

Subakut şekilde elektromanyetik alana maruz bırakılan farelerde plazma serbest T_3 , serbest T_4 ve TSH düzeyleri

Ali BİLGİLİ

Ankara Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Farmakoloji ve Toksikoloji Anabilim Dalı-ANKARA

ÖZET

Bu çalışma kapsamında, dişi farelerdeki plazma sT_3 , sT_4 ve TSH üzerine elektromanyetik alanın (EMA) etkisi incelendi. Çalışmada, her birinde 24 hayvan olmak üzere, biri deneme, diğeri kontrol olarak tutulan 2 grupta toplam 48 adet İngiliz ırkı dişi fare kullanıldı. Hayvanlar 30 gün süreyle 60 Hertz (Hz) frekanslı ve 2 mikro Telsa (mT) alan şiddetinde EMA'ya 12 saat/gün maruz bırakıldı. İki gruptan 15. ve 30. günlerde kan örnekleri alınarak plazma sT_3 , sT_4 ve TSH düzeyleri belirlendi. Yapılan analizler sonucunda 15. günün sonunda, plazma sT_3 , sT_4 , TSH düzeyinde istatistiki olarak önemli bir düşüş ($p<0.05$) tespit edildi. Otuzuncu günün sonunda ise, sT_4 düzeyindeki düşüş istatistiki olarak önemli ($p<0.05$) bulundu; yine bu dönemde sT_3 ve TSH düzeylerinde istatistiki olarak önemli olmayan ($p>0.05$) bir düşüş tespit edildi.

Anahtar kelimeler: Fare, EMA, sT_3 , sT_4 , TSH.

The plasma values of free T_3 , T_4 and TSH in mice which were exposed to electromagnetic field subacutely

SUMMARY

In this study, the effects of electromagnetic area on the plasma values of FT_3 , FT_4 and TSH were evaluated. Totally 48 female mice (English race) were used which divided into 2 main groups, included 24 mice of each. They effected by electromagnetic field (EMF), 12 hours in day which had 60 Herz frekans and 1 mT area efficacy, during 30 days. On the 15th and 30th days of study, the blood samples were taken from 2 groups and the plasma values of FT_3 , FT_4 and TSH levels were significantly lower ($p<0.05$). At the end of 30th day, the decreased level of FT_4 was significantly lower ($p<0.05$) on the 15th days. and at the same time, the levels of FT_3 and TSH were decreased, but it wasn't statistically important ($p>0.05$).

Key words: Mice, EMF, sT_3 , sT_4 , TSH.

GİRİŞ

Elektromanyetik alan (EMA), elektrik akımıyla oluşan elektrik ve manyetik alanlardır. Elektrik alanı, akımın direncinden, manyetik alan ise akımın hareketinden doğar. Canlılar dünya, ay, güneş ve diğer gezegen alanlarla çevrili manyetik alan denizinde yüzer. Vücudun tüm hücre ve atomları küçük birer manyetik dinamodur. Manyetik alan ve vücudun etkileşimi göz önüne alınarak, manyetik alanın sağaltım amaçlı kullanımı gündeme gelmiştir (13).

Günlük yaşantımızda radyo, televizyon, cep, araç ve ev telefonu, bilgisayar, mikrodalga fırın gibi aletlerin sıklıkla kullanılmasıyla birlikte EMA'da hayatın bir parçası haline gelmiştir. Bu bakımdan manyetik alan ve dokular üzerindeki etkileri yüzyıllardır araştırılmakta ve pek çok iddialar ortaya atılmaktadır (4, 10). Bir görüşe göre EMA'dan kaynaklanan zararlı ve tehlikeli etkilerin olduğu bildirilirken, diğer bir görüşe göre ise EMA'nın sağaltıcı etkileri olduğu bildirilmektedir. Özellikle ortopedide, osteoblastik etkinliği artırarak kemik iyileşmesini hızlandırdığı için sıklıkla kullanılmaktadır. Bununla beraber, fibroblastlar üzerinde hızlandırıcı etkileri de görülmüştür (3, 5, 10).

Geniş bir spektrumu bulunan titreşimli manyetik ve EMA'lar içinde noniyonizan olanlar günümüzde yüksek gerilim hatlarından radarlara, iletişim araçlarından televizyon ve radyo vericilerine, ofis ve evlerdeki elektrikli aletlerden trafo merkezlerine kadar pek çok elektrikli sistemden yayılmaktadır. Düşük frekanslarına rağmen, kullanımlarındaki yüksek genlikleri nedeniyle canlı organizmalar üzerine olumsuz etkilerinin olup olmadığı tartışması devam etmektedir (6). Bazı araştırmacılar bugüne kadar yaptıkları bilimsel çalışmalarda EMA ve dalgaların çok düşük şiddet ve güçlerde çeşitli biyolojik etkilerinin olduğunu göstermiştir (12).

2 Telsadan (T) daha az akım yoğunluklu statik manyetik alan yüksek organizmalarda gelişim, davranış ve psikolojik parametrelerde değişikliklere yol açtığına dair veriler mevcuttur. 2T'nin üzerindeki statik manyetik alanda hücre büyümesi, üreme, doğum öncesi ve sonrası gelişim, davranış, kalp-damar fonksiyonları, kan oluşum sistemi ve kan, immün sistem fonksiyonlarında değişiklikler görülmektedir. 1 ve 10 miliamper (mA)/m² (50-60 Hz'de 0.5-5 mT arası veya 3 Hz'de 10-100 mT arasında) küçük biyolojik etkiler; 10-100 mA/m² (50-60 Hz'de 5-50 mT arası veya 3 Hz'de 100-1000 mT arası) kas ve sinir sistemi üzerine etkileri; 10 ve 100 mA/m² (50-60 Hz'de 50-500 mT arası veya 3 Hz'de 1-10 T'de) arasında kas ve sinir sisteminde olumsuz etkiler; 1000 mA/m² (50-60 Hz'de 500 mT üzeri 3 Hz'de 10 T'lik) üzerindeki akımlar ekstrasistoller, ventriküler fibrilasyon ve akut dönem içerisinde sağlığa yönelik zararlı etkiler; 50/60 Hz'de 50-500 mT üzerindeki alan veya 3 Hz'de 1-10 mT'lik manyetik alanın oluşturduğu 100-1000 mA/m²'lik akım yoğunluğu, uyarılabilir dokuları stimüle etmektedir (5,7,10, 14,15).

EMA'na kısa süreli maruziyet sonucu tiroit hormonu üzerine etkileri ile ilgili çalışmalar bulunmaktadır. Bu araştırmalara göre düşük frekanslı EMA melatonin sentezini baskımlarken, yüksek frekanslı EMA'da bu sonuç elde edilememektedir.

Canlılar sürekli olarak EMA'ya maruz kalmaktadır. Bu maruziyet radyo, televizyon, cep, araç ve ev telefonları, bilgisayar, mikrodalga fırın gibi aletlerin yanı sıra yüksek gerilim hatları, TV ve radyo antenleri, baz istasyonları aracılığı ile olmaktadır. Bu çalışmalarda özellikle pineal bezden salınan ve tiroit metabolizması ile arasında ilişkisi olduğu tahmin edilen melatonin ile EMA arasındaki etkileşimler incelenmiştir. Araştırmada, aralıklı olarak uzun süre 60 Hz ve 1 mT alan şiddetindeki EMA'na maruz

bırakılan farelerde EMA'nın hipotalamus-hipofiz-tiroit bezi arasındaki iletişim üzerinde herhangi bir etkisinin olup olmadığını tespit etmek amacıyla planlanmış olup, plazma sT₃, sT₄ ve TSH düzeyleri değerlendirilmiştir.

MATERYAL VE METOT

Bu çalışma A.Ü. Veteriner Fak. Farmakoloji ve Toksikoloji ABD'nda gerçekleştirildi.

A. Deney Hayvanları

Bu çalışmada, ağırlıkları 35-40 gram arasında değişen 6 aylık 48 İngiliz ırkı beyaz, dişi fare kullanıldı. Fareler rastgele seçilerek her bölmede 6 fare olacak şekilde EMA cihazı içindeki dört ayrı kafese yerleştirildi. Geriye kalan 24 fare ise EMA'na maruz kalmayacak şekilde yine EMA altında tutulan kafeslerle aynı boyutlarda olan dört ayrı kafeste kontrol olarak tutuldu.

Tablo 1. Gruplar, EMA uygulaması ve kan alma süreleri.

| Gruplar | EMA Uygulaması | Kan Alma Süreleri (gün) |
|------------------|----------------------|-------------------------|
| Grup I (Kontrol) | Yok (30 gün) | 15* 30 |
| Grup II (Deneme) | 12 saat/gün (30 gün) | 15* 30 |

*15. gün kan alınan hayvanlardan 30. gün tekrar kan alınmamış ve deneme dışı bırakılmıştır.

EMA cihazı 60 Hz frekanslı, 1 mT alan şiddetinde olup, fareler EMA'a 7⁰⁰ - 19⁰⁰ saatleri arasında, her gün 12 saat olmak üzere, 30 gün süreyle maruz bırakıldı. Çalışmanın 15. ve 30. gününde hem kontrol hem de deneme grubundaki hayvanların 12'sinden (saat 13⁰⁰ -14⁰⁰ arasında) K₃EDTA'lı tüplere 1'er ml kan örnekleri alındı. Kan örnekleri 15 dakika oda ısısında bekletildikten sonra, 3000 rpm'de 10 dakika süreyle santrifüj edildi. Plazmaları başka bir deney tüpüne aktarıldı ve analizleri aynı gün gerçekleştirildi.

B. Biyokimyasal Metotlar

1- Serbest T₃ ölçümü: Plazmada sT₃ Electro-chemiluminescence (ECL) yöntemiyle in vitro olarak tayin edildi; bu amaçla Hitachi Boehringer Mannheim ELECSYS 2010 immunoassay analizörü kullanıldı ve sonuçlar otomatik olarak elde edildi.

2- Serbest T₄ ölçümü: Plazmada sT₄ Electro-chemiluminescence (ECL) yöntemiyle in vitro olarak ölçüldü; bu amaçla Hitachi Boehringer Mannheim ELECSYS 2010 immunoassay analizörü kullanıldı ve sonuçlar otomatik olarak elde edildi.

3- TSH ölçümü: Plazmada TSH Electrochemiluminescence (ECL) yöntemiyle in vitro olarak ölçüldü; bu amaçla, Hitachi Boehringer Mannheim ELECSYS 2010 immunoassay analizörü kullanıldı ve sonuçlar otomatik olarak elde edildi.

C. EMA Cihazının Özellikleri

Bu çalışmada, darbeleri EMA cihazı kullanıldı. Darbeleri EMA üreticisi, görünüm olarak iki ana bloktan oluşmaktadır. Birinci blok, beş bobinden oluşmaktadır. Bobinler arası mesafe yarı çapa eşit seçilmek suretiyle ardıl iki bobin arasındaki silindirik boşluk içinde düzgün bir manyetik alan elde edilmektedir. Bobinlerden yüksek düzeyde 3,3 amper (A) darbeleri akım geçirileceğinden, bobin tel çapı 0,85 mm seçilmiştir. Bobinler için gerekli darbeleri akımı sağlayan ikinci blok doğrudan doğruya bir elektrik devreden ibarettir. Sistemin çalışma frekansı 20-100 Hz arasında, alan şiddeti ise 1-5 mT arasında ayarlanabilmektedir. Elektronik devrede temel devre elemanlarından birini LM 555 zamanlayıcısı teşkil etmektedir. 2 adet LM 555'den birini astabil multivibratör (kare dalga üreticisi), diğeri ise monostabil multivibratör modunda çalıştırılmakta ve ikincisi, birincisi tarafından denetlenmektedir. Birinci multivibratör çalışma frekansını belirlemekte, ikincisi ise alan şiddetinin ayarlanmasına imkan vermektedir. Bobinler için gereken yüksek akım 200 watt, 20 amperlik Darlington transistörler ile sağlanmaktadır.

Bobine uygulanan darbe kesildiğinde, doğal olarak bobinin uçlarında bir zıt elektromotor kuvvetinin (EMK) doğmasına sebep olmaktadır. Böylece bobinler bipolar bir manyetik alan oluşturmuş olmaktadır. Bu konuda simetriği sağlamak ve daha da önemlisi transistörü zıt EMK etkisine karşı korumak amacıyla bobin uçlarına paralel bir seri dirençli hücre yerleştirilmiştir.

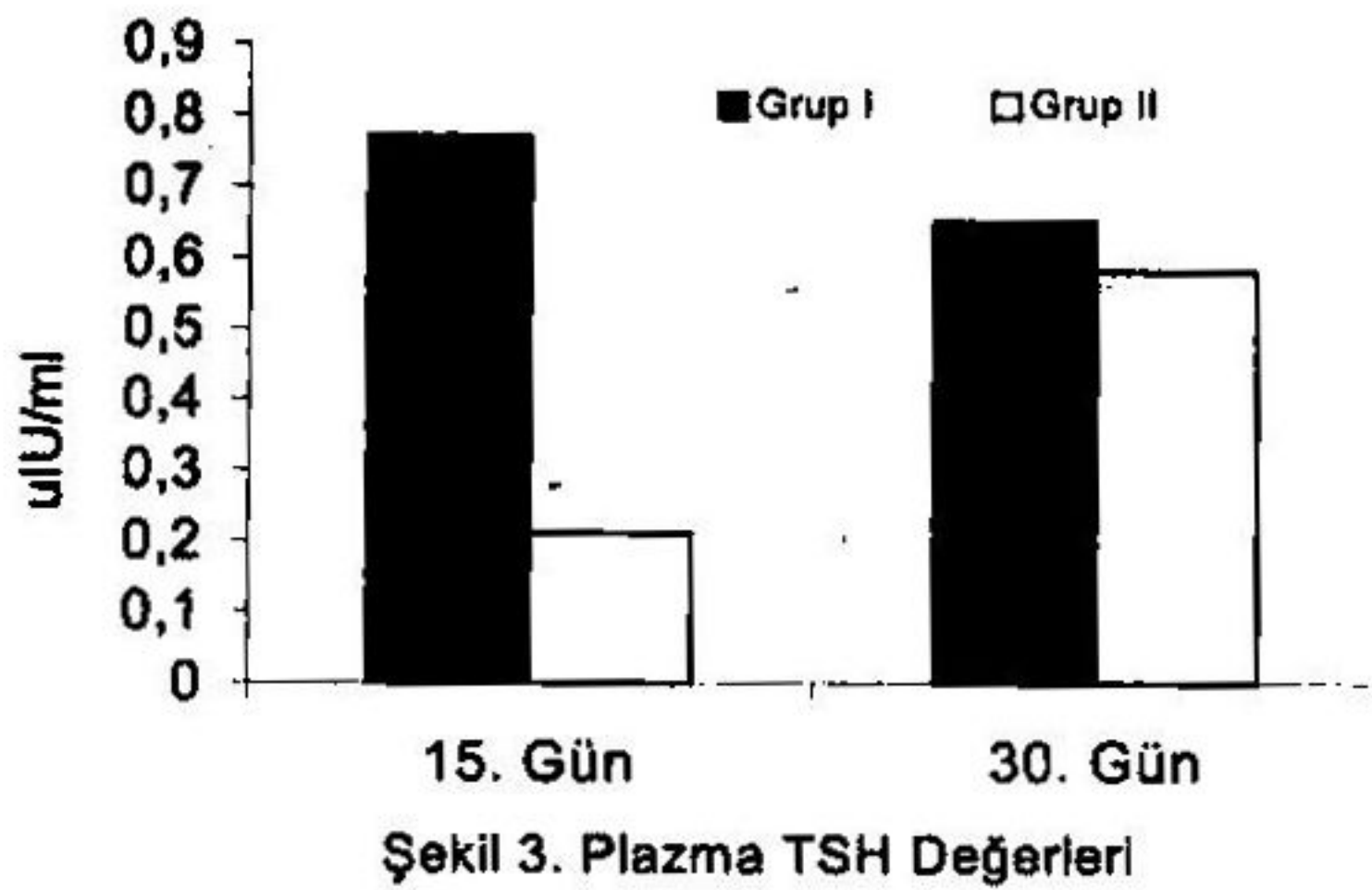
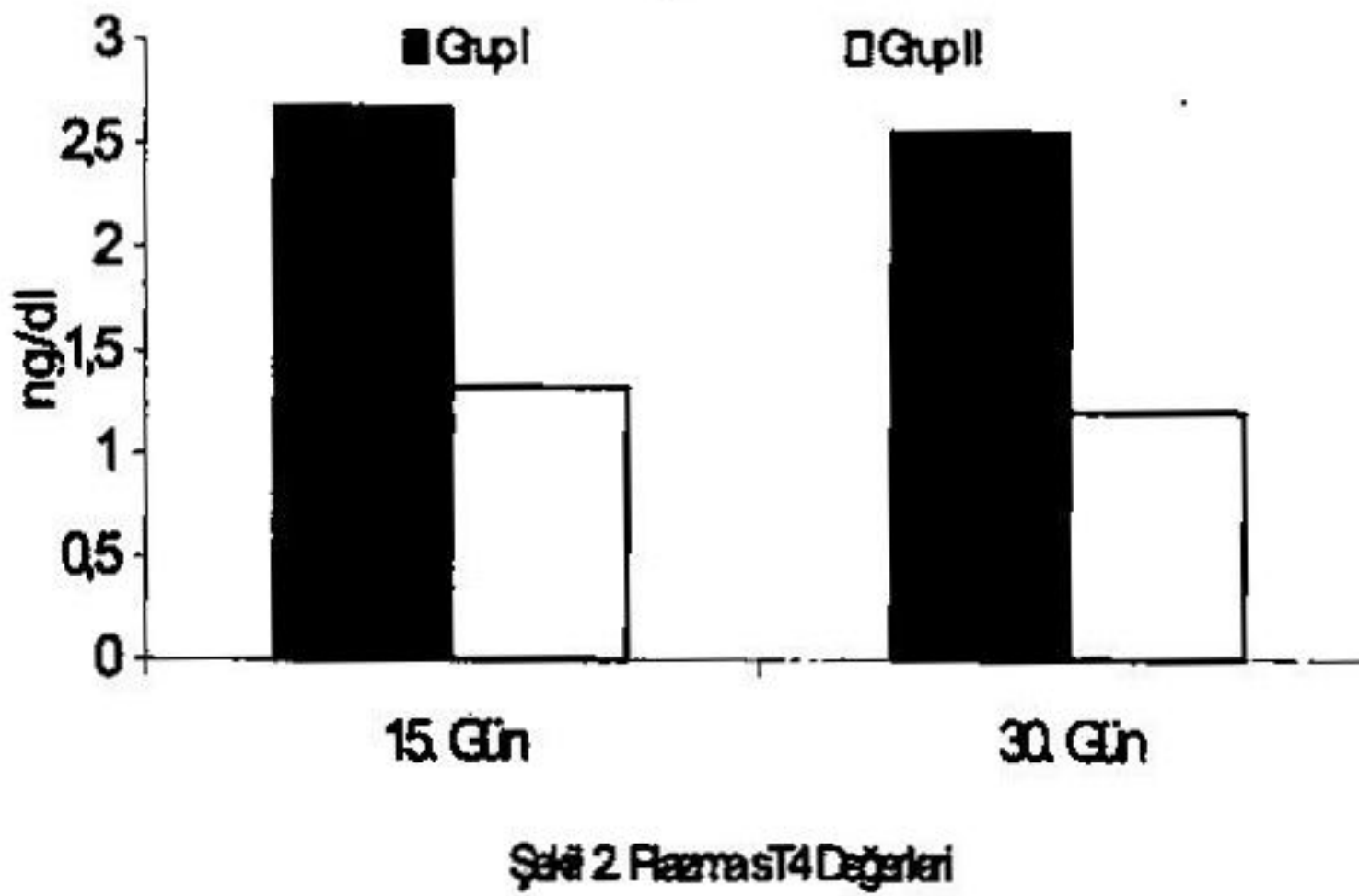
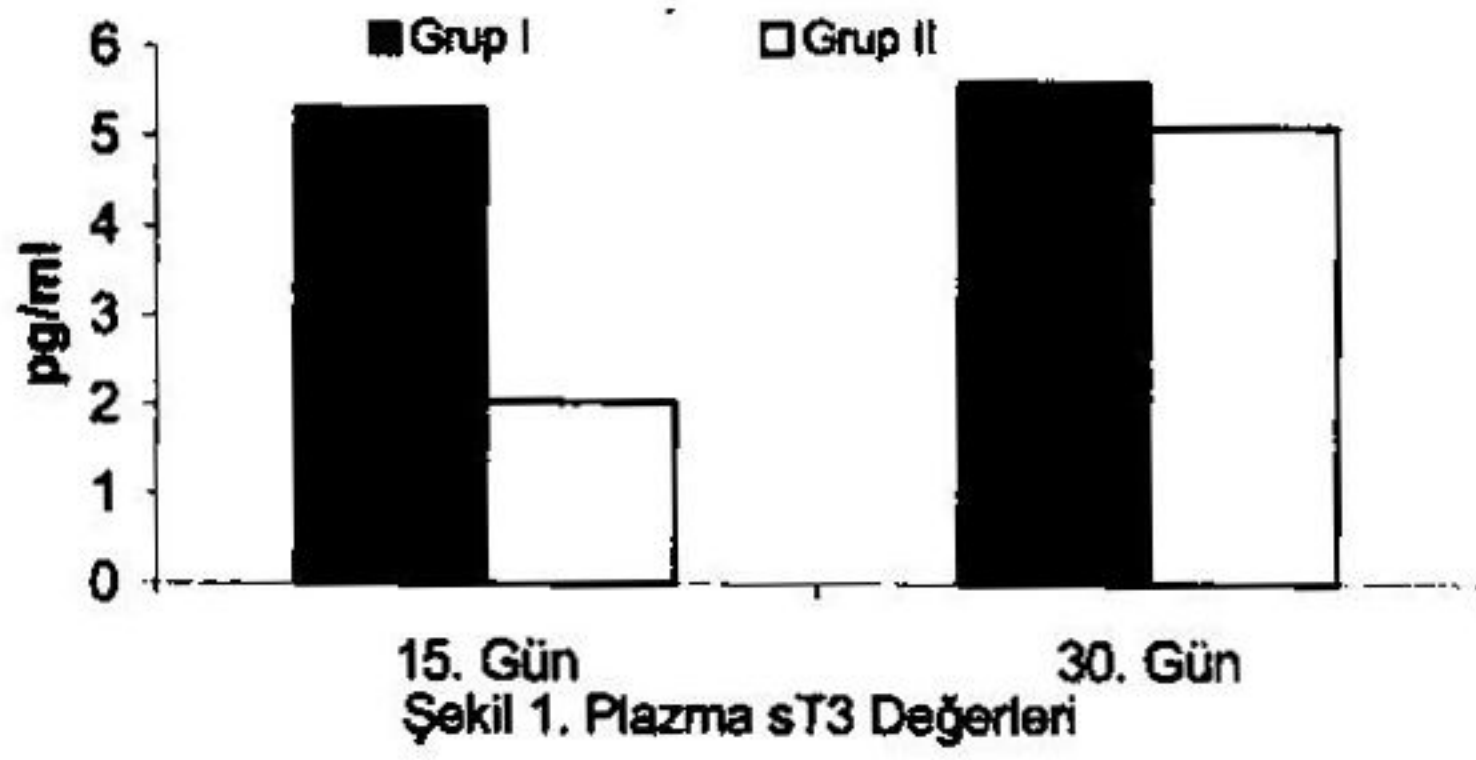
BULGULAR

Kontrol ve deney grubunu oluşturan farelerden 15. ve 30. günlerde elde edilen plazma sT₃, sT₄ ve TSH düzeyleri Tablo 2, Grafik 1, 2 ve 3'de verilmiştir. Kontrol grubunun 15. günü (Grup I) ile deneme grubunun (Grup II) 15. günü karşılaştırıldığında, sT₃, sT₄ ve TSH düzeylerinde istatistiksel olarak önemli bir düşüş (p<0,05) tespit edildi. Deneme grubunun 30. günü ile kontrol grubunun 30. günü karşılaştırıldığında, sT₄ düzeyinde istatistiksel olarak önemli (p<0,05); TSH ve sT₃ düzeyinde ise önemsiz (p>0,05) bir düşüş belirlendi.

Tablo 2: EMA'nın sT₃, sT₄ ve TSH üzerine etkileri.

| Gruplar | 15. Gün | | | 30. Gün | | |
|---------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|
| | sT ₃ | sT ₄ | TSH | sT ₃ | sT ₄ | TSH |
| N=12 | | | | | | |
| Grup I | 5,30±0,54 (4,75-6,13) | 2,67±0,18 (2,48-2,90) | 0,77±0,23 (0,46-1,00) | 5,60± 0,23 (4,20-6,90) | 2,56±0,75 (2,20-3,00) | 0,65±0,48 (0,40-0,90) |
| Grup II | 2,03±0,78* (1,17-3,66) | 1,32±0,38* (0,84-1,73) | 0,21±0,02** (0,19-0,24) | 5,10±0,40 (4,00-5,80) | 1,20±0,78* (0,70-1,60) | 0,58±0,05 (0,36-0,80) |

*. Aynı sütundaki gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).



TARTIŞMA VE SONUÇ

Tiroit hormonlarının salgılanmaları veya salgılanmalarının düzenlenmesi hipotalamustaki nöronların uyarılması ve TSH'nin bundan etkilenmesi ile ilişkilidir. Vücutta sentezlenen hormonun %90-95'i T₄ şeklindedir. Ancak, hipofiz, karaciğer, böbrek, beyin ve diğer dokularda bulunan 5'-deiyonidaz T₄'ün bir kısmını T₃'e çevirir. Kandaki T₃ hormonunun %80'i bu yolla elde edilir; geri kalan kısmı tiroit bezinden salgılanır. T₄'ün gücü T₃'ün 1/10'u kadardır (8).

EMA'nın sinir sistemi, hormonlar ve bağışıklık sistemi arasındaki çift yönlü etkileşimi değiştirebildiği gösterilmiştir. EMA biyolojik sistemlerde hücre yüzeyinde yoğunlaşmış olan biyokimyasal mekanizmaları değiştirerek etki yapmaktadır. Nörotransmitter, antikor ve hormonların hücre yüzeyindeki özel bölgelere bağlanması zayıf EMA'dan etkilenmektedir. Çevredeki EMA'lar, katyon taşıyıcı kanallar ile taşınacak katyonlar arasındaki etkileşimi değiştirebilmektedir. K⁺, Na⁺ veya Ca⁺⁺ gibi iyonların kendi kanallarından

geçiş 50/60 Hz frekanslı olanlar tarafından baskılanabilmektedir; böylece, hücre zarından iyon akışının değişimi hücre metabolizmasını değiştirmek yoluyla biyolojik etkilerin oluşmasına neden olabilmektedir (2).

Selmaoui ve ark. (16) insanlarda 50 Hz frekanslı, 10 mT alan şiddetinde lineer polarize magnetik alanın hipotalamik-hipofizer-tiroit hormonları üzerine etkilerini araştırmışlardır. Bu araştırmada EMA sürekli ve aralıklı olarak (1 saat açık, 1 saat kapalı) olmak üzere 24 saat süreyle verilmiştir. 11:00-08:00 saatleri arasında alınan kan örnekleri analiz edilmiş ve plazma TSH, T₃, T₄, sT₃, sT₄ düzeyinde önemli bir değişiklik tespit etmemişlerdir.

Mann ve ark. (9) sağlıklı insanları 900 MHz'lik manyetik alana 1 saat süreyle maruz bırakmışlardır. Bu süre içinde serum kortizol düzeyinde önemli bir yükselme görülürken, GH, LH ve melatonin düzeyinde önemli bir değişiklik tespit etmemişlerdir.

Vollrath ve ark. (17) ratları 900 mHz frekanslı EMA'na 15 dakika-6 saat arasında 15, 30 dakika, 1, 1,5 2, 4 ve 6 saat süreyle tek sefer maruz bırakmışlar, melatonin düzeyinde herhangi bir değişikliğe rastlamamışlardır.

Zagorskaia ve ark (18) ratlarda 20 mT alan şiddetinde EMA'nı 20 dakika, 1 ve 2,5 saat boyunca tek sefer; 0,1 mT alan şiddetindeki EMA'na 6 saat/gün/30 gün boyunca uygulamışlardır. Sadece 20 mT alan şiddetinde EMA'na tek sefer maruziyeti takiben 2 ay süreyle tiroit hormonları düzeyinde düşüş tespit etmişlerdir (18).

Burch ve ark. (1) 60 Hz frekanslı EMA'na manyetik alana maruz kalan işçilerde birbirini takip eden üç gün boyunca alınan kanlarda yapılan analizlerde kan melatonin metabolitlerinin düzeyinde düşüş olduğunu ortaya koymuşlardır.

O'connor ve ark. (11) insanlar üzerinde yaptıkları çalışmada melatonin hormonu ile tiroit metabolizması arasında ilişkinin olduğu tespit etmişlerdir. Gerçekten de pineal bezi çıkarılmış ratlarda tek doz melatonin verilmesini takiben günün farklı zamanlarında gece boyu tiroit bezi etkinliğinin belirgin bir şekilde etkilendiği görülmektedir (16). Benzer şekilde, akşam saatlerinde melatonin verilen fare ve ratlarda tiroit hormonu sentezi 10 gün boyunca engellendiğini bulmuşlardır (16). Bu ve diğer benzer sonuçlar pineal bezin tiroit bezi etkinliği ile ilişkili olduğunu göstermektedir.

Yukarıda verilen bilimsel kaynaklı bilgiler EMA'nın, hormonal sistem üzerindeki etkilerinin değişkenlik gösterdiğini ortaya koymaktadır. Bu değişkenlikte EMA'nın frekansı, maruz kalma süresi ve maruziyet zamanının da etkisi olabilmektedir. Buna göre kimi araştırmacılar (16), yaptıkları çalışmalarda düşük frekanslı EMA'nın akut dönemde EMA'nın hipofiz ve tiroit bezini etkilemediğini, buna bağlı olarak da kandaki hormon düzeylerinde önemli bir değişikliğin olmadığını savunurken, kimi araştırmacılar (9) ise yüksek frekanslı elektromanyetik alana kısa süreli maruziyet durumunda, tiroit hormonlarında düşüşün olduğu ve bu düşüşün EMA'na maruziyetin kesilmesini takiben de uzun süre devam edebildiğini belirtmektedir. Bazı araştırmacılar (1) ise tiroit hormonu ile geceleri sentezi artan melatonin arasında bir ilişkinin varlığını bildirmektedir. Düşük frekanslı EMA'na gece boyu maruziyet sonucunda da melatonin hormonunun sentezlenmesini baskılamaktadır. Yapılan çalışmada 15. ve 30. günlerdeki sT₃, sT₄ ve TSH

hormonlarındaki düşüş Zagora (18)'nin yaptığı çalışmadaki 20 mT EMA'a maruziyeti takiben tiroit hormonu düzeyindeki düşüşle uyum gösterirken 0,1 mT alan şiddetinde 6 saat/gün/30 gün boyunca maruziyeti takiben alınan kanlarda yapılan analizlerde tiroit hormonlarında önemli bir değişikliğin bulunmaması ile ise tezatlık göstermektedir.

Sonuç olarak, 60 Hz frekanslı 2 mT alan şiddetinde EMA'na maruziyetin 15. gününde sT₃, sT₄, TSH ve 30 günde sT₄ düzeyinde istatistiki olarak önemli düşüşün (p<0,05) EMA'nın hipotalamus-hipofiz-tiroit bezi arasındaki iletişim-ler üzerinde etkisi sonucu ortaya çıktığını akla getirmektedir. Bu azalma aynı şekilde çalışmanın 30. gününde alınan kanlarda yapılan analizlerde T₃ ve TSH düzeylerinde istatistiksel anlamda olmasa da tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR

1. Burch JB, Reif JS, Yost MG, Keefe TM and Pitrat CA (1999): Reduced Excretion of a Melatonin Metabolite in Workers Exposed to 60 Hz Magnetic Fields. *Am J of Epidemiol.*; 150(1): 27-36.
2. Canseven AG ve Atalay SN (1999): Manyetik Alanın Dokuya Etkisi. Bilişim Toplumuna Girerken Elektromanyetik Kirlilik Etkileri Sempozyumu.; S:89-95.
3. Cockshutt JR, Binnington AG, Wilcock BP (1984): Effect of a Low Frequency Pulsating Magnetic Field on Healing of Rat Skin Wounds. *Vet Surg.*; 13:3, 149-159.
4. Fam WZ and Mikhail EL (1996): Lymfoma Induced in Mice Cronically Exposed to very Strong Low Frequency Electromagnetic Field. *Cancer Lett.*; 105(2): 257-269.
5. Garcia-Sancho J, Montero M, Alvarez J, Fonteriz RL, Sanchez A (1994): Effects of Extremely-low Frequency Electromagnetic Fields on Ion Transport in Seveler Mammalian Cells. *Bioelectromag.*; 15(6): 579-588.
6. Kalkan TM, Körpınar MA, Pişiriciler R, Toprak N, Birman H ve Hacıbekioğlu M (1999): 50 Hz Frekanslı Manyetik Alanın, Sıçanların Vücut Ağırlıkları, Kan parametreleri ve Tavuk Embriyosu Üzerine Etkileri. Bilişim Toplumuna Girerken Elektromanyetik Kirlilik Etkileri Sempozyumu.; S: 73-87.
7. Kaya A, Özen Ş, Çömlekçi SE, Merdan M (1999): Yerel TV ve Hücresele Verici İstasyonlarındaki RF Alan Seviyelerinin Ölçülmesi, Sonuçlarının İnsan Sağlığı Açısından Değerlendirilmesi. *Sağlığı. Bilişim Toplumuna Girerken Elektromanyetik Kirlilik Etkileri Sempozyumu.*; S:39-45.
8. Kaya S (2000): Hipotalamus ve Hipofiz Hormonları. İçinde: Veteriner Hekimliğinde Toksikoloji. Kaya, S., Pirinççi, İ. ve Bilgili, A. (Editör), 7-22, Medisan Yayınevi, Yayın No: 42, Ankara.
9. Mann K, Wagner P, Brunn G, Hasan F, Hiemke C And Roschke J (1998): Effects of Pulsed High-frequency Electromagnetic Fields on the Neuroendocrine System. *Neuroendocr.*, 67(2): 139-144.
10. McDonald F (1993): Effects of Static Magnetic Fields on Osteoblasts and Fibroblasts. *In vitro. Bioelectromag.*, 14: 187-196.
11. O'Connor RP and Persinger MA (1996): Daily Geomagnetic Activity are Associated with Increases in Tyroxine Levels in A single Patient. *Int J Neurosci.*, 88(3-4): 243-247.
12. Özaktaş HM (1999): Günlük Hayatta Karşılaşılan Elektromanyetik Alanlar ve İnsan Sağlığı. Bilişim Toplumuna Girerken Elektromanyetik Kirlilik Etkileri Sempozyumu., S:7-14.
13. Raloff J (1998): EMF's Biologic Influences. *Sci News.*, Vol:153.
14. Rusovan A and Kanje M (1991): Stimulation of Regeneration of the Rat Sciatic Nerve by 50 Hz. Sinusoidal fields. *Exp Neorol.*, 112: 312-316.
15. Sahlin K and Edström L (1981): Effects of Lactic Acid Accumulation and ATP Decrease on Muscle Tension and Relaxation. *Am-J Physiol.*, 240: 121-126.
16. Selmaoui B, Lambrozo J and Touitou Y (1997): 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.*;61(5):473-486.
17. Vollrath L, Spessert R, Kratzsch T, Keiner M and Hollmann H (1997): No Short-Term Effects of High-Frequency Electromagnetic Fields on the Mammalian Pineal Gland. *Bioelectromag.*, 18: 376-387.
18. Zagorskaia EA and Rodina GP (1990): Reaction of the Endocrine System and Peripheral Blood of Rats to a Single and Chronic Exposure to Pulsed Low-frequency Electromagnetic field. *Kosm. Biol. Aviakosm. Ed.*, 24(2):56-60.