

PAPER DETAILS

TITLE: Radyasyon ve İnsan Sagligi Üzerindeki Etkileri

AUTHORS: Ecem GÖKOGLAN,Meliha EKINCI,Emre ÖZGENÇ,Derya ILEMÖZDEMİR,Makbule ASIKOGLU

PAGES: 289-294

ORIGINAL PDF URL: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/1022883>

Radyasyon ve İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri

Radiation and Its Effects on Human Health

Öz

İnsanlar hayatın hemen her alanında birçok kaynak nedeniyle radyasyona maruz kaldıklarından, radyasyonun insan sağlığı üzerindeki etkileri önemli bir araştırma konusu olagelmıştır. X ışınlarının keşfinin ardından, nükleer savaş (Hiroşima ve Nagazaki atom bombası saldırıları) ve reaktör kazaları (Çernobil felaketi) gibi belirleyici gelişmelerle bu alandaki çalışmalar hız kazanmıştır. Maruz kalınan radyasyon türü, dozu ve maruziyet süresinin başlıca faktörler olduğu tespit edilmiş ve iyonize radyasyonun non-iyonize radyasyona kıyasla daha ciddi etkilere sebep olduğu kanıtlanmıştır. Bu çalışmada radyasyonun insan sağlığı üzerindeki etkilerine dair bilgiler derlenmiştir.

Anahtar Sözcükler: insan sağlığı; radyasyon; radyasyonun etkileri

Abstract

As humans are exposed to radiation from various sources in almost every area of life, effects of radiation on human health have been an important subject of research. Starting with the discovery of X-rays, studies in this field were accelerated by pivotal developments such as nuclear warfare (atomic bombings of Hiroshima and Nagasaki) and reactor accidents (the Chernobyl disaster). Type of radiation exposure and exposure time and dose have been determined to be the primary factors, while ionizing radiation has been proven to have more serious effects than does non-ionizing radiation. In this review, we compiled information about the effects of radiation on human health.

Keywords: human health; radiation; radiation effects

**Ecem Gökoğlan¹, Meliha Ekinci²,
Emre Özgenç², Derya İlem
Özdemir², Makbule Aşıkoğlu²**

¹ Yeditepe Üniversitesi Eczacılık
Fakültesi, Farmasötik Kimya Anabilim
Dalı

² Ege Üniversitesi Eczacılık Fakültesi,
Radyofarmasi Anabilim Dalı

Geliş/Received : 26.03.2020

Kabul/Accepted: 07.05.2020

DOI: 10.21673/anadoluklin.709434

Yazışma yazarı/Corresponding author

Derya İlem Özdemir

Ege Üniversitesi Eczacılık Fakültesi,
Radyofarmasi Anabilim Dalı, 35100
İzmir, Türkiye
E-posta: deryailem@gmail.com

ORCID

Ecem Gökoğlan: 0000-0002-2488-9698
Meliha Ekinci: 0000-0003-1319-3756
Emre Özgenç: 0000-0002-7586-8520
Derya İlem Özdemir: 0000-0002-1062-498X
Makbule Aşıkoğlu: 0000-0002-4095-2714

GİRİŞ: RADYASYON

Çekirdeğinde dengeli sayıda proton ve nötron içermeyen atomlara radyoaktif atom denir. Bu atomlar fazla enerjilerinden kurtulup daha kararlı bir yapıya geçmek ister. Radyoaktif çekirdeklerin kararlı bir yapıya ulaşabilmek amacıyla ortama yaydıkları enerjiye radyasyon denir (1). Yaşamımızın neredeyse her alanında radyasyona maruz kalırız. Isı, ışık ve ses gibi etkileri olmayan radyasyon kaynakları, doğal ve yapay kaynaklar olarak ikiye ayrılır (2):

Doğal radyasyon kaynakları: Doğal radyasyon, doğada kendiliğinden var olan radyasyondur ve tüm canlılar bu radyasyona maruz kalır. Kozmik ışınlar, radon gazı, gama radyasyonu ve radyoizotopların solunum ve sindirim gibi yollarla vücuda alınmasıyla oluşan iç ışınlanma, doğal kaynaklara örnektir (3). Baş doğal radyasyon kaynağı radon gazıdır. Radon gazı kayalarda ve toprakta bol miktarda bulunur, evlerin temellerindeki açıklık ve çatlaklardan içeri girerek insan vücuduna zarar verir (4). Radon gazının sigaradan sonraki en önemli akciğer kanseri etkeni olduğu tespit edilmiştir (5). Bir diğer doğal radyasyon kaynağı olan kozmik ışınlar ise yüksek enerjiye sahiptir. Bunların büyük kısmı atmosfer tarafından tutulur ve böylece yeryüzüne yönelik zararı önlenir. Deniz seviyesinden yüksekliğe göre, maruz kalınan kozmik ışınlarla bağlı radyasyon miktarı değişiklik gösterir. Deniz seviyesinden yükseğe çıkıldıkça radyasyona maruziyet artar. Bu durumdan en çok meslekleri nedeniyle pilotlar etkilenmektedir (4).

Yapay radyasyon kaynakları: Doğada kendiliğinden var olmayan, teknolojik gelişmelerin de etkisiyle insan faaliyetleri sonucunda oluşan radyasyondur (6). Tıbbi uygulamalar, nükleer santraller, nükleer silah denemeleri ve televizyon, bilgisayar, radyo, duman dedektörleri gibi birçok ürün, yapay radyasyon kaynağıdır (2). Bunlar arasında en büyük pay tıbbi uygulamalara aittir.

Eskiden radyasyona maruziyette doğal radyasyona maruziyet daha geniş bir yer tutarken, günümüzde yapay radyasyona maruziyet giderek daha büyük bir yüzde teşkil etmektedir (Görsel 1) (7). Bunun başlıca nedeni tıp teknolojisindeki ilerlemelerdir. Son yirmi yılda, örneğin kanser ve kalp hastalıklarının tanı ve tedavisinde olmak üzere, bilgisayarlı tomografi (BT), girişimsel radyoloji ve nükleer tıp uygulamaları oldukça yaygınlaşmıştır (7).

RADYASYON ÇEŞİTLERİ

Radyasyon temelde iyonize (ya da, iyonlaştırıcı) ve non-iyonize (iyonlaştırıcı olmayan) radyasyon olarak ikiye ayrılır (3):

İyonize radyasyon: Atom veya molekülden elektron kopararak iyon oluşmasına neden olan radyasyondur. Parçacık (alfa ışını, beta ışını, nötronlar) ve dalga (X ışınları, gama ışınları) tipi olmak üzere iki gruba ayrılır.

Non-iyonize radyasyon: Karşılaştığı atom veya molekülden iyon oluşmasına neden olmayan radyasyondur. İyonize radyasyona kıyasla daha düşük enerjiye sahip olduğu için zararlı etkileri daha azdır. Görünür ışık, morötesi ışık, kızılötesi ışık, radyo dalgaları ve mikrodalgalar, non-iyonize radyasyona örnektir (8).

RADYASYONUN BİYOLOJİK ETKİLERİ

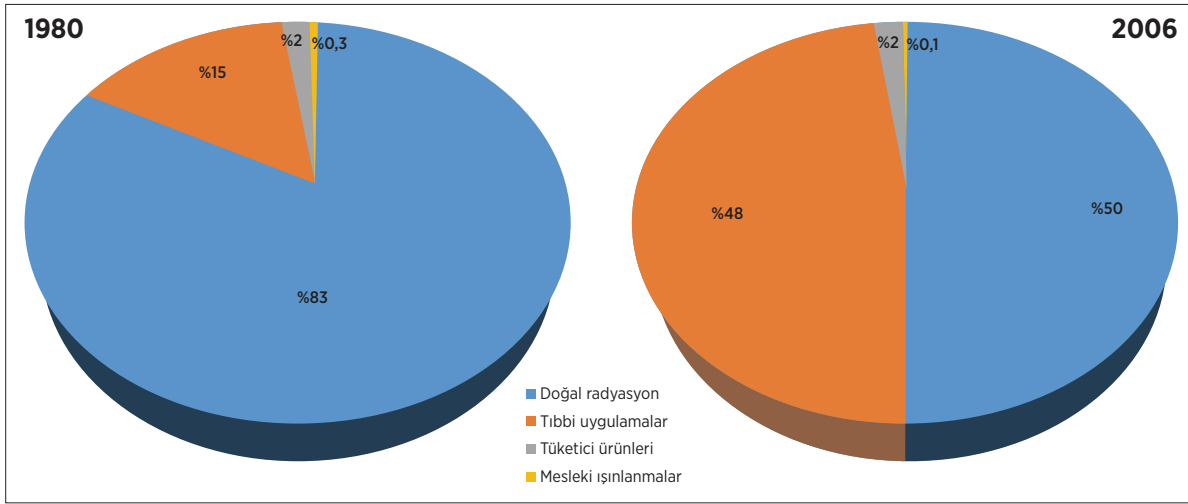
Radyasyonun biyolojik etkileri hücrenin tipine, radyasyon çeşidine ve de maruz kalınan süreye ve doza bağlı olarak değişir (3). Hücrelerin radyosensitiviteleri birbirine göre farklılık gösterir. Bölünme özelliği bakımından aktif hücreler ve olgunlaşmamış hücreler radyasyona karşı en hassas hücrelerdir. Buna göre, hematopoietik ve lenfoid sistem hücreleri en duyarlı, karaciğer, böbrek, kas ve sinir hücreleri ise en dirençli hücrelerdir (9). Radyasyonun biyolojik etkileri deterministik ve stokastik etkiler olarak ikiye ayrılır:

Deterministik etki: Belli bir eşik değere sahiptir ve bu eşik aşılması durumunda görülür. Maruz kalınan radyasyon dozu ile doğru orantılıdır (10). Katarakt oluşumu, cilt yanıkları ve kısırlık, deterministik etkilere örnektir (9).

Stokastik etki: Oluşması için belli bir eşik değerinin aşılması gerekmez; ancak radyasyon şiddetinin artması görülme olasılığını artırır. Kanser oluşumu ve kalıtsal etkiler, stokastik etkiye örnektir (9).

Radyasyonun bu etkileri yapabilmesinde maruz kalınan doz büyük önem taşır. Maruziyet dozu da akut ve kronik doz olarak ikiye ayrılır.

Akut doz: Vücudun tamamının veya bir bölümünün yüksek doz radyasyona maruziyetidir (10). Nükleer kazalar sonucu maruz kalınan doz, akut dozdur. Akut radyasyon sendromu adı verilen tabloya neden olur.



Görsel 1. 1980'lerin başında ve 2006 yılında doğal ve yapay radyasyon maruziyeti yüzdeleri

Çernobil kazasında 237 kişide akut radyasyon sendromu görüldüğü bildirilmiştir (2). Hematopoietik, gastrointestinal ve nörovasküler olmak üzere, başlıca üç tür klinik tablo söz konusudur. Hematopoietik sendrom kemik iliğinin baskılanması neticesinde immün sistemin baskılanması, enfeksiyon riskinin artması ve anemi ile sonuçlanır. Gastrointestinal sendrom sıvı-elektrolit kaybına, malnütrisyonu ve motilitede azalmaya sebep olur. Nörovasküler sendrom ise konfüzyon, kafa içi basıncında artış ve ödemle seyreder ve ölüme neden olabilir (1).

Kronik doz: Uzun süre düşük dozda radyasyona maruziyettir. Mesleği gereği radyasyonla çalışanların maruz kaldığı doz, kronik dozdur (10).

İYONİZE RADYASYONUN BİYOLOJİK ETKİLERİ

İyonize radyasyonun moleküler düzeyde direkt ve endirekt etkileri olabilir.

Direkt etki: DNA molekülleri doğrudan iyonize radyasyona maruz kalır ve iyonize olur (11). Direkt etki sonucu DNA molekülündeki pürin bağları açılabilir, fosfodiester bağları kırılabilir ve DNA sarmalı üzerinde tek ya da çift zincir kırıkları gözlenebilir (9).

Endirekt etki: Radyasyon doğrudan DNA'yı etkilemez. Hücre içi moleküllerle etkileşerek serbest radikaller oluşmasına neden olur ve bu radikaller DNA'da zincir kırıklarına, lipid peroksidasyonuna, karsinojenik ve mutajenik etkilere yol açabilir (11). Endirekt etki,

direkt etkiye kıyasla DNA'da iki kat fazla hasara neden olur (9).

İYONİZE RADYASYON VE KANSER

İyonize radyasyonun en önemli etkilerinden biri kanserdir ve bu stokastik bir etkidir (12). İyonize radyasyona maruz kalan hücreler çeşitli tepkiler verebilir: radyasyondan etkilenmeyebilir, apoptoza uğrayabilir, radyasyon hasarı tamir mekanizmalarıyla tamir edilebilir, veya tamir edilemez ve sonuçta anormal hücreler oluşur. Bu hücreler kontrolsüz bölünme özelliğine sahiptir ve kansere neden olur. Kanser oluşumunda maruz kalınan doz ve süre, maruz kalma yaşı, cinsiyet ve hücre tipi önem taşır. Radyasyona maruziyet durumunda, kemik iliği, tiroit, meme ve akciğer kanseri gelişme olasılığı daha yüksektir (12,13).

X ve gama ışınlarının kansere neden olabileceği, Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı ve Dünya Sağlık Örgütü tarafından kabul edilmiştir (10). Röntgen uygulamalarına bağlı kanser oranı İngiltere'de %0,6, ABD'de %0,09, Almanya'da %1,3, Japonya'da %2,9 düzeyinde bildirilmiştir (14).

Tıbbi uygulamalarda iyonize radyasyondan yararlanılır. Maruz kalınan radyasyon ile kanser oluşumu arasındaki ilişki konusunda çeşitli çalışmalarla karşılaşılmaktadır. Tüm vücut pozitron emisyon tomografisi/bilgisayarlı tomografi (PET/BT) sırasında yayılan radyasyon ile kanser arasındaki ilişkiyi inceleyen Huang ve ark. (15), genç yaşta iyonize radyasyona maruz kalan kişilerde ileri yaştakilere göre daha fazla kanser

kaydedildiğini belirtmiş, ancak radyasyona bağlı kanser insidanslarının aslında oldukça düşük olduğunu vurgulamıştır. Grudzenski ve ark. (16), BT sonrası lenfositleri incelemiş ve BT’de kullanılan radyasyon ile kanser arasında bir ilişki tespit etmemiştir. Goodman ve ark. (17), X ışınları ile çekim yapılan kişilerde, radyasyon tedavisi görenlerde ve radyasyona maruz kalan çalışanlarda mezotelyom gözlenme olasılığının daha yüksek olduğu sonucuna ulaşmıştır. Dedic ve ark. (18) da çalışmalarında X ışınlarının akciğer kanseri için risk faktörü olabileceğini ileri sürmüştür.

İYONİZE RADYASYON VE DOĞUM ÖNCESİ ETKİLERİ

Radyasyon bölünme özelliği bakımından aktif olan hücreleri daha çok etkiler. Fetüs ve embriyo hücreleri de hızlı bölünen hücreler olduğu için radyasyondan çok etkilenir. Gestasyon sırasında radyasyon maruziyeti sonucunda; büyüme geriliği, küçük kafa boyutu, zeka geriliği, çocukluk çağında kanser gelişimi ve ölüm gözlenebilir (19).

İyonize radyasyonun etkileri hamileliğin hangi evresinde olduğuna göre değişiklik göstermektedir. En hassas dönem 8 ila 15. haftalardır. Uluslararası Radyasyondan Korunma Komisyonu’na göre, bu haftalarda radyasyona maruziyet halinde eşik doz değeri olmadan fetal zeka seviyesinde azalma (Sv başına 30 puanlık bir kayıp) olabilir (12).

Merkezi sinir sistemi, gonadlar ve optik dokular iyonize radyasyona karşı çok hassastır ve düşük dozda radyasyon bile mikrosefali ve mental gerilik gibi hasarlara neden olabilir. 1980 yılı verilerine göre, Hiroşima’daki radyasyondan etkilenen çocuklarda mikrosefali görülme olasılığı 1–9 rad gibi düşük dozlarda başlamaktadır ve maruziyet >100 rad olduğunda bu olasılık %100’e ulaşmaktadır (19).

NON-İYONİZE RADYASYONUN BİYOLÖJİK ETKİLERİ

Morötesi/ultraviyole (UV) ışınlar

Güneşten yayılan çeşitli dalga boylarındaki ışınların %5’ini UV ışınlar oluşturur. Bu ışınlar UV-A, UV-B ve UV-C olmak üzere üç çeşittir. UV ışınların bir bölümü atmosfer tarafından tutulur ve olası zararlı etkileri

engellenir. Fakat ozon tabakasının incilmesiyle maruz kalınan doz artık artmıştır (20). UV ışınların insan vücudu üzerindeki etkileri akut ve kronik olarak ikiye ayrılır.

Akut etkiler: Pigmentasyon, güneş yanıkları, deri kalınlığının artması gibi etkilerdir. Açık tenli insanlarda daha çok gözlenir. UV ışınların akut olumlu etkisi ise D vitamini sentezine öncülük etmeleridir.

Kronik etkiler: Deri yaşlanması ve deri kanseri oluşumu gibi etkilerdir. Fotoyaşlanma sonucu deride sarkma, nemsizlik ve kırışıklık gözlenir (21). Bir başka kronik etki ise görme bozukluğudur. Ozon tabakasının incelmeye bağlı olarak her yıl yaklaşık iki milyon katarakt vakası görülebileceği tahmin edilmektedir (20).

Mikrodalga ışınlar

Mikrodalga ışınlar uydu, haberleşme, radar sistemleri ve mikrodalga fırınlar gibi birçok alanda kullanılır. Yaygın kullanımlarına da bağlı olarak, özellikle son on yıldır zararlı etkilerine dair çalışmalar artmıştır. Örneğin McRee ve ark., günde 8 saat 2,4 GHz mikrodalga radyasyona maruz bıraktıkları farelerin 28. günün sonunda kemik iliği hücrelerini incelemiş, bu hücrelerde kardeş kromatit değişikliği tespit etmemiştir. Bir başka çalışma ise Polonya’da radyofrekans ve mikrodalgaya maruz kalmış 128 bin askerî personel üzerinde yapılmıştır. Kronik miyelositer lösemi ve non-Hodgkin lenfomanın daha fazla görüldüğü tespit edilmiş olsa da araştırmada doz, süre ve diğer kanserojen maddeler göz ardı edildiği için kesin sonuçlara ulaşılamamıştır (22).

Mikrodalga fırınlar

Son yıllarda, giderek yaygınlaşan mikrodalga fırınların olası zararlı etkilerine dair tartışmalar da artmıştır. Fakat bu etkiler kanıtlanamamıştır (23). Yapılan çalışmalarda mikrodalga fırınlarda hazırlanan yiyecekleri tüketen insanlarda olumsuz etkiler tespit edilmemiştir. Bu yiyeceklerin besin değerlerinde, kimyasal yapılarında ve vitamin değerlerinde de olumsuz bir değişim gözlenmemiştir (24).

Radar

Radar sistemlerinde de mikrodalga ışınlarından yararlanır. Bu sistemlerin de insan sağlığı üzerindeki etkile-

ri araştırılmış ve bunların kansere yol açtığı yönünde verilere ulaşılmamıştır. Zagreb Havaalanı'nda görevli 49 radar operatörü ve 46 telsiz operatörü ile gerçekleştirilen bir çalışmada 18 aylık aralıklarla sağlık kontrolleri yapılmış ve sonuçta hematolojik ve oftalmolojik hastalıklarda artış gözlenirken, kanser gelişimiyle ilgili anlamlı bir sonuca ulaşılamamıştır (22).

Radyo dalgaları

Radyo dalgaları elektromanyetik spektrumda en uzun dalga boyuna sahip ışınlardır. Telefon, baz istasyonu, televizyon ve radyo sistemlerinde kullanılırlar. Düşük frekansa sahip olmalarına rağmen olası zararları günümüzde tartışma konusudur (24).

Cep telefonları

Cep telefonlarının olası olumsuz etkilerine yönelik birçok çalışma yapılmakta, ancak çelişkili bulgularla karşılaşmaktadır. Bazı çalışmalarda uzun süreli cep telefonu kullanımının baş ağrısı, yorgunluk, iştme kaybı gibi sorunlara neden olabileceği sonucuna varılmıştır. Bir çalışmada İsveç ve Norveç'te haftada en az 1 kez semptom yaşayanların oranının sırasıyla %13 ve %31 civarında seyrettiği ve en yaygın semptomun kulak çevresinde ısınma olduğu bildirilmiştir (25). Suudi Arabistan'da 437 katılımcıyla gerçekleştirilen bir çalışmada, katılımcılar arasında cep telefonu kullanımına bağlı olarak en sık baş ağrısı gözlenmiştir. Bunun dışında uyku bozukluğu, yorgunluk gibi rahatsızlıklara da rastlanmıştır (26). Cep telefonlarının olası karsinogenik etkileri üzerinde özellikle durulmuştur. On üç ülkeden insanların katılımıyla gerçekleştirilen geniş kapsamlı bir çalışmada cep telefonu kullanımının menenjiyom ve gliyom riskini artırmadığı sonucuna ulaşılmıştır (27). Önlem olarak cep telefonlarının mümkün olduğunca az ve görüşmeler sırasında kulaklıkla kullanılmasında ve geceleri kişiyle aynı odada bulundurulmamasında fayda vardır (28).

Bilgisayarlar

Bilgisayarların zararlı etkileri konusunda, daha çok monitör kullanımının zararlı etkilerine dair çalışmalar yapılmıştır. Monitör içinde bulunan tüpün yaydığı radyasyonun zararlı etkileri araştırılmıştır. Finlandiya'da yapılan bir çalışmada monitör kullanımı ile doğumsal defekt arasındaki ilişki incelenmiş ve

monitör kullanımının doğumsal defekte neden olabileceği sonucuna ulaşılmamıştır (29).

SONUÇ

Hayatımızın her alanında radyasyona maruz kalmaktayız. Kozmik ışınlar, radon gazı, gama radyasyonu gibi doğal kaynakların yanı sıra cep telefonları, televizyonlar, mikrodalga cihazlar ve tıp teknolojisi gibi yapay kaynaklar da yaşamımızda geniş bir yer tutmaktadır. Dolayısıyla radyasyondan tamamen uzaklaşmak mümkün değildir. Radyasyonun insan sağlığına etkileri düşünüldüğünde önemli olan, hangi çeşit radyasyona ne dozda ve ne kadar süreyle maruz kalındığıdır. İyonize radyasyonun zararlı etkileri daha fazla ve daha ciddidir ve özellikle karsinogenik potansiyeli insan sağlığı için önemli bir tehdittir. Televizyon, telefon, radyo gibi kaynaklardan yayılan non-iyonize radyasyonun etkileri konusunda ise değinilen uzun dönem çalışmalarda çelişkili sonuçlara varılmıştır. Bu nedenle olumsuz etkileri önlemek adına radyasyon kaynaklarından mümkün olduğunca uzak durmakta fayda vardır. Mesleki olarak radyasyona maruz kalmak zorunda olanlar da çalışmalarını gerekli önlemleri aldıktan sonra gerçekleştirmeli, böylece riski minimize etmelidir.

Çıkar Çatışması ve Finansman Bildirimi

Yazarlar bildirecek bir çıkar çatışmaları olmadığını beyan eder. Yazarlar bu çalışma için hiçbir finansal destek almadıklarını da beyan eder.

KAYNAKLAR

1. Yaren H, Karayılanoğlu T. Radyasyon ve insan sağlığı üzerine etkileri. TSK Koruyucu Hekimlik Bülteni. 2005;4(4):199-208.
2. Bozbıyık A, Özdemir Ç, Hancı H. Radyasyon yaralanmaları ve korunma yöntemleri. Sürekli Tıp Eğitimi Derg. 2002;11(7):272-4.
3. Gökharman FD, Aydın S, Koşar PN. Radyasyon güvenliğinde mesleki olarak bilmemiz gerekenler. SDÜ Sağlık Bilimleri Derg. 2016;7(2):35-40.
4. Haciosmanoğlu T. Doğal ve yapay radyasyon kaynakları, kişisel doza katkıları. Nucl Med Semin. 2017;3:166-71.
5. Akkoçlu A, Öztürk C. Akciğer Kanseri, Multidisipliner

- Yaklaşım. Toraks Kitapları, no I. Ankara: Bilimsel Tıp Yayınevi; 1999:238.
6. Coşkun Ö. İyonize radyasyonun biyolojik etkileri. *Int J Tech Sci.* 2011;1(2):13–7.
 7. Wall BF. Ionising radiation exposure of the population of the United States: NCRP report no. 160. *Radiat Prot Dosim.* 2009;136:136–8.
 8. Dönmez S. Radyasyon tespiti ve ölçümü. *Nucl Med Semin.* 2017;3:172–7.
 9. Yeyin N. Radyasyonun biyolojik etkileri. *Nucl Med Semin.* 2015;3:139–43.
 10. Daşdağ S. İyonlaştırıcı radyasyonlar ve kanser. *Dicle Med J.* 2010;37(2):177–85.
 11. Kaya A. İyonize radyasyonun biyolojik etkileri. *Dicle Med J.* 2002;29(3):65–75.
 12. Türkiye Atom Enerjisi Kurumu. Radyasyon, İnsan ve Çevre: İyonlaştırıcı Radyasyon, Etkileri ve Kullanım Alanları, Güvenli Kullanımı İçin Uygulamada Olan Tedbirler. Ankara: Türkiye Atom Enerjisi Kurumu; 2009.
 13. Uzal C, Çaloğlu M. Kanser etyolojisinde iyonizan radyasyonun yeri. *Balkan Med J.* 2002;19(3–4):177–82.
 14. Güden E, Öksüzkaya A, Balcı E, Tuna R, Borlu A, Çetinkara K. Radyoloji çalışanlarının radyasyon güvenliğine ilişkin bilgi, tutum ve davranışı. *Sağlıkta Performans ve Kalite Derg.* 2012;3:29–45.
 15. Huang B, Law MW, Khong PL. Whole-body PET/CT scanning: estimation of radiation dose and cancer risk. *Radiology.* 2009;251:166–74.
 16. Grudzenski S, Kuefner MA, Heckmann MB, Uder M, Löbrich M. Contrast medium-enhanced radiation damage caused by CT examinations. *Radiology.* 2009;253:706–14.
 17. Goodman JE, Nascarella MA, Valberg PA. Ionizing radiation: a risk factor for mesothelioma. *Cancer Causes Control.* 2009;20:1237–54.
 18. Dedic S, Pranjić N. Lung cancer risk from exposure to diagnostic X-rays. *Health Med.* 2009;3:307–13.
 19. Bıçakçı BC. Radyasyonun fetus üzerine etkileri. *Türk J Oncol.* 2009;24(4):185–90.
 20. Mutlu B, Şen O, Toros H. Ultraviyole radyasyonun insan sağlığı üzerine etkileri. In: III. Atmosfer Bilimleri Sempozyumu (19–21 Mart 2003) Bildiri Kitabı. İstanbul; 2003:84–9.
 21. Deda G, Atmaca LS. Ultraviyole ve göz. *Ret-Vit.* 2002;10:196–201.
 22. Güden M, Ulutin C, Pak Y. Noniyonizan elektromanyetik alanların biyolojik etkileri. *Türkiye Klinikleri J Med Sci.* 2001;21:441–4.
 23. Gümüşderelioğlu M, Kaynak G. Mikrodalgalar ve uygulamaları. *Bilim ve Teknik.* 2012;777:38–42.
 24. Yıldırım M. Elektromanyetik dalgalar. *Bilim ve Teknik.* 2012;777:33–5.
 25. Oftedal G, Wilen J, Sandström M, Mild KH. Symptoms experienced in connection with mobile phone use. *Occup Med.* 2000;50:237–45.
 26. Meo SA, Al-Khlaiwi T. Association of mobile phone radiation with fatigue, headache, dizziness, tension and sleep disturbance in Saudi population. *Saudi Med J.* 2004;25(6):732–6.
 27. INTERPHONE Study Group. Brain tumour risk in relation to mobile telephone use: results of the INTERPHONE international case-control study. *Int J Epidemiology.* 2010;39(3):675–94.
 28. Kılıçkap S, Erdiş E. Düşük frekanslı elektromanyetik alan, cep telefonları, baz istasyonları ve kanser riski. *Cumhuriyet Med J.* 2013;35:311–7.
 29. Kurppa K, Holmberg PC, Rantala K, Nurminen T, Saxén L. Birth defects and exposure to video display terminals during pregnancy. *Scand J Work Environ Health.* 1985;11:353–6.