

Radyasyonlar Vücudumuzu Nasıl Etkiliyor, Radyasyon Dozunun Anlamı?

Yüksel Atakan, Dr.Fizik Y.Müh., Almanya

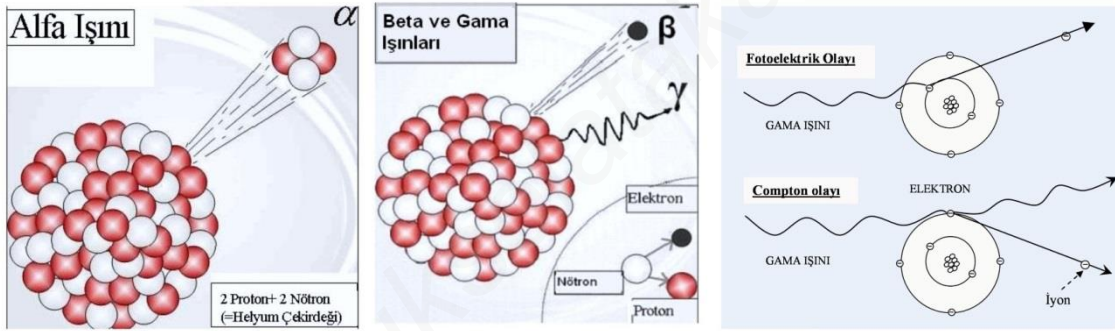
Radyasyon Nedir?

Radyasyon, enerjinin bir yerden başka bir yere ışınlar ya da tanecikler halinde iletiminden başka bir şey değil. Tüm radyasyonlara, çok çeşitli frekanslarda titreşen enerji paketlerinden oluşan ışınlar gözüyle de bakılabilir. İyonlayıcı radyasyonlar, ya Röntgen ve gama ışınları gibi Elektro Manyetik (EM) ışıklardan ya da alfa ve betalar gibi çok hızlı taneciklerden oluşuyorlar. Bu çeşit radyasyonların **iyonlayıcı radyasyon** olarak adlandırılması, molekül ve atomlardan elektron sökebilecek kadar yüksek enerjide olmaları sonucu bunları iyonlaştırmasından kaynaklanıyor (Bkz Şekil 1). Böylece ortaya, bir serbest elektronla, arta kalan, artı yüklü bir atomdan (iyon) oluşan bir 'iyon çifti' çıkıyor.

Radyoaktif madde nedir?

Atom çekirdeklerinden kendiliğiden alfa, beta ve gama ışınları yayınlayan maddeler radyoaktif madde olarak adlandırılıyor.

Not: Cep telefonları ve baz istasyonlarından yayınlanan, radyo dalgaları olarak da adlandırılan, EM radyasyonlar (ya da EM dalgalar) çok daha düşük enerjileri nedeniyle atomlardan elektron sökemediklerinden iyonlayıcı radyasyonlar değildir. Bunlar, doku ve hücrelere girip aktardıkları enerjilerle çok daha az etkili olabiliyorlar, ancak atom ve atom çekirdeğine girip etkili olamıyorlar.



Şekil 1: Soldaki iki şekilde radyoaktif bir maddenin atom çekirdeğinden yayınlanan alfa, beta ve gama radyasyonları gösteriliyor. En sağdaki şekilde ise atom çekirdeğinden yayınlanan gama ışınlarının, başka atomlara çarpmasıyla, enerjilerinin bir bölümünü bunlara aktararak iyon çiftleri oluşturması gösteriliyor (iyon çifti: serbest kalan elektron ile arta kalan atom) /4/

Kanser olasılığı?

Röntgen filmi çektirirken Röntgen makinesinden vücudumuza giren 'Röntgen ışınları' da, radyoaktif maddelerden yayınlanan alfa, beta ve gama ışınları da vücudumuza girdiğinde çok az olasılıkla kanser yapabiliyorlar. Vücudumuzda kanser oluşup oluşmaması, ışınların (radyasyonların) cins ve miktarıyla, etkilenen organın cinsine ve ışınlanma süresine bağlı. Aktarılan radyasyon enerjisiyle, bunun süresi, aşağıda açıklayacağımız 'Etkin Doz' kavramının temeli olup, bu doz, kanser olasılığı (riski) için, önemli bir ölçüt.

Radyasyondan korunmada amaç ?

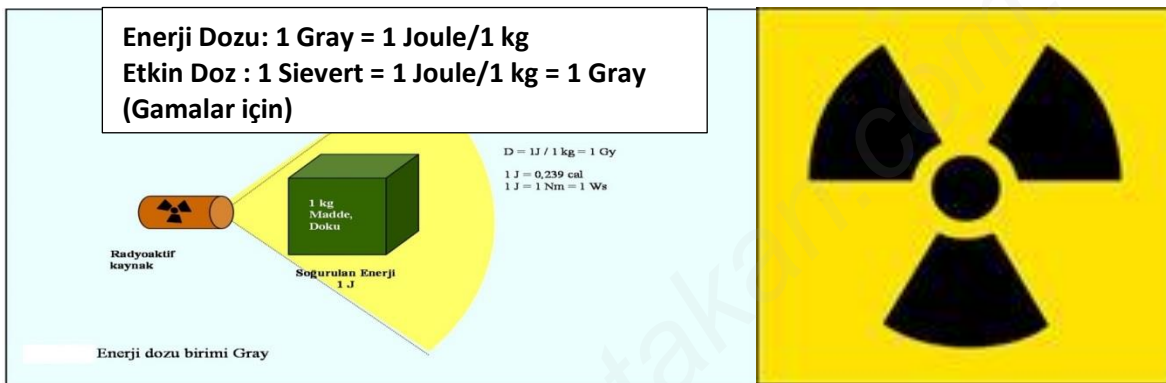
İyonlayıcı radyasyondan korunmada amaç, doğada, tıp ve teknolojiye ortaya çıkan radyasyonlardan insanı ve çevreyi korumanın yanı sıra, radyasyonların tıp ve teknolojiye uygulamarından da insanlara yarar sağlamaktır. Bu nedenle tıp ve teknolojiye her bir radyasyon uygulamasının daima

insana yarar sağlayacak bir gerekçesi olmalı ve uygulama sırasında alınacak radyasyon dozu da, akıl ve mantığımızla uyumlu olacak şekilde 'olduğunca düşük ya da az' olmalıdır. Örneğin tıpta, Röntgen filmi çekiminde ve Bilgisayar Tomografi taramasında, bunlar bize, tanı amaçlı yarar sağladığı ve alınan radyasyon dozları da akıl ve mantıkla uyumlu olacak şekilde düşük tutulabildiği için bu uygulamalar kabul görmektedir.

Enerji Dozu

Radyasyonla yapılan araştırmalar, radyasyonun vücuda olabilecek etkisinin, ilgili organın kilogramı başına, o organa aktardığı enerji miktarına (Joule) bağlı olduğunu göstermiştir ki bu Enerji Dozu'dur Birimi Joule/kg olup, Gray (Gy) ve miliGray (mGy) adlarıyla kısaltılmıştır.

1 Gray=1000 mili Gray= 1 Joule/kg (herhangi bir maddede, örneğin vücut dokusunda enerji soğurumu).



Şekil 2: Bir radyasyon kaynağından yayınlanan iyonlayıcı radyasyonların maddeyi ısınlaması ve maddede dozun oluşması şematize ediliyor. Sağdaki şekil, bir radyasyon kaynağının bulunduğu yere konan 'Radyasyon Uyarı' işareti /4/.

Eşdeğer Doz

Aynı enerji dozundaki farklı radyasyonlar yolları boyunca, vücuttaki dokularda farklı uzaklıklarda enerjilerini bıraktıklarından, geçtikleri hücreleri yoğun ya da az etkileyebiliyorlar ve böylelikle farklı bozunmaya neden oluyorlar. Örneğin kütleleri büyük olan alfa ışınları, deri yüzeyindeki hücrelerde soğurularak ya da enerjilerini onlara aktararak, aynı enerji dozundaki Röntgen ışınlarından 20 kat daha fazla bozunmaya neden olabiliyorlar. Buradan 'Eşdeğer doz' kavramı ortaya çıkıyor ki bu da Enerji Dozunun 'kalite katsayısı' olarak adlandırılan bir katsayı ile çarpımından oluşuyor (Alfalar için kalite katsayısı : 20). Eşdeğer doz birimi Sievert (Sv), ancak daha çok binde biri olan mili Sievert (mSv) kullanılıyor.

Etkin Doz

Vücuttaki çeşitli organ ve dokuların radyasyona duyarlılığı farklı olduğundan hem bunların etkilerini karşılaştırmak hem de tüm vücudun etkilendiği dozu ve oluşabilecek kanser riskini hesaplayabilmek için 'Etkin Doz' kavramı türetilmiştir. Genellikle, radyasyondan korunmada, biyolojik bir doz olan etkin doz kullanılıyor. Etkin doz, radyasyonun sadece özelliklerini değil, bunun yanı sıra, ısınlanan organın bu radyasyona olan duyarlılığını da içeriyor. Bu nedenle etkin doz, insana, radyasyonun ne derece etkili olabileceğini de göstermiş oluyor. Örneğin aynı eşdeğer doz için akciğerlerdeki kanser olasılığı (riski), tiroid bezine oranla 3 kat daha yüksek. Tüm vücudun kanser olasılığını kestirebilmek için ise her bir radyasyon cinsi ve etkilenen her bir organ için kanser olasılıklarının hesaplanıp, toplanması gerekiyor. Etkin doz, bir organın radyasyona duyarlılığını hesaba katan 'Doz Ağırlık katsayısı'yla, eşdeğer dozun çarpımından

oluşuyor, birimi Sievert (Sv, mSv). Organların doz ağırlık katsayıları Çizelge 1’de yer alıyor. Görüldüğü gibi tüm vücut için doz ağırlık katsayılarının toplamının 1 olması gerekiyor. Bu değerleri Uluslararası Radyasyondan Korunma Kurulu (ICRP), zamanla gelişen bilimsel araştırmalara bağlı olarak, ilgili yayınlarında açıklıyor. Son değerler 2007 yılındaki ICRP yayınında bulunuyor.

Doz ağırlık katsayısı örneğin Tiroid bezi için 0,04. Bunun anlamı, örneğin tiroid bezinin büyüklüğünü belirleyebilmek için iyot 131 radyoaktiviteli su içirilen bir hastanın tiroid bezi 100 mSv’lik bir ,tiroid dozu’ aldıysa (eşdeğer doz), bu dozun hastada tiroid kanseri oluşturma riskiyle, o kişinin tüm vücudunun 4 mSv’lik doz alması sonucu ($100 \times 0,04 = 4$ mSv, tüm vücut Etkin Dozu’nun) vücuttaki kanser riskinin aynı olacağıdır.

Özetle, ,Etkin Doz’, kavramı ile, çeşitli cins ve kaynaklı radyasyonların vücuttaki etkileri, kanser riskleri karşılaştırıyor, mSv olarak aynı değerler, aynı kanser olasılığını (riskini) gösteriyor.

Çizelge 1: Farklı dokular için Doz Ağırlık Katsayıları (Vücudun ilgili organının aldığı Eşdeğer Doz bu çizelgedeki katsayı ile çarpılarak Etkin Doz hesaplanıyor)

Organlar	Doku Doz Ağırlık Katsayıları		
	ICRP26 1977	ICRP60 1990	ICRP103 2007
Gonadlar (Yumurtalıklar)	0.25	0.20	0.08
Red Bone Marrow (Kırmızı Kemik iliği)	0.12	0.12	0.12
Colon (Kalın bağırsak)	–	0.12	0.12
Lung (Akciğer)	0.12	0.12	0.12
Stomach (Mide)	–	0.12	0.12
Breast (Göğüs, meme)	0.15	0.05	0.12
Bladder (Mesane)	–	0.05	0.04
Liver (Karaciğer)	–	0.05	0.04
Oesophagus (Yemek borusu)	–	0.05	0.04
Thyroid (Tiroid)	0.03	0.05	0.04
Skin (Deri)	–	0.01	0.01
Bone surface (Kemik yüzeyi)	0.03	0.01	0.01
Salivary glands (Tükürük bezleri)	–	–	0.01
Brain (Beyin)	–	–	0.01
Remainder of body (Arta kalan vücut)	0.30	0.05	0.12
Toplam	1.00	1.00	1.00

İyonlayıcı Radyasyonların Vücuda Etkileri?

Radyasyonların vücuda etkileri, ancak 300 - 1000 mSv gibi ve hatta daha yüksek dozlarda gözlemleniyor (Örneğin deride kızarma, kanda değişiklik gibi). Yüksek dozlarda etkinin, doz arttıkça artmasına karşın, **düşük radyasyon dozlarında, doz arttıkça etki değil, ‘etki olasılığı’ artıyor (Ya da başka bir deyimle: doz arttıkça, etki daha sık gözleniyor).**

Düşük dozlarda da radyasyon enerjisinin vücuda aktarılması sonucu hedefteki hücre moleküllerinde bozunma ortaya çıkabiliyor. Örneğin hücrelerindeki DNA molekül bağlarının koparılmasıyla, hücrenin kendi onarım mekanizmasına rağmen bunların onarılamayarak kanserin ortaya çıkmasıyla sonuçlanabiliyor. Eğer radyasyon dozu belirli bir üst sınırı aşarsa, o zaman dokularda da bozunma başlayabiliyor. Tipik doz üst sınır değeri: bir kaç yüz mili Sievert.

Düşük dozlarda vücuda etki istatistiksel. Örneğin büyük bir toplulukta (10 bin, 100 bin kişi gibi) her kişi aynı radyasyon dozunu almış ise, bunlardan rastgele bazı kişilerin kansere yakalanması söz konusu olabiliyor. Ancak, bu topluluktan ileride kansere yakalananlar içinde, kimlerin bu düşük dozdaki radyasyonun etkisiyle kansere yakalandığını belirlemek olanaksız. Çünkü kanser yapabilen çok sayıda başka etken olduğunu biliyoruz. Örneğin iyi yanmamış kömür ateşinde pişen bir pirzolada biriken yüzlerce kanser yapabilen madde bulunuyor. Fabrika baca ve otomobil egzoz gazlarındaki kimyasallarla kirlenen havayı soluyanlar da kansere yakalanabiliyorlar. Tüm dünyada ortalama olarak insanların % 40'ı çeşitli nedenlerle (ya da bilinmeyen nedenlerle), yaşamları boyunca kansere yakalanıyorlar ve ölenlerin % 25 kadarı da kanserden ölüyor.

Özetle: Çok büyük kanserli sayılarının içinde, radyasyondan ölümler olup olmadığını ve olduyorsa bunların kaç kişi ve kimler olduğunu belirlemek ise olanaksız. Benzer durum, yediğimiz besinlerdeki ya da soluduğumuz havadaki bazı kimyasal maddelerin kansere neden olup olmadığı için de geçerli.

Etkin Doz Ölçümleri

Vücuttaki her organda ölçüm yapılamayacağından, etkin dozun vücutta doğrudan ölçümü olası değil. Bu nedenle radyasyona hedef olan bir kişinin bulunduğu yerde, sabit ya da portatif bir aletle radyasyon doz hızı (saatte alınan radyasyon dozu : mSv/h) ya da ,ortam radyasyonu' ölçülerek o kişinin orada ne süre kaldığı da belirlenerek, aldığı eşdeğer doz hesaplanıyor. Eşdeğer ortam dozundan etkin dozun bulunması ise, ilgili radyasyonların cinsleri ve doz ağırlık katsayıları (Çizelge 1) göz önüne alınarak yapılabiliyor ya da bu, ölçüm aletlerinde ilgili iç düzeltmeyle sağlanıyor.

Radyasyon Dozu Nasıl Azaltılır?

Çevremizde bir radyasyon kaynağı varsa, bundan olduğunca uzak durmak ve orada bulunma süremizi kısaltmak, ayrıca kurşun ve demir gibi duvar zırhlar kullanmak vücudumuzun alacağı radyasyon dozunu büyük ölçüde azaltacaktır. Ayrıntılar için bkz. /4/.

Doz Değerlerine Örnekler

Gerek doğal radyasyonlarla (örneğin topraktan besinlere geçen uranyum'la, ayrıca kozmik ışınlarla) gerekse tıp ve teknolojiye kullanılan radyasyon kaynaklarından, özellikle tıptaki gereksinimimize göre, az ya da çok ışınlanmaktayız.

Büyük değişimler gösteren doğal radyasyon dozunun dünya ortalaması kişi başına yılda 2,4 mSv (Etkin Doz).

Buna ek olarak tıp ve teknolojiye radyasyon kaynakları kullanımı sonucu ortalama olarak da yılda 1,6 mSv kadar etkin radyasyon dozu almaktayız.

Böylelikle yılda aldığımız toplam ortalama etkin doz: 4 mSv.

Avrupa'dan New York'a yapılan bir uçak yolculuğunda kozmik ışınlardan alınan ortalama Etkin Doz yaklaşık olarak 0,05 mSv.

Röntgen göğüs filmi çektiğimizde aldığımız ortalama etkin doz 0,02- 0,05 mSv.

Bilgisayar Tomografi (BT) taramasında alınan etkin doz 1 ile 10 mSv arasında değişiyor.

Radyasyondan korunmada sınır değerler

Her radyasyon uygulamasının gerekçelendirilmesi ve planlanan işin optimize edilerek daha az radyasyon dozunun alınması gereğinin yanı sıra, radyasyondan korunmada sınır değerlere de uyulması gerekiyor. Radyasyonlarla uğraşanlar sürekli kontrol altında olup gerektiğinde işten bir süre uzaklaştırılabileceklerinden onlar için yılda alabilecekleri radyasyon doz sınırı değeri yılda 20 mSv iken, halktan bir kişi için sınır değeri sadece 1 mSv. Doğal radyasyonlar için bir sınır değeri bulunmuyor.

Tıptaki uygulamalar için de sınır değeri konulmayarak hastanın iyileştirilmesi ön planda tutularak, radyasyon riski ikinci plana alınıyor.

Radyasyon tedavisinde alınan doz

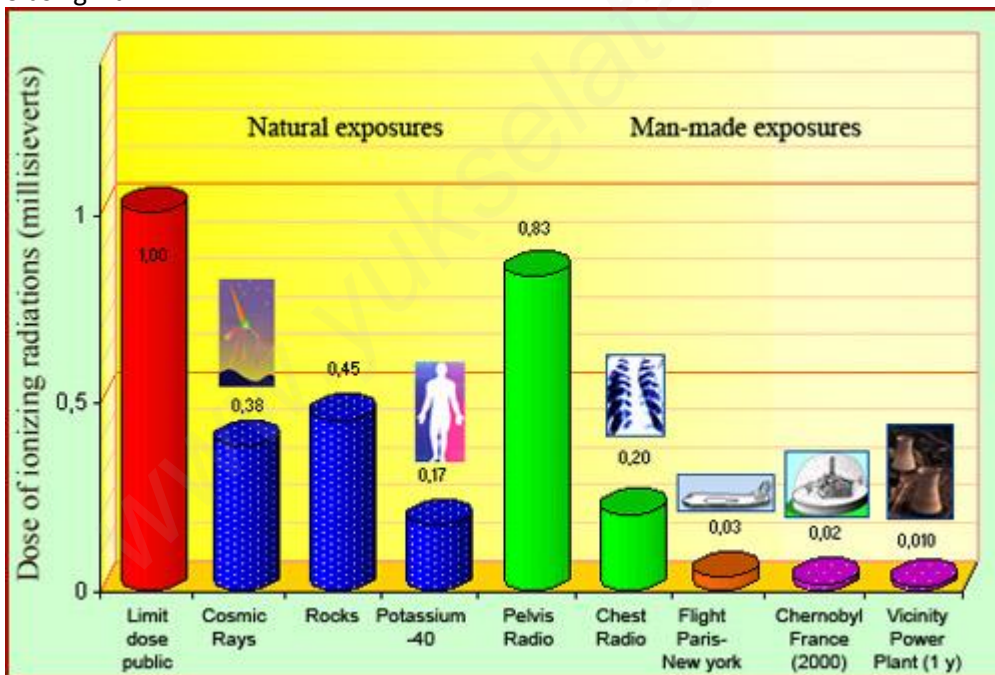
Radyasyondan tedavisinde amaç kanserli hücrelerin öldürülmesi olduğundan, ışınlamanın yaratacağı ek kanser riskini göz önüne almak anlamsız. Burada, 10 ile 50 Gray arasında hatta daha da yüksek enerji dozları kullanılarak tümörlerin öldürülmesi sağlanıyor.

Doğal Radyasyonlarla Sürekli Işınılanıyoruz

Aslında insan, yer yüzünde bulunduğu beridir, uzaydan gelen kozmik ışınlar ile çevresinde ve vücudunda bulunan, „Doğal Radyoaktif Maddelerden“ yayılan radyasyonlarla birlikte yaşamakta. Vücudumuza solunum ve sindirim yollarıyla, hava, su, tüm bitkisel ve hayvansal besinlerde, (az da olsa) bulunan, radyoaktif maddeler girmekte, bunlar zamanla çeşitli organlarda birikmekte.

Vücudumuzda her saniye 9000 adet kadar atom çekirdeği bozunuyor (parçalanıyor). Günde 800 milyona yakın! Ve her parçalanmada ortaya çıkan enerjileri yüksek radyasyonlar, insan vücudunu „içten“ ışınlıyorlar.

Ayrıca kozmik ışınlarla ve çevremizdeki herçeşit maddenin içindeki radyoaktif maddelerden salınan ışınlarla da sürekli olarak „dıştan“ hedef olmaktadır. Vücudumuzdan yayınlanan radyasyonlar da, çevremizde bize yakın kişileri az da olsa ışınlamaktalar. Öte yandan, bir röntgen filmi çektiğimizde, vücudumuza 100 milyar kadar ışın girmesine rağmen vücutta „belirgin bir hasar“ ya da hastalık başgöstermiyor. Her ne kadar hücreler, radyasyonlara karşı gerekli savunmayı yaparak kendilerini korumakta iseler de giriciliği yüksek iyonlayıcı ışınların, hücre ve organlarda hasar oluşturabilmesi, düşük dozlarda çok seyrek olarak da kanser gibi ölümlerle sonuçlanabilecek hastalıklara yol açması olasılığı var.



Şekil 3: Doğal ve insan yapısı diğer başlıca kaynaklardan yayınlanan radyasyonlardan aldığımız dozlar (mSv). Soldaki kırmızı sütun halktan bir kişi için sınır değeri olan yıllık 1 mSv'lik Etkin Doz'u gösterirken diğerleri bunun yanında daha az kalıyor (Pelvis Radiology: insanın leğen kemikleri bölgesinin röntgeni ya da taranması, Chest radiology: Göğüs röntgeni), en sağda nükleer santral çevresinde yaşayanların yılda aldıkları radyasyon dozu 0,01 mSv) gösteriliyor /5/.

Sonuç

Doğal ve insan yapısı radyoaktif maddelerden, Röntgen aletlerinden yayınlanan ışınlarla, kozmik ışınlarla, etkilenmekteyiz. Bunların vücudumuza aktardıkları enerji miktarı radyasyon dozunu oluşturmakta, bu doz da atom ve moleküllerde değişiklikler yapmaktadır.

Yukarıda vurguladığımız gibi, tıp ve teknolojiadaki her bir radyasyon uygulamasının insana daima yarar sağlayacak bir gerekçesi olmalı ve uygulama sırasında alınacak radyasyon dozu da, akıl ve mantığımızla uyumlu olacak şekilde 'olduğunca düşük ya da az' olmalıdır. Doğal radyasyon dozu da, bize ayrıca bununla ilgili karşılaştırma ve değerlendirme yapmamızı sağlayan önemli bir ölçüt olmaktadır.

Not: Bu yazı, 30 Ekim 2020 günü Herkese Bilim Teknoloji dergisi portalında yayımlanmıştır.

.....

Kaynaklar

/1 / Bundesamt für Strahlenschutz, https://www.bfs.de/DE/themen/ion/ion_node.html

/2/ <https://www.bfs.de/DE/themen/ion/wirkung/strahlenempfindlichkeit/strahlenempfindlichkeit.html>

/3/https://www.bfs.de/DE/themen/ion/anwendung-medizin/diagnostik/nuklearmedizin/nuklearmedizin_node.html

/4/ Radyasyon ve Sağlığımız? kitap, Y.Atakan, Nobel Yayınları, 2014 ,
https://www.nobelkitap.com/kitap_113005_radyasyon-vesagligimiz.html

/5/ https://www.radioactivity.eu.com/site/pages/Effective_Dose.htm