

# Cep telefonlarından yayılan 900 MHz elektromanyetik alanın serum kortizol ve testosteron hormonu üzerine etkisi

Ahmet Koyu, Gökhan Cesur, Fehmi Özgüner, Onur Elmas

Süleyman Demirel Üniversitesi Tıp Fakültesi Fizyoloji Anabilim Dalı, Isparta

## Özet

Cep telefonu kullanımı her geçen gün hızlı bir şekilde artmakla birlikte günümüzde bu dalgaların insan sağlığına zararları olduğunu bildiren yayınlar ışığında bu konunun önemli bir sağlık problemi haline geldiği görülmektedir. İnsanlığın hizmetinde kullanılan bu cihazların faydalarının yanında zararlı etkileri de ortaya çıkmış ve nöroendokrin sistem üzerine bir takım yan etkilerinin olabileceği düşünülmüştür. Bu çalışmada, 900 MHz dalga frekansında elektromanyetik alanın (EMA) ratlarda, kortizol ve testosteron hormonları üzerine etkisinin olup olmadığını araştırdık. Çalışmamızda, 20 adet Sprague Dowley türü erkek rat kullanıldı. Ratlar, kontrol (K) ve EMA olmak üzere iki gruba ayrıldı. EMA grubundaki ratlar, 4 hafta boyunca haftada 5 gün ve günde 30 dakika  $1\pm 04$  mW/cm<sup>2</sup> gücünde 900 MHz dalga frekansında EMA' a maruz bırakıldı. K grubu da aynı deney ortamında tutuldu, fakat EMA uygulanmadı. Ratların serumlarında, kortizol ve testosteron seviyeleri incelendi. Çalışmamızda elde ettiğimiz bulgulara göre; EMA grubunun kortizol seviyelerinin kontrol grubuna göre anlamlı olarak yüksek olduğu görülürken, EMA grubunun testosteron seviyesi ise kontrol grubuna göre anlamlı olarak düşük bulundu. Sonuç olarak cep telefonlarının yaydığı EMA'nın nöroendokrin sisteme etkileri termal ve stres kaynaklı olabilir. Ancak, bu konudaki fizyolojik ve morfolojik çalışmaların daha ileri düzeylerde yapılması gerekmektedir.

**Anahtar kelimeler:** 900 MHz, elektromanyetik alan, kortizol, testosteron.

## Abstract

### Effect of 900 MHz electromagnetic field emitted from cellular phone on serum cortisol and testosterone levels

Using cellular phones increases day by day with the inspired thought of the articles that reports the harmful effects of cellular phones on human health. This is a growing health problem for human being. These vehicles are in the service of mankind and they are useful for man but at the same time they have harmful effects too and it is believed that they may have side effects on neuroendocrine system. In the present study, our aim was to investigate the effects of pulsed 900 MHz electromagnetic field (EMF) on cortisol and testosterone levels of the rat organism. In this study, we have used 20 Sprague Dowley male rats. The rats were separated into two groups as control (C) and EMF group. EMF group was exposed to the carrier frequency of 900 MHz with average power flux density  $1\pm 04$  mW/cm<sup>2</sup>, 30 minutes a day and 5 days a week for 4 weeks. C group was kept at the experiment environment but they didn't exposed to magnetic field. Cortisol and testosterone levels were evaluated in serum rats. The findings we have got in this study are; cortisol values at the EMF group was significantly higher than the C group, however, testosterone values were lower at the EMF group when it is compared with the C group. In conclusion, the effect of the EMF waves that is spread out by the cellular phones on neuroendocrine system may be originated from thermal and stress processes. However, physiological and morphological advanced studies has to be done about this subject.

**Key words:** 900 MHz, electromagnetic field, cortisol, testosterone.

## Giriş

Son yıllarda, elektromanyetik alanların (EMA) insan sağlığına zararlı etkilerinin olup olmadığı çok fazla tartışma konusu olmuştur. Cep telefonları ve baz istasyonlarından yayılan radyofrekans dalgaları giderek artan ölçüde geniş kitleleri ilgilendirmektedir. Cep telefonu kullanımı her geçen gün hızlı bir şekilde

**Yazışma Adresi:** Yrd. Doç. Dr. Ahmet Koyu  
SDÜ Tıp Fakültesi Fizyoloji AD, İSPARTA  
Tel: 246 2113605  
Faks : 246 2371165  
E-mail : ahmetkoyu@tnn.net

artmakla birlikte günümüzde bu dalgaların insan sağlığına zararları olduğunu bildiren araştırmalar ışığında bu konunun önemli bir sağlık problemi haline geldiği görülmektedir. İnsanlığın hizmetinde kullanılan bu cihazların faydalarının yanında zararlı etkileri de ortaya çıkmış ve nöroendokrin sistem üzerine bir takım yan etkilerinin olabileceği düşünülmüştür(1-3).

Elektromanyetik (EM) dalga üreten cep telefonları ve baz istasyonlarının insanlar üzerine olan etkileri frekans ve güçlerine bağlıdır. Frekans, EM dalganın

belli bir süredeki ve belli noktalardaki titreşim sayısıdır. EM dalganın bir saniyedeki periyodu bir hertz (Hz) dir. Bir megahertz, saniyede bir milyon periyoda karşılık gelir. Analog telefonlar 800-900 MHz arasındaki frekanslarda çalışırken, dijital telefonlar 1850 - 1990 MHz arasındaki frekanslarda çalışır(4).

EM dalgaların dokular üzerinde iki temel etkisi bulunmaktadır. Bunlardan ilki termal etki, ikincisi de kimyasal (termal olmayan) etkilerdir(5). Yüksek frekanslı EM dalgalar ısıya bağlı zarar verirken, düşük frekanslı EM dalganın uzun süre alınmasıyla dokularda kimyasal değişimler nedeniyle zararlı etkiler ortaya çıkmaktadır(6).

EM dalgaların ve cihazların çevreye yaydığı EMA'nın, biyolojik sistemler ve insanlar üzerinde; fiziksel ve nöral asteni (halsizlik), uyku bozuklukları, baş ağrısı, miyalji (kas ağrısı), ekstremitelerin disestezisi (deri ve mukozaya yönelik uyarıları hissetme yeteneğinde azalma) gibi olumsuz etkileri, yapılan çok sayıda deneysel çalışma ile gösterilmiştir(7).

Hayvan çalışmaları, yüksek frekanslı EMA'nın daha çok endokrin ve sinir sistemi üzerine olumsuz etkileri olabileceğini göstermiştir(7).

Adrenal korteks tarafından salgılanan başlıca glikokortikoid, stres indikatörü olarak bilinen kortizoldür. Ön hipofiz bezinden salgılanan Adrenokortikotropin hormon (ACTH) ile kontrol edilir ve plazmadaki seviyesi diurnal bir ritim gösterir. İnsanlarda, EM dalgalarına maruziyetin serum kortizol seviyelerini geçici olarak yükselttiği gözlenmiştir(8). Çalışmamızdaki ikinci parametre; bir cinsiyet hormonu olan testosterondur. Testislerin, ön hipofiz bezinden salgılanan lüteinleştirici hormon (LH) tarafından uyarılmasıyla, interstisyel leydig hücreleri tarafından sentezlenir. Testosteron genel olarak vücudun belirgin erkek karakterlerinin oluşumundan sorumludur. 0-1015 Hz arası belirli frekanslarda EM ışıma yapan bilgisayar monitörlerinin, erkeklerde testosteron seviyelerini azalttığı görülmüştür(9) Bu bilgilerin ışığında çalışmamızda, 900 MHz dalga frekanslı cep telefonlarından yayılan EM dalgaların ratlarda, kortizol ve testosteron hormonları üzerine etkisinin olup olmadığını araştırdık.

## Gereç ve Yöntem

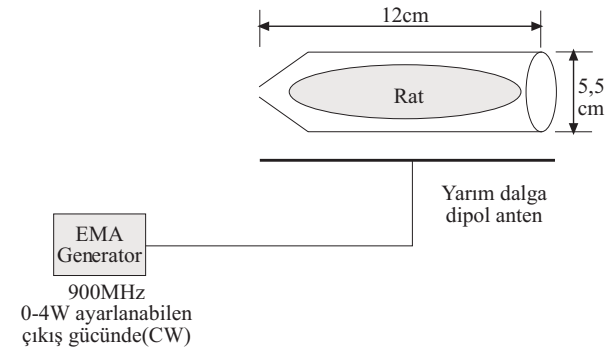
### Deneysel hayvanları

Çalışmamızda 20 haftalık, 270-370 gr ağırlığında, 20 adet Sprague Dowley türü erkek rat kullanıldı. Her çalışma grubundaki ratlar standart mevsimsel ısı ve ışık, oda koşullarında (22° C) tutuldu. Ratlara

yeteri kadar çeşme suyu ve standart rat pellet yemi verildi.

### Deneysel oluşturulması ve EMA'ya maruz kalma

Bu çalışmada, 900 MHz dalga frekanslı EMA kaynağı (maksimum gücü 2 W, ortalama güç yoğunluğu  $1\pm 04$  mW/cm<sup>2</sup>) kullanıldı. Güç yoğunluğunun değişimi Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektromanyetik Kirlilik Araştırma Laboratuvarında (Adapazarı, Türkiye) hassas bir şekilde ölçüldü. Deneysel düzeneği pleksiglas bir kafes (uzunluğu: 12 cm, çapı : 5.5 cm) ile bir dipol antenden meydana gelmektedir(Şekil-1).



Şekil 1: 900 MHz elektromanyetik alana maruz kalma deneysel düzeneği

Ratlar rastgele seçilip iki gruba ayrıldı. Kontrol grubu (n=10) ile EMA grubu (n=10). EMA grubuna ait hayvanlar, pleksiglas kafes içerisinde 900 MHz dalga frekanslı EMA'ya ( $1\pm 04$  mW/cm<sup>2</sup> güç yoğunluğunda) günde 30 dakika, haftada 5 gün olmak üzere 4 hafta boyunca maruz bırakıldılar(Resim). Kontrol grubuna ait hayvanlar ise EMA grubu ile aynı çevre şartlarında tutuldular.



Şekil 2: Elektromanyetik alanın uygulanması

### Hormon analizi

Testosteron ve kortizol hormonlarının analizi için, intrakardiyak olarak alınan kan örnekleri boş tüplere alındı. Bu örnekler 4000 devir/dk da 5 dk. santrifüj edilerek serumları elde edildi. Hormon analizinde, Coat-a-count kortizol ve total testosteron ticari kitleri (Diagnostic Products Corporation, Los Angeles, USA) kullanılarak radioimmunoassay (RIA) yöntemine göre ölçüm yapıldı.

### İstatistiksel analiz

İstatistiksel değerlendirmeler, "SPSS® 9.0 for Windows" istatistik paket programı kullanılarak yapıldı. Bağımsız farklı iki grubun karşılaştırılması Mann-Whitney U testi ile yapıldı.  $p < 0.05$  anlamlı kabul edildi. Sonuçlar aritmetik ortalama  $\pm$  SD olarak verildi.

### Bulgular

900 MHz EMA grubu ile kontrol grubunun ortalama kortizol ve total testosteron konsantrasyonları tablo'da gösterilmiştir.

Tablo : Kontrol ve elektromanyetik alan gruplarına ait ortalama serum hormon düzeyleri ve standart sapmaları

Gruplar	n	Kortizol ( $\mu\text{g/dl}$ )	Testosteron ( $\text{ng/dl}$ )
Kontrol	10	$1.73 \pm 0.40$	$297.60 \pm 62.82$
EMA	10	$2.51 \pm 0.57$	$130.00 \pm 48.74$
<b>P değerleri</b>		0.006*	0.001**

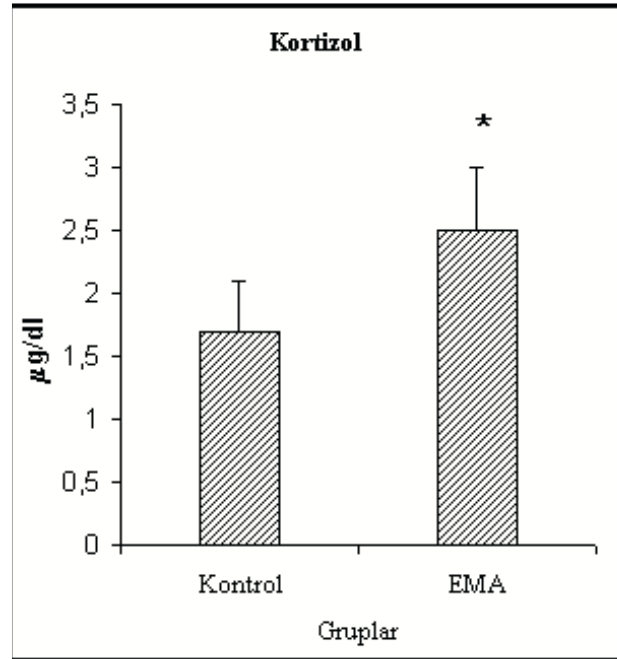
\*  $p < 0,01$  \*\*  $p < 0,001$

EMA'a maruz bırakılan ratların kortizol konsantrasyonlarının kontrol grubuna göre anlamlı olarak yüksek bulunduğu Şekil 2'de gösterilmiştir ( $p < 0,01$ ). Kortizol konsantrasyonları kontrol grubunda  $1,73 \pm 0,40 \mu\text{g/dl}$ , EMA grubunda  $2,51 \pm 0,57 \mu\text{g/dl}$  olarak bulunmuştur.

EMA'a maruz bırakılan ratların total testosteron konsantrasyonlarının kontrol grubuna göre anlamlı olarak azaldığı Şekil 3'de gösterilmiştir ( $p < 0,001$ ). Testosteron konsantrasyonları, kontrol grubunda  $297,60 \pm 62,82 \text{ ng/dl}$ , EMA grubunda  $130 \pm 48,74 \text{ ng/dl}$  olarak bulunmuştur.

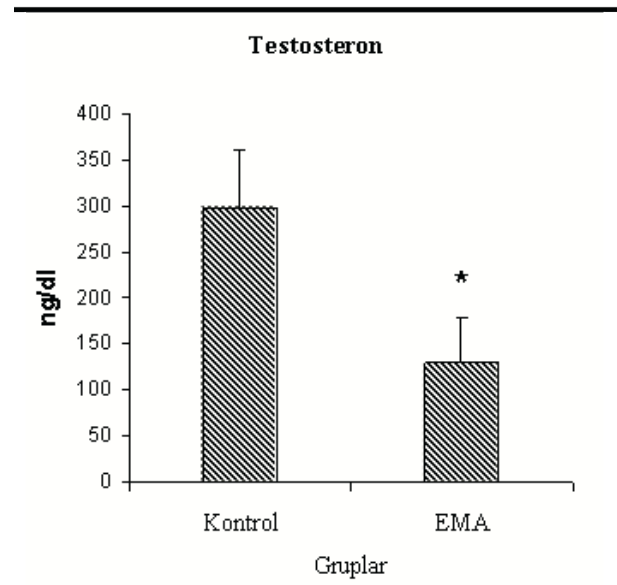
### Tartışma

Cep telefonları standartları belirlenirken, termal etkileri önemli derecede hesaba katılır. EMA'nın biyolojik etkilerinden olan dokulardaki sıcaklık artışı hesaplanabilir. Egzersizle meydana gelen vücut sıcaklığındaki  $1^\circ\text{C}$  lik bir artışın, iç düzenleyici mekanizmaları tetiklediği gibi, bazı araştırmacılar da EMA altında rektal sıcaklık ile kortizol veya



Şekil 3: Kontrol ile elektromanyetik alan grubunun kortizol düzeylerinin karşılaştırılması (\* $p < 0.01$ ).

kortikosteron arasında açık bir ilişki olduğunu gösterdiler. Bu sıcaklık artışının hipotalamik seviyede rol oynayan nonspesifik bir stres faktörü olduğunu öne sürmüşlerdir(10-12). EMA'nın etkilerinin ve sebep olduğu hasarın derecesinin maruz kalınan süreyle ilişkili olduğu bilinmektedir(13). Şu ana kadar yapılan çalışmalarda araştırmacılar genellikle düşük frekanslı EMA'nın hormonlar üzerine etkilerini araştırırken yüksek frekanslı EMA'lar ile ilgili çok fazla çalışma yapılmamıştır.



Şekil 3: Kontrol ve elektromanyetik alan grubunun testosteron düzeylerinin karşılaştırılması (\* $p < 0.001$ ).

Mann ve ark. gönüllü insanlarda 900 MHz EMA'nın etkisini araştırmak için yaptıkları çalışmada EMA'nın ilk bir saati içinde kortizol seviyesinde geçici bir yükselmenin olduğunu göstermişlerdir(14). Udintsev ve ark. sürekli 50 Hz manyetik alana maruz kalan deney hayvanlarında kortikoid seviyesini kontrollere göre belirgin derecede daha yüksek bulmuşlardır(15). Benzer şekilde, Arnetz ve arkadaşları da 47 ofis çalışanı üzerinde yaptıkları çalışmada, bilgisayar monitörlerinden yayılan EM dalgaların ACTH seviyesini önemli derecede artırdığını görmüşlerdir(16). Lotz ve ark., 1,29 GHz dalga frekanslı EMA'a maruz bırakılan rhesus maymunlarının dolaşımdaki kortizol seviyelerinin EMA'nın ilk 2 saati içerisinde baskılandığını, uygulamanın 3-8 saati arasında yükseldiğini görmüşlerdir(17). Bunların tersine, Zalyubouskaya ve ark., 60 Hz dalga frekansında ve günde 15 dakika süresince manyetik alana maruz bırakılan ratlarda 2 ay sonra serum kortikoid seviyelerinde baskılanma olduğunu görmüşlerdir(18). Radon ve ark. dört saat boyunca yarım saat aralıklarla ölçtükleri tükrükteki kortizol konsantrasyonlarında herhangi bir değişme görmemişlerdir(8).

Bizim yapmış olduğumuz çalışmada ise; 900 MHz dalga frekansında EMA' a maruz bırakılan ratların kortizol seviyesi kontrol grubuna göre anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur. Kortizol hormonunun yüksek bulunması yukarıdaki çalışmalardan da anlaşıldığı gibi ısı artışı ile ilgili olabilir ve bu artış EMA'a maruz kalmakla doğru orantılıdır. Bu ısı yükselmesi veya hipotalamik seviyede ısı etkileşimlerinin sonucunda oluşan nonspesifik stres reaksiyonlarının kortizol hormonunun artışında kesin bir rolü olduğunu düşündürmektedir.

Testosteron hormonu sonuçlarını değerlendirdiğimizde, Margonato ve ark., 242 erişkin rat üzerinde yapmış oldukları çalışmada, 25-100 kV/m gücünde 50 Hz frekansında elektrik alana maruz bırakmıştır. Deney sonunda plazma LH, FSH, testosteron hormon seviyeleri ile kontrol grubu arasında anlamlı bir fark bulamamışlardır(19). Navakatikian ve ark. düşük yoğunluktaki mikrodalga tarafından testosteron sekresyonunun inhibe edildiğini göstermişlerdir(20).

Bizim çalışmamızda, testosteron seviyesi kontrol grubuna göre anlamlı düzeyde düşük bulunmuştur. Total testosteron seviyesinin düşmesi ya hipofizin uyarılmasında ya da mezenşimal hücrelerden leydig hücrelerinin farklılaşmasını engelleyen testis

fonksiyonundaki bir takım bozukluklardan kaynaklanabilir. Testis dokusunun hassas olması ve buna bağlı olarak leydig hücre hasarı sonucu testosteron yapımı azalmış olabilir. Histolojik çalışmaların yapılması bu konu hakkında daha sağlıklı bilgilerin ortaya çıkmasını sağlayacaktır. Sonuç olarak, yaygın şekilde kullanılan 900 MHz EMA'a sahip cep telefonlarının adrenal bezin korteksini etkileyerek bir stres hormonu olan kortizölü yükselttiği ve aynı zamanda dış etkilere çabuk etkilenen testisleri de etkileyerek testosteron hormonunu düşürdüğü görülmüştür. Bu iki hormonun insan sağlığındaki önemi açısından daha sonraki çalışmalarda dikkate alınmasının faydalı olacağı kanaatindeyiz.

#### Kaynaklar

1. Hossmann KA, Hermann DM. Effects of electromagnetic radiation of mobile phones on the central nervous system. *Bioelectromagnetics* 2003;24:49-62
2. Canseven AG, Atalay SN. Manyetik alanın dokuya etkisi. *Bilişim Toplumuna Girerken Elektromanyetik Kirlilik Etkileri Sempozyumu* 1999;89-5
3. Yasser M, Randa MM, Belacy SH, Abou-El-Ela Fadel MA. 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;26:605-08
4. Irmak MK, Fadillioglu E, Guleç M, Erdogan H, Yagmurca M, Akyol O. Effects of electromagnetic radiation from a cellular telephone on the oxidant and antioxidant levels in rabbits. *Cell Biochem Funct* 2002;20:279-83
5. Rothman KJ. Epidemiological evidence on health risks of cellular telephones. *The Lancet* 2000;356(November):25
6. Özen Ş. Mikrodalga frekanslı EM radyasyona maruz kalan biyolojik dokularda oluşan ısı etkinin teorik ve deneysel incelenmesi. *Doktora Tezi* 2003; Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektronik ve Haberleşme Y Müh
7. De Seze R, Peray PF, Miro L. GSM radiocellular telephones do not disturb to secretion of antepituitary hormones in humans. *Bioelectromagnetics* 1998;19:271-78
8. Radon K, Parera D, Rose DM, Jung D, Vollrath L. No effects of pulsed radio frequency electromagnetic fields on melatonin, cortisol and selected markers of the immune system in man. *Bioelectromagnetics* 2001;22:280-87
9. Graham C. Kansas Midwest araştırma Enstitüsü. *Bilim ve Teknik Dergisi* Ağustos 1998.

10. Lotz WG, Podgorski RP. Temperature and adrenocortical responses in rhesus monkeys exposed to microwaves. *J Appl Physiol* 1982;53:1565-571
11. Lotz WG, Michaelson SM. Temperature and corticosterone relationship in microwaves exposed rats. *J Appl Physiol* 1978;44:438-45
12. Lu ST, Lebda N, Pettit S, Michaelson SM. Microwave-induced temperature corticosterone and thyrotropin interrelationships. *J Appl Physiol* 1981;50:399-05
13. Moustafa YM, Moustafa RM, Belacy A, Abou-El-Ela SH, Ali FM. Effects of acute exposure to the radiofrequency fields of mobile phones on plasma lipid peroxidase and antioxidant activities in human erythrocytes. *J Pharmaceut Biomed Anal* 2001;26:605-08
14. Mann K, Wagner P, Brunn G, Hassan F, Hiemke C, Röschke J. Effects of pulsed high-frequency electromagnetic fields on the neuroendocrine system. *Neuroendocrinology* 1998;67:139-44
15. Udintsev NA, Moroz VV. Mechanism of reaction of the hypophyseal-adrenal system to the stress of exposure to an alternating magnetic field. *JPRS L* 1976;69:93
16. Arnetz BB, Berg M. Melatonin and adrenocorticotrophic hormone levels in video display unit workers during work and leisure. *J Occup Environ Med* 1996;38(11):1108-110
17. Lotz WG. Temperature and adrenocortical responses in rhesus monkeys exposed to microwaves. *J Appl Physiol* 1982;53(6):1565-571
18. Zalyubouskaya NP. Biological effects of millimeter-range radio waves. *Vrach.DeLo* 1977;3:116
19. Margonato V, Veicsteinas A, Conti R, Nicolini P, Cerretelli P. Biologic effects of prolonged exposure to ELF electromagnetic fields in rats.I. 50 Hz electric fields. *Bioelectromagnetics* 1995;16:343-55
20. Navakatikian MA, Tomashevskaya. Biological effects of electric and magnetic fields.Sources and Mechanisms. Academic Press 1994