

Elektromanyetik Alanın (60-90 Hz ve 5 mT) Diurnal Ritimde Kan Elektrolit Düzeyleri Üzerine Etkileri

Gökhan ERASLAN

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

Mehmet AKDOĞAN

Süleyman Demirel Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Biyokimya ve Klinik Biyokimya Anabilim Dalı, Isparta - TÜRKİYE

Ali BİLGİLİ

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

Murat KANBUR

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

Fatma ŞAHİNDOKUYUCU

Akdeniz Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Farmakoloji ve Toksikoloji Anabilim Dalı, Burdur - TÜRKİYE

Geliş Tarihi: 24.04.2001

Özet: Çalışmada 35-40 g ağırlığında, 5 aylık İngiliz ırkı, toplam 120 adet erkek fare kullanıldı. Biri kontrol (Grup I) ve ikisi deneme (Grup II, Grup III) olmak üzere toplam üç grup oluşturuldu. Deneme gruplarından birine (Grup II) 60 Hz ve 5 mT, diğerine (Grup III) 90 Hz frekans ve 5 mT alan şiddetindeki elektro manyetik alan (EMA) saat 9⁰⁰ - 17⁰⁰ arasında sekiz saat süre ile uygulandı. Bu süre içinde her saat başı kan alındı ve kan elektrolit (Ca⁺⁺, P⁺⁺⁺, Na⁺, K⁺, Cl⁻) düzeyleri değerlendirildi. Sonuç olarak, hemen hemen bütün dönem ve gruplarda kontrole göre sadece sodyum ve kalsiyum düzeyinde düzenli bir düşüş potasyum düzeyinde ise artış görüldü. Fakat bu değişiklikler çoğu dönemde anlamlı bulunamadı (p>0,05).

Anahtar Sözcükler: Elektromanyetik alan, kan elektrolit, diurnal ritim, fare

The Effects of an Electromagnetic Field (60-90 Hz and 5 mT) on Blood Electrolyte Levels in Diurnal Rhythm

Abstract: In this study, 120 British male mice, weighing 35-40 g, and 5 months old were used. Three groups, one control (Group I) and two experimental (Groups II and III), were formed. One experimental group (Group II) received 60 Hz and 5 mT, while the other (Group III) received 90 Hz frequency and 5 mT magnetic flux density efficacy electromagnetic field (EMF), between 9⁰⁰ and 17⁰⁰. During this period, blood was taken every hour and blood electrolyte levels (Ca⁺⁺, P⁺⁺⁺, Na⁺, K⁺, Cl⁻) were evaluated. In conclusion, in almost all periods and groups only sodium and calcium levels showed a steady decrease, while potassium levels increased when compared to the control group. However, these changes were not significant in most periods (p > 0.05).

Key Words: Electromagnetic field, blood electrolyte, diurnal rhythm, mice

Giriş

Geniş spektrumlu elektromanyetik alan (EMA) içinde geniş bir yer tutan iyonlaştırıcı özellikte olmayanlar, günümüzde radarlardan, iletişim araçlarından, yüksek gerilim hatlarından, radyo ve televizyon vericilerinden, trafo merkezlerinden, başta ofis ve evlerdeki elektrikli aletler olmak üzere pek çok elektrikli sistemden çevreye yayılmaktadır (1). Elektrikli ev aletlerinin yaydığı manyetik alan frekansı 50-60 Herz (Hz) ve alan şiddeti 0,5-30 mikrottesla (mT) arasında değişir ve alan şiddeti

EMA yayan cihazdan uzaklaştıkça düşer. Bugüne kadar yapılan bilimsel araştırmalar, elektromanyetik alan ve dalgaların çok düşük şiddet ve güçlerde dahi çeşitli biyolojik etkilerinin olduğunu göstermiştir (2-8). Doğal ortamda bulunan EMA'lar, sonradan insanlar tarafından oluşturulan alanlardan daha düşük seviyelerde olması dolayısıyla, dünya üzerinde yaşayan canlıların bu alanların olası etkilerine karşı önceden özel bir savunma mekanizması geliştirmesi söz konusu olamaz (9). Elektromanyetik alanlara maruziyet ile ilgili pek çok çalışma bulunmaktadır; bu çalışmalarda elektromanyetik

alanın vücut ağırlıkları, organların morfolojisi ve histolojisi, hematolojik parametreler, biyokimyasal parametreler, hormonlar, bağışıklık sistemi ve kan elektrolit düzeyleri üzerine etkileri incelenmiş ve farklı sonuçlar bulunmuştur (10,11). Osteoblastlar üzerinde yapılan çalışmalarla, darbeli EMA'nın (60-90 Hz) hücre içi cAMP (siklik adeenozin monofosfat) ve IP_3 (inositol trifosfat) düzeyini değiştirerek kemik dokusunun PTH'na karşı cevabını şiddetlendirdiği dolayısıyla da kemik iyileşmesini hızlandırdığı tespit edilmiştir (12,13).

EMA'na uzun süre maruziyet sonucunda, kan elektrolit düzeylerine etkileri değişik çalışmalarla ortaya konulmuştur (6,7). Fakat kısa süreli maruziyete bağlı olarak herhangi bir etkinin şekillenip şekillenmediği hususunda bir veriye rastlanamamıştır, dolayısı ile çalışma bu durum göz önüne alınarak planlanmıştır. Burada, düşük frekans (60-90 Hz) ve alan şiddetinde (5 mT), kısa süreli olarak verilen EMA'nın bazı kan elektrolit düzeyleri üzerine etkisi araştırılmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir.

Materyal ve Metot

A. Hayvan Materyali: Çalışmada 120 adet, 35-40 g ağırlığında, 5 aylık İngiliz ırkı, erkek fare kullanıldı. EMA cihazının her bir bölümünde 10'ar fare bulunacak şekilde 40 fare I. deneme grubu olarak tutuldu. İkinci deneme grubu için de cihazın ayarı tekrar yapıldı ve aynı sayıda fare kullanıldı. Her iki çalışma periyodunda da (Grup II ve Grup III) aynı özellikleri taşıyan 4 ayrı kafeste kontrol grubu (Grup I) tutuldu ve istatistik analizleri beraber yapıldı. Saat 9⁰⁰-17⁰⁰ arası deneme grubundaki hayvanlara 60 Hz (I. Deneme) ve 90 Hz (II. Deneme) frekansında ve 5 mT alan şiddetinde EMA uygulandı. Saat 10⁰⁰'dan başlayarak her saat hem deneme hem de kontrol grubundaki 5'er fareden kalp içine girilerek 1'er ml kan örnekleri alındı. Kan alınan fareler deneme dışı bırakıldı. Kan örnekleri 15 dakika oda ısısında bekletildikten sonra 4000 rpm'de 5 dakika süreyle santrifüj edildi. Serumları başka bir deney tüpüne aktarıldı ve derin dondurucuya alındı. Çalışmanın yapıldığı ortamın ısısının 20±2°C ve EMA şiddetinin 0,02 mT olduğu tespit edildi. Ortamın ve araştırmada kullanılan cihazın oluşturduğu EMA şiddeti dijital teslametre ile ölçüldü.

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

C. EMA Üreten Cihazın Özellikleri: Bu araştırmada, darbeli EMA üreten cihaz kullanıldı. Bu cihaz, iki

bölümden oluşmaktadır. Birincisinde, üzerinden 3,3 amper darbeli akım geçen (200 watt, 20 amperlik Darlington transistörler ile oluşturulmaktadır) 0,85 mm tel kullanılarak hazırlanan beş bobin bulunmaktadır. Bobinler için gerekli darbeli akımı sağlayan ikinci blok doğrudan doğruya bir elektrik devreden ibarettir ve sistemin çalışma frekansını (20-100 Hz) ve alan şiddetini (1-5 mT) denetleyen 2 adet LM 555 multivibratör içermektedir. Bobine uygulanan darbe kesildiğinde, doğal olarak bobinin uçlarında bir zıt elektromotor kuvvet (EMK) doğmakta ve bobinlerde bipolar bir manyetik alan oluşmaktadır. 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 edildi. Analizde tek yönlü varyans analizi ve Duncan testi kullanıldı.

Bulgular

Çalışma sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde, hemen hemen bütün dönemlerde deneme gruplarında kontrol grubuna göre potasyum düzeyinde artış, sodyum ve kalsiyum düzeyinde düşüş görüldü (Tablo 1, 2, 3). Fakat bu değişiklikler bütün dönem ve gruplarda istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı ($p>0,05$). Gruplar arasında frekans artışına bağlı olarak özellikle, sodyum düzeylerindeki azalmanın Grup III'de kontrol grubuna göre daha şiddetli olduğu belirlendi. Fosfor ve klor düzeylerinde ise kontrol ve deneme grupları arasında herhangi bir ilişki bulunmadı ve sonuçların farklı dönemlerde değişkenlik gösterdiği tespit edildi (Tablo 4, 5).

Tartışma

Elektromanyetik alanın etkilerine ilişkin biyolojik mekanizma tam olarak bilinmemekle birlikte, etkilerini hücre zarı geçirgenliğini değiştirmesi sonucu hücre içi-dışı elektrolit geçişine bağlı olarak gösterdiği düşünülmektedir (14-17).

Çalışmadan elde ettiğimiz verilere göre sodyum düzeylerinde kontrole göre bir düşüş görülmüştür. Bu düşüş, EMA'nın hücre taşıma sistemi (Na-K ATPaz) ve kanallarında değişikliğe sebep olabileceğini akla getirmektedir. Bu değişime bağlı olarak da hücre içi

Tablo 1. Kontrol ve deneme grubundaki hayvanların serum potasyum düzeyleri.

Dönemler	Potasyum (mmol/L)			
	Başlangıç g ⁰⁰	Grup I n: 40	Grup II n: 40	Grup III n: 40
10 ⁰⁰		6,90±0,54 ^a	6,99±0,25 ^a	10,18±1,84 ^b
11 ⁰⁰		6,92±0,19 ^a	7,43±0,08 ^a	10,66±0,41 ^b
12 ⁰⁰		7,64±0,27	7,60±0,12	7,30±2,10
13 ⁰⁰		7,18±0,23 ^a	7,96±0,11 ^a	12,96±2,07 ^b
14 ⁰⁰		7,20±0,21	7,40±0,23	7,92±1,16
15 ⁰⁰		6,78±0,48	7,64±1,16	8,20±1,07
16 ⁰⁰		7,84±1,74	8,44±0,70	8,10±1,10
17 ⁰⁰		7,30±0,10	7,55±0,20	7,60±1,25

a, b : Aynı satırda farklı harfleri taşıyan gruplar arasındaki fark önemlidir (p< 0,05).

Tablo 3. Kontrol ve deneme grubundaki hayvanların serum kalsiyum düzeyleri.

Dönemler	Kalsiyum (mg/dL)			
	Başlangıç g ⁰⁰	Grup I n: 40	Grup II n: 40	Grup III n: 40
10 ⁰⁰		9,54±0,38	9,34±0,11	9,25±0,11
11 ⁰⁰		9,80±0,15	9,50±0,13	9,52±0,13
12 ⁰⁰		9,86±0,11	9,60±0,08	9,52±0,14
13 ⁰⁰		9,36±0,23 ^a	8,40±0,15 ^b	8,74±0,51 ^b
14 ⁰⁰		9,84±0,11	9,60±0,15	9,42±0,13
15 ⁰⁰		9,64±0,20 ^a	8,60±0,24 ^b	9,02±0,08 ^c
16 ⁰⁰		9,38±0,23	8,96±0,21	9,02±0,08
17 ⁰⁰		9,36±0,23	9,70±0,15	8,74±0,51

a, b, c : Aynı satırda farklı harfleri taşıyan gruplar arasındaki fark önemlidir (p< 0,05).

sodyum girişi artabilir ve sonuçta kan sodyum düzeyi düşebilir. Aynı şekilde kan potasyum düzeyindeki yükselme de, hücre içindeki potasyumun hücre dışına çıkması ile ilişkili olabilir. Bu konuda yapılan çalışmalardan; Gorczynska ve Wegrznowicz (18) 6 hafta süreyle kobayları 0,3 T alan şiddetinde manyetik alana maruz bırakmışlar ve sonuçta potasyum düzeyinde herhangi bir değişiklik bulamazken sodyum yoğunluğunda artış tespit etmişlerdir. Canseven ve Atalay (10) fareleri 50 Hz-20 Gauss (G) manyetik alana (günde 4 saat, 5 gün)

Tablo 2. Kontrol ve deneme grubundaki hayvanların serum sodyum düzeyleri.

Dönemler	Sodyum (mmol/L)			
	Başlangıç g ⁰⁰	Grup I n: 40	Grup II n: 40	Grup III n: 40
10 ⁰⁰		162,80±3,11 ^a	152,80±1,92 ^b	151,80±2,38 ^b
11 ⁰⁰		162,00±2,91 ^b	158,00±3,08 ^b	150,80±3,11 ^a
12 ⁰⁰		156,20±1,92	154,40±2,07	153,80±1,92
13 ⁰⁰		159,60±1,14 ^a	155,60±2,30 ^b	153,40±2,40 ^c
14 ⁰⁰		157,40±2,07	155,00±2,54	154,00±2,23
15 ⁰⁰		151,00±2,34	153,00±1,58	150,80±1,30
16 ⁰⁰		150,00±1,58	151,60±1,34	148,00±2,12
17 ⁰⁰		160,20±1,70	158,40±2,00	159,80±1,80

a, b, c : Aynı satırda farklı harfleri taşıyan gruplar arasındaki fark önemlidir (p< 0,05).

Tablo 4. Kontrol ve deneme grubundaki hayvanların serum fosfor düzeyleri.

Dönemler	Fosfor (mg/dL)			
	Başlangıç g ⁰⁰	Grup I n: 40	Grup II n: 40	Grup III n: 40
10 ⁰⁰		5,71±0,40	5,56±0,08	6,67±0,99
11 ⁰⁰		5,76±0,19	5,69±0,11	5,64±0,39
12 ⁰⁰		5,00±0,16	6,42±0,67	5,85±0,22
13 ⁰⁰		5,68±0,55	6,44±0,23 ^a	7,73±0,65 ^b
14 ⁰⁰		5,01±0,18	5,48±0,58	5,69±0,47
15 ⁰⁰		5,55±0,34	5,36±0,26	5,39±0,31
16 ⁰⁰		5,49±0,28 ^a	5,86±0,12 ^b	5,52±0,50 ^c
17 ⁰⁰		5,05±0,10	6,52±0,54	5,43±0,23

a, b, c : Aynı satırda farklı harfleri taşıyan gruplar arasındaki fark önemlidir (p< 0,05).

tutmuşlar ve deneme sonucunda serum sodyum yoğunluğunun arttığını, potasyum yoğunluğunun düştüğünü belirlemişlerdir.

Kan kalsiyum düzeyindeki düşüşün ise hücrelerdeki kalsiyum kanalları ile ilişkili olduğu sanılmaktadır. EMA'nın hücrelerdeki kalsiyum kanallarını etkilediğine dair veriler de bulunmaktadır (19-23). Schober ve ark. (23) EMA'nın plazma kalsiyum düzeyinde düşüşe sebep olduğunu söylerken; Burchard ve ark. (7), Canseven ve

Tablo 5. Kontrol ve deneme grubundaki hayvanların serum klor düzeyleri.

Dönemler	Klor (mmol/L)			
	Başlangıç g ⁰⁰	Grup I n: 40	Grup II n: 40	Grup III n: 40
10 ⁰⁰	122,00±2,54	120,20±2,58	118,60±2,07	
11 ⁰⁰	119,80±1,48	120,60±0,89	121,00±3,80	
12 ⁰⁰	118,00±1,58	115,60±2,30	116,20±1,30	
13 ⁰⁰	119,60±1,14	117,20±1,92	121,00±1,87	
14 ⁰⁰	120,00±2,73 ^b	116,80±2,38 ^b	113,20±2,38 ^a	
15 ⁰⁰	114,40±4,03	116,80±2,16	115,40±2,07	
16 ⁰⁰	114,2±2,86	115,80±3,50	117,60±2,05	
17 ⁰⁰	115,2±1,76	113,40±2,56	116,40±2,17	

^{a, b}: Aynı satırda farklı harfleri taşıyan gruplar arasındaki fark önemlidir (p< 0,05).

Atalay (10), Cho ve ark. (20) ise aksini savunmaktadırlar.

Sodyum, potasyum ve kalsiyum düzeylerinde kontrole göre deneme gruplarındaki farklılıkların istatistik olarak bütün dönemlerde, anlamlı bulunmaması dikkat çekicidir. Bu durum, EMA'nın kısa süreli olarak uygulanmasına bağlı olabilir. Zira Burchard ve ark. (7) da sığırlara 3 gün

boyunca verilen 60 Hz ve 30 mT EMA'nın Na ve K düzeylerinde yaptığı değişikliklerin anlamlı olmadığını görmüşlerdir.

Klor ve fosfor düzeylerine ise EMA'nın etkisi ile ilgili herhangi bir kanıya varılamamıştır. Fakat Burchard ve ark. (7) EMA'nın kan fosfor düzeyinde artışa sebep olduğunu bildirmektedirler. Aslında, gerek 60 Hz gerekse 90 Hz'lik grupta kontrole göre bazı dönemlerde anlamlı (p<0,05) sonuçlar elde edilse de, bu sonuçların kendi içerisinde tutarlı olmaması (bazı dönemlerde artış, bazı dönemlerde ise düşüş) sebebiyle bu değişikliklerin EMA'na bağlı olduğunu söylemek güçtür.

Kısa süreli olarak, 60-90 Hz frekans ve 5 mT alan şiddetindeki EMA'nın kan elektrolit düzeyleri üzerine etkileri, kontrole göre bütün dönem ve gruplarda anlamlı bulunmamıştır. Fakat bazı elektrolit düzeylerinde kontrole göre düzenli bir artış (K⁺) veya azalma (Ca⁺⁺, Na⁺) görülmüştür. Bu elektrolitlerdeki değişikliklerin deneme süresi boyunca istatistiksel olarak anlamlı bulunmamasının sebebi net olarak ortaya konulamamış olmakla birlikte, uygulama süresinin kısa olmasına bağlı olabileceği kanısına varılmıştır.

Kaynaklar

1. Kalkan, T.M., Körpınar, M.A., Pişiriciler, R., Toprak, N., Birman, H., Hacibekiroğlu, M.: 50 Hz Frekanslı Manyetik Alanın, Sığırların Vücut Ağırlıkları, Kan parametreleri ve Tavuk Embriyosu Üzerine Etkileri. Bilişim Toplumuna Girerken Elektromanyetik Kirlilik Etkileri Sempozyumu. 1999; 73-87.
2. Walleczek, J.: Electromagnetic Field Effects on Cell of Immune System: The Role of Calcium Signalling. FASEB J. 1992; 6: 3177-3185.
3. Frey, O.: On the Nature of Electromagnetic Field Interactions with Biological Systems, Medical Intelligence Unit, R.G. Lands Company, Austin, USA. 1994.
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. Gauger, J.R.: Household Appliance Magnetic Field Survey, Arlington, Virginia, Naval Electronic Systems Command, (IIT Research Institute Report EO 6549-3), 1984.
6. 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.
7. 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. Bioelectromagnetics. 1999; 20(6): 358-364.
8. O'Connor, R.P., Persinger, M.A.: Daily Geomagnetic Activities are Associated with Increases in Thyroxin Levels in a Single Patient. Int. J. Neurosci., 1996; 88(3-4): 243-247.
9. Özaktaş, H.M.: Günlük Hayatta Karşılaşılan Elektromanyetik Alanlar ve İnsan Sağlığı. Bilişim Toplumuna Girerken Elektromanyetik Kirlilik Etkileri Sempozyumu. 1999; 7-14.
10. Canseven, A.G., Atalay, S.N.: Manyetik Alanın Dokuya Etkisi. Bilişim Toplumuna Girerken Elektromanyetik Kirlilik Etkileri Sempozyumu. 1999; 89-95.
11. Rappaport, Z.H.: Effect of Pulsed Electromagnetic Fields on Calcium Tissue Changes in Focal Ischemia. Neurol. Res., 1990; 12(2): 95-98.
12. Stake, T.: Effects of Pulsed Electromagnetic Fields (PEMF) on Osteoblast-Like Cells. Alternation of Intracellular Ca²⁺. Kanagava Shigaku. 1990; 24(4): 692-701.

13. Hiraki, Y., Endo, N., Takigawa M., Asada A., Takahashi H., Suzuki F.: Enhanced Responsiveness to Parathyroid Hormone and Induction of Functional Differentiation of Cultured Rabbit Costal Chondrocytes by a Pulsed Electromagnetic Field. *Biochim. Biophys. Acta.*, 1987; 93(1): 94-100.
14. Gimitrova, A., Ivonco, I., Ghirrov, J., Murin, M.: Biological Effect of Magnetic Field on Laboratory Animals. *J. Bioelectricity.*, 1988; 7(1): 123-124.
15. Menendez, R.G.: Three molecular mechanisms to explain some biological effects of electromagnetic fields and hypogravity. *Med. Hypotheses.* 1999; 52 (3): 239-245.
16. Berg, H.: Problems of Weak Electromagnetic Field Effects in Cell Biology. *Bioelectrochem. Bioenerg.*, 1999; 48(2): 355-360.
17. 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 Radio Telemetric Transmitters Used in Space Research on Animals. *Physiologist.* 1992; 35(1): 56-57.
18. Gorczyńska, E., Wegrznowicz, 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.
19. Lacy, A., Metcalfe, J.C., Hesketh, R.: Biological Responses to Electromagnetic Fields. *FASEB J.* 1998; 12: 395-420.
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.
21. Garcia S. J., Montero, M., Alvarez, J., Fonteriz, R.I., Sanchez, A.: Effects of Extremely-Low-Frequency Electromagnetic Fields on Ion Transport in Several Mammalian Cells. *Bioelectromagnetics.* 1994; 15(6): 579-588.
22. Thompson, C.J., Yang, Y.S., Anderson, V., Wood, A.W.: A Cooperative Model for Ca (++) Efflux Windowing from Cell Membranes Exposed to Electromagnetic Radiation. *Bioelectromagnetics.* 2000; 21(6): 455-464.
23. 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.