

İyonlaştırıcı Olmayan Radyasyonun Yaşamımızdaki Yeri

Mehmet Cihan Yavaş¹

Özet

Son yirmi yıldan beri elektromanyetik dalgaların hızla gelişmesi, insanlara verdiği avantajların yanında, canlıda oluşturduğu tahribatlar ile kıyaslandığında, insanların yaşam standartlarını arttırdığı izlenimi daha ön plana çıkmaktadır.

Elektromanyetik spektrumda yer alan; radyo dalgaları, mikro dalgalar, infrared dalgaları ve yapay ışık olan lazer'in fiziksel özellikleri, biyofiziksel temelleri, biyolojik etkileri ve tıptaki uygulamaları geçmişten günümüze kadar yapılan bilimsel çalışmalar kapsamlı şekilde ele alınmıştır.

İyonlaştırıcı olmayan radyasyonun zararlı etkisi yanında tedavi amaçlı olarak hayatımızda büyük bir yer aldığı bilinmektedir.

Giriş

Son yıllarda çevremizde hızla gelişen ve günlük hayatta sıkça karşılaştığımız iyonlaştırıcı olmayan radyasyon kaynakları büyük bir ilgi ve aynı zamanda büyük bir tepki doğurmaktadır. Örneğin; çevremizde sıkça karşılaştığımız baz istasyonlarının düzensiz yerleştirilmeleri ve yanlış yerde konumlandırılmaları, ucuz ve kalitesiz mikrodalga fırınlarından ışın kaçağının olması ve lazerin yanlış kullanımı sonucu biyolojik sistemler üzerine maruz bırakılmaları sonrasında, insan sağlığında riskleri beraberinde getirmektedir. Bu riskler yanında iyonlaştırıcı olmayan radyasyon kaynakları endüstride, araştırmalarda ve tıpta yaygın olarak kullanılması insan yaşamına büyük avantajlar sağlamaktadır. Artık bir gerçek var ki bu yüzyılda ve ileriki yüzyıllarda iyonlaştırıcı olmayan radyasyon kaynaklarından insanoğlunun vazgeçeceği pek fazla düşünülmemektedir. Bunun en kesin belirtileri

1 Doç. Dr., Mardin Artuklu Üniversitesi Tıp Fakültesi Biyofizik Anabilim Dalı, Mardin, mcihanyavas@artuklu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-2923-050X

bazı dezavantajlar gösterse bile yaşantımızda kalite, konfor ve rahatlığı sağlaması ve tıptaki kullanımının artması ile insan sağlığında pozitif bir ivme kazandırmaya devam etmesinde yatmaktadır.

Bugün her çevreden bu elektromanyetik (E.M.) dalgalardan non-iyonize ışınlara merak artmaktadır. Tıp, askeriye, endüstri, uzay çalışmaları, sanayi, tarım, enerji ve araştırma çalışmalarında vb. gibi alanlarda E.M. araçlara eğilim artmaktadır. Çalışmamızda iyonlaştırıcı olmayan radyasyon türlerinin fiziksel özellikleri, biyofiziksel temelleri, biyolojik etkileri ve tıptaki kullanımı hakkında detaylı bilgiler sunulmaktadır.

1. İyonlaştırıcı Olmayan Radyasyonların Fiziksel Özellikleri

1.1. Radyo Dalgaları

Enerjileri ve frekansları düşük, dalga boyları yüksektir. Bir radyo anteninden elektrik akımı hızla yön değiştirir ve anten etrafında değişken bir manyetik alan yaratır. Bu manyetik alanda bir elektrik alanı yaratır ve o da tekrar bir manyetik alan oluşturur. Böylece dalga yayılır [1].

1.2. Mikro Dalgalar

Elektromanyetik spektrumda 300 MHz ve 300 GHz arasındaki bölge olarak isimlendirilir. Elektromanyetik dalga, elektrik alan (diğer elektrik yüklerin hareketi ile çıkar) ve manyetik alandan (hareket eden elektrik yüklerin etkisiyle ortaya çıkar) oluşur [2]. Mikro dalgalar, infrared dalgalarından daha uzun, radyo dalgalarından daha kısa boyuna sahip elektromanyetik (E.M.) dalgalardır [3].

1.3. İnfrared Dalgaları (İ.R.)

İnfrared bölgesi International Commission on Illumination (CIE) tarafından üç önemli biyolojik band içinde kısımlara ayrılmıştır; IR-A (0,78-1.4 μm), IR-B (1.4- μm) ve IR-C (3-1000 μm) 'dır. IR bir madde içindeki moleküller ve atomların rotasyon ve titreşimi mutlak sıfırın üzerindeki sıcaklık tarafından meydana getirilir. İnfrared diğer E.M. dalgalar gibi yansıma, absorpsiyon, taşıma, kırılma ve kırınıma uğrar [4]. IR parlak ve cilalanmış yüzeylerden kolayca yansiyabilmektedir [5].

1.4. Lazer Dalgaları

Lazer, enerji verilmiş atomların bıraktıkları fotonları kontrol eden bir aygıta denir. Lazer aslında "ışığın uyarılmış radyasyon yayımı tarafında büyütülmesi" anlamına gelmektedir. Tek renkli, monokromatik, tutarlı ve

örgütlü ve çok kuvvetli yoğun bir ışık demeti oluşturmaktadır. Pek çok Lazer tipi vardır. Lazer ortamı katı, sıvı, gaz ve yarı geçirgen ortam olabilir [6]. Lazerin ürettiği E.M. dalgalar birbiri ile uyum içinde ilerler [7].

2. İyonlaştırıcı Olmayan Radyasyonun Biyofiziksel Temelleri

2.1. Radyo Dalgaları

Radyo frekans (R.F.) dalgaları canlı ile etkileşimde soğurma ve indüksiyon şeklinde olmakta ve termal ve termal olmayan etkiler yapmaktadır. Bu temel etkiler; göz, sinir sistemi, dolaşım sistemi ve üreme sistemi üzerine etkiler yapar [8]. R.F. dalgalarının canlı ile etkileşiminde dokulardaki elektriksel parametrelere bağlıdır. Çocukların yetişkinlere göre daha fazla maruz kaldığı ve önemli sağlık riskine yol açtığı bilinmektedir [9].

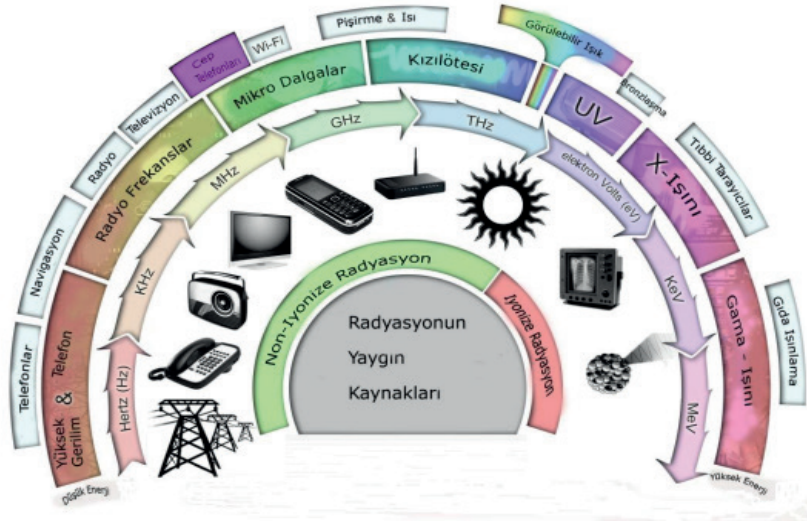
Çok düşük frekanslı (ELF) alanların biyolojik molekülleri, proteinleri, DNA'nın içindeki kimyasal bağları laboratuvar kanıtlarına göre bozmamaktadır. ELF alanlarının direkt genetik etki, hücre ölümleri, gen mutasyonlarına yol açmayacağı gözlenmiştir. ELF membran ile etkileşiminde dokulardaki voltaj gradientlerin değişimine neden olur [10].

2.2. Mikro Dalgalar

Mikro dalgalar enerjisi yüksek sıcaklıklarda madde de geçmesi için yeni aletler olarak gelişmeye başlaması ile bazı avantajlar içerir; hızlı ve düzenli ısıtma, sıcaklığı azaltması, fiziksel ve mekaniksel özelliklerin gelişmesi ve nadir özellikleri ile geleneksel yöntemleri içinden gözlenmez [11]. Biyolojik dokuda etkileşimde dielektriksel özelliklere göre iki gruba ayrılır. Birincisinde iyon akımlarının elektriksel direncinden dolayı enerji kaybıyla sonuçlanır, diğerinde ise dipol olarak tanımlanır ve dielektrik kayıp ile birlikte ortaya doğru akım değişimi ile sonuçlanır. Dielektriksel özellikler doku yüzeylerinde enerji geçişi ve yansımada önemli bir rol oynar [12].

2.3. İnfrared Dalgaları

Optik radyasyon olan IR biyolojik dokularla etkileşmesinde görülen temel optik olaylar deri pigmentasyonuna bağlı olarak yüzeysel yansıma, yeniden yansıma, saçılma, kırınım ve soğurulmadır. Gelen radyasyonun biyolojik dokuda enerji soğurması, fiziksel ve kimyasal değişimler sonucu biyolojik etkiye neden olur. Dokularda soğrulan enerji; moleküller dönme, titreşimler ve elektronik uyarımda değişimler oluşturur [8]. İnfrared ışınları derinin derin tabakalarına penetre olamamaktadır. Ancak kontrol edilemeyecek olursa deri yanıklarına, gözde katarakta ve retina harabiyetine neden olabilir [5].



Tablo 1: Elektromanyetik Spektrum [27].

2.4. Lazer Dalgaları

Lazer çok önemli dört yol içinde doku ile etkileşir; yayılma, yansıma, dağıtma ve absorpsiyondur. Lazer parametreleri ve doku etkileşimleri; ışığın özellikleri, nokta alan, çarpma süresi ve yüzeysel soğurma şeklindedir. Etkileşme mekanizmaları; fotokimyasal etkileşim, termal etkileşim, ışınla kesme ve bölme ve plazmayı çıkarma olarak dokulara uygulanır [14].

Böylece Lazerin tıp alanında kullanımı yoğunluğunun güçlü ve zaman etkisine bağlı olarak, fotokimyasal etki, fototermal etki ve fotomekanik-fotoiyonize olarak tıp alanında araç olarak kurulmaya başlandı [15].

3. İyonlaştırıcı Olmayan Radyasyonun Biyolojik Etkisi

3.1. Radyo Dalgaları

RF dalgaları, çevremizi kuşatmakta olup, kaynakların gittikçe artan biçimde kullanılması, maruziyet miktarının potansiyel seviyede bir artışı neden olmaktadır. RF dalgaları, biyolojik sistemler üzerinde, öküler, lens, hücre artışları ve çoğunlukla nörolojik, nöroendokrin, hematoloji, immunolojik ve kardiyovasküler etkiler oluşturduğu bilinmektedir. Yapılan çalışmalarda SAR(özgül soğurma oranı)' ı yüksek olan RF radyasyonu testis dokusuna ve sinir sisteminde EEG' de değişimlere neden olduğu bilinmektedir. Ayrıca immunolojik sistem radyo frekans radyasyona karşı çok

hassastır [8]. Kuşlarda yapılan çalışmada ön beyinlerinde kalsiyum (Ca^{+2}) iyon akışında değişimlere neden olduğu belirtilmiştir [16].

RF'ların biyoetkileri özellikle in vitro çalışmalar sonucunu inandırıcı kılıyor. RF ve diğer elektrik ve manyetik alan tipleri; ısı yoluyla olduğu kadar, ısı olmayan diğer mekanik yollarla da yaşam sistemlerini değiştirebilir. Örneğin; membrandaki Na^+/K^+ ATP az aktivitesini, membran içindeki katyonların akışını, nöronun dinlenme potansiyelini ve beyin içindeki metabolik enerjiyi değiştirebilir ve hücre dönüşümleri gibi değişimler yapmaktadır [17].

Kanser ile yapılan çalışmalar sonrası RF alanlara maruz kalmak, mutajen olmadığı ve kanser genlerinin oluşmasına bir basamak oluşturduğu muhtemel görülmüyor [18].

3.2. Mikro Dalgalar

Göz merceğinde saydamlığın bozulmasına sinir sisteminde ve dolayısı ile EEG desenlerinde değişimlere neden olabilmektedir. Çevrede 10 mW/cm^2 'den şiddetli mikro dalga ışımasının canlılar için uygun olmadığı kabul edilmektedir [19].

DNA zincirlerinin kırılmasına neden olduğu söylenilmektedir, fakat bu etki mekanizması tam aydınlatılmamıştır [3].

9450 MHz mikro dalga radyasyonu ile in vivo olarak yapılan kromozomlar üzerine etkisi çalışmasında, ratlar üzerinde yapılan çalışma sonrası, ratlarda anormal metafaz miktarının arttığı ve mitotik indeksin azaldığı ve ışınlama öncesi ve sonrası rektal sıcaklık artış farklılıkları arasında önemli bir fark olduğu bulunmuştur [20]. Mikro dalga işitme duyusuna etkisizdir [21].

3.3. İnfrared Dalgaları

İnfrared ışınlar genelde foton olarak kabul edilir. Çünkü düşük enerji seviyeleri ile biyolojik doku içinde fotokimyasal tepki oluşturmaz. IR ile yapılan çalışma ile biyolojik etkisi göz üzerine olması ve çok az bir çalışmada deri ile ilgili ve diğer etkilerin olduğunu göstermektedir. Tüm insanlar ısıtma ışını, yapay ışık ve güneşten gelen IR radyasyona maruz kalır. Biyolojik dokularda IR etkileşimi başlıca sıcaklıktır. En büyük sağlık tehlikeleri deri ve gözde termal yaralanmalardır. Uzak IR 'dan kornea yanıkları, yakın IR 'dan retinal, lens ve sıcaklık stresleri oluşur [4].

Genel olarak IR radyasyona maruz kalan potansiyel meslek grupları şunlardır; fırın ve yemekhaneler, mangalçılar, dişçiler, inşaat işçileri,

elektrikçiler, itfaiyeciler, kazan işçileri, demir işçileri, fırın operatörleri, çelik imalathane işçileri, kaynakçılar vb. meslek grupları sayılabilir [4].

3.4. Lazer Dalgaları

Lazer ışınlarının başlıca fiziksel etkileri termal etkiler, termal akustik, ışıksal bozulma ya da fotokimyasal olarak bilinir. Lazer ışınlarıyla dokunun etkileşmesinin önemli sonucu protein denatürasyonudur. Bunun derecesi birim alana gelen enerji veya birim alana düşen güç olup maruziyet süresine bağlıdır. Lazer maruziyet sonucu biyolojik etkiler başlıca termal etki ya da fotokimyasal reaksiyon olarak düşünülür. Göz ve deri üzerine akut etki yaptığı deney hayvanlarınca kanıtlanmıştır [8].

4. İyonlaştırıcı Olmayan Radyasyonun Tıptaki Uygulamaları

4.1. Radyo Dalgaları

ELF 'li elektromanyetik alanlar nörolojik ve psikiyatrik hastalara ümit verici olacağı hayal edilmiyordu. Manyetik alanın sinir sistemi ile etkileşimi henüz tam netlik kazanmamıştır. Manyetik olarak insan beyninin içindeki hücreler sınıflandırıldı. ELF ile zihinsel hastalıklar, epilepsi, parkinson hastalığı ve nörolojik olarak ani düşme hastalıkları hakkında çalışmalar ve uygulamalar yapılmıştır [22].

4.2. Mikro Dalgalar

Mikro dalga radyasyonu, dalga boyu yüksek olmasından dolayı dezenfektan olarak kullanılır. Germisidal etki mekanizmada ve su bulunduran maddelerin içinde- ki enerjiyi ısıya dönüştürür. Diş hekimliğinde metal aletler, protezler ve benzeri materyalin dezenfeksiyonunda, ayrıca yumuşak kontakt lenslerin dezenfeksiyonunda kullanılmaktadır [3]. Mikrodalga tomografik resimleme vücut kesimlerinin dielektrik değişimlerinden faydalanarak yapılır. Mikrodalgalar dolaşım ve solunum sistemlerinin vücut hareketlerinin uzaktan veya kontaksız algılanması ile dolaşım, solunum, kalp ve nabız atışları gibi hayati fizyolojik değişkenleri ölçmek için kullanılır. Doppler mikro dalga atardamar, kol, ve uyluk bölgesi damarları da dahil çeşitli damarsal bölgelerdeki duvar yapılarını ve basınç darbe karakterlerini belirlemede kullanılır [8].

Yapılan deneysel çalışmalar ile çok düşük güçte mikrodalgalara maruz bırakılan sporlu örneklere fazla etki göstermediği gözlenmiştir [24].

4.3. İnfrared Dalgaları

Tıpta infrared ışınlar derin sıcaklık tedavisinde kullanılmaktadır [5]. İnfrared radyasyonu uzun zamandan beri tıpta kullanılmaktadır. Bazı kronik hastalıklar, ağrı, kas ağrıları ve sportif yaralanmalarda tedavi için fizik tedavide yaygın olarak kullanılmaktadır. IR-A tedavilerde, IR-C ise kanserde kemoterapiden sonra bir detoksifikasyon olarak kullanılır [24].

4.4. Lazer Dalgaları

Tıpta Lazer göz ve deri üzerinde 1960'lı yıllarda uygulanmaya başlandı [25]. Tıpta Lazer genel olarak; oftalmolojide, diş hekimliğinde, jinekolojide, ürolojide, nörocerrahide, anjioplast-kardiyolojide, dermatolojide, ortopedide, gastroentolojide ve akciğerlerde kullanılır [14]. Excimer Lazerlerin kullanımı kornea kırılmaları için gelişmeye başlandı [4]. CO₂ Lazerleri dokuları tam kesip çıkarmak için başlıca kullanılır. Nd-YAG Lazerleri koagulasyon ya da genişlemiş dokuları buharlaştırır. Argon Lazerleri ise damarları yok etmek için, hemoglobin tarafından emilen yerler temel alınarak başvurulur [26]. CO₂ Lazerlerinin yoğun kullanımı, damarlı dokularda bisturilerin yerini almıştır [8].

Kaynaklar

1. TÜBİTAK, Popüler Bilim Kitapları, *Fizik*, 2005;11:38.
2. United Nations Environment Programme, World Health Organization, & International Radiation Protection Association (1993). Electromagnetic Fields (300 Hz to 300 GHz) - Environmental Health Criteria 137, 1:29. <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/29526>.
3. Özkütük N. Mikrodalga ve U.V. İle Dezenfeksiyon Uygulamaları, 4.Ulusal Sterilizasyon Dezenfeksiyon Kongresi, 2005;341-342.
4. Suess MJ, D.A. Benwell-Morison. Nonionizing Radiation Protection, Second edition, WHO Regional Publications, 1989;25:2-111.
5. Güler Ç, Çobanoğlu Z. Radon Kirliliği, Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi, 1997;44:13-14.
6. Yöney T. Tübitak-Bilim ve Teknik Dergisi, 2006;2:101.
7. Tübitak, Bilim ve Teknik Dergisi, Lazer Nedir, Ne Değildir, 1983;186:4.
8. Şeker S, Çerezci O. Çevremizdeki Radyasyon Ve Korunma Yöntemleri, Boğaziçi Üniversitesi Yayınları, 1997:41-199.
9. LJ. Challis. Mechanisms For Interaction Between RF Fields And Biological Tissue, Bioelectromagnetics Supplement, 2005;7:S105.
10. Veno S. Biological Effects Of Magnetic And Electromagnetic Field, Plenum Press, 1993;24:25.
11. Clark D.E. ve ark., Processing Materials With Microwaves Energy, Materials Science and Engineering: A, 2000:287(2);153-158.
12. NCRP, Radiofrequency Electromagnetic Fields, Report No:67,1981;54-57.
13. Carroll L. ve ark. Lazer-Tissue Interactions, Clinics in Dermatology, 2006;24(1):2-7.
14. Markolf H. Niemz, Lazer-Tissue Interactions, Fundamentals And Applications, Book, 2004;3:45-247.
15. Knappe V. ve Ark. The Leading Publisher In Biotechnology, Photomedicine And Lazer Surgery, 2004;411.
16. Byron TE, Gildersleeve RP. Effect Of Nonionizing Radiation On Birds, Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology, 1987;89(4);511-530.
17. Franceschetti G. ve ark. Electromagnetic Biointeraction, Plenum Press, 1989;74.
18. ICNIRP, Health Issues Related To The Use Of Hand-Hold, Radiotelephones And Base Transmitters, Health Physics Society, 1996;589.
19. Pehlivan F. Biyofizik-Hacettepe Taş, 2.Baskı, 2004;345.
20. Akdağ MZ, Çelik MS, ve ark. 9450 MHZ Mikrodalga Radyasyonun İn Vivo Olarak Kromozomlar Üzerine Etkisi, Tr. J. Of Biology, 1998;22:53-60.

21. Silny J. Demodulation İn Tissue, The Relevant Parameters And The İmplications For Limiting Exposure, Health Physics Society, Health Physics, 2007:92(6):604-608.
22. Chandos, B., Khan, A., Lai, H., Lin, J.C. (1996). The Application of Electromagnetic Energy to The Treatment of Neurological and Psychiatric Diseases. In: Ueno, S. (eds) Biological Effects of Magnetic and Electromagnetic Fields. Springer, New York, NY. https://doi.org/10.1007/978-0-585-31661-1_12
23. Erdođrul Ö, Erbilir E Mikrodalganın Bazı Basillus Türlerinin Sporlarına Etkisi, KSU Journal Of Science And Engineering, 2006;9:1.
24. ICNIRP, ICNIRP Statement On For İnfrared Radiation Exposure, Health Physics Society, 2006;633.
25. Herd RM, Dover JS. & Arndt, K. A. Basic laser principles. Dermatologic clinics, 1997:15(3);355-372.
26. Van Hillegersberg R. Fundamentals of laser surgery. The European journal of surgery= Acta chirurgica, 1997:163(1);3-12.
27. Yavaş MC. Yüksek Gerilim Hattı İle Oluşturulan Elektromanyetik Alanın, Rat Spermatogonium Hücreleri Üzerindeki Etkisinin Belirlenmesi. Dicle Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 2010.

