normal olarak sürdürebilir b) Zarar görmüş hücre tamir edilemez, mutasyona (hasara) uğramış olarak yaşamını sürdürür. c) Hücre canlılığını kaybedip vücuttan atılabilir. Radyasyonun insana zararlı etkilerinden mutasyona uğrayan bu DNA molekülleri sorumludurlar.



Radyasyonu etkisi ile mutasyona uğrayan DNA eğer vücut tarafından tamir edilmezse hücre bölünmeleri ile sonuçta kanser oluşabilir.

Radyasyon dozunun yüksek olması ne demektir? İnsan üzerindeki etkileri nasıldır?

İnsan üzerinde bilinen bir etkiyi oluşturacak radyasyon, yüksek dozda radyasyon olarak ifade edilebilir. Yüksek dozdaki radyasyon çok sayıda hücrenin ölmesine neden olur ve sonuçta doku boyutunda hasarlar oluşur. Doku ya da organ hasarının oluşması için radyasyon dozunun bu doku ve organa göre değişen belirli bir eşik değeri vardır ve etkinin ne zaman ortaya çıkacağı önceden kestirilebilir. Örneğin, deri yaralanmaları, saç dökülmesi, gözde katarakt oluşması, geçici ve kalıcı kısırlık, sindirim sistemi bozuklukları ve ölüm radyasyonun artan dozlarının belirli değerlerinde ortaya çıkan etkilerdir.

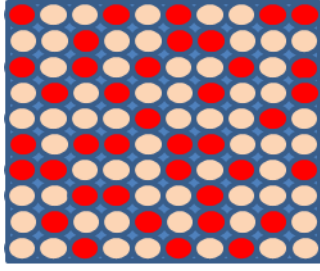
Bir örnek olarak Japonya'nın Hiroshima ve Nagasaki kentlerine atılan atom bombaların etkisi verilebilir. Patlama noktası merkez alındığında, 1 km'lik bir daire içerisinde radyasyonun seviyesi ölçülemeyecek şekilde çok yüksek olup, merkezden uzaklaştıkça bu şiddet azalmıştır. Ayrıca, bazı radyasyon kazalarında insanlar yine yüksek dozlarda radyasyon etkisinde kalmışlardır. Kanser vakalarının tedavisinde (radyoterapi uygulamaları) yine yüksek radyasyon dozları kullanılmaktadır.

Radyasyonun kansere neden olabileceği nasıl anlaşılmıştır?

Radyasyonun insan sağlığına etkilerinin tam olarak anlaşılmadığı ve yeterli korunma önlemlerinin alınmadığı yıllarda nispeten yüksek dozlarda radyasyonla çalışan insanlarda ve radyasyonun kullanıldığı tıbbi incelemelerin yapıldığı hastalarda, bazı radyasyon kazalarında ama en önemlisi Japonya'daki atom bombasının etkisinde kalan kişilerde ortaya çıkan ilave kanser hastalarının sayısının artmasından anlaşılmıştır.

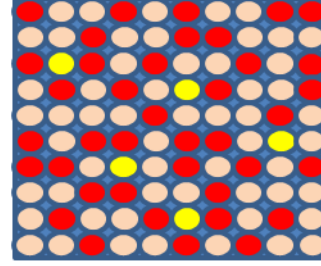
İlave kanser vakası ne demektir?

Doğal nedenlere (kötü beslenme, sigara, genetik, stres, vs. gibi) bağlı olarak ortaya çıkan kanser vakalarına ilave olarak, radyasyonun neden olabileceği ekstra kanser vakalarının sayısıdır. Radyasyona maruz kalan (örneğin, atom bombasından veya radyasyon kazalarından etkilenenler) ve kalmayan, ancak benzer hayat şartlarında yaşayan toplumlardaki kanser olgularının sayılarının karşılaştırılması sonucunda saptanır.



İşinlanmamış topluluk

Doğal nedenlere bağlı
Kanser oranı %40



İşinlanmış topluluk

Doğal nedenler + radyasyona bağlı
Kanser oranı %45

İlave kanser oranı RR = %5

Doğal nedenlere bağlı kanserler kırmızı, radyasyona bağlı kanserler sarı ile gösterilmektedir.

Düşük seviyedeki radyasyon dozu ne demektir? İnsan üzerindeki etkileri nasıldır?

İç içe yaşadığımız doğal radyasyon miktarının biraz üzerindeki radyasyon dozları düşük dozdaki radyasyon olarak ifade edilebilir. Hastalıkların tanısında kullanılan radyasyon da bu seviyededir. Bu dozlardaki radyasyonunun etkisi yüksek dozlarda gözlenen etkilerden saptanır ve olasılık ile ifade edilebilir.

Düşük doz radyasyon çok az bir olasılıkla insanlarda kansere neden olabilir.

Radon gazı kansere neden olur mu?

Maden işçilerinde radon solmasına bağlı olarak artan akciğer kanser vakaları görülmüştür. Bazı ülkelerde, jeolojik yapıya bağlı olarak yüksek oranda radon içeren binalarda yaşayanlarda akciğer kanser riskinin, özellikle sigara içenlerde, arttığını öne süren araştırmalar vardır.

Düşük seviyedeki radyasyonun etkisi radyasyon dozuna nasıl bağlıdır?

Yüksek şiddetteki radyasyonun insan sağlığı üzerindeki etkisi, radyasyon dozu ile doğrusal olarak artmaktadır. Radyasyonun düşük şiddet aralığının insan sağlığı üzerinde ki etkisi ise bilimsel olarak kanıtlanmamıştır. Yüksek dozdaki radyasyon için saptanan kanser riskleri, belirli matematiksel düzeltmelerden sonra, düşük seviyedeki radyasyon dozu için kabul edilmektedir, ancak bu riskler son derece düşüktür. Son zamanlarda radyasyonun etkileri üzerine yapılan bilimsel araştırmalar vücudun düşük seviyedeki radyasyona karşı ciddi bir korunma mekanizmasını olduğunu ortaya koymuştur. Herhangi bir etkinin oluşabilmesi için - yüksek dozdaki radyasyon etkisine benzer olarak- bir eşik değerini aşılması gerektiği öne sürülmektedir.

Ancak “emniyetli tarafta” olmak amacıyla, radyasyondan korunma kuralları, düşük şiddetteki radyasyon ile kanser riskinin doğru orantılı olduğu kabulüne göre saptanmıştır.

Diğer taraftan, radyasyonla çalışan bazı topluluklardaki kanser vaka sayılarının, benzer koşullarda yaşayan ancak radyasyonla çalışmayan topluluklara göre daha az sayıda görülmesi, düşük dozda ki radyasyonun insan sağlığına yararlı olabileceği iddiasını da gündeme getirmiştir.

Düşük ve yüksek şiddetteki radyasyonu birbirinden ayıran doz değeri nedir?

Bu doz değerinin kesin olarak ne olduğuna dair bilimsel bir kanıt yoktur. Yaklaşık olarak ifade etmek istersek, yıllık ortalama doğal fon radyasyon şiddetinin 50 katı şiddette ki radyasyona bir kez maruz kalınması veya 5000 akciğer film çekiminde alınacak toplam dozlar, düşük şiddetteki radyasyonun üst değeri olarak kabul edilebilir. Yetişkinler için, bu doz değerinin altında kalan dozlarda radyasyonun insan sağlığı üzerinde olumsuz etkisini ortaya koyacak bilimsel bir kanıt yoktur, deneylerle hiçbir şekilde ispatlanmamıştır (konuya hâkim okuyucular için bu değer, zamana bölünmüş ışınlamalarda alınan etkin doz olarak, 100 mSv olduğunu belirtelim).

Ancak bu dozun kesin bir sınır değeri olmadığına vurgulanmasına yarar vardır, kişilerin radyasyona karşı hassasiyetleri aynı değildir (salgın grip hastalığı herkesi etkilememektedir!), ayrıca çocuklar için bu üst sınırın daha düşük değerlerde olduğu varsayımı unutulmamalıdır.

Düşük seviyedeki radyasyonun kanser olasılığının çok az olduğunu nereden biliyoruz?

Radyasyondan korunma kurallarının hayata geçmesi ile radyasyonla çalışan insanlarda ilave kanser vakaları görülmemektedir. Ayrıca, dünyadaki ortalama doğal radyasyon seviyesinin 20 - 30 kat daha fazla olduğu bölgelerde (Brezilya'nın güzel plajları, İran, Çin gibi ülkelerdeki bazı yöreler) yaşayan insanlarda yine hiçbir artış yoktur.

Düşük seviyedeki radyasyonun neden olduğu kanser riski doğal nedenlere bağlı olarak ortaya çıkan kanserle nasıl karşılaştırılır?

Gelişmiş ülkelerde doğal nedenlere bağlı olarak her 100 kişiden yaklaşık 40 kişi kansere yakalanmakta bunlardan 20-25 kişi ise maalesef ölmektedir (bu rakamların ülkeden ülkeye farklılıklar gösterdiği şüphesizdir). Düşük seviyedeki radyasyonun ilave oranı ise 100 kişide 1 civarında olup artan doz ile olasılık artar.

Bir kanser vakasına radyasyonun neden olup olmadığı anlaşılabilir mi?

Hayır. Radyasyona bağlı bir kanser, radyasyon etkileşmesinden yıllar sonra (2-10 ya da daha fazla yıl) ortaya çıkmakta, bazı tür kanserler için risk ömür boyu sürmektedir. Bu nedenle bir kanser vakasının radyasyondan mı yoksa doğal nedenlerden mi kaynaklandığını saptamak mümkün değildir.

Radyasyonun genetik etkisi söz konusu olabilir mi?

Kadın yumurtalıklarının döllenme öncesi veya sonrasında **yüksek** dozlarda radyasyona maruz kalması ile genetik etki söz konusu olabilir. Hamileliğin farklı dönemlerinde ve alınan radyasyon dozuna bağlı olarak gebelikte düşük, doğan çocukta sakatlık, zekâ geriliği ve çocukluk çağı kanserleri ortaya çıkabilir.

Düşük radyasyon dozlarında genetik etki görülmekte midir?

Radyasyonun genetik etkisini insanlar üzerinde test etmek mümkün değildir. Bazı hayvan araştırmaları bu etkinin çok düşük bir olasılıkla söz konusu olabileceğini öngörmektedir. Ancak yapılan araştırmalar, insanlarda böyle bir etkinin söz konusu olmayacağını göstermektedir, örneğin, Japonya'da radyasyondan etkilenen 77 000 kişinin çocuklarının yıllardır süren incelemelerinde hiçbir genetik etkinin ortaya çıkmadığı anlaşılmıştır.

İnsanlar radyasyonun farklı dozlarından aynı şekilde mi etkilenirler?

Hayır, kişilerin radyasyondan etkilenmesi radyasyon dozunun miktarına göre farklılıklar gösterir.

Herkes radyasyondan aynı derecede mi etkilenir?

Hayır, bazı insanlar radyasyona karşı daha hassas olabilirler. Ayrıca çocuk ve gençlerin radyasyon riskleri daha yüksektir.

Radyasyonun insanın her organı üzerindeki etkisi farklı mıdır?

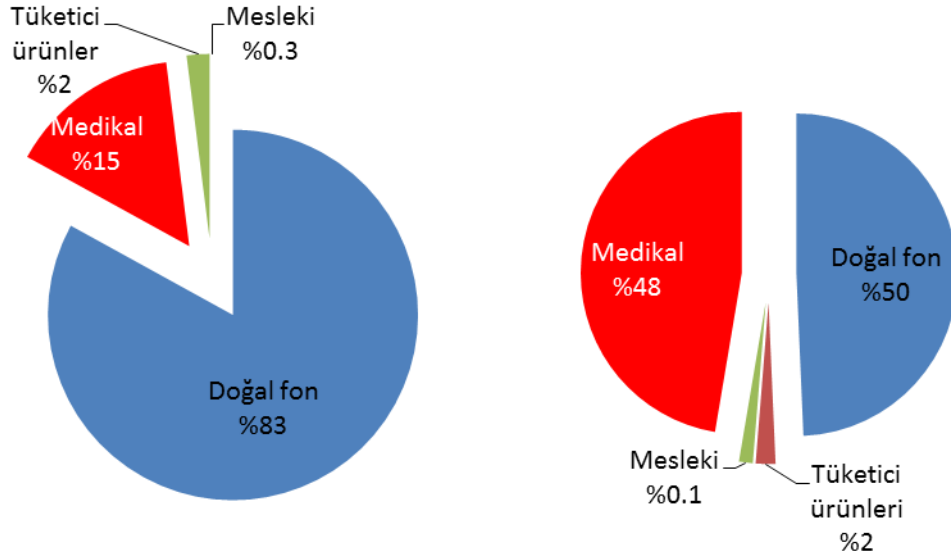
Evet. Bazı organlar örneğin, kan yapan organlar, üreme organları, deri, göz lensinin radyasyona karşı hassasiyeti daha fazladır.

Radyasyon hangi amaçlarla kullanılır?

Enerji üretiminde, tıpta hastalıkların tanı ve tedavisinde, endüstride ve insanın yaşam standardını etkileyen birçok sahada radyasyonu kullanıyoruz.

İnsan yapımı radyasyonun günlük hayatta kullanımı artmakta mıdır?

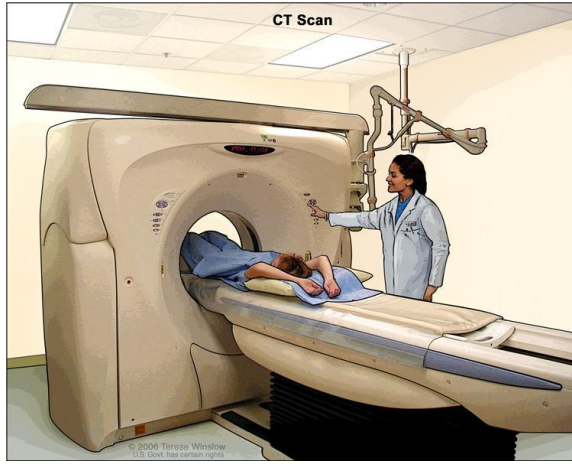
Evet. Gelişmiş ülkelerde yapılan istatistiklere göre insan yapımı radyasyonun toplumu ışınlama oranı doğal radyasyona göre 30 yılda %17'den neredeyse %50'ye yükselmiştir.



İyonlaştırıcı radyasyonun kullanıldığı medikal incelemelerin, toplumun etkilendiği radyasyona katkısı 1982'de %15'ken, 2006'da %48'e ulaşmıştır (bu sonuçlar ABD toplumunu temsil etmektedir).

Medikal ışınlamaların oranı niçin daha fazla artmaktadır?

İyonlaştırıcı radyasyonun kullanıldığı teknikler son derece gelişmiş, yaygınlaşmış ve birçok hastalığın tanısındaki yararları vazgeçilmez olmuştur. Birçok cerrahi operasyon yerini girişimsel incelemelere bırakmıştır. Ayrıca incelemeler eski teknolojiye göre daha kısa sürede gerçekleşmekte ve bu ileri teknolojiye erişim çok daha kolay olmaktadır. Ancak, radyasyonun kullanıldığı incelemelerin bazı hekimler tarafından zaman zaman gereksiz yere talep edilmesi de bu artışı körüklemektedir.



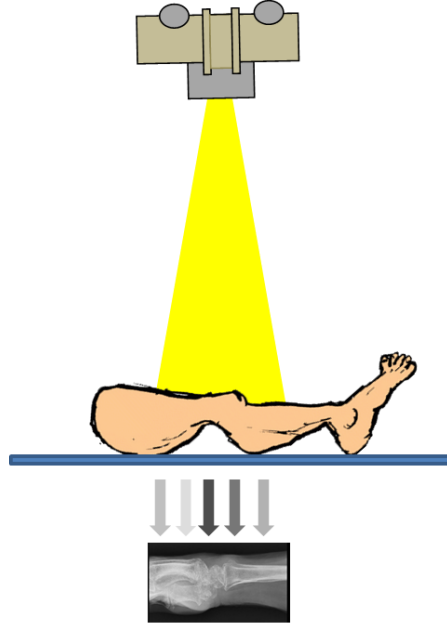
Bilgisayarlı tomografilerde bir nefes alıp verme süresinde akciğer görüntüleri alınmaktadır.

Radyasyon kanserin tedavisinde nasıl kullanılır?

Kanserin meydana geldiği organa ve kanserin türüne bağlı olarak farklı enerjilerde ve yüksek şiddette radyasyon demeti kanser odağına yönlendirilir. Amaç, kanser hücrelerinin bu radyasyonla öldürülmesi ancak çevredeki sağlıklı dokulara zarar verilmemesidir.

X- ışın (Röntgen) görüntüsü nasıl elde edilir?

X-ışınlarının hastada durdurulması (soğurulması) ve geçirilmesi, görüntülenecek organın kalınlık ve fiziksel özelliklerine bağlıdır (kalın ve kemik gibi yoğun dokular fotonları yumuşak dokulara göre daha fazla durdururlar). Geçen ışınların organ anatomisi ile ilgili taşıdıkları bilgi, filmde (ya da dijital dedektörde) gözle görünen görüntüye dönüştürülür.



Hastada durdurulan X-ışınları, radyasyon dozuna neden olur. Amaç bu dozu mümkün olan en düşük seviyede tutarken, elde edilecek görüntünün gerekli tanısal detayı verecek kalitede olmasını sağlamaktır.

Hastanı aldığı radyasyon dozu her X-ışın incelemesin de aynı mıdır?

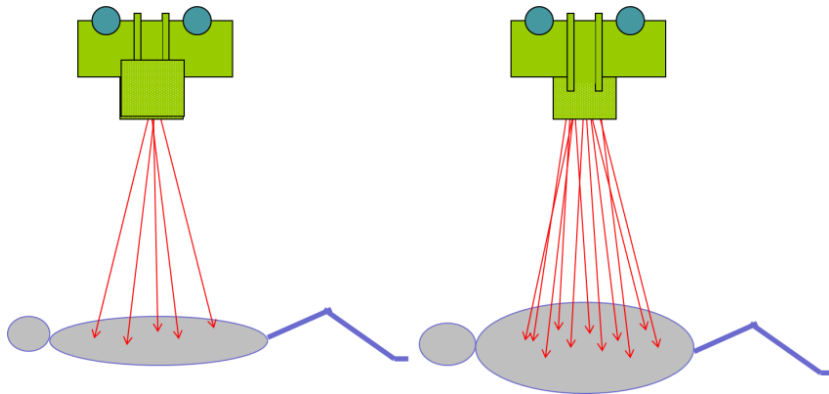
Hayır, görüntülemenin yapılacağı vücut bölgesinin anatomik yapısına göre X – ışınlarının şiddet ve enerjileri değiştirildiğinden, radyasyon dozlarında da farklılıklar vardır. Örneğin hastalar el, ayak incelemelerinde minimum, vücudun daha kalın olduğu göğüs ve karın incelemelerinde daha yüksek radyasyona maruz kalırlar.



Farklı organların görüntülenmelerinde alınan radyasyon dozları aynı değildir.

Benzer radyolojik incelemeler için her hasta aynı radyasyon dozunu mu alır?

Hayır, farklı incelemelere benzer olarak, hastaların ağırlık ve kalınlıklarına göre aldıkları radyasyon dozları da değişir. Örneğin 70 Kg ve 1.70m boyunda bir hastanın karın filminde aldığı radyasyon dozu, aynı boyda ancak 90 Kg ağırlığında olan bir hastaya göre 1.5 - 2 kat daha azdır.



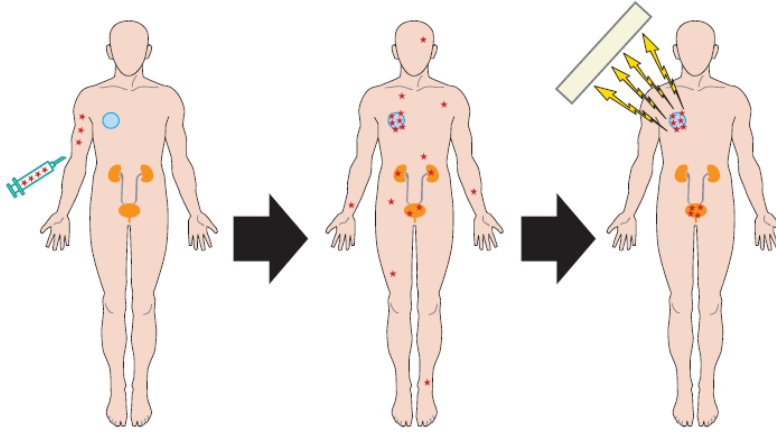
İri ve şişman hastalar X-ışın incelemelerinde daha fazla radyasyona maruz kalırlar

Modern X-ışın sistemlerinde hastalar daha az mı radyasyona maruz kalırlar?

Modern sistemlerde görüntüler özel detektörlerle bilgisayarda elde edilmektedir, röntgen filmi kullanılması yavaş yavaş terk edilmektedir. Radyasyon dozlarının film tekniğine göre bir miktar azalması söz konusudur. Ancak bilinçsiz kullanımda bu dozların çok daha fazla arttığı da bir gerçektir. Dijital fotoğraf makinalarında çok sayıda fotoğraf çekip, beğenilmeyenlerin hemen silinmesi alışkanlığına benzer şekilde, X-ışın incelemelerinde de aynı uygulama söz konusu olabilmektedir. Ancak bu durumda hastalar ilave radyasyon dozlarına maruz kalmaktadırlar.

Nükleer tıp incelemelerinde radyasyon kullanılmakta mıdır?

Evet, bu uygulamalarda gama radyasyonu salan radyoaktif maddeler uygun ilaçlarla kimyasal olarak bağlanıp vücuda verilerek (damar, solunum ve ağızdan sıvı olarak) kalp, beyin, tiroit vs. gibi organların görüntüleri elde edilir.



Nükleer tıp incelemelerinde hastaya verilen radyoaktif madde görüntülenecek organa yerleşir. Salınan gama ışınları özel detektörlerle algılanarak görüntüler elde edilir.

Hangi tanısal incelemelerde hastaların aldıkları radyasyon dozları en fazladır?

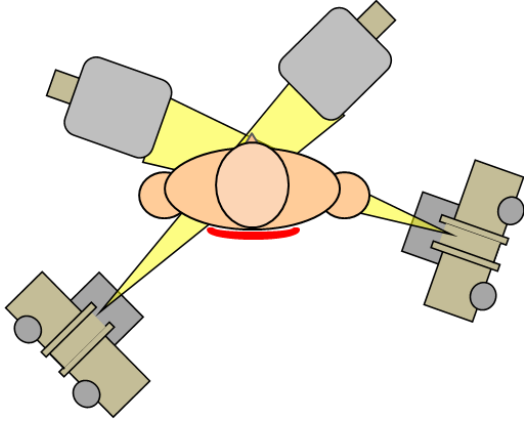
Bilgisayarlı tomografiler ve girişimsel anjiyografi, floroskopi teknikleri hastaların radyasyondan en fazla etkilendiği incelemelerdir Nükleer tıpta kullanılan bazı kalp incelemelerinde de dozlar yüksektir. Birçok radyolojik inceleme için hastaların alması gereken referans doz seviyeleri uluslararası bilim kuruluşları tarafından belirlenmiştir.

Görüntüleme işlemlerinde tek amaç hastaya az radyasyon mu verilmesidir?

Hayır. Elde edilecek görüntünün yeterli tanısal bilgiyi içerecek kalitede olması gerekir. Aksi takdirde hastaya ilave radyasyon dozlarının verileceği “tekrar ışınlamaları” ortaya çıkar. Amaç, mümkün olan en düşük radyasyon dozunda optimum görüntü kalitesinin sağlanmasıdır.

Girişimsel incelemeler nedir? Niçin hasta dozları daha yüksektir?

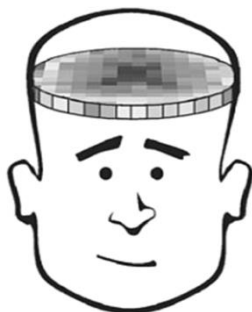
Hastanın ameliyat edilmeden bazı hastalıkların X-ışın görüntülenmesi altında tedavi edilmesidir (örneğin tıkalı olan kalp damarlarının stent takılarak açılması). Dozların yüksek olması, incelemelerin uzun sürmesi ve görüntüleme için kullanılan ışınlama tekniklerine bağlıdır.



Girişimsel incelemelerdeki yüksek dozlar, hasta ve hekimlerin radyasyondan korunma konusunu özellikle önemli hale getirir. Gerekli önlemlerin alınmaması durumunda çok seyrekte olsa hastalarda ciddi deri yaralanmaları ortaya çıkabilir.

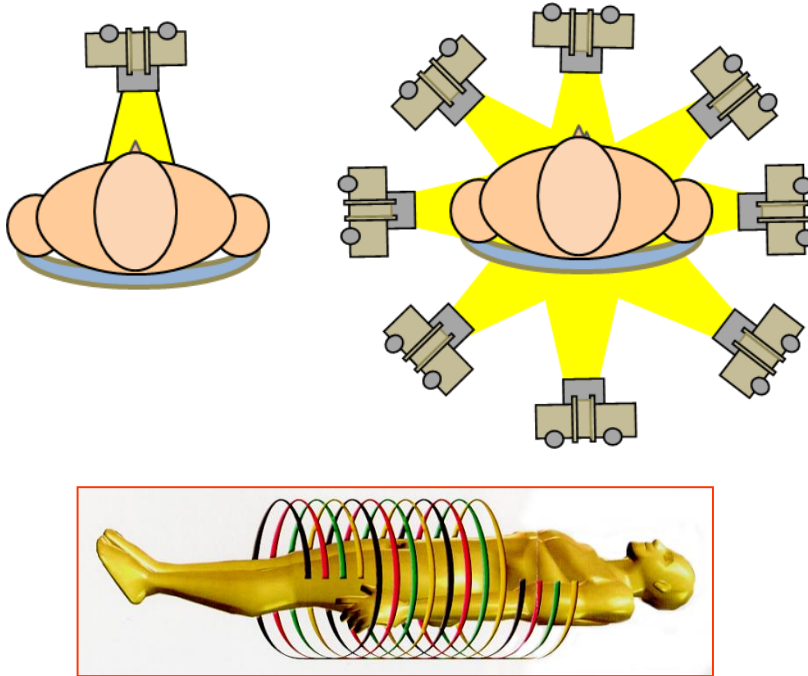
Bilgisayarlı tomografi röntgen incelemelerine göre niçin üstünlük sağlar?

Bilgisayarlı tomografide tüm vücut etrafından görüntüler alınır ve daha sonra bilgisayarda yapılan işlemler ile vücudun istenilen eksenini boyunca kesit görüntüleri elde edilir, böylelikle organların iç kısımlarından daha detaylı bilgiler alınmış olur.



Bilgisayarlı tomografide hasta dozları niçin yüksektir?

Klasik bir akciğer röntgen incelemesinde hasta, 1 veya 2 yönden ışınlanır. Tomografik incelemede ise hasta, etrafında 360 derece dönen bir X-ışın tüpü ile sürekli ışınlanmakta ve ışınlama sahası–incelemenin amacına göre- hasta boyunca uzunlamasına devam etmektedir. Tomografi uygulamalarında hasta dozu, inceleme yapılan organa göre, 800 – 1000 akciğer incelemesindeki radyasyon dozuna eşdeğer olabilmektedir.



Bilgisayarlı tomografide hasta dozları. Radyografi ışınlamaları (üst solda) birkaç açıda yapılırken, tomografide hasta her yönden ışınlanmaktadır (üstte sağda). Spiral taramalarda inceleme süreleri çok kısaltılmıştır, ancak gerekli önlemler alınmadığında hasta dozları tarama uzunluğuna bağlı olarak artmaktadır.

Radyoloji incelemelerinde hasta risklerine yönelik olarak sayısal bir değer verilebilir mi?

Alınan radyasyon dozuna bağlı olarak yaklaşık değerler verebiliriz. Örneğin akciğer röntgeni için bu risk milyonda 2-3 dür. Yani aynı dozda akciğer röntgeni çektiren 1 milyon kişiden 2 ya da 3 kişinin bu radyasyon nedeniyle kanser olma riski vardır. Burada dikkat edilmesi gereken önemli husus, 1 milyon kişiden %40'nın (400 000 kişinin) doğal nedenlerle zaten kansere

yakalanması ve %20-25'nin de bu hastalık nedeniyle ölmesi beklenmektedir. Dolayısıyla radyasyona bağlı risk son derece düşük olup, ortaya çıkacak kanser vakalarının doğal nedenlere bağlı çok sayıdaki kanser vakasından ayırt edilmesi mümkün değildir.

Ancak radyasyon dozunun arttığı incelemelerde (bilgisayarlı tomografi ve girişimsel incelemeler) riskler de artmakta ve hatta 1:1000 ya da 1:2000 'e ulaşmaktadır.

Yaşamın diğer risklerine göre radyasyona bağlı olabilecek kanser riskini nasıl karşılaştırabiliriz?

Risklerin topluma anlatılmasında farklı yaklaşımlar kullanılmaktadır, bunlardan biri, milyonda bir ölüm riski olarak ifade edilmesidir; 40 yemek kaşığı tereyağı verilebilir, bunun anlamı 1 milyon kişinin hepsinin bir kez 40 kaşık tereyağı yemesi sonucunda aralarından sadece bir kişinin ölüm riskidir. Benzer olarak 100 adet kömürde pişmiş biftek yemek, sadece 1.5 tane sigara içmek aynı riske eşdeğer kabul edilebilir.

Risklerin karşılaştırılmasında kullanılan bir başka yöntem ise riskin "hayattan kaybedilen gün sayısı" olarak ifade edilmesidir; Günde 20 sigara içen bir kişinin hayatından 2250 gün kaybolmaktadır, bu kayıplar %30 ağırlık fazlalığında 1300 gün, alkolizmde ise 130 gün olup akciğer röntgen incelemesinde ise 6 gündür.

Ancak risklerin karşılaştırılmasında, bir akciğer filminde alınan radyasyon dozu ya da doğal fon radyasyonunda yaşanan gün sayısının referans olarak kullanılması daha uygundur ve bu riskler bazı incelemeler için aşağıdaki tabloda gösterilmektedir. Bu tabloda verilen etkin doz, tüm vücudun maruz kalacağı radyasyon dozunu gösteren bir birimdir.

Bazı tanısal incelemelerde yetişkinlerin aldıkları etkin dozların, eşdeğer akciğer röntgen çekimindeki dozlar ve doğal fon radyasyonu ile karşılaştırılması

| İşlem | Etkin Doz (mSv) | Aynı etkin dozda akciğer radyografi sayısı | Eşdeğer doğal fon radyasyonun süresi |
|----------------------------------|------------------------|---|---|
| Tek akciğer filmi | 0.02 | 1 | 3 gün |
| Bel filmi | 1.0 | 50 | 5 ay |
| BT ¹ göğüs incelemesi | 7.0 | 350 | 2.91 yıl |
| BT karın incelemesi | 10 | 500 | 4.16 yıl |
| BT Koroner anjiyografi | 16 | 800 | 6.65 yıl |
| Girişimsel Kalp (PTCA) | 15 | 750 | 6.23 yıl |
| Beyin PET (FDG 18) | 14.1 | 705 | 5.84 yıl |
| Kardiyak (TI-201) ² | 40.7 | 2035 | 16.8 yıl |

1: Bilgisayarlı tomografi (BT)

2: Nükleer tıpta kalp incelemesi

Belirli bir tanısal incelemede kullanılan radyasyonun neden olabileceği kanser riskini nasıl saptarız?

İncelemenin yapıldığı organ, hastanın cinsiyeti, inceleme zamanındaki yaşı ve aldığı radyasyon dozunun bilinmesi durumunda kişinin yaşamı süresince kansere yakalanma riski kabaca hesaplanabilir.

45 Yaşında bir kadın hastanın bel rahatsızlığı için yaptırdığı tomografi incelemesinde ki kanser riskini nasıl ifade edebiliriz?

Bu kadının ömrünün geri kalanında bu incelemede alacağı radyasyona bağlı olarak herhangi bir kansere yakalanma olasılığı % 0,038'dir. Bir başka ifadeyle bu incelemeyi yaptıran 100 000 kadından 38'inde kanser riski söz konusudur (2631 kadından birinde). Ancak bu kadın için doğal nedenlere bağlı olarak (radyasyonla ilgisi olmayan) kansere yakalanma olasılığı %37,5' dur.

X-ışınları ile yapılan incelemelerde radyasyonun vücutta birikme etkisi söz konusu mu dur?

Hayır, X-ışın incelemelerinde radyasyon dozları birikmez. Işınlamanın etkisi ışınlama süresince vardır. Ancak, yapılan her incelemede alınan radyasyon dozu, ayrı bir risk olarak değerlendirilir. Ancak radyoaktif kaynakların vücuda sürekli alınması durumunda birikme söz konusudur (yiyecek ve içeceklerde radyasyon bulaşıklığı olması halinde).

Aynı miktar radyasyon dozunun tek seferde değil ancak farklı zamanlara bölüştürülerek azar azar alınması durumunda etki farklı mıdır?

Evet. Radyasyon etkisine bağlı olarak vücudun tamir mekanizması son derece hızlıdır. Bu nedenle, yüksek miktarda radyasyon dozlarının uygulandığı radyoterapi incelemelerinde ışınlamalar arasında uygun zaman aralıklarının olması sağlanır. Ancak bu husus radyasyon dozlarının çok daha düşük olduğu radyolojik incelemeler için söz konusu değildir.

Tanısal incelemelerin hepsinde riskler her zaman bu kadar düşük müdür? Kanser riskinin ciddi olarak arttığı durumlar söz konusu mudur?

Kuşkusuz söz konusudur. İnceleme yapılan cihazın doğrulukla çalışmaması ve bu cihazı kullanan personelin yeterli eğitimi almaması durumunda aynı ve/veya farklı incelemeler için hasta radyasyon dozları neredeyse 10-20 kat artabilmektedir.

Tanısal incelemelerde yüksek doz radyasyona bağlı olarak hastalarda ciddi sağlık etkileri görülebilir mi?

Cihaz arızasına ya da ciddi bir kullanıcı hatasına bağlı olarak hasta sağlığını etkileyecek kazaların ortaya çıkma ihtimali az da olsa vardır. Bu nedenle cihazların kalite kontrollerinin, bakım ve kalibrasyonlarının aksatılmadan bu konunun uzmanları tarafından yapılması ve kullanıcıların radyasyon korunması ile ilgili olarak gerekli eğitimi almaları gerekmektedir.



Bir X-ışın sisteminde ortaya çıkan arıza nedeni ile hasta kolunda meydana gelen çok ciddi deri yaralanması. Kazadan 3 hafta (solda) ve 6,5 ay sonra (ortada) ve cerrahi operasyondan sonraki görüntüler (sağda).

Çocuk hastalar için radyasyon kullanılarak yapılan incelemelerin daha fazla riski var mıdır? Eğer öyleyse ebeveynler ne yapmalılar?

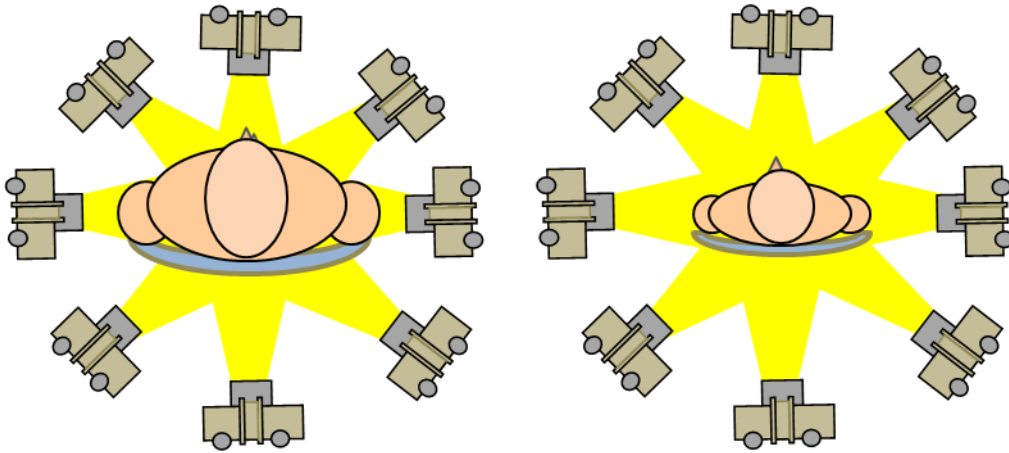
Herhangi bir nedenle hasar görmüş (mutasyona uğramış) DNA molekülünün, vücut tarafından onarılmadığı zaman, çoğalarak hasarı tüm hücreye yayması ve sonuçta kansere neden olması bilinmektedir. Çocuklarda hücrelerin bölünerek çoğalmasının yetişkinlere göre çok daha hızlı olması, radyasyona bağlı hasara uğramış hücreler için de söz konusudur. Bu nedenle çocukların radyasyona karşı hassasiyetleri daha fazladır ve riskleri yetişkinlere göre daha yüksektir. Radyasyona bağlı kanser uzun bir süre sonra ortaya çıktığından, yetişkinlere göre daha çok yaşam süresi olan çocuklarda bu riskler daha ciddidir. Bir çocuğun yaşamı boyunca sağlık nedenleri ile çok sayıda inceleme yaptırması söz konusu olabilir, her defasında riskler toplanacağı için, bu incelemelerde risklerin minimum düzeyde tutulması gerekir. Bu husus ise radyasyondan korunmanın optimum yapılmasını gerekli kılar.

Çocuklardan radyolojik tetkiklerin istenmesi durumunda ebeveynler radyasyonun kullanılmadığı tekniklerin (Manyetik Rezonans - MR, Ultrason gibi) alternatif olup olmayacağını hekimlerden sormalıdır. Radyasyonla incelemenin şart olduğu durumlarda, incelemeyi gerçekleştirecek personelden radyasyon riskini azaltan tüm koruyucu önlemlerin alınmasını talep etmelidirler. Başta bilgisayarlı tomografi olmak üzere, çocuk hastaların

incelemelerinde radyasyon dozlarının azaltılmasını sağlayan özel protokollerin kullanılıp kullanılmadığını yine ebeveynler sorgulamalıdır.

Çocuk hastaları en fazla hangi incelemelerde radyasyona maruz kalırlar?

Bilgisayarlı tomografi incelemelerinde. Yetişkin hastalar için kullanılan ışınlama protokollerinin çocuk hastalara da uygulanması, radyasyona bağlı sağlık risklerini ciddi ölçüde arttırmaktadır. Yetişkinlerle aynı şiddette radyasyona maruz kalan çocuklarda, kütlelerinin daha az olması nedeniyle dozlar daha yüksektir.



Bilgisayarlı tomografide hasta dozunu etkileyen çok sayıda faktör olması, çocuk hastaların incelemelerine ayrı bir dikkat gösterilmesini gerektirir.

Hamile kadınlar radyolojik inceleme yaptırabilirler mi?

Hamile kadınların, anne karnındaki bebeğin doğrudan radyasyon demeti içinde olmadığı radyolojik incelemeleri (kafa, göğüs, kol, bacak vs) –gerekli korunma önlemlerinin alınması şartıyla- yaptırımlarında bir sakınca yoktur. Bebeğin doğrudan ışınlanacağı ve radyasyon dozunun daha yüksek olduğu incelemeler (karın bölgesinin tomografi ve floroskopi incelemeleri), medikal bir gereksinim yoksa, hamilelik sonrasına ertelenebilir. İncelemenin zorunlu olması durumunda, anne karnındaki bebeğin minimum radyasyon dozuna maruz kalacağı bir teknikle yapılması gerekmektedir. Halen doğal nedenlere bağlı olarak, sakat bebek doğumları %1-6 arasındadır. Tanısal incelemeler için yüksek sayılabilecek bir radyasyon dozunun söz konusu olacağı bir incelemede (örneğin bir karın tomografisinde), bu risk %0.012 yani 1:8000 gibi çok düşük bir mertebededir. Kadın hastalar kendilerinden radyasyonun kullanılacağı bir inceleme istenmesi durumunda, hamile olup olmadıklarını ya da hamilelik



olasılıklarını, mutlaka ilgili hekime bildirmelidirler.

Bebęini emziren bir Kadın X-ışın incelemesi yaptırdıktan sonra süt vermeye devam edebilir mi?

Evet. Ancak vücuda radyoaktif madde verilmiş anneler için durum farklıdır ve ilgili hekime danışılması gerekir.



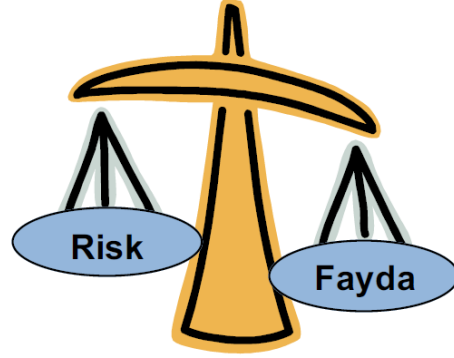
Mamografi incelemelerinin radyasyon riski var mıdır?

Bugün doğan her 10-12 kız çocuğundan bir tanesinin ileri ki yaşamında meme kanserine yakalanma riski vardır. Mamografi incelemeleri erken tanı için en önemli yöntemlerden bir tanesidir. Meme dokusunun radyasyon hassasiyeti birçok dokuya göre daha fazladır. Risk belki sıfır değildir ancak çok düşüktür. Örneğin 40 yaşında mamografi incelemesi yaptıran bir kadın hastanın radyasyon nedeni ile meme kanserine yakalanma olasılığı 1,41/100 000 dir.



Birçok hastalığın tanısında radyasyon kullanımı gerekli midir?

Radyasyon ile yapılacak incelemelerde mutlaka tıbbi bir gerekçe olmalıdır ve sonuçta elde edilecek tıbbi yararın radyasyon bağlanacak sağlık risklerinden fazla olması gerekmektedir. Radyasyon kullanmayan alternatif incelemeler öncelikli olarak düşünülmelidir.



Manyetik rezonans (MR) ve ultrason görüntülemesinde radyasyon kullanılıyor mu?

Hayır kullanılmaz.



Manyetik rezonans ve ultrason görüntüleme teknikleri birçok durumda iyonlaştırıcı radyasyonun kullanıldığı tekniklere alternatif olabilirler.

Radyasyon kullanımı daha güvenli yapılabilir mi?

Kuşkusuz yapılabilir. Cihazları kullanan kişilerin eğitimi, bu cihazların doğrulukla çalışması, rutin kalibrasyon ve kalite kontrollerinin yapılması ve korunma kurallarına uyulması gerekli olan en önemli hususlardır.

Radyasyon içeren incelemelerin yapıldığı sağlık kuruluşlarına giden hastalar önce neye dikkat etmelidir?

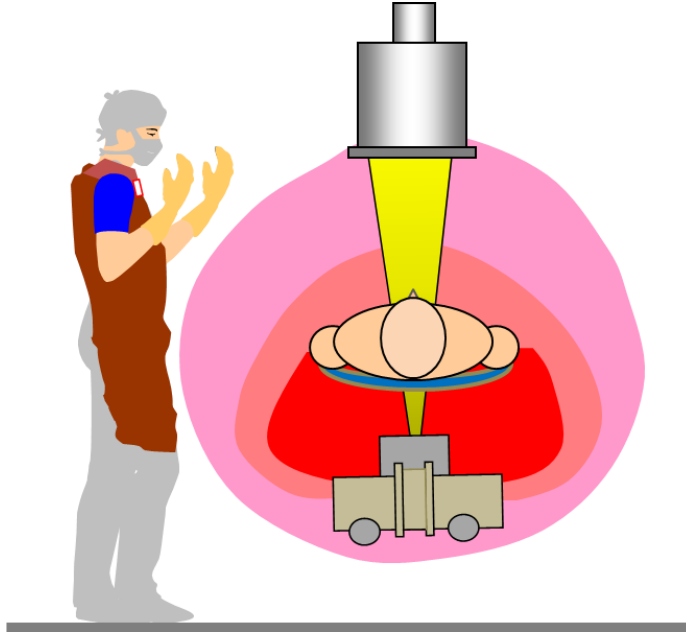
Kuruluşun Türkiye Atom Enerjisi Kurumu tarafından lisanslandığına emin olmalıdırlar.

Radyasyonun kullanıldığı işlerde çalışanların riskleri yüksek midir?

Radyasyonla çalışanlar diğer çalışanlara göre daha fazla radyasyona maruz kalırlar. Bu kişiler için sınır radyasyon değerleri belirlenmiştir. İşyerinde gerekli radyasyondan korunma önlemlerinin alınması durumunda çalışanların maruz kalacakları radyasyon dozları hiçbir şekilde bu sınır değerlerin üzerine çıkmaz. Sınır değerlerin belirlenmesinde, bu radyasyon dozlarında söz konusu olacak risklerin, radyasyonun kullanılmadığı diğer işlerde çalışanların maruz kalabilecekleri riskler ile mukayese edilebilir seviyelerde olmasına dikkat edilmiştir.

Radyoloji ve nükleer tıp incelemeleri yapan hekim ve diğer çalışanlar ne derecede radyasyona maruz kalıyorlar?

Gerekli korunma tedbirleri alındığında hekim ve diğer çalışanların radyasyon dozları izin verilen sınırların altında kalmaktadır. Ancak bazı girişimsel incelemeleri yapan hekimlerde ve yardımcı personelde radyasyon dozları çok daha yüksek olabilmektedir.



Hastadan ve X-ışın kaynağından saçılan radyasyon floroskopi incelemelerinde hekim ve diğer çalışanların radyasyon dozlarının önemli ölçüde artmasına neden olur.

Tanısal nükleer tıp incelemelerinde hastalar radyoaktif madde verildiğine göre riskler daha mı fazladır?

Radyolojik incelemeler ile benzer riskler söz konusudur. Hastaya verilen radyoaktif maddenin miktarı hastada radyasyona bağlı bir sağlık etkisi oluşturmayacak miktardadır. Çocukların incelemelerinde çok daha düşük aktiviteler kullanılır

Nükleer tıp incelemesi yaptırmış hasta ne kadar süre radyasyon yayar?

Bu süre hem hastaya verilen radyoaktif maddenin aktivitesi ve fiziksel yarı ömrüne hem de bu izotopla birlikte kullanılan ilacın yerleştiği organdan biyolojik atılımına bağlıdır. Örneğin, böbreklere yerleşen izotop + ilacın atılma süresi kemiklere yerleşene göre daha kısadır.

Japonya'da atom bombası yüzünden meydana gelen kanser ölümlerinin oranı nedir?

Hiroşima ve Nagazaki'ye atılan bombalardan 200 000 kişi bombanın fiziksel şok, ısı ve yüksek şiddetteki radyasyonun ani etkisiyle hayatını kaybetmiştir. Radyasyonun, sonraki yıllarda neden olacağı kanser vakalarının sayısının saptanabilmesi için, bombadan etkilenmiş olan 80 000 ve karşılaştırma amacıyla bombadan etkilenmemiş 25 000 kişinin sağlık izlemeleri başlatılmış ve halen devam etmektedir. Bu gruptan yaklaşık 17 000 kişi daha sonraki yıllarda doğal nedenlere bağlı olarak farklı kanserlerden ölmüştür. Radyasyona bağlı kanser ölümlerinin sayısı ise 527 kişidir (1950-2003). Etkilenen nüfusun tamamı öldüğünde bu sayının 1000'den biraz fazla olması beklenmektedir.



Çernobil kazasının sonuçları nedir?

Kaza anında (1986) ve sonraki yıllarda radyasyona bağlı olarak ölenlerin sayısı 50 kişidir. Takip edilen 18 milyon kişiden çoğu çocuk olmak üzere yaklaşık 5000 kişide tiroit kanseri saptanmıştır. Bu kanser nedeniyle 15 kişi hayatını kaybetmiştir (2011). En fazla radyasyona maruz kalan 600 000 kişiden (temizlik işçileri, patlama esnasında reaktörün çok yakınında bulunanlar) 4000 kişinin radyasyona bağlı olarak kanserden ölmesi beklenmektedir. Ancak, bu toplumda yaklaşık 120 000 kişinin de doğa nedenlerden dolayı kanserden ölmesi söz konusudur. Ülkemizde Karadeniz bölgesinde Çernobil kazası nedeniyle kanser artışlarının olduğunu söylemek bilimsel açıdan mümkün değildir.



Japonya da ki reaktör kazası sonucu ortaya çıkan sızıntı ne kadar tehlikelidir?

Kaza akabinde radyasyona bağlanabilecek sağlık sorunları ve ölüm olmamıştır. Japon toplumunda ve reaktör çalışanlarının büyük bir kısmında ölçülen radyasyon dozları düşük seviyededir. Bu düşük dozlara bağlı olarak kanser vakalarının görülmesi için süre henüz çok erkendir (kanserin radyasyon etkileşmesinden uzun bir süre sonra ortaya çıkabileceğini hatırlayınız). Ancak, ileriye yönelik olarak yapılan hesaplamalarda kanser olasılıklarının çok düşük olduğu ve olsa bile doğal nedenlerle ortaya çıkacak kanser vakalarından ayırt edilemeyeceği belirtilmektedir. Yüksek radyasyona maruz kalan çok az sayıdaki (yaklaşık 12 kişi) genç reaktör işçisinin ise düşük olasılıkla tiroid kanserine yakalanabilecekleri belirtilmektedir.



**Ölüm ya da ağır yaralanma ile sonuçlanan başka radyasyon kazaları olmuş mudur?
Olmuşsa esas nedenleri saptanmış mıdır?**

Evet, endüstride ve radyo terapi uygulamalarında kullanılan radyasyon kaynaklarının neden olduğu birçok kaza vardır. Genelde, radyasyon kullanan cihazların doğru çalışmaması ve eğitimsiz personel bu kazalara neden olmuştur.



Yüksek dozda radyasyonun neden olduğu iki kaza sonucunda ortaya çıkan ileri derecede deri yaralanmaları

Dünyada ve Türkiye de Radyasyon kazaları sonucu ölen insanların sayısı nedir?

Dünyada 1944-2001 yılları arası 420 kaza meydana gelmiş ve 133 kişi ölmüştür. Türkiye’de 1955-2001 arası 17 kaza olmuş ancak ölen olmamıştır.

Nükleer reaktör yakınında oturan halk için radyasyona bağlı bir risk söz konusu olmuş mu dur?

Hayır, farklı gruplar tarafından nükleer tesislere yakın yaşam yerlerinde yapılan çalışmalarda, böyle bir riskin olmayacağı anlaşılmıştır. Özellikle çocuklara odaklandırılan ve birçok ülkede gerçekleştirilmiş olan bu araştırmalarda birbirini destekleyen sonuçlar elde edilmiştir.

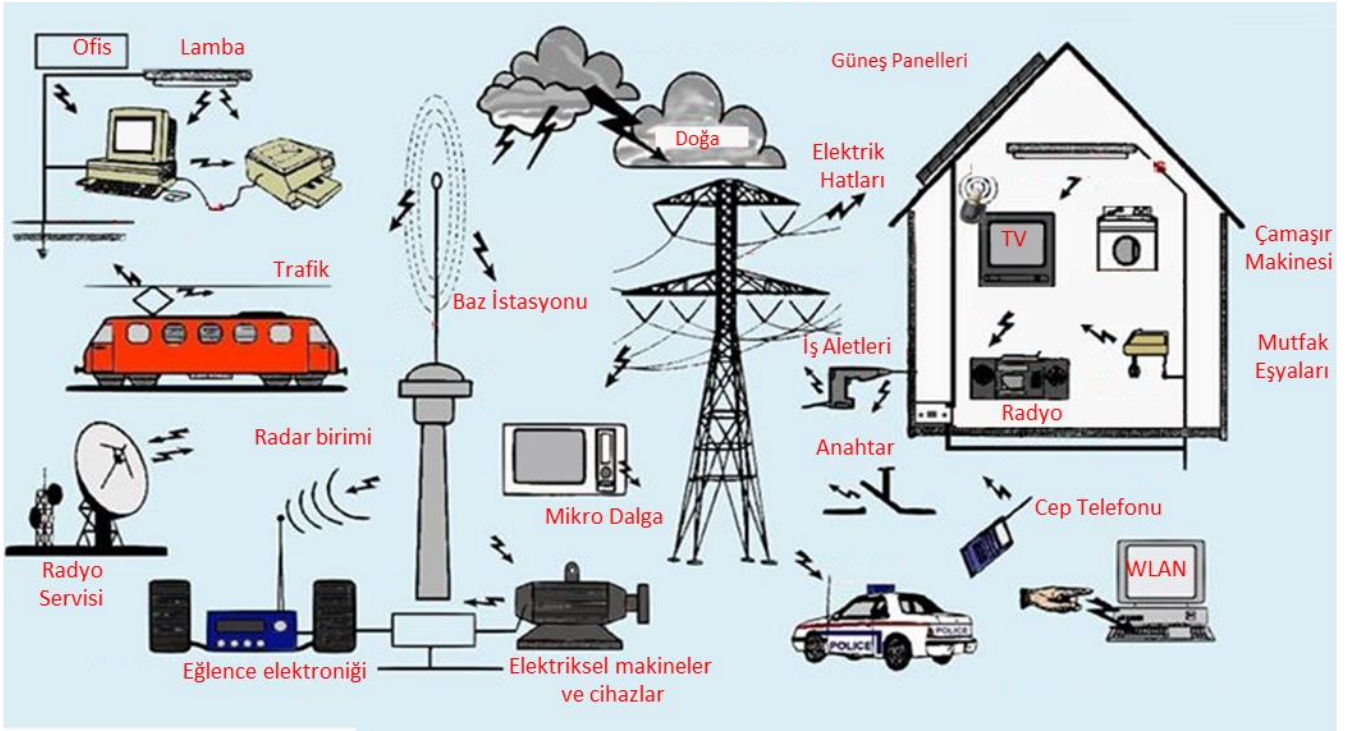
Nükleer reaktörlerin bacasından radyoaktif madde salınır mı?

Evet, ancak bu radyasyon son derece düşük dozda olup çevreye bir zarar vermesi söz konusu değildir. Kömür yakan santrallerin bacalarından da düşük miktarda radyoaktif madde salınmakta, bazı durumlarda bu radyasyonun miktarı aynı enerjideki nükleer santrale göre daha fazla olabilmektedir.



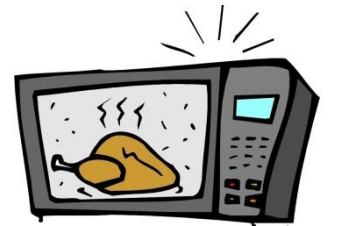
Elektrikle çalışan ev aletleri, özellikle cep telefonları sağlığa zararlı mıdır?

Hayır. Bilhassa cep telefonları üzerine medyada çok sayıda spekülasyon haber çıkmaktadır. Telefonların kullandığı radyasyon, iyonlaştırıcı yani atomun elektronlarını koparacak enerjide değildir. Sadece çok küçük sıcaklık artışı söz konusudur. Bugüne kadar yapılan araştırmalarda insan sağlığını etkileyecek hiçbir bulguya rastlanmamıştır. Ancak bu bağlamda, bu tür etkilerin ilerideki yıllarda ortaya çıkıp çıkmayacağı sorusu sorulabilir; Yanıtı ise, söz konusu araştırmaların yıllardır birçok saygın bilimsel kuruluş tarafından ve birbirinden bağımsız olarak yapıldığı ve birbirini doğruladığıdır. Ancak, konu ile ilgili araştırmalar hala sürmektedir ve sürmesinde de kuşkusuz yarar vardır, zira her geçen gün yeni teknolojiler –bazen sağlıkla ilgili tüm araştırmalar yapılmadan - toplumun hizmetine sunulabilmektedir.



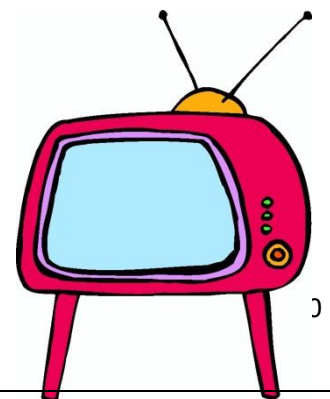
Mutfaklarda kullanılan mikro dalga fırınlar kişileri ve gıdaları etkiler mi?

Hayır, bu fırınlar iyonlaştırıcı olmayan radyasyon yayarlar, kişiler ve ısıtılan gıdalar için sağlığı tehdit edici etkileri yoktur.



Televizyon ve bilgisayar ekranlarından radyasyon yayılır mı?

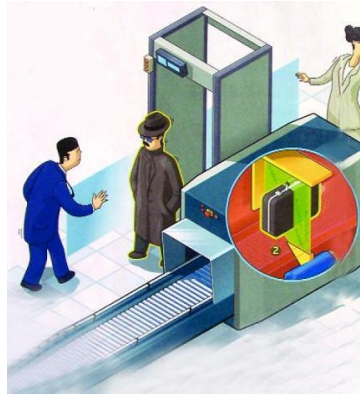
Tüplü televizyon ve ekranlardan çok düşük şiddette bir radyasyon yayılır, bu radyasyonun insan sağlığını etkilemesi hiçbir şekilde mümkün değildir (aksi takdirde milyonlarca katarakt hastası ortaya çıkardı). Günümüz teknolojisinde kullanılan panel tipi televizyon ve



ekranlar, bu düşük şiddetteki radyasyonun bile söz konusu olmadığı, farklı bir teknolojiye sahiptirler.

Hava alanlarında kullanılan "X-Ray" tarayıcılarının yaydığı radyasyonun etkisi nedir ?

Tarayıcıdan geçen bir kişinin aldığı radyasyon 1-2 dakikalık uçak yolculuğunda alınan radyasyon kadardır. Dolayısıyla, insan üzerine herhangi bir sağlık etkisi yaratması söz konusu değildir



REFERANSLAR

Birçok bilimsel makale ve aşağıda isimlerini verdiğim uluslararası bilim kuruluşlarının yayımları kullanılmıştır.

- International Atomic Energy Agency (IAEA).
- World Health Organization (WHO).
- United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, Sources and Effects of Ionizing Radiation (UNSCEAR Reports).
- National Council on Radiation Protection (NCRP)
- International Commission on Radiological Protection (ICRP).
- National Research Council (BEIR Report)

- American Association of Physicist in Medicine
- European Community (EC)
- Radiological Science of North America (RSNA)