

Elektromanyetik Alanın (90 Hz ve 5 mT) Erkek Farelerde Bazı Kan Elektrolit (Ca^{++} , P^{+++} , Na^+ , K^+ , Cl^-) Düzeyleri Üzerine Etkileri

Gökhan ERASLAN

Erciyes Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Farmakoloji ve Toksikoloji Anabilim Dalı, Kayseri - TÜRKİYE

Ali BİLGİLİ

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

Dinç EŞSİZ

Kafkas Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Farmakoloji ve Toksikoloji Anabilim Dalı, Kars - TÜRKİYE

Hakan SALTAŞ

Sosyal Sigortalar Kurumu Hastanesi, Ankara - TÜRKİYE

Geliş Tarihi: 07.02.2001

Özet: Çalışmada, 90 Hz frekanslı ve 5 mT alan şiddetindeki EMA'nın kan Ca^{++} , P^{+++} , Na^+ , K^+ , Cl^- düzeyleri üzerine etkileri araştırıldı. Bunun için Swiss-Albino ırkı, 72 adet erkek fare kullanıldı. Hem deneme ve hem de kontrol grubundan 15., 30. ve 45. günlerde kan alındı. Çalışma sonuçlarına göre, kalsiyum düzeyinde sadece 30. günde anlamlı bir düşüş bulundu. Fosfor düzeyinde hem 15. hem de 45. günde kontrole göre önemli bir artış tespit edildi. Bütün dönemlerde (15., 30. ve 45. gün) plazma sodyum düzeyinde önemli bir artış, potasyum ve klor düzeyinde önemli bir düşüş görüldü.

Anahtar Sözcükler: Elektromanyetik Alan, Elektrolit, Erkek Fare

The Effects of an Electromagnetic Field (90 Hz and 5 mT) on Some Blood Electrolyte (Ca^{++} , P^{+++} , Na^+ , K^+ , Cl^-) Levels in Male Mice

Abstract: The effects of 90 Hz and 5 mT EMF on blood Ca^{++} , P^{+++} , Na^+ , K^+ and Cl^- levels were investigated. For this purpose, 72 Swiss-Albino mice were used. On days 15, 30 and 45, blood was taken from both the experimental and control groups. A statistically significant decrease in the calcium level was only observed on day 30. On days 15 and 45, a statistically significant increase in the phosphorus level was determined. A significant decrease in the level of plasma potassium and chloride levels and a significant increase in sodium levels were seen throughout the experiment (days 15, 30 and 45).

Key Words: Electromagnetic Field, Electrolyte, Male Mice

Giriş

Elektromanyetik alan (EMA)'lar elektrik akımının olduğu her yerde mevcuttur. Manyetik alanlar dünyanın yapısından kaynaklanabileceği gibi sonradan insanlar tarafından da oluşturulabilir (1, 2, 3). İnsanlar tarafından oluşturulan EMA'nı evlerde ve işyerlerinde bulunan ve hayatımızın bir parçası haline gelen cihazlar (radyo, televizyon, cep, araç, ev telefonu, bilgisayar, mikrodalga fırın) üretmektedir. Bu sayede de insanlar ve hayvanlar manyetik alana sürekli maruz kalmaktadır. Maruz kalınan manyetik alanın frekansı elektrikli ev aletlerinde 50-60 Hz iken alan şiddeti (mT) ise manyetik alan üreticisine olan uzaklığa göre değişkenlik gösterir. Elektro manyetik alanla ilgili olarak pek çok çalışma

yapılmıştır. Bu çalışmalarda fizyolojik değişkenler (canlı ağırlık, kan değişkenleri, hormonlar, bağışıklık sistemi) ve çeşitli doku ve organlar üzerine etkileri çok yönlü olarak değerlendirilmiş ve değişken sonuçlar bulunmuştur. EMA'nın olumsuz etkilerinin yanı sıra günümüzde sağaltıcı amaçlı olarak iyileşmesi geciken kırıklarda kemiklerin kaynaşmasını hızlandırmak için de sıkça kullanılmaya başlanmıştır. Bu etkisini ise osteoplastik ve fibroblastik etkinliği artırarak gösterdiği tespit edilmiştir. Bu amaçla kullanılan EMA'nın frekansı 60-90 Hz olabilmekle birlikte alan şiddeti ise değişkenlik göstermektedir (3-8).

Bu çalışmada, düşük frekans ve alan şiddetinde, aralıklı olarak verilen darbeleri EMA'nın kan elektrolit

düzeyleri üzerine herhangi bir etkisinin olup olmadığı araştırılmıştır.

Materyal ve Metot

A. Hayvan Materyali: Çalışmada 30-40 g ağırlığında, Swiss Albino ırkı, 72 adet erkek fare kullanılmıştır. Fareler çalışmaya alınmadan önce ortama alışmaları için 15 gün beslenmiştir. Daha sonra her bir grupta 36'şar fare olmak üzere biri kontrol diğeri deneme iki grup oluşturulmuştur. Deneme grubundaki (Grup II) fareler her bölmede 9 tane olacak şekilde EMA cihazının altındaki dört ayrı bölmeye yerleştirilmiştir. Kontrol grubundaki (Grup I) hayvanlar da EMA cihazındakilerle aynı özellikte olan 4 ayrı kafese eşit olacak şekilde yerleştirilmiştir. Fareler EMA'a 7⁰⁰ – 19⁰⁰ saatleri arasında her gün 12 saat maruz bırakılmıştır. Çalışmanın yapıldığı ortamın ısısının 22±1°C ve EMA şiddetinin 0,02 mT olduğu tespit edilmiştir. Denemeye başlamayı takiben 15., 30. ve 45. günlerde aynı saatlerde (13⁰⁰-14⁰⁰) hem deneme hem de kontrol grubundaki hayvanlardan EDTA'lı tüplere kan alınmıştır (her bir tüpte aynı hacimde alınan 4 hayvanın kanı bulunmaktadır). Kanlar 4000 rpm'de 5 dakika santrifüj edilerek plazmaları çıkarılmıştır. Plazma çalışılincaya kadar derin dondurucuda (-20°C) bekletilmiştir. Ortamın ve araştırmada kullanılan cihazın oluşturduğu EMA şiddeti dijital teslametre ile ölçülmüştür.

B. Biyokimyasal Metot ve Kitler: Ölçümler, Biocon marka kit kullanılarak otoanalizörde gerçekleştirilmiştir.

C. EMA Üreten Cihazın Özellikleri: Bu araştırmada kullanılan cihaz, darbeli EMA üretmekte olup bu üretici, görünüm olarak iki ana bloktan oluşmaktadır. Bunlardan birinci blokta beş bobin bulunmaktadır. Bobinlerden yüksek düzeyde 3,3 amper darbeli akım geçirileceğinden,

bobin tel çapı 0,85 mm seçilmiştir. Bobinler için gerekli darbeli akımı sağlayan ikinci blok ise, doğrudan doğruya bir elektrik devresinden ibarettir ve sistemin çalışma frekansı 20-100 Herz (Hz), alan şiddeti 1-5 mikrotlesla (mT) arasında ayarlanabilmektedir. Elektronik devrede temel devre elemanlarından birini LM 555 zamanlayıcısı teşkil etmektedir. İki adet LM 555'den birincisi 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, bobin uçlarında bir zıt elektromotor kuvvet doğmakta (EMK), böylece bobinler bipolar bir manyetik alan oluşturmaktadır. Bu konuda, simetriği sağlamak ve daha da önemlisi transistörü zıt EMK etkisine karşı korumak amacıyla bobin uçlarına paralel bir seri direnç-iyot hücresi yerleştirilmiştir.

D. İstatistiksel Analiz: Değerler, aritmetik ortalama ve ± standart sapma şeklinde ifade edilmiştir. Gruplar arasındaki farkın bulunması için Student's t testi kullanılmıştır.

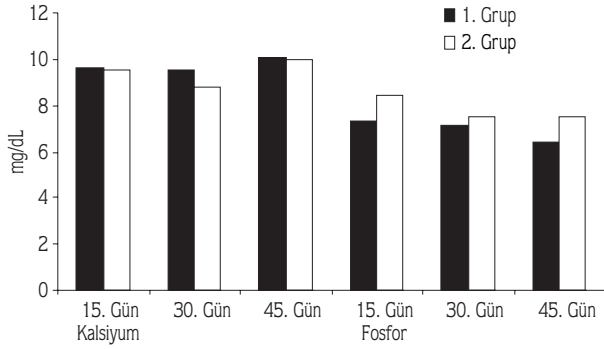
Bulgular

Tablo 1 ve Şekil 1, 2'de görüldüğü gibi sadece 30. günde kalsiyum düzeyinde anlamlı (p<0,05) bir düşüş bulunmuştur. Deneme grubu fosfor düzeyinde ise kontrole göre karşılaştırıldığında hem 15. hem de 45. günde önemli (p<0,01) bir artış tespit edilmiştir. Kontrol grubunun 15., 30. ve 45. günündeki plazma potasyum düzeyleri deneme grubu ile karşılaştırıldığında önemli (p<0,05) bir düşüş, sodyum düzeyinde bütün dönemlerde önemli (p<0,001) bir artış, klor düzeyinde ise önemli (p<0,001) bir düşüş görülmüştür.

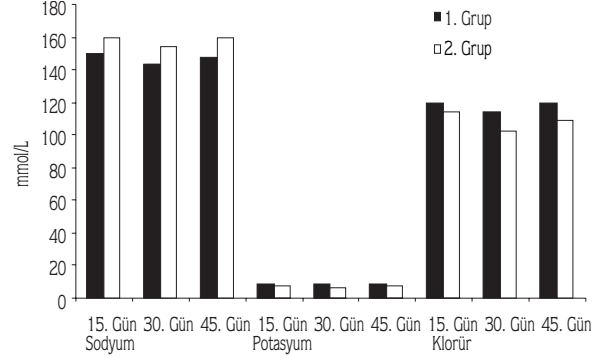
Tablo 1. Kontrol (n:36) ve deneme (n:36) gruplarının plazma kalsiyum, fosfor, sodyum, potasyum ve klor düzeyleri.

Elektrolit	15. Gün		30. Gün		45. Gün	
	Grup I	Grup II	Grup I	Grup II	Grup I	Grup II
Ca (mg/dL)	9,58±0,51	9,50±0,34	9,50±0,16	8,76±0,19*	10,12±0,13	9,97±0,15
P (mg/dL)	7,34±0,44	8,43±0,23**	7,18±0,82	7,50±0,21	6,42±0,10	7,47±0,35**
Na (mmol/L)	149,37±1,99	159,25±4,46***	143,87±0,99	154,25±1,16***	147,75±1,38	159,25±0,88***
K (mmol/L)	8,52±0,14	7,12±0,63*	8,22±0,35	6,66±0,32*	8,57±0,35	7,25±0,19*
Cl (mmol/L)	119,62±2,66	113,75±0,46***	114,00±1,92	102,75±1,38***	119,25±1,90	108,5±1,19***

*. Aynı satırda yer alan aynı dönemdeki gruplar arası fark istatistiksel olarak önemlidir. *. p<0,05 **. P<0,01 ***. p< 0,001



Şekil 1. Kontrol (Grup I) ve Deneme (Grup II) Gruplarının Plazma Kalsiyum ve Fosfor Düzeyleri.



Şekil 2. Kontrol (Grup I) ve Deneme (Grup II) Gruplarının Plazma Potasyum, Klorür ve Sodyum Düzeyleri.

Tartışma

Elektromanyetik alanın etkilerinin biyolojik mekanizmaları çok az bilinmektedir. Fizyolojik etkilerinin, hücre zarı geçirgenliğini değiştirmesi sonucu hücre içi-dışı elektrolit değişimine bağlı olduğu sanılmaktadır (9, 10, 11). Zira Klimovitsky ve ark. (12) yaptıkları çalışmada EMA'nın Na-K ATPaz etkinliğini değiştirdiğini ileri sürmektedir. Bu değişiklik ortamın ısısına ve belli bir ilacın verilip verilmediğine göre de değişkenlik göstermektedir. Düşük ısıda enzim inhibe edilirken yüksek ısıda ise etkinliği artmaktadır. Enzim etkinliğini inhibe eden bir ilacın kullanılması durumunda uygulanan elektro manyetik alan, bu etkinin tersine çevrilmesine sebep olabilmektedir (13, 14).

Yaptığımız çalışmada, kan sodyum düzeylerinde bütün dönemlerde EMA uygulanmış gruplarda kontrol grubuna göre anlamlı bir artış tespit edilmiştir. Aksine potasyum ve klor düzeylerinde ise yine bütün dönemlerde anlamlı bir düşüş görülmüştür. Plazma sodyum yoğunluğundaki artış, potasyum ve klor yoğunluğundaki belirgin düşüş, EMA'nın hücrelerdeki taşıma sistemi (Na-K ATPaz) ve kanallarda değişikliğe sebep olabileceğini akla getirmektedir. Bu değişim sonucunda hücre dışı sodyum; hücre içi potasyum ve klor yoğunluğu artabilir. Diğer taraftan hücre içi klor yoğunluğunun artışı hücre dışındaki sodyum artışına karşı asit-baz dengesinin korunmasını sağlamak amacıyla da olabilir. Na, K ve Cl ile ilgili elde ettiğimiz verilerin istatistiksel hesapları sonucunda bütün dönemlerde aynı düzeyde bir etkilenmenin olduğu görülmektedir. Bu da, EMA bu elektrolitler üzerine etkilerinin maruziyet süresi ile ilişkili olmadığını düşündürmektedir. Bu konuda yapılan çalışmalar ve elde edilen sonuçlar ise şöyledir; Canseven ve Atalay (6) erkek

fareleri 4 saat/gün olmak üzere 5 gün boyunca 50 Hz, 20 Gauss (G) manyetik alana maruz bırakmışlar, sonuçta manyetik alanın sodyum yoğunluğunu artırdığını, potasyum yoğunluğunu azalttığını belirlemişlerdir. Gorczynska ve Wegrznnowicz (15) kobayları 6 hafta boyunca 0,3 T manyetik alana maruz bırakmışlardır. Deneme sonucunda sodyum yoğunluğunda artış, klor yoğunluğunda düşüş tespit etmişler; potasyum yoğunluğunda ise herhangi bir değişiklik bulamamışlardır. Burchard ve ark. (16) sığırları 60 Hz ve 30 mT EMA altında 3 gün boyunca tutmuşlar; denemeye başlamadan ve başladıktan sonra her gün kan almışlardır. Sonuçta, Na ve K düzeylerinde herhangi bir değişiklik görmemişlerdir.

EMA'nın, siklik adenosin monofosfat (cAMP) ve inositol trifosfat (IP₃) üzerinden hücre içi ve hücre dışı kalsiyum miktarını değiştirdiğine yönelik görüşler bulunmaktadır (17, 18). Deneme gruplarındaki kan kalsiyum düzeyleri değerlendirildiğinde bütün dönemlerde kontrole göre bir düşüş tespit edilmiş fakat bu düşüş sadece 30. günde anlamlı bulunmuştur. Bu değişimler, EMA'nın hücre içi IP₃ düzeyini artırmasına ve/veya cAMP düzeyindeki değişimler sonucu hücrelerin PTH'na karşı cevabını şiddetlendirmesine bağlı olabilir. Böylece hücre içi kalsiyum düzeyi yükselebilir, dolayısıyla da kan kalsiyum düzeyi düşebilir. Yine de bu veriler, EMA'nın kalsiyum üzerine etkisi ile ilgili tam bir fikir vermemektedir. Bütün dönemlerde deneme gruplarında kan kalsiyum düzeyleri genel olarak kontrole göre bir düşüş göstermiştir. Düşüşün otuzuncu günde anlamlı bulunması EMA'nın ancak subakut dönemde etkisini gösterdiği ileriki dönemlerde ise vücuttaki diğer fizyolojik mekanizmaların (muhtemelen hormonal sistem) devreye girmesi sonucu etkinin kompanse edildiğini düşündürür. Schober ve ark.

(19) fareler üzerinde yaptıkları çalışmada EMA'nın plazma kalsiyum düzeyinde düşüşe sebep olduğunu bulmuşlardır; Canseven ve Atalay (6), Burchard ve ark. (16), Cho ve ark. (20) ise artış tespit etmişlerdir. Kan fosfor düzeylerine bakıldığında ise sadece denemenin 15. ve 45. günlerinde anlamlı bir artış tespit edilmiştir. Otuzuncu günde istatistiki olarak farkın bulunmaması da kalsiyumla ilişkili bir mekanizmayla ilk dönemde etkinin görüldüğü ikinci dönemde vücudun buna gösterdiği reaksiyon sonucunda fosfor yoğunluğunun fizyolojik sınırlar içine çekildiği, fakat maruziyetin devam etmesine bağlı olarak etkinin artık tolare edilememesi sonucu artış şekillendiği

düşünülmektedir. Burchard ve ark. da (16) EMA'nın kan fosfor düzeyinde artışa sebep olduğunu bildirmektedir.

Sonuç olarak, 90 Hz frekanslı 5 mT alan şiddetinde aralıklı olarak verilen EMA'nın farelerde subakut ve subkronik dönemde kan sodyum, potasyum ve klor düzeyinde anlamlı değişikliğe sebep olduğu fakat değişimin maruziyet süresiyle ilişkili olmadığı; kalsiyum ve fosfor düzeylerinde bazı dönemlerde görülen anlamlı farklılıkları ise doğrudan doğruya EMA'nın etkisi ile ilişkilendirmenin güç olduğu kanısına varılmıştır.

Kaynaklar

1. Özaktaş, H.M.: Günlük Hayatta Karşılaşılan Elektromanyetik Alanlar ve İnsan Sağlığı. Bilişim Toplumuna Girerken Elektromanyetik Kirlilik Etkileri Sempozyumu. 1999; 7-14.
2. Raloff, J.: EMF's Biologic Influences. Sci News. 1998; 53: 125-150.
3. WHO: Magnetic Fields. Environmental Health Criteria 69. Geneva, 1987.
4. Fam, W.Z., Mikhail, E.L.: Lymphoma Induced in Mice Chronically Exposed to Very Strong Low Frequency Electromagnetic Field. Cancer Lett. 1996; 105 (2): 257-269.
5. McDonald, F.: Effects of Static Magnetic Fields on Osteoblasts and Fibroblasts. (In Vitro). Bioelectromagnetic. 1993; 14: 187-196.
6. Canseven, A.G., Atalay, S.N.: Manyetik Alanın Dokuya Etkisi. Bilişim Toplumuna Girerken Elektromanyetik Kirlilik Etkileri Sempozyumu. 1999; 89-95.
7. Chernoff, N., Roges, J.M., Kavet, R.: A Review of the Literature on Potential Reproductive and Developmental Toxicity of Electric and Magnetic Fields. Toxicology. 1992; 74: 91-126.
8. Gaslear, T.G., Akyel, Y., Bates, F., Belt, M., Lu, S.T.: Temporal Bisection in Rat: The Effects of High-Peak-Power Pulsed Microwave Irradiation. Bioelectromagnetics. 1993; 14: 459-478.
9. Gimitrova, A., Ivonco, I., Ghirovo, J., Murin, M.: Biological Effect of Magnetic Field on Laboratory Animals. J. Bioelectricity. 1988; 7 (1): 123-124.
10. Ikehara, T., Yamaguchi, H., Miyamoto, H.: Effect of Electromagnetic Fields on Membrane Ion Transport of Cultured Cells. J. Med. Invest. 1998; 45 (1-4): 47-56.
11. Berg, H.: Problems of Weak Electromagnetic Field Effects in Cell Biology. Bioelectrochem Bioenerg. 1999; 48 (2): 355-360.
12. Klimovitsky, V.Y., Ioginov, V.A., Zagorskaya, E.A., Weissleder, H., Drescher, J., Hetch, K.: The Evaluation of Biological Efficiency of Electromagnetic Fields Generated by Implanted Radiotelemetric Transmitters Used in Space Research on Animals. Physiologist. 1992; 35 (1): 56-57.
13. Blank, M.: Biological Effects of Environmental Electromagnetic Fields: Molecular Mechanisms. Biosystems. 1995; 35 (2-3): 175-178.
14. Blank, M.: Na-K ATPase Function in Alternating Electromagnetic Fields. FASEB J. 1987; 6: 2434-2438.
15. Gorczynska, E., Wegrznnowicz, R.: Effect of Chronic Exposure to Static Magnetic Field upon the K, Na and Chlorides Concentrations in the Serum of Guinea Pigs. J. Hyg Epidemiol Microbiol Immunol. 1986; 30 (2): 121-126.
16. Burchard J.F., Nguyen, D.H., Block, E.: Macro- and Trace Element Concentrations in Blood Plasma and Cerebrospinal Fluid of Dairy Cows Exposed to Electric and Magnetic Fields. Bioelectromagnetic. 1999; 20 (6): 358-64.
17. Stake, T.: Effects of Pulsed Electromagnetic Fields (PEMF) on Osteoblast-Like Cells. Alternation of Intracellular Ca²⁺. Kanagava Shigaku. 1990; 24 (4): 692-701.
18. Hiraki, Y., Endo, N., Takigawa M., Asada A., Takahashi H., Suzuki F.: Enhanced Responsiveness to Parathyroid Hormone and Induction of Functional Differential of Cultured Rabbit Costal Chondrocytes by a Pulsed Electromagnetic Field. Biochim. Biophys. Acta. 1987; 93 (1): 94-100.
19. Schober, A., Yanic, M., Fischer, G.: Electrolytic Changes in the White Mouse under the Influence of Weak Magnetic Fields. Zentralbl. Bacteriol. Microbiol. Hyg. (B). 1982; 176 (4): 305-315.
20. Cho, M.R., Thatte, H.S., Silvia, M.T., Golan, D.E.: Transmembrane Calcium Influx Induced by AC Electric Fields. FASEB J. 1999; 13 (6): 677-683.