

# Manyetik alanın organizma üzerindeki biyolojik etkileri

Fehmi Özgüner\*, Hakan Mollaoğlu\*\*

\* Süleyman Demirel Üniversitesi Tıp Fakültesi Fizyoloji AD, Isparta

\*\* Afyon Kocatepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Fizyoloji AD, Afyon

## Özet

Son yirmi yıldır manyetik dalgaların insan sağlığına zararlı etkilerinin olup olmadığı tartışılmaktadır. Radyofrekans dalgası oluşturan kaynaklar arasında radarlar, mobil telefonlar, radyo ve televizyon yayınları, tıbbi ve endüstriyel uygulamalarda kullanılan çeşitli aletler sayılabilir.

Çeşitli biyokimyasal çalışmalarda birçok enzim yapı ve fonksiyonlarının, ayrıca bazı hücre organellerinin yapı ve fonksiyonlarının radyofrekans dalgalarına bağlı olarak bozulduğu bildirilmektedir. Yapılan çalışmaların bazılarında kanser riskinin de manyetik alan maruziyeti sonrasında arttığı bildirilmektedir. Radyofrekans dalgası yayan aletler arasında cep telefonlarının da önemi büyüktür. Cep telefonu kullanımının hızla yaygınlaşmasından dolayı cep telefonları ve onların baz istasyonlarından yayılan radyofrekans dalgaları giderek artan ölçüde geniş kitleleri ilgilendirmektedir. Cep telefonlarının yaydığı radyasyonun oksidatif stres aracılığıyla zararlı etkilere neden olabileceği düşünülmektedir.

**Anahtar kelimeler:** manyetik alan, zararlı etki

## Abstract

### Biological effects of magnetic field on organism

In the last twenty years, it has been discussing frequently whether there are any harmful effects of magnetic fields on human health. Radiofrequency sources are radars, mobile phones, radio and television broadcasting, devices used in medical and industrial applications.

It is reported that, in various biochemical studies structure and function of many enzyme and cell organelles impaired depend on radiofrequency fields and even increase cancer possibility after magnetic field exposure in some studies.

Among radiofrequency emitting devices, there is a great importance of cellular phones. Because of rapidly spread of using cellular phones, radiofrequency wave emitted from cellular phones and their base stations arising interest crowd of people. It is considered that radiations emitted from cellular phone cause harmful effects through oxidative stress.

**Key words:** Magnetic field, harmful effects

## Manyetik Alanın Organizma Üzerindeki Biyolojik Etkileri

Günümüzde elektromanyetik alan oluşturan kaynaklar arasında radarlar, mobil telefonlar, radyo ve televizyon vericileri, tıbbi ve endüstriyel uygulamalarda kullanılan çeşitli aletler, yüksek gerilim hatları, mikrodalga fırınlar, elektrikli ev aletleri bulunmaktadır. Radyasyonlar, madde içine nüfuz edip cismi oluşturan atom ya da moleküllerden elektron koparabilme yeteneklerine göre iyonlaştırıcı ve iyonlaştırıcı olmayan radyasyon şeklinde sınıflanabilir (1). Elektromanyetik alan kaynakları arasında, özellikle cep telefonlarından ve cep telefonu baz istasyonlarından yayılan radyofrekans dalgaları giderek artan ölçüde geniş kitleleri etkilemektedir.

Günümüzde bu dalgaların insan sağlığı üzerine zararlı etkilerinin olduğunu bildiren çalışmalar göz önüne alındığında, bu konunun önemli bir sağlık problemi haline geldiği görülmektedir. Örneğin, eğer mobil telefon kullanımının insan sağlığına herhangi bir zararı varsa bu, dünya üzerindeki çoğu kişiyi etkileyebilir.

Cep telefonlarının yaydığı 900 MHz frekansındaki radyofrekans dalgalarına insanlar iki farklı şekilde maruz kalabilmektedir. Cep telefonlarından yayılan radyofrekans dalgaları vücudun çoğunlukla baş olmak üzere sadece bir kısmını etkilerken, baz istasyonlarından yayılan dalgalar tüm vücudu etkilemektedir. Çalışmalar çoğunlukla bu etkilerden yalnız bir tanesini ortaya koyabilmektedir. Bu iki radyasyon şiddet ve yoğunluk açısından farklılık göstermektedir (2).

**Yazışma Adresi:** Doç. Dr. M. Fehmi Özgüner  
Süleyman Demirel Üniversitesi  
Tıp Fakültesi Fizyoloji Anabilim Dalı  
32260 - Isparta  
Tel: 0.246. 211 32 93 Faks: 0.246. 237 11 65

Tablo 1 : Elektromanyetik Spektrum (1).

İYONİZE OLMAYAN RADYASYON					İYONİZE RADYASYON					
RADYO FREKANSLARI VE MİKRODALGALAR					Kızıl Ötesi	Görünür Işık	Mor Ötesi	X-GAMA IŞINLARI		
Frekans Aralıkları	Çok Çok Düşük Frekanslar	Düşük Frekanslar	Radyo Frekansları	Mikro Dalgalar				Yumuşak X ışınları	Sert X ışınları	Gama ışınları
Tipik Uygulamalar (Kaynaklar)	Taşıma, Dağıtma, İç tesisat, Endüstride kullanılan cihazlar	Denizcilik Haberleşme Cihazları	Haberleşme Cihazları	Haberleşme Cihazları, Radar, Fırın	Flüoresan Lambalar	Flüoresan Lambalar	Medikal	Nükleer Patlama		
Bilinen Etkiler	Kan hastalıkları, Lösemi, Kanser, Hücre büyümesi, Embriyo etkileri	Merkezi Sinir Sistemi Etkileri, İmmün sistem etkileri, Hücre zarı etkileri	Katarakt, Doğumsal zararlar, Merkezi sinir sistemi	Katarakt, Düşük, Doğumsal zararlar, Genetik hasar	Katarakt	Göz yorulması ve Göz gerilmesi	Deri kanseri, Katarakt	Kanser, Genetik hasar, Erken doğum		

Mobil telefonların yaydığı radyofrekans dalgaları hücresele ve moleküler düzeyde birçok zararlı etkiye neden olmaktadır. Lai ve arkadaşları (3) radyofrekans dalgalarına maruz kalmanın rat beyin hücrelerinde DNA kırıkları oluşturduğunu bildirirken, buna paralel olarak Robison ve arkadaşları da (4) HL-60 ve HL-60R soylarında elektromanyetik alanın etkisi ile DNA tamir oranında azalmanın olduğunu belirtmektedirler. Manyetik alanlar gibi elektriğin de transkripsiyonu stimüle ettiği (5,6) ve hem manyetik alan hem de elektrik alanlarının DNA ile direkt olarak etkileşime girdiği bildirilmiştir (6). İnsan tam kan örnekleri 7,7 GHz frekansındaki mikrodalga radyasyonuna maruz bırakıldığında oluşan kromozomal hatalar (asentrik fragmentler ve disentrik kromozomlar) ve mikronükleus insidansı arasında bir korelasyonun olduğu gözlenmiştir (7). Maes ve arkadaşları (8) insan periferik kan lenfositleri ile yaptıkları bir çalışmada 2450 MHz radyofrekans dalgalarının, mikronükleusların oluşumunda ve kromozom hatalarının sıklığında belirgin bir artışa neden olduğunu belirtmişlerdir.

Manyetik alanların DNA üzerinde görülen tüm bu olumsuz etkilerine bakıldığında kanserojen ve teratojen etkisinin olabileceği akla gelmektedir. Nitekim mobil telefon kullanımının oksidatif stres oluşturduğu ve bu yolla kanser riskini artırabileceği ifade edilmektedir (9). Lary ve arkadaşları (10) 27.12 MHz radyofrekans dalgalarının ratlarda teratojenik etki yaptığını göstermişlerdir. Aynı şekilde Zmyslony ve arkadaşları da (11) manyetik alanın embriyogenezis

kontrol karşılaştırılmış ve beyin en fazla manyetik alana maruz kalan temporal ve oksipital bölgelerinde tümör riskinin artmış olduğu bulunmuştur. Manyetik alanlar, DNA üzerindeki etkilerinin dışında organel, hücre ve organ düzeyinde de birçok zararlı etkilere neden olmaktadır. Somosy (15) radyasyonun birçok hücre organelini olumsuz yönde etkilediğini belirtmektedir. Allis ve Sinha-Robinson (16) insan eritrositleri ile yapmış oldukları bir deneyde 2.45 GHz mikrodalga radyasyonunun Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> ATPaz aktivitesini inhibe ettiğini saptamışlardır. Lotz ve Podgorski (17), 1.29 GHz frekanslı mikrodalga radyasyonuna maruz bırakılan rhesus maymunlarında plazma tiroksin ve büyüme hormonu seviyelerinde bir değişiklik olmadığını, plazma kortizol seviyesinde ise artışa neden olduğunu ve rektal sıcaklıkta ortalama olarak 0,5–1,7°C artışın olduğunu tespit etmişlerdir. Dasdag ve arkadaşları (18) tarafından ratlar üzerinde yapılan bir çalışmada, konuşmaya açık durumda olan telefonlara maruz bırakılan ratların testislerinde bazı histolojik değişiklikler gözlemlendiği ve bu ratlarda rektal sıcaklıkların istatistiksel olarak yüksek olduğu bulunmuştur. Çok düşük frekanslı unipolar pulsatil manyetik alanın fare talamus ve beyin kök hücrelerini az etkilediği, kortikal renal tübüler epitelyumu etkilediği, ancak medüller tübülleri daha az etkilediği belirtilmiştir (19).

Günümüzde GSM radyasyonunun non-termal etkileri ile ilgili in vivo deliller başlıca hayvan deneylerinden elde edilmiştir. Cep telefonunun yaydığı

giderici bir hormondur. Melatonin lipofilik olduğu için tüm dokulara kolaylıkla geçebilmektedir. Yapılan çalışmalarda merkezi sinir sistemindeki oksidatif stresi azaltabildiği görülmüştür (26). Bir çalışmada ultraviyole ışınların cilt üzerindeki zararlı etkilerinin giderilmesinde kullanılabilmesi gösterilmiştir (27). Çalışmalar melatonin düzeyinin yaşlanmayla birlikte azaldığını göstermektedir (28). Özellikle çok düşük frekanslı manyetik alan başta olmak üzere radyofrekans dalgalarına maruz kalma sonucunda pineal bezden melatonin salgısı baskılanmaktadır. Günde 30 dakika boyunca 1 ila 21 gün süreyle 50 Hz/5,2 mT manyetik alana maruz kalma, erkek Wistar ratlarında serum melatonin seviyelerini 15 gün süreyle azalttığı gibi pineal sinaptik düğüm sayılarını da azaltmıştır (29). Yüksek frekanslı manyetik alanın melatonin sentezi üzerine etkilerini araştırmak için yapılan bir çalışmada, erkek ve dişi Sprague Dawley ratlarına ve Djungarian hamsterlerine 15 dakikadan 6 saate kadar değişen sürelerle 0,1 ila 0,6 mW/cm<sup>2</sup> şiddetinde 900 MHz frekanslı sürekli ve/veya 217 Hz pulslu elektromanyetik alan uygulanmış, gündüz ve gece pineal melatonin sentezini anlamlı bir şekilde etkilemediği bulunmuştur (30). Çok düşük frekanslı manyetik alana maruz kalma sonucunda pineal bezden melatonin salgılanması azalırken yüksek frekanslı manyetik alanın melatonin salgılanması üzerine etkisinin olmayışı Özen (31) tarafından şu şekilde açıklanmaktadır: Enerji nüfuz etme derinliği frekanstaki yükselmeye bağlı olarak azalır. Bu nedenle elektromanyetik alanlardan kaynaklanan enerjinin çoğunluğu yüzeye yakın soğurulur. Alçak frekanslar yüksek frekanslara göre çok daha derinlere ulaşabilmektedir. Cep telefonlarının da dahil olduğu mikrodalga frekans bölgesinde insan kafatasında elektromanyetik enerji soğurulması kafa derisi katmanında yoğunlaşmaktadır. Bu nedenle 900 MHz ve üst frekanslardaki elektromanyetik dalgalar, pineal bezin derin anatomik yerleşiminden dolayı pineal bezi çok az etkilerken, düşük frekanstaki elektromanyetik dalgalar daha fazla etkilemektedir. Bu bilgiler ışığında denilebilir ki, düşük frekanslı manyetik alanlar organizmanın derin dokularına kadar etki gösterirken, yüksek frekanslı manyetik alanların zararlı etkileri yüzeysel dokularla sınırlı kalmaktadır.

#### Kaynaklar

- Şeker S, Çerezci O. Radyasyon Kuşatması: Elektriğin ve nükleer enerjinin sağlığını etkileri. Boğaziçi Üniversitesi Yayınevi. İstanbul, 2000
- Hyland GJ. Physics and biology of mobile telephony. Lancet 2000;356(9244):1833-36
- Lai H, Singh NP. Melatonin and a spin-trap compound block radiofrequency electromagnetic radiation-induced DNA strand breaks in rat brain cells. Bioelectromagnetics 1997;18:446-54
- Robison JG, Pendleton AR, Monson KO, Murray BK, O'Neill KL. Decreased DNA repair rates and protection from heat induced apoptosis mediated by electromagnetic field exposure. Bioelectromagnetics 2002;23(2):106-12
- Blank M, Soo L, Lin H, Henderson AS, Goodman R. Changes in transcription in HL-60 cells following exposure to alternating currents from electric fields. Bioelectrochem Bioenerg 1992;28:301-9
- Blank M, Goodman R. Do electromagnetic fields interact directly with DNA? 1997;18(2):111-5
- Garaj-Vrhovac V, Fucic A, Horvat D. The correlation between the frequency of micronuclei and specific chromosome aberrations in human lymphocytes exposed to microwave radiation in vitro. Mutation Res 1992;281(3):181-6
- Maes A, Verschave L, Arroyo A, DeWagter C, Vercruyssen L. In vitro cytogenetic effects of 2450 MHz waves on human peripheral blood lymphocytes. Bioelectromagnetics 1993;14:495-501
- Yasser M, Moustafa, Randa M, Moustafa, A, Belacy, Soad H, Abou-El-Ela, Fadel M, Ali. Effects of acute exposure to the radiofrequency fields of cellular phones on plasma lipid peroxide and antioxidase activities in human erythrocytes. Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis 2001;26:605-8
- Lary JM, Conover DL, Foley ED, Hanser PL. Teratogenic effects of 27.12 MHz radiofrequency radiation in rats. Teratology 1982;26:299-309
- Zmyslony M, Jajte JM. The role of free radicals in mechanisms of biological function exposed to weak, constant and net magnetic fields. Med Pr 1998;49(2):177-86
- Berman E, Carter HB, House D. Observations of Syrian hamster fetuses after exposure to 2450-MHz microwaves. J Microwave Power 1982;17:107-12
- Balcer-Kubiczek EK, Harrison GH. Neoplastic transformation of C3H/10T1/2 cells following exposure to 120-Hz modulated 2.45-GHz microwaves and phorbol ester tumor promoter. Radiat Res 1991;126(1):65-72
- Hardell L, Hallquist A, Mild KH. Mobile phones and the risk of brain tumours. Lancet 2000; 356(9244):1837-1840
- Somosy Z. Radiation response of cell organelles. Micron 2000;31:165-81
- Allis JW, Sinha-Robinson BL. Temperature-specific inhibition of human cell Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> ATPase by 2450 MHz microwave radiation. Bioelectromagnetics 1987;8:203-7
- Lotz WG, Podgorski P, Temperature and adrenocortical

- responses in rhesus monkeys exposed to microwaves. *J Appl Physiol* 1982;53(6):1565-71
18. Dasdag S, Ketani MA, Akdag Z, Ersay AR, Sari I, Demirtas OC, et al. Whole-body microwave exposure emitted by cellular phones and testicular function of rats. *Urol Res* 1999;27(3):219-23
  19. Kang GH, Lee CH, Seo JW, Sung RH, Chung YH, Lee SK, et al. In-vivo study on the harmful effect of the extremely low frequency unipolar pulsating magnetic field in mice. *Korean Med Sci* 1997;12(2):128-34
  20. Hossmann KA, Hermann DM. Effects of Electromagnetic Radiation of Mobile Phones on the Central Nervous System. *Bioelectromagnetics* 2003;24:49-62
  21. Reiser HP, Dimpfel W, Schober F. The influence of electromagnetic fields in human brain activity. *Eur J Med Res* 1995;1:27-32
  22. Mann K, Roschke J. Effects of pulsed high-frequency electromagnetic fields on human sleep. *Neuropsychobiology* 1996;33:41-7
  23. Borbely AA, Huber R, Graf T, Fuchs B, Gallmann E, Achermann P. Pulsed high-frequency electromagnetic field affects human sleep and sleep electroencephalogram. *Neurosci Lett* 1999;275:207-10
  24. Krause CM, Sillanmaki L, Koivisto M, Haggqvist A, Saarela C, Revonsuo A, et al. Effects of electromagnetic field emitted by cellular telephones on the EEG during a memory task. *NeuroReport* 2000;11(4):761-4
  25. Braune S, Wrocklage C, Raczek J, Gailus T, Lucking CH. Resting blood pressure increase during exposure to radio-frequency electromagnetic field. *Lancet* 1998;351:1857-8
  26. Reiter RJ. Oxidative processes and antioxidative defense mechanisms in the aging brain. *FASEB Journal* 1995;9(7):526-33
  27. Reiter RJ. Melatonin in the context of the reported bioeffects of environmental electromagnetic fields. *Bioelectrochemistry and Bioenergetics* 1998;47:135-42
  28. Özgüner F, Kerman M, Delibaş N, Gültekin F. The relationship of age related decrease in melatonin with oxidative damage and mental status. *Biomed Res* 2000;11(1):61-5
  29. Martinez Soriano F, GimenezGonzalez M, Armanazas E, RuizTorner A. Pineal 'synaptic ribbons' and serum melatonin levels in the rat following the pulse action of 52-Gs (50-Hz) magnetic fields: an evaluative analysis over 21 days. *Acta Anat* 1992;143:289-93
  30. L. Vollrath, R. Spessert, T. Kratzsch, M. Keiner, and H. Hollmann. No Short-Term Effects of High-Frequency Electromagnetic Fields on the Mammalian Pineal Gland. *Bioelectromagnetics* 1997;18(5):376-87
  31. Özen Ş. Mikrodalga frekanslı EM radyasyona maruz kalan biyolojik dokularda oluşan ısılı etkinin teorik ve deneysel incelenmesi. Doktora Tezi. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektronik ve Haberleşme Y Müh, 2003