

İyonize Radyasyonun Biyolojik Etkileri

Özlem COŞKUN¹

¹ Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü, Isparta

Özet: Modern dünyada radyasyondan izole yaşamak artık mümkün olmamaktadır. Doğal ya da yapay radyoaktif çekirdeklerin kararlı yapıya geçebilmek için dışarı saldıkları hızlı parçacıklar ve elektromanyetik dalga şeklinde taşınan fazla enerjileri olarak tanımlanan radyasyon, temelde “iyonlaştırıcı” ve “iyonlaştırıcı olmayan” olarak iki kısımda incelenir. İyonlaştırıcı radyasyon; alfa, beta ve nötron partikülleri ile X ışını ve gama ışınından oluşur. İyon odaları, Geiger-Müller sayacı, floresan ekranlar gibi farklı dedektörlerle saptanabilen iyonize radyasyonun moleküler, hücresel, doku ve sistem düzeyinde insan sağlığına olumsuz etkileri bulunmaktadır. Bu çalışmada radyasyonla ilgili temel bilgiler anlatılmış, daha sonrada radyasyonun insan sağlığına etkisi üzerinde durulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Radyasyon, insan sağlığı, biyolojik etki

Biological Effects of Ionizing Radiation

Abstract: In modern world, living without radiation is impossible. Radiation is defined as “energy transmitted through space as waves or particles” and also determined as “particles or waves emitted from the nucleus of unstable radioactive atoms to become stable” Mainly two types of radiation are exist; ionising radiation and non-ionising radiation. Ionising radiation is consist of alpha, beta particules, neutrons, X rays and gamma rays. Ionising radiation which can be measured by ion chambers, Geiger-Mueller detectors, fluorescent counters etc. Has harmful effects on human health in levels of molecular, cellular, tissue, organs and organ systems. In this study, the basic information about the radiation is explained and then effect of radiation on human being health is stressed.

Keywords: Radiation, human health, biological effect

1. Giriş

Radyasyon, yüksek hızda partiküllerin ve elektromanyetik dalgaların enerjisi olarak tanımlanır; iyonize ve iyonize olmayan radyasyon olarak iki gruba ayrılır. İyonize radyasyonlar, bir atom ya da molekülden bir elektron kopararak iyonlaşmaya yol açarlar. Kütleli yapıya sahip partiküler radyasyon ve foton enerjili dalga karakterinde elektromanyetik radyasyon olmak üzere iki gruba ayrılırlar. Alfa (α) ve beta (β) partikülleri, elektron, proton ve nötronlar partiküler iyonize radyasyon tiplerini oluşturur. X ve γ ışınları ise, iyonlaştırıcı yeteneğe sahip yüksek enerjili fotonlardan oluşan elektromanyetik radyasyonlardır. Bunlar özellikleri açısından büyük oranda birbirlerine benzerler, ancak meydana geliş şekilleri farklıdır. X ışınları çekirdek dışında oluşan elektron kaynaklı ışınlardır. γ ışınları ise, radyoaktif bir çekirdeğin kararlı hale geçmesi esnasında parçalanarak açığa çıkan fazla enerjinin, çekirdekten dışarı atılması sonucunda oluşur (Özalpan, 2001; Algüneş, 2002).

İyonize radyasyonların canlılarda biyolojik bir etkiye yol açabilmesi için sahip oldukları enerjinin, canlıyı oluşturan hücre ve dokular tarafından absorbe edilmesi ve dokularda dağılması gerekir. İyonlaştırıcı radyasyonların canlıda oluşturduğu etkileri üç basamakta sıralamak mümkündür (Özalpan, 2001; Steel, 1997).

İyonize radyasyon enerjisinin canlı dokuya transferi sonucunda, dokuyu oluşturan atom ve moleküllerde meydana gelen iyonlaşma ve uyarılma, radyasyon etkisinin ilk kademesi olan fiziksel kademe oluşturur. Bunu izleyen kimyasal kademe, hasar görmüş atom ve moleküller diğer hücresel yapılar ile reaksiyona girerek serbest radikallerin ortaya çıkmasına neden olurlar. Organizmada radyasyonun etkisi ile oluşan bu tür moleküler değişiklikler, son kademe olan biyolojik kademe başlatır.

Bu kademe çeşitli hasarlara yol açan enzimatik reaksiyonlar meydana gelir. İyonize radyasyon, hücre içi moleküllerde ve daha önemlisi genetik materyal olan kromozomlarda hasarlar oluşturur. Mutasyon olarak bilinen bu genetik hasarlar hücre tarafından tamir edilemez ise, hücreyi ölüme götüren süreci başlatan metabolik değişiklikler meydana gelir. Bu etki nedeniyle, iyonize radyasyonlar sürekli hücre çoğalması ile kendini gösteren kanser hastalığının tedavisinde kullanılmaktadır (Özalpan, 2001; Steel, 1997).

2. Radyasyon Kaynakları

İnsanoğlu varoluşundan bu yana sürekli olarak radyasyonla iç içe yaşamak zorunda kalmıştır. Dünyanın oluşumuyla birlikte tabiatta yerini alan çok uzun ömürlü (milyarlarca yıl) radyoaktif elementler yaşadığımız çevrede normal ve kaçınılmaz olarak kabul edilen doğal bir radyasyon düzeyi oluşturmuşlardır.

Geçtiğimiz yüzyılda bu doğal düzey, nükleer bomba denemeleri ve bazı teknolojik ürünlerin kullanımı ile bir hayli artış göstermiştir. Maruz kalınan doğal radyasyon seviyesinin büyüklüğünü belirleyen bir çok neden vardır. Yaşanılan yer, bu yerin toprak yapısı, barınılan binalarda kullanılan malzemeler, mevsimler, kutuplara olan uzaklık ve hava şartları bu nedenlerden bazılarıdır. Yağmur, kar, alçak basınç, yüksek basınç ve rüzgar yönü gibi etkenler de doğal radyasyon seviyesinin büyüklüğünü belirler. Radyasyon kaynaklarını, doğal ve yapay olmak üzere, iki sınıfa ayırabiliriz (Gençay, 1994).

Doğal Radyasyon, insanların katkısı olmaksızın oluşan radyasyonlardır. Dış ve iç kaynaklı olabilirler. Dış kaynaklı olanlar kozmik radyasyon ve yeryüzündeki kayalar ve toprakların yapısında bulunan radyoaktif elementlerin yaydığı radyasyonlardır. İç kaynaklı olan ise canlıların vücudunda doğal olarak bulunan potasyum-40, karbon-14, radyum-226 gibi radyoaktif izotopların yaydığı radyasyondur. Bütün canlıların etkisi altında olduğu bu radyasyona çevre radyasyonu (background radyasyonu) adı verilmektedir. Nerede yaşadığımızı, toprağın bileşimine, içinde yaşadığımız binaların yapı malzemelerine, mevsimlere, yüksekliklere ve bir dereceye kadar da hava koşullarına bağlı olarak bu radyasyon seviyeleri değişebilmektedir.

Yapay Radyasyon, insan aktiviteleri sonucu çevreye ilave olan radyoaktif maddeler nedeniyle oluşur. Son yüzyılda silah testleri ve nükleer güç tesisleri gibi aktivitelerle doğal radyasyon düzeylerinde artışlar olmuştur. Radyasyonun barışçıl amaçlı kullanımı ise bugün hayatımızın hemen her alanında işimizi kolaylaştırmaktadır. Doğal kaynaklı çevre radyasyonu herkesi etkilediği halde, yapay radyasyonlar belli zamanlarda ve ilgili kişileri etkiler (meslekleri gereği veya teşhis ve tedavi amaçlı, vb). Yapay radyasyonlar bugün bir çok alanda kullanılmaktadır (Gençay, 1994).

3. Radyasyonun İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri

Radyasyonun insan sağlığı üzerinde yaratabileceği zararlı etkiler uzun zamandır bilinmektedir. Bu etkiler radyasyon yanıkları, radyasyon hastalıkları, doğal ömür süresinin kısalması, kanser ve kalıtsal bozukluklardır. Hatta, çok büyük miktarlarda radyasyon dozuna maruz kalınması halinde ani ölümlere bile rastlamak mümkündür. Bilim adamları 70 yıldan fazla bir süredir, radyasyonun bu tip etkileri üzerinde çalışmaktadır.

Tıbbi ve endüstriyel uygulamalardan, radyasyon kazalarından ve Hiroşima ile Nagazaki'ye atılan atom bombalarından maruz kalınan radyasyonun etkileri aralıksız bir şekilde araştırılmaktadır. Bunların yanı sıra, denek olarak kullanılan hayvanlar üzerindeki radyasyon etkileriyle ilgili çalışmalar da devam etmektedir. Radyasyon yanığı olaylarına ilk kez, 1895 yılında Röntgen'in X ışınını bulduğunu açıkladığı ilk ay içerisinde rastlanmaya başlanmıştır. Doğal radyoaktiviteyle çalışan ilk araştırmacılarda da bu tür etkiler görülmüştür.

Örneğin Becquerel, cebinde taşıdığı bir radyum numunesiyle kendi kendini yakmış, Marie ve Pierre Curie radyumla yaptıkları çalışmalar esnasında ciddi şekilde cilt yanıklarına maruz kalmışlardır. Bu çalışmaların başlamasını takip eden iki üç yıl içerisinde ise radyasyondan korunmak gerektiği artık yaygın bir şekilde anlaşılmıştır. Bu konuda uyarılan radyasyon çalışanlarının bazıları gerekli önlemleri almışlarsa da önlem almayanlar da olmuş ve sonuç olarak da bu kişiler ciddi radyasyon yanıklarına maruz kalmışlardır (Göksel, 1973; Şeker ve Çerezci, 1997).

1905 yılına gelindiğinde artık aşırı derecede radyasyon dozunun kansere de neden olduğu bir çok tıp dergisinde yayınlanan onlarca bilimsel makaleyle ispatlanmaya başlanmıştır. O tarihlerde elleri defalarca radyasyona maruz kalan bir çok işçi ölümcül deri kanserine yakalanmış, kanserin yayılmasını önlemek için 100'den fazla kişinin organları kesilmiş ve bir çok radyolog ise bu tip deri kanserinden ölmüştür. Bay ve bayan Curie'lerin her ikisinin ölümlerine, belki de radyasyonun sebep olduğu, kan kanseri neden olmuştur.

1920'lerin sonuna gelindiğinde, böcekler üzerinde yapılan araştırma sonuçları radyasyonun genetik bozukluklara da neden olduğunu ortaya koymaktaydı. Bu gerçeği ortaya çıkaran Herman Müller daha sonra Nobel barış ödülü kazanmıştır. Radyasyonun insan sağlığı üzerindeki etkileriyle ilgili olarak son yüz yıldır yapılan sayısız araştırmalar sonucunda, her ne kadar yüksek şiddetli ışınlanmaların yaratabileceği hasarlar hakkında önemli bilgilere ulaşılabilmiş olursa da düşük şiddetli ışınlanmalar için aynı şeyi söylemek ne yazık ki şu an için pek mümkün görünmemektedir (Göksel, 1973; Şeker ve Çerezci, 1997).

İnsan vücudundaki çeşitli doku ve organları meydana getiren hücreler şekilleri ve özellikleri bakımından birbirinden farklı oldukları gibi radyasyon etkilerine karşı gösterdikleri tepkiler de farklıdır. Hücrelerin radyasyon etkilerine karşı duyarlılık yani radyosensitiviteleri bakımından bu farklar Bergonie ve Tribondeau kanunu ile ifade olunabilir. Bu kanuna göre: "Bir dokunun radyasyon duyarlılığı (radyosensitivitesi) çoğalma kabiliyeti ile doğru, farklılaşma derecesi ile ters orantılıdır".

Başka bir deyişle çoğalma bakımından en aktif hücreler ile tam olarak olgunlaşmamış hücreler radyasyon etkilerinden en fazla zarar görecektir. Bergonie-Tribondeau kanunu 1906 yılında formüle edilmiştir. O zamandan beri bu alanda yapılan araştırmalar radyosensitivite üzerinde aşağıdaki faktörlerin de önemli olduğunu ortaya çıkarmıştır (Göksel, 1973; Şeker ve Çerezci, 1997).

(1) Hücre bölünmesinin içinde bulunduğu safha: Hücreler bölünmelerinin bazı safhalarında radyasyonlara karşı çok daha duyarlıdır.

(2) Hücre aktivitesi: Bir hücrenin metabolik aktivitesi fazla olduğu oranda radyasyon etkilerine karşı direnci azalmaktadır. Kan yapan dokular ve gonadlar gibi bağımsız hücreler meydana getiren dokularda hem aktif hem de istirahat halinde hücreler bulunur. İstirahat halindeki hücreler, radyasyon etkilerine karşı aktif hücrelerden daha az duyarlı olup ışınlanmadan sonra çoğalma kabiliyetlerini korurlar.

(3) Hücrenin kan ve besin ikmali: Genel olarak az beslenen hücrelerin radyasyon duyarlılığı daha azdır. Bütün bu faktörlerin göz önüne alınmasıyla hücreler azalan radyasyon duyarlılığı sırasında olmak üzere aşağıdaki gibi sıralanabilir:

***Lenfositler:** Dalak, lenf bezleri, v.b. gibi lenfatik dokular tarafından yapılan beyaz kan hücreleri olup çoğunlukla radyasyon hasarının bir göstergesi olarak kullanılırlar.

***Granülositler:** Kemik iliğinden türeyen beyaz kan hücreleri olup vücudu bakteri enfeksiyonuna karşı korurlar.

***Bazal hücreler:** Gonadlar, kemik iliği, cilt, sindirim yolu hücreleri gibi daha karmaşık ve özelleşmiş hücrelerin atalarıdır.

***Akciğer alveol hücreleri:** Havadan oksijeni absorblayıp, kandaki karbon dioksiti serbest hale geçiren hücrelerdir.

***Safra kanalı hücreleri**

***Böbreklerin tübül hücreleri**

***Endotel hücreleri:** Kalp ve kan damarları gibi vücudun kapalı boşluklarının iç yüzeylerini kaplayan hücrelerdir.

***Bağ dokusu hücreleri:** Vücut organlarını ve diğer özel dokuları taşıyan dokuların yapıldığı hücrelerdir.

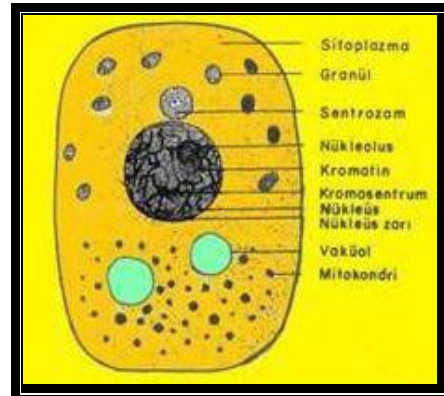
***Kas hücreleri**

***Kemik hücreleri**

***Sinir hücreleri**

3.1. Radyasyonun Hücre ile Etkileşmesi

Bilindiği gibi, tüm canlılar organlardan, organlar dokulardan ve dokularda biyolojik sistemin temel yapı taşı olan “hücre”lerden meydana gelir. Hücre, kabaca, bir çekirdek, bu çekirdeği çevreleyen jelsi yapıdaki stoplazma ve en dışta bunları saran bir zardan oluşur. Çekirdeğin içerisinde hücre davranışlarıyla ilgili şifre bilgileri içeren ve görevi bunları bir sonraki nesillere değiştirmeden taşımak olan “kromozom”lar bulunur. Kromozomlar ise histon denilen proteinler ile DNA zincirlerinden oluşur. Hücrenin yapı ve işlevleri DNA tarafından kontrol edilir (Daşdağ ve Çelik, 1990; Güngör, 1991).



Şekil 1. Hücre yapısı



Şekil 2. Radyasyon hücre etkileşmesi

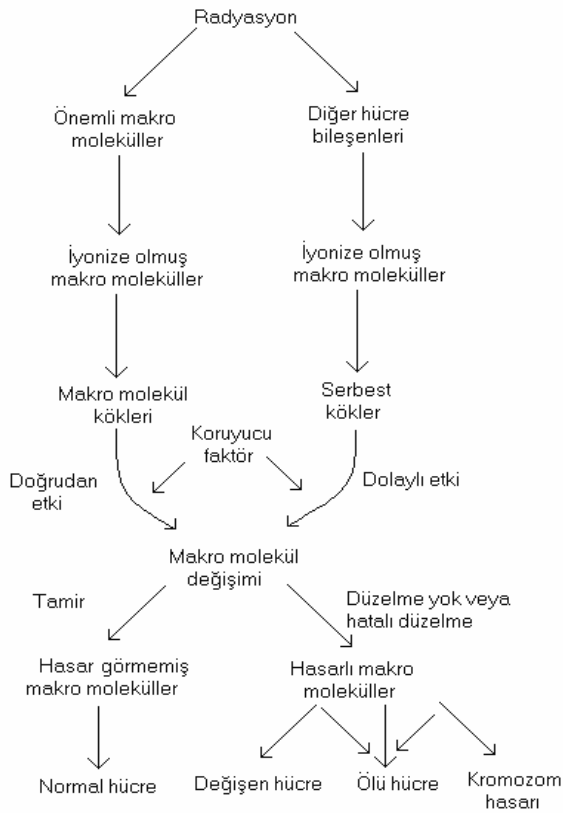
İyonlaştırıcı radyasyonun bir canlıda biyolojik bir hasar yaratabilmesi için radyasyon enerjisinin hücre tarafından soğurulması gerekir. Bu soğurma sonucu hedef moleküllerde iyonlaşma ve uyarılmalar meydana gelir. Daha sonra ortaya çıkabilecek biyolojik hasarların başlatıcı olayları olan bu iyonlaşmalar, hücrenin genetik bilgilerini taşıyan DNA zincirlerinde kırılmalara ve hücre içerisinde kimyasal toksinlerin üremesine neden olabilir. Kırılmaların hemen ardından bir onarım faaliyeti başlar. Hasar çok büyük değilse DNA da meydana gelen kırılmalar onarılabilir. Ancak bu onarım esnasında da hatalar oluşabilir, yanlış şifre

ve bilgiler içeren kromozomlar meydana gelebilir (Daşdağ ve Çelik, 1990; Güngör, 1991).

3.2. İyonlaştırıcı Radyasyonların Hücre Üzerindeki Etkisi

Radyasyonlar canlı vücudunu hava akımlarıyla, beslenmeyle veya absorpsiyonla etkileyebilir. Bünyede, radyasyonlar normal hücre faaliyetlerine son derece ciddi zararlar verir. Radyasyonların hücelere verdiği zararlar.

- Fiziksel
- Kimyasal
- Metabolik

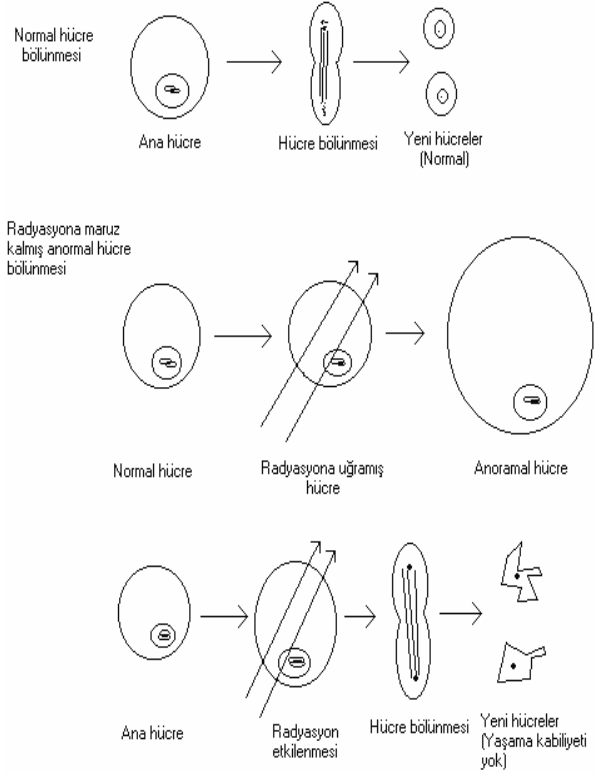


Şekil 3. Hücrelerde radyasyonun etkisi

Fiziksel kademe, enerji absorpsiyon süreci olarak düşünülür ve çok hızlı gerçekleşir (sn). Kimyasal kademe, aktivite olmuş moleküllerin diğerleri ile ve normal hücrelerle reaksiyon periyodlarını içine alır. Saniyenin milyonda biri kadar kısa sürede cereyan eder ve kimyasal denge kuruluncaya kadar devam eder. Metabolik kademede, hücrelerde biyokimyasal değişme söz konusudur (Daşdağ ve Çelik, 1990; Güngör, 1991).

Radyasyon, atomların yapısını veya elektrik yükünü değiştirdiğinden, moleküllerin bağ mekanizmaları bozulur. Bu parçalardan yeni ve farklı moleküller meydana gelebilir. Büyüme ve bölünme gibi hücre

faaliyetleri enzimler tarafından kontrol edildiğinden, hücre hayatı radyasyondan tamamen etkilenir. Radyasyon hücrelerin erken yada geç bölünmesine veyahut da hiç bölünmemesine sebep olur. Aynı zamanda yeni hücreler normal olmayan büyüme hızına sahip olabilir ve bölünme özelliğini kaybeder.



Şekil 4. Normal ve radyasyondan etkilenmiş hücrelerde hücre bölünmesi

3.3. Organlar ve Dokular Üzerindeki Radyasyon Etkileri

Radyasyon hasarlarına karşı tepkiler, ışınlanan organ ve dokuların radyasyon duyarlılıklarıyla bu organ ve dokuların vücutta gördükleri fonksiyonlara bağlıdır. Beyin dahil olmak üzere bütün sinir dokusu ve kalp dahil bütün kas dokusu genel olarak radyasyona karşı duyarlı değildirler. Bu dokulara öldürücü dozlar verilmesinden sonra ufak hemorajiler (kanamalar) dışında önemli bir etki görülmemiştir (Gençay, 1994; Algüneş, 2002; Güngör 1991).

Bir doku veya organ üzerindeki radyasyon hasarı dokunun veya organın meydana getirdiği ürünlerin (hormonlar, özel hücreler, enzimler, v.b.) artmasına veya azalmasına, dokunun veya organın büyümesinde aksaklıklara veya ölümüne sebep olabilir. Doku veya organ ürünlerinde meydana gelecek artma veya azalmalar, radyasyona maruz kalmayan diğer doku ve organların faaliyetlerinin artması veya azalmasına sebep olabilir. Büyümedeki aksaklıklar hücre bölünmesini kontrol eden faktörlerin değişmesinden

ileri gelmekte ve tümörlerin oluşmasına sebep olmaktadır. Doku ölümü ise, ışınlama sırasında meydana gelen tamir olunamayan hasardan ileri gelmektedir.

Radyasyon etkisiyle hasara uğrayan bir doku, eğer tamamen tahrip olmamış ise, ışınlamadan sonra tamir olayı başlayacaktır. Tamir olayı esnasında normal hücre fonksiyonları geçici olarak duracak ve ölen hücreleri yenilemek üzere hücreler hızla çoğalacaklardır. Bu nedenle tamir olayı devam ederken vücudun diğer kısımları vücut için hayati öneme sahip bazı doku ürünlerinden mahrum kalabilirler. Böylece radyasyon hastalığının tedavisinde, özellikle vücudun hayati ihtiyacı olup o sırada vücut tarafından yapılamayan maddelerin sağlanması göz önünde tutulmalıdır. Radyasyonların insan vücudu üzerindeki etkilerinin incelenmesi aşağıdaki sırada olmak üzere organ ve doku gruplarının zarar gördüklerini göstermektedir (Gençay, 1994; Algüneş, 2002; Güngör 1991).

4. Sonuçlar

Günümüzde ve gelecekte hayatın birçok alanında radyasyonun kullanımı kaçınılmazdır. Radyasyonlar, enerji üretiminden, askeri amaçlı kullanımlara, endüstriden, tıpta teşhis ve tedaviye, tarımsal araştırmalardan bilimsel çalışmalara kadar hemen her alanda kullanılmaktadır. Bunun sonucu olarak da doğal ve yapay radyasyonların etkisinde kalınmaktadır.

İyonize radyasyon, canlılarda moleküler ve hücresele düzeylerde fiziksel, kimyasal ve biyolojik çeşitli değişikliklere yol açar. Bu değişiklikler maruz kalan radyasyonun cinsine, miktarına ve süresine göre geçici veya kalıcı tipte olabilir. X ve gama ışınları, alfa, beta parçacıkları, nötronlar içinden geçtikleri hücrelerde önce moleküler düzeyde değişikliğe sebep olurlar. Hücre içerisindeki molekülleri ve atomları iyonize ederek uyarırlar. Bu şekilde fazla enerjilerini bu moleküllere aktararak temel seviyeye inmeye çalışırlar. İyonlaştırıcı radyasyonların canlı dokular üzerinde olası etkileri vardır.

Sonuç olarak bu çalışmada radyasyonla ilgili temel bilgilere yer verilmiş, daha sonrada radyasyonun insan sağlığına etkileri üzerinde durulmuştur. Radyasyonun dozu ve süresine bağlı olarak, biyolojik etkilerinin yıllar sonra bile ortaya çıkabileceğini bilinmeli ve aynı zamanda insanlar bu konuda bilgilendirilmelidir.

5. Kaynaklar

- [1] Algüneş, Ç., 2002. Radyasyon Biyofiziği.1. Basım. Edirne: Trakya Üniversitesi Yayınları No: 51, 59-62.
- [2] Daşdağ, S., Çelik, S., 1990. Mikroalgaların biyolojik etkileri ve güvenlik standartları, Çevre Sorunlarının Boyutları "90" Sempozyumu, Diyarbakır.
- [3] Gençay, Ş., 1994. Nükleer Elektrik ve Çevre, Elektrik Enerjisi ve Teknolojileri Sempozyumu, İTÜ Yayınları, İstanbul.
- [4] Göksel, S., 1973. Radyasyonun Biyolojik Etkileri ve Korunma, İ.T.Ü. Matbaası, İstanbul.
- [5] Güngör, N., 1991. Sağlık Fiziği, İ.T.Ü. Matbaası, İstanbul.
- [6] Özalpan, A., 2001. Temel Radyobioloji. 1. Basım. İstanbul: Haliç Üniversitesi Yayınları, 1-218.
- [7] Steel, G. G., 1997. The Significance of Radiobiology for Radiotherapy. In; Steel GG (Ed.). Basic Clinical Radiobiology. New York: Co-published in the USA by Oxford University Pres; p.1-7.
- [8] Şeker, S., Çerezci, O., Çevremizdeki Radyasyon ve Korunma Yöntemleri, Boğaziçi Üniversitesi Yayınları, İstanbul, 1997.