

1-1-1999

An Analysis of Erythrocyte Membrane Proteins of Individuals Working in and Living near High Voltage Powerlines Using the Sodium Dodecyl Sulfate Polyacrylamide Gel Disk Electrophoresis Method

Can PAKSU

Nurten ERDAL

M. Emin ERDAL

Sibel OGUZKAN

Follow this and additional works at: <https://journals.tubitak.gov.tr/biology>



Part of the [Biology Commons](#)

Recommended Citation

PAKSU, Can; ERDAL, Nurten; ERDAL, M. Emin; and OGUZKAN, Sibel (1999) "An Analysis of Erythrocyte Membrane Proteins of Individuals Working in and Living near High Voltage Powerlines Using the Sodium Dodecyl Sulfate Polyacrylamide Gel Disk Electrophoresis Method," *Turkish Journal of Biology*. Vol. 23: No. 1, Article 3. Available at: <https://journals.tubitak.gov.tr/biology/vol23/iss1/3>

This Article is brought to you for free and open access by TÜBİTAK Academic Journals. It has been accepted for inclusion in Turkish Journal of Biology by an authorized editor of TÜBİTAK Academic Journals. For more information, please contact academic.publications@tubitak.gov.tr.

Yüksek Gerilim Hattında Çalışan ve Yakınında Yaşayan Bireylerin Eritrosit Membran Proteinlerinin Sodyum Dodesil Sülfat Poliakrilamid Jel Disk Elektroferez Yöntemi ile Araştırılması

Can PAKSU, Nurten ERDAL

Gaziantep Üniversitesi Tıp Fakültesi Biyofizik Anabilim Dalı, Gaziantep-TÜRKİYE

M. Emin ERDAL, Sibel OĞUZKAN

Gaziantep Üniversitesi Tıp Fakültesi Tıbbi Biyoloji ve Genetik Anabilim Dalı, Gaziantep-TÜRKİYE

Geliş Tarihi: 03.11.1997

Özet: Yüksek gerilim hattında çalışan ve yakınında yaşayan bireylerde, sürekli maruz kaldıkları elektromanyetik alanın (EMF) eritrosit membran proteinlerine etkilerini araştırmak amacı ile; Gaziantep ve Erzin bölgesi 380 kV'luk şalt sahasında çalışan 30 erkek, bu şalt sahasının içindeki lojmanlarda yaşayan 30 kadın ve herhangi bir sağlık problemi olmayan 30 kadın ile 30 erkek bireyden alınan heparinli kanlar kullanıldı. Bu kanlardan elde edilen eritrosit membran proteinleri "Sodyum Dodesil Sülfat Poliakrilamid Jel Disk Elektroferezi (SDS-PAGE)" ile ayrıştırıldı. EMF'ye maruz kalan bireyler ile sağlıklı bireylerden elde edilen veriler karşılaştırıldı. Erkek bireylerin eritrosit membran proteinlerinden Spektirin I-II, Protein Band 3, Protein Band 4.2, Protein Band 7, Protein Band 6, yüzdelere anlamlı bir artış, Ankyrin, Protein Band 4.1, ve Hemoglobin bantları yüzdelere anlamlı bir azalış bulundu. Protein Band 4.9 ve Aktin bant yüzdelere ise anlamlı bir fark bulunamadı. Kadın bireylerde; Protein Band 4.2, Aktin ve Protein Band 6 ve yüzdelere anlamlı bir artış, Hemoglobin bantları yüzdelere anlamlı bir azalış bulundu. Spektirin I-II, Ankyrin, Protein Band 3, Protein Band 4.1, Protein Band 4.9, ve Protein Band 7, yüzdelere ise anlamlı bir fark bulunamadı.

Anahtar Sözcükler: Yüksek gerilim hattı, Elektromanyetik alan, Elektroferez, Eritrosit membran proteinleri.

An Analysis of Erythrocyte Membrane Proteins of Individuals Working in and Living near High Voltage Powerlines Using the Sodium Dodecyl Sulfate Polyacrylamide Gel Disk Electrophoresis Method

Abstract: To analyse the effects of electromagnetic fields (EMF) on the erythrocyte membrane proteins of people working in and living near high voltage powerlines, blood with heparin samples was obtained from 30 men working in 380 kV substations, 30 women living in the same area and 30 healthy men and 30 healthy women. Erythrocyte membrane proteins obtained from these samples were identified using the "Sodium Dodecyl Sulfate Polyacrylamide Gel Disk Electrophoresis (SDS-

PAGE)” method. Membrane proteins obtained from the people who had been continuously exposed to EMF and from the people who had not been exposed, were compared. While significant increases were observed in the percentage of Spectrin I-II, Protein Band 3, Protein Band 4.2, Protein Band 7, and Protein Band 6, Significant decreases were observed in the percentage of Ankyrin, Protein Band 4.1 and Hemoglobin bands of erythrocyte membrane proteins in the men. No significant difference was found in the percentage of Protein Band 4.9 or Actin. In the women participants significant increases in the percentage of Protein Band 4.2, Actin and Protein Band were observed. Significant decreases in the percentage of Hemoglobin band in the same group of women were found also. No significant difference was found in the percentage of Spectrin I-II, Ankyrin, Protein Band 3, Protein Band 4.1, Protein Band 4.9, or Protein Band 7.

Key Words: High voltage powerline, Electromagnetic field, Electrophoresis, Erythrocyte membrane protein.

Giriş

Enerji iletim hatlarının çevresinde, yüksek gerilim ve akımlardan dolayı elektrik ve manyetik alanlar meydana gelmektedir. İnsan duyu organlarıyla algılanamayan bu alanlar kaynaktan bir hayli uzağa kadar yayılabilirler.

EMF'nin insan organizmasını büyük ölçüde etkilediği, ve olumsuz değişimlere yol açtığı bilinmektedir; organizmadaki molekül ve atomların dengelerini kaybettirip, biyokimyasal reaksiyonları etkilemektedir. Organizmadaki fonksiyonlar genellikle 1-2 mikrovolt arası çok küçük gerilimli elektrik süreçleriyle devam etmektedir. İnsan sinir sistemi 500.000 km uzunluğu, 25 milyar sinir hücresi ile dev bir elektriksel donanıma sahip mükemmel bir elektronik sistemdir. EMF'nin bu hassas sisteme etkimesi sonucunda, doğal sirkülasyon zarar görebildiği gibi dolaşım sisteminde ve sinir sisteminde buna bağlı bozukluklar ortaya çıkabilmektedir (1).

EMF'nin canlı organizmaya enerji transfer etmesiyle, kimyasal reaksiyonların oluşum süreçlerinde değişimler meydana gelmektedir. Bunun sonucunda organizmada mevcut olan oksijen, süperoksit olarak bilinen serbest radikal formuna dönüşebilmektedir (2, 3). Eritrositlerde doymamış yağ asitleri, moleküler oksijen ve demir iyonlarının bol miktarda bulunmaları bu hücreleri aerobik ortamda oluşan oksijen radikallerinin zararlı etkilerine açık ve duyarlı yapmaktadır (4, 5). Bu nedenle; EMF'nin hücre düzeyindeki etkilerini araştırmak amacıyla, yüksek gerilim hattında çalışan ve yakınında yaşayan bireylerin eritrosit membran proteinleri sağlıklı bireylerle karşılaştırılmıştır.

Materyal ve Metod

Bu çalışmada; sağlıklı bireylerden ve Gaziantep, Erzin bölgesi yüksek gerilim hattında çalışan ve hattın yakınında bulunan lojmanlarda ikamet eden kişilerden alınan heparinli 5 ml'lik venöz kanlar kullanıldı.

Deney ve kontrol grupları; erkek ve kadın olmak üzere iki grupta incelendi. Deney (erkek) grubunu; Gaziantep ve Erzin bölgesinde 380 kV'luk şalt sahasında, yüksek gerilim hatlarının

yatay olarak 1-2 m yakınında bulunan binada, özel bir giysi kullanmadan, günde 8 saat çalışan ve 8 saatlik çalışmanın sonunda yüksek gerilim hattının yatay olarak 100-200 m yakınında ve şalt sahaslarının içinde bulunan lojmanlarda oturan yaşları 22-48 arasında değişen toplam 30 gönüllü erkek birey oluşturdu.

Deney (kadın) grubunu; Gaziantep ve Erzin bölgesinde 380 kV'luk şalt sahasında yüksek gerilim hatlarının yatay olarak 100-200 m yakınındaki lojmanlarda yaşayan nve yaşları 18-45 arasında değişen 30 gönüllü kadın birey oluşturdu.

Bu bireylerin buldukları bölgelerde Teslametre ile manyetik alan ölçümleri yapıldı. Manyetik alan şiddeti; 380 kV'luk şant sahasında 34 μ T, şant sahasının içindeki binada 10.6 μ T, lojman çevresinde ise 0.32 μ T olarak ölçüldü.

Kontrol gruplarını; Gaziantep il merkezinde, şalt sahasından uzakta çalışan, yaşayan ve herhangi bir sağlık sorunu olmayan yaşları 18-52 arasında değişen 30'u erkek, 30'u kadın olmak üzere 60 birey oluşturdu.

Tüm kan örnekleri; 1000 g'de 20 dakika santrifüj edilerek üstteki plazma-trombosit+lökosit tabakası alınarak atıldı. Alttaki hücrelerin üzerine izotonik fosfat tamponundan eşit miktarda bırakıldı. Tekrar 1000 g'de 20 dakika santrifüj edilerek üstteki sıvı alınıp atıldı. Bu hücrelerin yıkanması işlemi üç defa tekrarlandı. Her defasında en üstteki hücrelerden bir miktarı alınıp atılarak saf eritrosit süspansiyonu elde edildi.

İzotonik Fosfat Tamponu

5 mM NaH_2PO_4
147 mM NaCl

Yıkanmış olan eritrosit süspansiyonundan 1ml alındı ve üzerine 14 ml lysis tampondan eklendi. Pipetaj yapılarak hücrelerin hemoliz olmaları gerçekleştirildi. Daha sonra 4300 g'de 20 dakika santrifüj edilerek üstteki sıvı alınarak atıldı. Eritrosit membran proteinleri üzerine tekrar 14 ml lysis tampondan eklenerek santrifüj edildi. Aynı işlem üç defa tekrarlandı.

Lysis Tampon

5 mM NaH_2PO_4
1 mM EDTA
0.3 mM PMSF

Sonuçta açık pembe renkli eritrosit membran proteinlerine ait kalıntılar elde edildi.

Proteinlerin denatüre olmaları için, eritrosit membran proteinleri kalıntısı üzerine 2 ml elektroforez ön işlem solüsyonundan eklenerek, içerik 37°C'de 60 dakika tutuldu.

Elektrophorez Ön İşlem Solüsyonu

%1	SDS
%7	Sukroz
10 mM	Tris-HCl (pH:8)
1 mM	EDTA
40 mM	DTT
10µ g/ml	Pyronin Y

Denatüre edilmiş örnekler SDS-PAGE ile elektrophorez yapıldı (6, 7, 8). Protein fraksiyonlarının boyanması, %1'lik Coomassie Brilliant Blue R-250'de bir gece bekletilerek gerçekleştirildi.

Deney ve kontrol gruplarına ait tüm kan örneklerinden elde edilen membran proteinlerinin elektrophorezinde toplam olarak on bir fraksiyon elde edildi. Bu fraksiyonlar; Spektrin I, Spektrin II, Ankyrin 2.1, 2.2, 2.3, Protein Band 3, Protein Band 4.1, Protein Band 4.2, Protein Band 4.9, Protein Band 5 (Aktin), Protein Band 6, Protein Band 7 ve Hemoglobindir. Bu fraksiyonların isimlendirilmesi kaynak bilgilerinden yararlanarak yapıldı (8, 9, 10, 11). Bu fraksiyonların kantitatif değerlendirilmesi ise Densitometre (Beckman Appraise) ile yapıldı.

Erkek ve kadın gruplarında elektrophoretik yöntemle bulunan, 11 ayrı protein bandı için elde edilen sonuçlar, deney ve kontrol grupları arasında farklılık olup olmadığı, iki ortalamayı test eden "Student's t Test" istatistiksel yöntemi ile değerlendirildi (12).

Bulgular

EMF'nin eritrosit membran proteinleri üzerine etkisini araştırmak amacıyla; Gaziantep ve Erzincan bölgesi 380 kV'luk şalt sahası içinde çalışan ve yakınında yaşayan, sürekli EMF'ye maruz kalan bireyler ile, herhangi bir sağlık sorunu olmayan bireylerin eritrosit membran proteinleri SDS-PAGE yöntemi ile karşılaştırıldı. Erkek grubunda eritrosit membran proteinlerinden Spektrin I-II, Protein Band 3, Protein Band 4.2, Protein Band 6 ve Protein Band 7 yüzdeleri kontrol grubuna göre artmış, Ankyrin, Protein Band 4.1 ve Hemoglobin bantları yüzdeleri ise azalmış olup, istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (Tablo 1). Kadın grubunda ise Protein Band 4.2, Aktin ve Protein Band 6 yüzdeleri kontrol grubuna göre artmış, Hemoglobin bandı yüzdesi azalmış olup istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (Tablo 2) Erkek gruplarında; Protein Band 4.9 ve Aktin bantlarındaki, kadın gruplarında ise Spektrin I-II, Ankyrin, Protein Band 3, Protein Band 4.1, Protein Band 4.9 ve Protein Band 7 bantlarındaki farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı bulunmuştur.

Elektrophorez sonucu elde edilen normal kadın bir bireye ait eritrosit membran proteinlerinin densitometrik çizimi Şekil 1 ve jel içerisindeki görünümü Şekil 2'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Erkek Grubu İstatistik Değerlendirme Sonuçları.

Membran Protein	Kontrol Grubu	Deney Grubu	İstatistik Sonuçları	
	x ± SD	X ± SD	t	p
Spektrin I	3.70 ± 1.36	5.98 ± 1.64	5.852	p<0.01
Spektrin II	3.87 ± 1.37	5.18 ± 1.54	3.485	p<0.01
Ankyrin	8.30 ± 3.80	6.24 ± 2.37	2.529	p<0.05
Protein Band 3	7.83 ± 2.22	11.08 ± 2.08	5.846	p<0.01
Protein Band 4.1	6.05 ± 1.63	5.07 ± 1.33	2.568	p<0.05
Protein Band 4.2	6.63 ± 2.08	7.66 ± 1.76	2.061	p<0.05
Protein Band 4.9	7.04 ± 2.26	5.89 ± 2.32	1.939	p>0.05
Aktin	4.59 ± 1.74	5.03 ± 1.21	1.128	p>0.05
Protein Band 6	5.81 ± 1.72	6.82 ± 1.61	2.366	p<0.05
Protein Band 7	5.55 ± 1.27	7.41 ± 2.61	3.500	p<0.01
Hemoglobin	40.61 ± 10.55	33.67 ± 9.63	2.662	p<0.05

Tablo 2. Kadın Grubu İstatistik Değerlendirme Sonuçları.

Membran Protein	Kontrol Grubu	Deney Grubu	İstatistik Sonuçları	
	x ± SD	X ± SD	t	p
Spektrin I	3.93 ± 1.50	4.18 ± 1.33	0.683	p>0.05
Spektrin II	4.45 ± 1.52	4.82 ± 1.42	0.944	p>0.05
Ankyrin	6.89 ± 2.97	7.39 ± 3.74	0.567	p>0.05
Protein Band 3	8.81 ± 2.29	8.80 ± 2.21	0.020	p>0.05
Protein Band 4.1	5.60 ± 1.21	5.33 ± 1.77	0.692	p>0.05
Protein Band 4.2	5.63 ± 1.70	7.18 ± 2.43	2.869	p<0.01
Protein Band 4.9	8.19 ± 1.62	8.29 ± 2.20	0.187	p>0.05
Aktin	4.32 ± 1.32	5.54 ± 2.13	2.675	p<0.01
Protein Band 6	5.74 ± 1.25	6.84 ± 1.66	2.902	p<0.01
Protein Band 7	6.34 ± 1.19	6.55 ± 1.17	0.695	p>0.05
Hemoglobin	40.06 ± 9.114	35.08 ± 9.09	2.1221	p<0.05

Tartışma

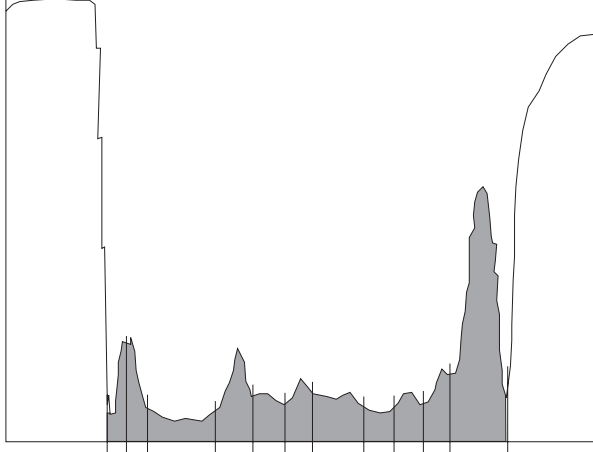
EMF'nin biyolojik etkileşimlerinde ilk hedefi hücre membranları olmaktadır (11). Membranlar farklı dalga boyları, frekanslar, enerjiler ve dalga şekillerinden etkilenen farklı kısımlardan oluşan homojen olmayan bir yapıya sahip olup, üzerindeki potansiyel farklarının ve kimyasal işaretlerinin değişimine bağlı olarak çeşitli iyonlara karşı gözenekliliklerini değiştiren

Yüksek Gerilim Hattında Çalışan ve Yakınında Yaşayan Bireylerin Eritrosit Membran Proteinlerinin Sodyum Dodesil Sülfat Poliakrilamid Jel Disk Elektroforez Yöntemi ile Araştırılması

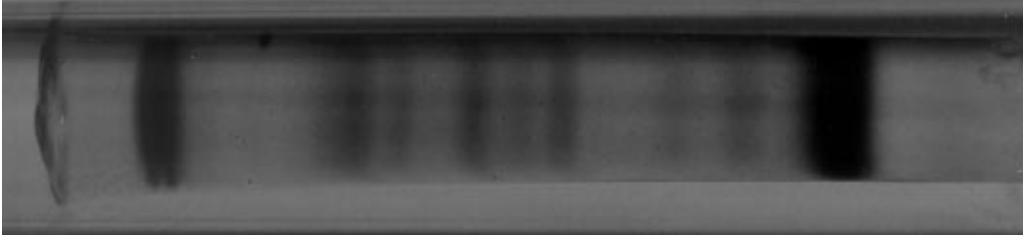
Gaziantep Üniversitesi Tıp Fakültesi Şahinbey Hastanesi

Patient: KK 29
Test: PAGE Gel 1-1 05.02.1997
Field

Şekil 1. Normal kadın bir bireye ait eritrosit membran proteinlerinin Densitometrik çizimi.



Fraction	Rel%
1	4.8
2	5.6
3	7.0
4	9.4
5	5.8
6	6.2
7	8.9
8	3.6
9	5.1
10	6.8
11	36.8



Şekil 2. Normal kadın bir bireye ait eritrosit membran proteinlerinin jel içerisindeki görünümü.

aktif kimyasal reaksiyonlar içerirler (12, 13, 14).

Alternatif akımların yaratmış olduğu manyetik alanlar kimyasal reaksiyonları etkileyerek serbest radikal oluşumuna neden olmaktadır (2, 3).

Eritrositlerin serbest radikallerin zararlı etkilerine açık ve duyarlı olmaları (5, 15) nedeniyle;

bu çalışmada yüksek gerilim hattında çalışan kişilerin eritrosit membran proteinleri incelenmiş olup, bu proteinlerden bazıları artmış bazıları ise azalmıştır.

Eritrosit membran proteinlerindeki artış ve azalışların nedeni: EMF'nin sebep olduğu radikallerin; eritrositlerde lipid peroksidasyonuna neden olarak meydana gelen yıkılım ürünlerinin, membran proteinlerinden bazılarına bağlanarak protein miktarında artışa, bazı protein bağlarına etkili olarak yapının parçalanması sonucu protein miktarında azalmaya neden olduğu düşünülmektedir. Bu görüş EMF'nin hücre yüzey reseptörleri ile yüklü ligantlar arasında yeni bağlanmalara neden olduğu; serbest radikallerin ise peptid bağlarının hidrolizi disülfid bağları oluşumu ve çapraz bağlanmalara yol açtığını bildiren kaynak bilgileri ile uyumludur (15, 16).

EMF eritrositlerin içinden dışına ve dışından içine madde taşınmasında rol alan Protein Band 3'de değişikliğe neden olması, hücre transportunun etkilendiğini düşündürmektedir. EMF'nin iyon transportunu etkilediğini bildiren kaynak bilgileri ile uyumludur (16, 17, 18, 19, 20).

EMF'de çalışan kişilerde membran iskeletinin esas bağlantı proteini olan Ankyrin ve zayıf Spektin -Aktin kompleksini kuvvetlendiren Protein Band 4.1 yüzdesinin azalmış olması membran iskeletinin zayıfladığını göstermektedir. Membran iskeletinin zayıflaması ve membran proteinlerinde meydana gelen değişikliklere bağlı olarak eritrositlerin yapısal hacim ve şekil bozukluğundan dolayı hemoliz olduğu söylenebilir. Bu sonuç EMF'nin eritrositlerde yapısal hacim ve şekil bozukluklarına neden olduğu bildiren kaynak bilgileri ile uyumludur (13, 18, 21-27). Ayrıca çalışmamızda eritrosit membran proteinlerini elde ederken ortamdan uzaklaştırılmayan hemoglobin yüzdesinin azalmış olması da eritrositlerin hemoliz olduğu görüşünü desteklemektedir.

Bu çalışmada yüksek gerilim hattında çalışan kişilerin sürekli maruz kaldıkları EMF'nin eritrosit membran proteinlerini etkilediğini göstermektedir. Bu nedenle; Bu kişilerde eritrosit membran proteinlerinde oluşan bu değişikliklerin moleküler mekanizmalarının aydınlatılması için daha ileri çalışmalar yapılması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Kaynaklar

1. Dengiz, H.H.: Enerji Hatları Mühendisliği, Ankara, 1982, Emel Matbaacılık, 1-65.
2. Foster, K., R.: Electromagnetic Field Effects and Mechanism, IEEE Engineering in Medicine and Biology, July/August, 50-56, 1996.
3. Moulder, E.J.: Biological Studies of Power-Frequency Fields and Carcinogenesis, IEEE Engineering in Medicine and Biology, July/August 31-40, 1996.
4. Hinder, R., A., Stein H., S.: Oxygen Derived Free Radicals, Arch Surg, 126: 104-105, 1991.
5. Hücre II Oksidan Stres ve Hücre Hasarı, Kurs Notları, Tıpta Temel Bilimler Kolu, Sonbahar Okulu, Kızılcahamam, 1993, 71-72.
6. Fairbanks, V., F. and Klee, G., G.: Biochemical Aspects of Hematology. In: TIETZ, N., W.: Clinical Chemistry, Philadelphia W.B. Saunders, 1495-1588, 1996.
7. Lux, S., E.: Dissecting the Red Cell Membrane Skeleton, Nature, 281: 426-429, 1979.

Yüksek Gerilim Hattında Çalışan ve Yakınında Yaşayan Bireylerin Eritrosit Membran Proteinlerinin Sodyum Dodesil Sülfat Poliakrilamid Jel Disk Elektroforez Yöntemi ile Araştırılması

8. Faibanks, G., Theodore, L., S. and Wallah, D., F., H.: Electrophoretic Analysis of the Major Polypeptides of the Human Erythrocyte Membrane, *Biochemistry*, Vol.: 10 No:13, 1971, 2606-2617.
9. Lux, S., E.: Disorders of the Red Cell Membrane Skeleton. Hereditary Spherocytosis and Hereditary Elliptocytosis. In: Sanbury, J.W., B., Wyngaarden, J., B., Fredrickson, D., S., Goldstein, J., L., And Brown, M., S.: *The Metabolic Basis of Inherited Disease*, 5th ed., New York, McGraw-Hill, 1983, 1573-1605.
10. Steck, T., L.: The Organization of Proteins in the Human Red Blood Cell Membrane, *J. Cell Biol.*, 62: 1-19, 1974.
11. Marchesi V., T.: The Red Cell Membrane Skeleton: Recent Progress, *Blood*, 61(1), 1983, 1-11.
12. Sümbüloğlu, K., Sümbüloğlu, V.: Biyoistatistik, Özdemir Basım Yayım ve Dağıtım Ltd. Şti., Ankara, 1995, 10-27, 59-106.
13. Kenneth, A., U., Foster, R. and Sowers, A., E.: Dielectrophoretic Forces and Potentials Induced on Pairs of Cells in An Electric Field, *Biophysical Journal*, 69(3), 1995, 777-784.
14. Aoki H., Yamazaki H., Yoshio, T., Akagi T.: Effects of Static Magnetic Fields on Membrane Permeability of Cultured Cell Line, *Research Communication in Chemical Pathology and Pharmacology*, Vol.: 69, No:1, 1990, 103-106.
15. Carroll, E., C.: Oxygen Radicals and Human Disease, *Annals of Internal Medicine*, Vol.: 107, 1987, 526-545.
16. Electromagnetic Fields (300 Hz to 300 Ghz), *Environmental Health Criteria 17*, World Health Organization, 1993, 92-97, 104-114, 155-169.
17. Cleary, S., F.: Cellular Effects of Electromagnetic Radiation, *IEEE Engineering Medical Biology*, Vol.:6, 1987, 26-30.
18. Monich V., A.: Effect of Low Intensity Luminescent Radiation on erythrocyte membrane, *Biofizika*, Vol.:39, No:5, 1994, 881-883.
19. Cleary, S., F., Liu L., M. and Garber, F.: Erythrocyte Hemolysis By Radiofrequency Fields, *Bioelectromagnetics*, Vol.: 6, 1985, 313-322.
20. Blackman, C., F., Benane, S., G., Rabinowitz, J., R., House, D., E., Joines, W., T.: A Role For the Magnetic Fields in the Radiation-Induced efflux of Calcium Ions From Brain Tissue in vitro, *Bioelectromagnetics*, Vol.:6, 1985, 327-337.
21. Dimitrov, D., S., Apostolova, M., A., Sowers, A., E.: Attraction Deformation and Contact of Membrane Induced By Low Frequency Electric Fields, *Biochemica et Biophysica Acta*, Vol.: 1023, 1990, 389-397.
22. Wolpaw, R., J., Seegal, R., F., Dowman, R.: Chronic Exposure of Primates to 60 Hz Electric and Magnetic Field, *Bioelectromagnetics*, Vol.:10, 1989, 277-288.
23. Zimmerman, U., Pilwat, G., Rieman, F.: Preparation of Erythrocyte Ghosts By Dielectric Breakdown of the Cell Membrane, *Biochim Biophys Acta*, Vol.: 375, 1975, 209-219.
24. Gass, G., V., Chernomordik, L., V., Margolis, L., B.: Local Deformation of Human Red Blood Cells in High Frequency Electric Field, *Biochim Biophys Acta* 1093, 1991, 162-167.
25. Engelhardt, H., Gaub, H., Sackmann, E.: Viscoelastic Properties of Erythrocyte Membranes in High-Frequency Electric Fields, *Nature* 307, 1984, 378-380.
26. Ers, A., E.: A Long-lived Fusogenic State Is Induced in Erythrocyte Ghosts By Electric Pulses, *J Cell Biol* 102, 1986, 1358-1362.
27. Jinbu, Y., Sato, S., Nakao, T. et al.: The Role of Ankyrin in Shape and Deformability Change of Human Erythrocyte Ghosts, *Biochim Biophys Acta* 773, 1984, 237-245.