

Subkronik 1800 MHz elektromanyetik alan uygulamasının TSH, T₃, T₄, kortizol ve testosteron hormon düzeylerine etkileri*

Ahmet Koyu¹, Osman Gökalp², Fehmi Özgüner¹, Gökhan Cesur¹, Hakan Mollaoğlu¹, M.Kaya Özer², Sadettin Çalışkan¹

Süleyman Demirel Üniversitesi Tıp Fakültesi ¹Fizyoloji ve ²Farmakoloji Anabilim Dalları, Isparta

Amaç: Bu çalışmada, sıçanlar üzerinde 1800 MHz elektromanyetik alanın (EMA) serum TSH, T₃, T₄, kortizol ve testosteron hormon düzeylerine etkisinin araştırılması amaçlandı. **Yöntem:** Yirmi yetişkin erkek sıçan her biri 10 hayvandan oluşan iki bağımsız gruba ayrıldı; 1. grup kontroldü, 2. grup (EMA grubu) dört hafta boyunca haftada beş gün ve günde 30 dakika olmak üzere 1800 MHz EMA uygulanan hayvanlardan oluştu. Kontrol grubu, aynı gün ve sürede EMA uygulanmaksızın aynı çevresel şartlarda tutuldu. Çalışma sonunda tüm sıçanların serumunda TSH, T₃, T₄, kortizol ve testosteron hormon seviyeleri ölçüldü. **Bulgular:** EMA grubunda T₃, T₄ ve kortizol hormonlarının seviyeleri kontrol grubundan anlamlı olarak yüksek bulundu. Ancak, serum TSH ve testosteron hormon düzeylerinde kontrol ve EMA grupları arasında anlamlı bir fark bulunmadı. **Sonuç:** Bu bulgular, cep telefonlarından yayılan 1800 MHz EMA'nın sıçanlarda serum T₃, T₄ ve kortizol hormonlarını artırdığını, ancak TSH ve testosteron hormon düzeylerini değiştirmedığını gösterdi.

Anahtar kelimeler: 1800 MHz EMA, TSH, tiroid hormonları, kortizol, testosteron

The effects of subchronic 1800 MHz electromagnetic field exposure on the levels of TSH, T₃, T₄, cortisol and testosterone hormones

Objective: In this study, it was aimed to investigate the effects of 1800 MHz electromagnetic field (EMF) exposure on serum TSH, T₃, T₄, cortisol and testosterone levels in rats. **Methods:** Twenty adult male rats were divided into two independent groups (each 10). Group 1 included controls. Group 2 (EMF group) exposed to 1800 MHz EMF for 30 min/day, 5 days/wk for four weeks. Control animals were kept under the same environmental conditions as the study group except with no EMF exposure. At the end of the study, TSH, T₃, T₄, cortisol and testosterone levels in sera were measured. **Results:** In the EMF group, T₃, T₄ and cortisol levels were significantly higher than in control group. However, in the TSH and testosterone levels, there were no significant changes in sera of the rats. **Conclusion:** These findings indicate that 1800 MHz EMF emitting cellular phones increase serum T₃, T₄ and cortisol levels, but it has no effect on serum TSH and testosterone levels in rats.

Key words: 1800 MHz EMF, TSH, thyroid hormones, cortisol, testosterone

Genel Tıp Derg 2005;15(3):101-105

Elektromanyetik alanın (EMA) insan sağlığı üzerine etkili olabileceği düşüncesi cep telefonlarının

yaygınlaşması ile pek çok araştırmanın konusu olmuştur. Cep telefonları ve baz istasyonlarından yayılan radyo frekans dalgaları giderek artan ölçüde geniş kitleleri ilgilendirmektedir. Cep telefonu kullanımı her geçen gün hızlı bir şekilde artmakla birlikte, günümüzde bu dalgaların insan sağlığına zararları olduğunu bildiren araştırmalar ışığında bu konunun önemli bir sağlık problemi haline geldiği görülmektedir. İnsanın hizmetinde kullanılan bu

*Türk Fizyolojik Bilimler Derneği 30.Ulusal Kongresinde (31 Ağustos-3 Eylül 2004) poster olarak sunulmuştur.

Yazışma adresi: Yrd.Doç.Dr.Ahmet Koyu, SDÜ Tıp Fakültesi Fizyoloji Anabilim Dalı 32260, Isparta.

e-posta: ahmetkoyu@yahoo.com

cihazların faydalarının yanında zararlı etkileri de ortaya çıkmış ve nöroendokrin sistem üzerine bir takım yan etkilerinin olabileceği ileri sürülmüştür (1-3).

Elektromanyetik (EM) dalga üreten cep telefonları ve baz istasyonlarının insanlar üzerine 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 değişikliklere bağlı 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 dizestezi (deri ve mukozaya yönelik uyarıları hissetme yeteneğinde azalma) gibi olumsuz etkileri, yapılan çok sayıda deneysel çalışma ile gösterilmiştir (7-9). Benzer şekilde, yüksek frekanslı EMA'nın daha çok endokrin ve sinir sistemi üzerine olumsuz etkileri olabileceğini gösteren pek çok çalışma mevcuttur (10-12).

Çeşitli radyasyon türlerinin TSH, T₃, T₄, kortizol ve testosteron hormonlarının düzeylerini etkileyebileceği, konuyla ilgili literatürlerde bildirilmiştir. Fakat cep telefonlarından yayılan 1800 MHz elektromanyetik radyasyon dozuna bir ay süre ile maruz kalmanın bu hormon düzeylerinde yapabileceği değişikliklerle ilgili herhangi bir literatür çalışmasına yaptığımız son on beş yıllık (cep telefonlarının dünyada yaygın olarak kullanıldığı) literatür taramasında rastlanmamıştır. Bu nedenle söz konusu 1800 MHz elektromanyetik radyasyon dozuna bir ay süre ile maruz kalmanın bu hormon düzeylerinde değişiklik yapıp yapamayacağı, şayet değişim gözleniyorsa değişikliklerin saptanması ve konunun tartışılması amaçlanmıştır.

Gereç ve Yöntem

Deney hayvanları

Çalışmamızda 20 haftalık, 270-370 gr ağırlığında, 20 adet Sprague Dawley türü erkek sıçan kullanıldı. Her çalışma grubundaki sıçanlar standart oda koşullarında (22 °C) tutuldu. Sıçanlar rastgele iki gruba ayrıldı. 1. grup kontrol (n=10), 2. grup 1800 MHz EMA grubu (n=10) olarak sınıflandırıldı.

Deney protokolü ve EMA uygulaması

Bu çalışmada, 1800 MHz dalga frekanslı EMA kaynağı (maksimum gücü 2 W, ortalama güç yoğunluğu 1.0±0.4 mW/cm²) kullanıldı. Güç yoğunluğunun değişimi Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektromanyetik Kirlilik Araştırma Laboratuvarında (Adapazarı, Türkiye) ölçüldü. Deney düzeneği pleksiglas bir kafes (uzunluğu: 12 cm, çapı: 5.5 cm) ile dipol antenden meydana gelmektedir (Şekil 1). 1800 MHz EMA grubuna ait hayvanlar, pleksiglas kafes içerisinde 1800 MHz dalga frekanslı EMA'a (1,0±0,4 mW/cm² güç yoğunluğunda) günde 30 dakika, haftada 5 gün olmak üzere, 4 hafta boyunca maruz bırakıldılar. Kontrol grubuna ait hayvanlar ise aynı gün ve sürede pleksiglas kafes içinde, fakat EMA cihazı kapalı olarak EMA'na maruz kalmaksızın tutuldular.

Hormon analizi

Hormon analizler için, intrakardiyak olarak alınan kan örnekleri düz biyokimya tüplerine alındı. Bu örnekler 4000 devir/dk'da 5 dk santrifüj edilerek serumları elde edildi. Hormon analizinde, Coat-a-count ticari kitleri kullanıldı (Diagnostic Products Corporation, Los Angeles, USA). Serum TSH hormon seviyeleri immunoradiometric assay (IRMA) yöntemi kullanılarak, T₃, T₄, kortizol ve testosteron hormon seviyeleri de 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 ± SS olarak verildi.

Tablo. Kontrol ve EMA gruplarına ait ortalama serum hormon düzeyleri ve standart sapmaları

	TSH (μ IU/ml)	T3 (ng/dl)	T4 (μ g/dl)	Kortizol (μ g/dl)	Testosteron (ng/dl)
I-Kontrol (n=10)	0.31 \pm 0.06	110.33 \pm 14.63	5.82 \pm 0.63	1.73 \pm 0.41	297.5 \pm 56.9
II-1800MHz EMA (n=10)	0.36 \pm 0.08	170.22 \pm 17.85	10.59 \pm 1.24	4.24 \pm 0.40	267.1 \pm 41.4
p değerleri	> 0.05	0,0001	0,0001	0,0001	> 0,05

Bulgular

1800 MHz EMA grubu ve kontrol grubunun ortalama TSH, T₃, T₄, kortizol ve testosteron hormon konsantrasyonları Tablo'da görülmektedir.

1800 MHz EMA grubunda T₃, T₄ ve kortizol hormon konsantrasyonları kontrol grubuna göre anlamlı şekilde yüksek olduğu bulundu (p<0.0001). Ancak 1800 MHz EMA grubu serum TSH ve testosteron düzeylerindeki değişimler anlamlı değildi. (Şekil 2 ve 3).

Tartışma

Cep telefonları çalışırken kullanıcının kafasına çok yakın mesafede tutulur. Bu kullanım sonucunda, cihazlardan kaynaklanan yakın alan güç yoğunlukları nedeni ile kullanıcılar bazı durumlarda zararlı seviyede EMA'lara maruz kalırlar. Erkeklerde genellikle cep telefonlarının belde taşınmasından dolayı bu bölgeye yakın böbrek ve testis gibi organların etkilenmeleri mümkündür. Ayrıca tiroid bezine yakın olduğu için tiroid bezi de etkilenebilir.

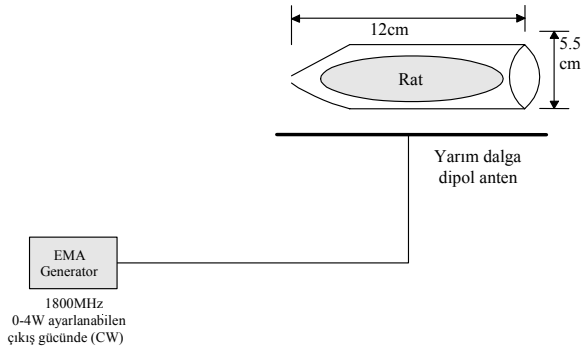
Cep telefonları standartları belirlenirken, termal etkileri önemli derecede hesaba katılır. EMA'nın biyolojik etkilerinden olan dokulardaki sıcaklık artışı hesaplanabilir. Egzersizle meydana gelen vücut sıcaklığındaki 1 °C'lik bir artış, iç düzenleyici mekanizmaları tetiklediği gibi, EMA altında rektal sıcaklık ile kortizol veya kortikosteron arasında açık bir ilişki vardır. Bu sıcaklık artışının hipotalamik seviyede rol oynayan nonspesifik bir stres faktörü olduğu öne sürülmüştür (13-15). EMA'nın etkilerinin ve sebep olduğu hasarın derecesinin maruz kalınan süreyle ilişkili olduğu bilinmektedir (16). Şu ana

kadar yapılan çalışmalarda araştırmacılar genellikle düşük frekanslı EMA'nın hormonlar üzerine etkilerini araştırırken yüksek frekanslı EMA'larla ilgili çok fazla çalışma yapılmamıştır.

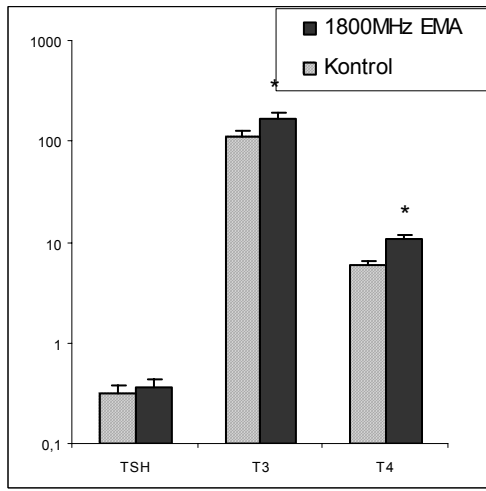
Bu çalışmamızda, bir hipofiz hormonu olan TSH ve aynı aks üzerinde yer alan sekonder hormonları T₃ ve T₄'ün EMA etkilenmelerini görmek için birlikte değerlendirdik.

De Seze ve arkadaşları (7) bir ay boyunca 900 MHz dalga frekansında cep telefonlarının yaydığı EMA'a maruz kalan insanların TSH konsantrasyonlarında % 21 oranında azalma bulmuşlardır. Bizim 900 MHz EMA'a maruz kalan sıçanlarda yapmış olduğumuz çalışmada (17) serum TSH, T₃ ve T₄ hormonlarının azaldığı görüldü. Lu ve arkadaşları (18) sıçanlara 4 W/kg şiddetinde 2.45 GHz frekansta EMA uygulamış ve TSH seviyesinde önemli derecede azalma olduğunu bulmuşlardır.

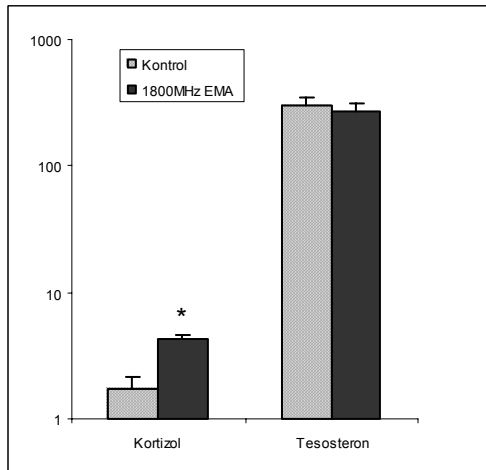
Bu çalışmada ise, bir ay süre ile 1800 MHz EMA'ya maruz kalan sıçanların T₃ ve T₄ seviyelerinin anlamlı olarak artmış olduğunu bulduk. Mann ve arkadaşları gönüllü insanlarda 900 MHz EMA'nın etkisini araştırmak için yaptıkları çalışmada (19) EMA'nın ilk bir saati içinde kortizol seviyesinde geçici bir yükselmenin olduğunu göstermişlerdir. Udintsev ve Moroz (20) sürekli 50 Hz manyetik alana maruz kalan deney hayvanlarında kortikosteroid seviyesini kontrollere göre belirgin derecede daha yüksek bulmuşlardır. Lotz ve Podgorski (14) 1.29 GHz dalga frekanslı EMA'ya maruz bırakılan Rhesus maymunlarının dolaşımdaki kortizol seviyelerinin EMA'nın ilk 2 saati içerisinde baskılandığını, uygulama başladıktan sonra 3. ve 8. saatler arasında yükseldiğini görmüşlerdir.



Şekil 1. 1800 MHz elektromanyetik alana maruz kalma deney düzeneği



Şekil 2. Kontrol ile EMA grubunun TSH, T₃ ve T₄ hormon düzeylerinin karşılaştırması (*: p<0,0001)



Şekil 3. Kontrol ile EMA grubunun kortizol ve testosteron hormon düzeylerinin karşılaştırması (*: p<0,0001)

Bizim yapmış olduğumuz çalışmada ise; 1800 MHz dalga frekansında EMA'a maruz bırakılan sıçanların 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'ya maruz kalmakla doğru orantılıdır. Kortizol hormon düzeyi artışında, bu ısı yükselmesinin veya hipotalamik seviyede ısı etkileşimleriyle ilişkili olarak oluşan nonspesifik stres reaksiyonlarının önemli bir rolü olabileceğini düşünmekteyiz.

Testosteron hormonundaki değişiklikleri değerlendirdiğimizde, Margonato ve arkadaşları (21) 242 erişkin sıçanı 25-100 kV/m gücünde 50 Hz frekansında elektrik alana maruz bıraktıklarında, plazma LH, FSH, testosteron hormon seviyeleri ile kontrol grubu arasında anlamlı bir fark bulamamışlardır. Navakatikian ve Tomashevskaya (22) düşük yoğunluktaki mikrodalganın testosteron sekresyonunu inhibe ettiğini göstermişlerdir.

Bizim çalışmamızda, testosteron seviyesi kontrol grubuna göre anlamlı düzeyde olmayan bir düşme gösterdi. Histolojik çalışmaların yapılması bu konu hakkında daha sağlıklı bilgilerin ortaya çıkmasını sağlayabilir.

Sonuç olarak, 1800 MHz radyasyon yayan cep telefonlarının sıçanlarda serum TSH ve tiroid hormonlarını, daha önceki EMA çalışmalarının aksine artırdığı, bir stres hormonu olan kortizolu yükselttiği ve testosteron hormonunu az da olsa düşürdüğü görülmüştür. İnsan sağlığındaki önemleri açısından bu hormonların 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. Bortkiewicz A. A study on the biological effects of exposure mobile-phone frequency EMF. *Med Pr* 2001;52:101-06.
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. *J Pharma Biom 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. *Lancet* 2000;356:25.
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;19:271-8.
8. Selmaoui B, Lambrozo J, Touitou Y. Endocrine functions in young men exposed for one night to a 50-Hz magnetic field. A circadian study of pituitary, thyroid and adrenocortical hormones. *Life Sci* 1997;61: 473-86.
9. Cox DR. Communication of risk: Health hazards from mobile phones. *J Royal Statistical Society: Series A (Statistics in Society)* 2003;166: 241-5.
10. Lai H. Research on the neurological effects of non-ionizing gradiation at the University of Washington. *Bioelectromagnetics* 1992;13: 513-26.
11. Lu ST, Lebda N, Michaelson SM, Pettit S. Serum-thyroxine levels in microwave-exposed rats. *Radiat Res* 1985;101:413-23.
12. Michaelson SM. Biological effects and dosimetry of non-ionising radiation: Radiofrequency and microwaves energies. New York: NATO Advanced Study Institutes Series: Series A, Life Sciences 1983;Vol 49.
13. Lotz WG, Michaelson SM. Temperature and corticosterone relationship in microwaves exposed rats. *J Appl Physiol* 1978;44:438-45.
14. Lotz WG, Podgorski RP. Temperature and adrenocortical responses in rhesus monkeys exposed to microwaves. *J Appl Physiol* 1982;53:1565-71.
15. Lu ST, Lebda N, Pettit S, Michaelson SM. Microwave-induced temperature corticosterone and thyrotropin interrelationships. *J Appl Physiol* 1981;50:399-405.
16. 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;26:605-8.
17. Koyu A, Cesur G, Ozguner F, Akdogan M, Mollaoglu H, Ozen S. Effects of 900 mhz electromagnetic field on serum TSH and T₃ -T₄ hormones in rats. *Toxicology Lett* 2005;157:257-62.
18. Lu ST, Lebda N, Pettit S, Michaelson SM. Microwave-induced temperature, corticosterone, and thyrotropin interrelationships. *J Appl Physiol* 1981;50:399-405.
19. 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.
20. 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.
21. 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.
22. Navakatikian MA, Tomashevskaya LA. "Biological effects of electric and magnetic fields: Vol 1. Sources and Mechanisms." London: Academic Press 1994.