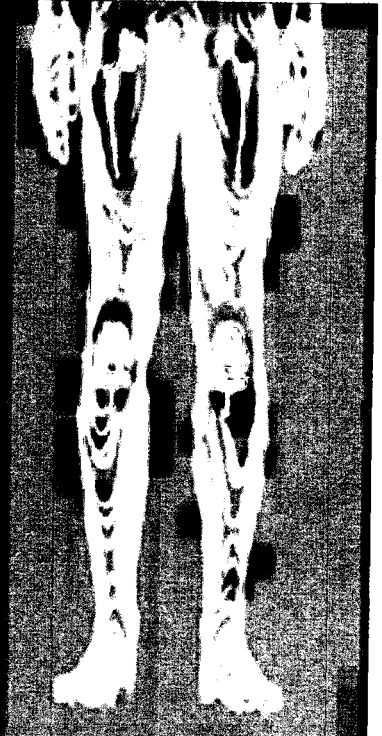


Öğr. Gör. Dr. Gökür GÜLER
Prof. Dr. Nesrin Seyhan
ATALAY
Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi
Biyofizik Anabilim Dalı



ELEKTRİK ALANIN BİYOLOJİK ETKİLERİ*

Günümüzde çevrenin kimyasal maddelerle kirlenmesi yoğun eleştirilere neden olurken; elektromanyetik kirlilik gündemimize yeni girmeye başlamıştır. Elektromanyetik dalgalar insan organizmasında büyük ölçüde karışıklığa sebep olabilirler. Örneğin vücudun molekül ve atomları kendi aralarında kurdukları elektrik dengesi kaybedebilir, biyokimyasal faaliyetler etkilenir ve en önemlisi hücrenin ve dolayısıyla dokuların işleyişindeki elektriksel yapı bozulabilir. Kalp dolaşım sistemi, bağışıklık sistemi ve sinir sisteminde buna bağlı bozukluklar ortaya çıkabilir. Vücudun bağışıklık sisteminin sürekli zayıflamasının "kanseri artıran veya kanseri başlatan, tetikleyen bir etki yapacağı" sorusu da gündeme gelmiş konulardandır. Çocuklarda kan kanseri riskinin artmasını, kan tablosunun değişmesini, baş ağrısının ve baş dönmelerinin çoğalmasında elektro-

manyetik alanlara bağlayan çalışmalar vardır. İnsan sağlığı açısından artık bir risk faktörü oluşturan elektrik alanların biyolojik etkilerini araştıran çalışmaların sayısı hızla artmaya başlamıştır. Gelişmiş her ülkede olduğu gibi elektromanyetik enerjinin kullanımının ülkemizde de giderek yaygınlaşması nedeniyle çoğumuz sürekli olarak çeşitli şiddetlerde elektrik alanlara maruz kalmaktayız. Elektrikli ev aletlerinin oluşturduğu elektrik (E) alanların şiddeti 1-250 V/m arasında değişim göstermektedir. Elektrikli aletlerin yarattığı E alanların dışında normal havada atmosferde 1120-150 V/m şiddetinde doğal E alan mevcutken, yıldırımlı havada bu değer 10 bin V/m'ye ulaşmaktadır. Ancak canlılar için en önemli etki, çevreleri için E alan kaynağı oluşturmaları nedeni ile yüksek gerilim hatlarından ve trafolardan kaynaklanmaktadır. Yüksek gerilim hattı en fazla 750 kV'luk gerilime sahip olduğunda yarattığı alan şiddeti hattın yerden yüksekliğine göre 1000 V/m-12 bin V/m şiddetlerinde olabilmektedir. Yüksek gerilim hatlarının yapımına ilişkin şartnameler hatların yerleşim merkezlerinin dışında ya da açığında kurulmasını gerektiriyorsa da, bugün yerleşim birimlerinin içinden geçen yüksek gerilim hatları insan sağlığı için gerçek birer tehlike oluşturmaktadır. Halk sağlığı açısından yüksek gerilim hatlarının oluşturduğu E alanların limit değerleri ve bu alanlarda kalış süreleri her gelişmiş ülke tarafından güvenlik standartları ile

*Bu yazı "Bilişim Toplumuna Giderken Elektromanyetik Kirlilik Etkileri Sempozyumu" kitabından alınmıştır, 11 Kasım 1999 Ankara. (Sempozyum GÜ Tıp Fakültesi Biyoloji Anabilim Dalı, Türkiye Bilişim Derneği, EMO, BÜ, HÜ, ODTÜ, TÜBİTAK-BİLTEN tarafından desteklenmiştir.)

sınırlanmıştır. Yerleşim bölgelerine yakın olan merkezlerde insanlar için maruz kalınabilecek E alan şiddeti 1-5 kV/m'dire.

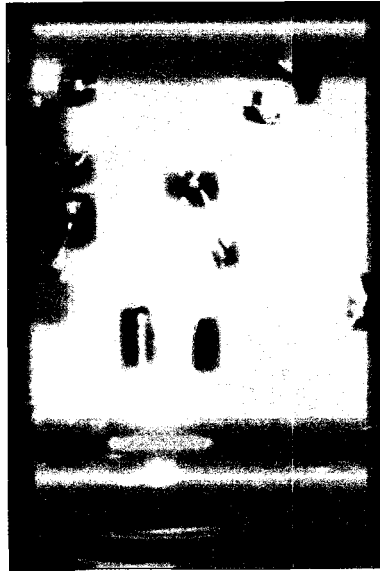
Bu çalışmada farklı şiddet (0.9 kV/m-1.9 kV/m) ve farklı doğrultulardaki (dikey-yatay) doğru akım (DC) E alanların biyolojik etkileri araştırılmıştır.

Materyal ve Yöntem

Farklı şiddet ve doğrultularda uygulanan DC E alanların "karaciğer, akciğer ve böbrek dokularında kollagen sentezinin bir göstergesi olan hidroksiprolin (HP) miktarına, karaciğerde radikal oluşumunun bir göstergesi olan malondialdehit (MDA) düzeyine, süperoksit dismutaz (SOD) enzim seviyesine, C vitamini düzeyine ve kanda karaciğerin fonksiyonel enzimlerinden olan aspartat aminotransferaz (AST), alkalin fosfataz (ALP), laktat dehidrogenaz (LDH), alanin aminotransferaz (ALT), total protein ve albumin miktarlarına' etkisi araştırıldı.

Deney hayvanı olarak 350-400 gr ağırlığında 4-5 aylık 60 adet erkek beyaz kobay (guinea pig) kullanıldı. E alanlara kobaylar dielektrik bir malzeme olan tahta kafeslerde (50cmx50cmx14cm) maruz bırakıldılar. Dikey E alan oluşturmak için kafesin üst ve alt yüzeylerine, yatay E alan oluşturmak için ise kafesin yan yüzeylerine boyutları 51cm x 50cm x 0.1mm olan bakır levhalar monte

edildi. DC E alan uygulamak için levhalara 150 Volt ve 300 Volt potansiyel fark uygulandı. (Tablo 1). Çalışma süresince; deney hayvanları uygulanan elektrik alanın doğrultusu ve şiddeti açısından dört ayrı grupta incelendi. 1.9 kV/m - 0.9 kV/m'lik DC E alanlar dikey ve yatay doğrultularda toplam 40 adet kobaya günde 9 saat olmak üzere 3 gün boyunca uygulandı. 20 adet kobay ise E alana maruz bırakılmadan ve fakat aynı şartlarda tutularak kontrol grubunu oluşturdu. Elektrik alan uygulanmasına daima sabah 8.00'da başlanıp, akşam 17.00'da bu işleme son verildi. Düzgün elektrik alan elde edebilmek için kapasitör plakaları arasındaki mesafe plakaların boyutlarına oranla, kobayların hareketini kısıtlamayacak ölçüde küçük seçildi. Kafes içine birden fazla kobay konulmasının stres faktörü yarata-



bileceği düşünülerek her bir kafese yalnızca bir kobay konuldu. Güç kaynağından elde edilen gerilimin şiddeti devreye sürekli bağlı bir voltmetre ile kontrol edildi. Sistemin izolasyonunu sağlamak amacıyla kafeslerin altına tahta bloklar yerleştirildi. Tüm kobaylar çalışma süresi boyunca elektrik alan uygulamak için dizayn edilmiş olan kafeslerden dışarı çıkarılmayarak, eşit miktarlarda sabahları kuru yem ve akşamları sebze verilerek beslendi. Ortamda nem ve sıcaklık farkı oluşmaması için elektrik alana maruziyet aynı mevsim dönemi içinde tamamlandı.

Elektrik alanın uygulandığı 3. günün sonunda kobaylar eterle anestezi edilerek karaciğer, akciğer ve böbrek dokuları çıkarılıp homojenize edildi, kan dokusu ise enjektörle doğrudan kalbe girerek alınıp, 4500 rpm'de 20 dakika süreyle santrifüj edildi. Karaciğer dokusunda kollagen sentezinde meydana gelen değişimler histolojik olarak incelendi. Biyokimyasal olarak HP miktar tayini Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Biyofizik Anabilim Dalı; SOD, AST, ALP, LDH, ALT, total protein ve albumin miktar tayini Gazi Üniversitesi Tıp fakültesi Biyokimya Anabilim Dalı; MDA C vitamini tayini Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Fizyoloji Anabilim Dalı ve karaciğer dokularının histolojik incelemesi ise Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Histoloji Anabilim Dalı tarafından yapılmıştır.

Tablo 1. Çalışma Grupları

Gruplar	Potansiyel Fark (Volt)	Elektrik Alan Şiddeti (kV/m)	Elektrik Alan Doğrultusu	Denek Sayısı
Grup I	300	1.9	Dikey	10
Grup II	300	1.9	Yatay	10
Grup III	150	0.9	Dikey	10
Grup IV	150	0.9	Yatay	10
Kontrol	-	-	-	20

Tablo 2: 1.9 kV/m şiddetindeki dikey-yatay elektrik alan ve kontrol grubu verileri (ortalama ± standart sapma)

	Dikey Elektrik Alan (1.9 kV/m)	Yatay Elektrik Alan 1.9 kV/m	Kontrol
HP* (µg/g tissue)	0.559±0.185	0.464±0.180	0.261±0.145
HP** (µg/g tissue)	2.305±0.812	1.905±0.722	1.373±0.539
HP*** (µg/g tissue)	0.128±0.812	1.905±0.722	1.373±0.539
C vitamini (mg/dl)	2.40±0.800	1.920±0.610	1.740±0.350
Protein (g/dl)	5.471±0.745	5.085±0.794	4.628±0.528
Albumin (g/dl)	1.857±0.419	1.685±0.362	1.557±0.512
AST (U/L)	92.000±2.190	93.166±2.452	95.000±2.828
ALP (U/L)	41.333±2.16	42.166±1.471	42.500±1.870
LDH (U/L)	56.285±1.864	56.387±3.740	56.430±2.311
ALT (U/L)	57.375±3.543	58.625±3.159	59.625±3.159
SOD (U/mg protein)	150.888±4.740	138.125±2.452	102.209±2.897
MDA (nmol/g tissue)	2.096±0.79	1.760±0.81	1.73±0.22

*karaciğer hidroksiprolin miktarı

**akciğer hidroksiprolin miktarı

***böbrek hidroksiprolin miktarı

Sonuç

İstatistiksel analiz Varyans Analiz ve Duncan test yöntemi kullanılarak iki grupta yapıldı.

1. Her çalışma grubunun kendi içinde değerlendirilmesi: Uygulanan her elektrik alan şiddetinin ve doğrultusunun HP, MDA, SOD, C vitamini, AST, ALP, LDH, ALT, total protein ve albumin miktarında meydana getirdiği değişimin kontrol grubuyla karşılaştırması dört grupta yapıldı:

a. 1.9 kV/m şiddetindeki dikey elektrik alan kontrollere kıyasla karaciğer, akciğer ve böbrek dokularında HP, karaciğerde SOD, C vitamini ve MDA miktarını, kanda total protein ve albumin seviyesini artırdığı, buna karşılık AST, ALP, LDH, ve ALT düzeyinde azalışa neden olduğu saptandı (Tablo 2). Bu

değişimlerden karaciğer HP ($p < 0.01$), akciğer HP ($p < 0.01$), böbrek HP ($p < 0.05$) miktarlarında ve kanda total protein seviyesinde ($p < 0.05$) meydana gelen değişimler istatistiksel anlamda önemli bulundu.

b. 1.9 kV/m şiddetindeki yatay elektrik alan kontrollere kıyasla karaciğer, akciğer ve böbrek dokularında HP, karaciğerde SOD, C vitamini ve MDA miktarını, kanda total protein ve albumin seviyesini artırdığı, buna karşılık AST, ALP, LDH ve ALT düzeyinde azalışa neden olduğu saptandı (Tablo 2). Bu değişimlerden karaciğer HP ($p < 0.01$), akciğer ve böbrek dokularında HP ($p < 0.05$) miktarlarında meydana gelen

değişimler istatistiksel anlamda önemli bulundu.
c. 0.9 kV/m şiddetindeki dikey elektrik alan kontrollere kıyasla karaciğer, akciğer ve böbrek dokularında HP, karaciğerde C vitamini, kanda total protein, albumin, AST, ALT, LDH ve ALP seviyesinde azalışa, karaciğer SOD ve MDA düzeyinde ise artışa neden olduğu tespit edildi (Tablo 3). Bu değişimlerden karaciğer, akciğer ve böbrek dokularında HP miktarlarında ($p < 0.01$) meydana gelen değişimler istatistiksel anlamda önemli bulundu.
d. 0.9 kV/m şiddetindeki yatay elektrik alan kontrollere kıyasla karaciğer, akciğer ve böbrek dokularında HP, karaciğerde C vitamini, kanda total protein, albumin, AST,

ALP, LDH ve ALT seviyesinde azalışa, karaciğer SOD ve MDA düzeyinde ise artışa neden olduğu tespit edildi. (Tablo 3). Bu değişimlerden karaciğer, akciğer ve böbrek dokularında HP miktarlarında ($p < 0.05$) meydana gelen değişimler istatistiksel anlamda önemli bulundu.

2. Gruplar arası değerlendirme:

Gruplar arası karşılaştırma, elektrik alanın şiddeti ve doğrultusu gözönüne alınarak yapıldı.

a. 1.9 kV/m-0.9 kV/m şiddetli dikey elektrik alan gruplarının incelenen tüm parametreler için karşılaştırması Tablo 2 ve Tablo 3'teki veriler kullanılarak yapıldı ve istatistiksel açıdan karaciğer, akciğer ve böbrek dokularında HP, karaciğerde SOD, C vitamini ve kanda total protein seviyesinde meydana gelen değişimler istatistiksel anlamda önemli ($p < 0.01$) bulundu.

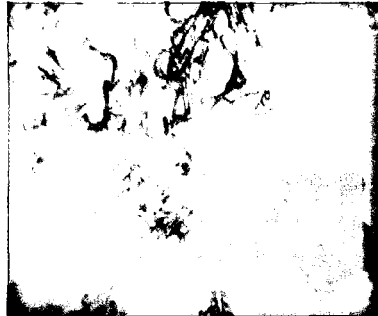
b. 1.9 kV/m-0.9 kV/m şiddetli yatay elektrik alan gruplarının incelenen tüm parametreler için karşılaştırılması Tablo 2 ve Tablo 3'teki veriler kullanılarak yapıldı ve istatistiksel açıdan karaciğer, akciğer ve böbrek dokularında HP ($p < 0.01$) ve karaciğerde SOD seviyesinde ($p < 0.05$) meydana gelen değişimler istatistiksel anlamda önemli bulundu.

c. 1.9 kV/m'lik dikey ve yatay elektrik alan gruplarının incelenen tüm parametreler için karşılaştırılması yapıldı ve ortaya çıkan artış ya da azalışlarda dikey elektrik alanın yataydan daha etkili olduğu sonucuna varıldı (Tablo 2). Bu değişimlerden karaciğer SOD miktarında ($p < 0.05$) dikey elektrik alanın meydana getirdiği değişim yataya oranla istatistiksel anlamda önemli bulundu.

d. 0.9 kV/m'lik dikey ve yatay elektrik alan gruplarının incelenen tüm parametreler için karşılaştırılması yapıldı ve ortaya çıkan artış ya da azalışlarda dikey elektrik alanın yataydan daha etkili olduğu sonucuna varıldı (Tablo 3). Bu değişimlerden karaciğer SOD miktarında ($p < 0.05$) dikey elektrik alanın meydana getirdiği değişim yataya oranla istatistiksel anlamda önemli bulundu.

Histolojik inceleme sonucu yapılan değerlendirmede deney grupları kontrollerle karşılaştırıldığında şu bulgular gözlemlendi :

- 0.9 kV/m'lik DC dikey alana maruz bırakılan kobayların karaciğer dokusu kontroller ile karşılaştırıldığında kollagen lif miktarının belirgin şekilde azaldığı görüldü.
- 1.9 kV/m'lik DC dikey alana maruz bırakılan denek grubunda ise bağ dokusunda kollagen lif miktarında kontrollere kıyasla dikkati çekecek kadar belirgin bir artış gözlemlendi.
- 0.9 kV/m ve 1.9 kV/m'lik DC yatay elektrik alanlara maruz bırakılan kobayların karaciğer dokularındaki kollagen lif diziliminde kontrollere kıyasla histolojik açıdan fark gözlemlenmedi.



Tartışma

Elektrik alan çalışmalarında en önemli parametrelerden biri uygulanan alanın şiddetidir. E alan şiddetini belirlerken gözönüne aldığımız ilk kriter "günlük yaşamda farkına varmadan maruz kaldığımız şiddetteki E alan" değerlerini belirlemek olmuştur: Yerden yükseklikleri 20 m olan 750 kV'luk yüksek gerilim hattının oluşturduğu elektrik alan şiddetinin 1 kV/m olması ve 1 kV/m'lik elektrik alanın yüksek gerilim hatları altında yaşayanlar için zararın başladığı eşik değer olarak kabul edilmesi, membran boyunca moleküllerin hareket ettirilebilmesi için pulslu 0.1-1 kV/m mertebesinde elektrik alana ihtiyaç duyulması, 0.8 kV/m'lik elektrik alanın etkisiyle retinada rastgele dağılım gösteren çubuk hücrelerin elektrik alan boyunca dizilmesi, 1.2-1.9 kV/m'lik elektrik alanların canlılarda pineal melatonin konsantrasyonunda ve N-asetil transferaz enzim aktivitesinde değişime neden olması, 0.62-2 kV/m'lik elektrik alanların albumin seviyesinde artışa a, b ve g globulinlerde azalışa neden olması, 1 kV/m'lik elektrik alandaki Musca domestica sineklerinin sirkadian lokomotor aktivitelerinde değişimlerin meydana gelmesi, 1.2 kV/m'lik elektrik alanın farelerde ölüm hızını artırması, şimşekli havalarda kV/m'ler seviyesinde elektrik alana maruz kalmamız ve yapılan hem modelleme hem de deneysel araştırmaların insanlar için 1 kV/m'lik elektrik alanı zararın başladığı eşik değer olarak kabul etmesi, bizi ~1 kV/m'lik elektrik alan şiddeti mertebesinde (0.9 - 1.9 kV/m) çalışmaya yönlendirmiştir. Elektrik alan çalışmalarında gözönüne alınması gereken önemli parametrelerden bir diğeri ise elektrik alanın doğrultusu olmasına rağmen, bu konu ancak birkaç

Tablo 3: 0.9 kV/m şiddetindeki dikey-yatay elektrik alan ve kontrol grubu verileri (ortalama ± standart sapma)

	Dikey Elektrik Alan (0.9 kV/m)	Yatay Elektrik Alan 0.9 kV/m	Kontrol
HP* (µg/g tissue)	0.077±0.022	0.119±0.030	0.261±0.145
HP** (µg/g tissue)	0.680±0.162	0.780±0.122	1.373±0.539
HP*** (µg/g tissue)	0.0237±0.009	0.031±0.007	0.059±0.020
C vitamini (mg/dl)	1.220±0.480	1.570±0.670	1.740±0.350
Protein (g/dl)	4.480±0.435	4.528±0.449	4.628±0.528
Albumin (g/dl)	1.400±0.485	1.450±0.459	1.557±0.512
AST (U/L)	93.833±1.169	94.833±2.136	95.000±2.828
ALP (U/L)	41.166±1.169	42.000±1.673	42.500±1.870
LDH (U/L)	56.342±1.988	56.357±1.812	56.430±2.311
ALT (U/L)	57.333±2.16	59.333±2.25	59.625±3.159
SOD (U/mg protein)	174.310±3.698	149.700±3.980	102.209±2.897
MDA (nmol/g tissue)	2.440±0.93	2.170±0.45	1.73±0.22

*karaciğer hidroksiprolin miktarı

**akciğer hidroksiprolin miktarı

***böbrek hidroksiprolin miktarı

araştırmacının dikkatini çekmiştir. Dikey ve yatay elektrik alanın etkilerini karşılaştıran ilk araştırmacı Marino ve arkadaşları olmuştur. Yaptığı çalışmayla dikey elektrik alanın yatay elektrik alandan daha etkili olduğunu, albuminde artışa, a, b ve g globünlere ise azalışa neden olduğunu rapor etmiştir. Aynı grup yaptığı başka bir çalışmada, 19.7 V/m'lik dikey elektrik alana maruz bırakılan sıçanların serum protein fraksiyonlarında büyük düşüş gözlerken, yatay elektrik alana maruz bırakılanlarda daha az değişim saptanmıştır.

Bitki köklerinde yapılan bir araştırmada, köklerin büyüme hızında dikey elektrik alanın yataydan daha etkili olduğu saptanmıştır.

Modelleme çalışmaları ise farklı iletkenliklere sahip ortamlarda

elektrik alanın yatay bileşeninin sürekli bir dağılım gösterdiğini, dikey bileşeninin ise ortamın iletkenliğine bağlı olarak kesikli dağılım gösterdiğini ortaya koymuştur. Hayvan ve insanlar için yapılan modelleme çalışmaları ile dışardan uygulanan elektrik alanın model yüzeyinde ve içinde oluşturacağı elektrik alan ve akım değerlerinin hesaplanması mümkün olmuştur. Tespit edilen değerler yatay elektrik alanın dikeyden daha az etkili olduğunu ortaya koymaktadır.

Çalışmamızda dikey elektrik alanın incelenen tüm parametrelerde meydana getirdiği değişimde yataya nazaran daha etkili olduğuna dair bulgumuz, dikey elektrik alanın meydana getireceği elektrik alanı ve akımların yataydan daha etkili olduğuna dair yukarıdaki bulguyu destekler görünümündedir.

Elektrik alan çalışmalarına üzerinde durulması gereken bir diğer faktör ise dokunun su içeriğidir. Yağ oranı yüksek olan dokular suyu fazla olan dokulara oranla yağ tabakasının çok iyi bir yalıtkan olması nedeniyle, uygulanan elektrik alanlara karşı yüksek direnç gösterirler. Dokulardaki su yüzdesi arttıkça iletkenlikte de o denli artış meydana gelmekte ve bu tür dokular elektrik alandan daha çok etkilenmektedir. Karaciğer, akciğer, böbrek ve kan dokusunda dışardan uyguladığımız elektrik alanının bu denli etkili olmasında sözkonusu dokuların yüzde 70-80'ini suyun oluşturması etkili olmuştur.

Bir protein olarak kollajeni meydana getiren aminoasitler glisin (yüzde 33.5), prolin (yüzde 12) ve hidroksiprolindir (yüzde 10). Hidroksiprolin kollajene özgü bir

aminoasittir. Hidroksiprolin normal protein sentezinde sentezlenemez. Önce prolin sentezlenir, daha sonra hidroksilasyon olur. Prolin, prolin hidroksilaz enzimiyle hidroksiproline dönüşür. Söz konusu hidroksilasyonun gerçekleşebilmesi için demir, moleküler oksijen, C vitamini ve alfa ketoglutarata ihtiyaç vardır. Bunlardan birinin yokluğu ve eksikliğinde kollagen sentezi yavaşlar veya yapılamaz. Bu da hidroksiprolin miktarının azalmasına neden olur.

C vitamini, hidroksiprolin oluşumundaki hidroksilasyon aşamasını hızlandıran prolin hidroksilazın aktivasyonunu artırıcı etkiye sahiptir. Bu madde kollagenin yapısal bir bileşimidir. Yapılan çalışmalar C vitamini konsantrasyonunun kollagen sentezinde etkili olduğunu göstermektedir. C vitamini konsantrasyonu arttıkça, kollagen sentezinin de arttığı gösterilmiştir. Buna karşılık C vitamini eksikliğinde yapılan kollagen kusurlu ve zayıftır. C vitamini eksikliğinde gözlenen en önemli etkilerden biri yaralarda meydana gelen iyileşmenin yetersizliğidir. Bu durum, hücrelerde kollagen liflerin birikiminin eksikliğidir.

Kobaylar da insanlar gibi C vitamini kendi vücutlarında sentezleyemedikleri için çalışmamız boyunca tüm hayvanlara eşit miktarda yeşil sebze verilmesine karşılık 1.9 kV/m'lik E alan uyguladığımızda C vitamini miktarı artarken, 0.9 kV/m'lik E alanda C vitamini azalmıştır. Bu bulgu ile uyumlu olarak 1.9 kV/m'lik E alanda HP artmış, buna karşılık 0.9 kV/m'lik E alanda HP miktarı azalmıştır. C vitamini konsantrasyonu arttıkça kolagen sentezi dolayısıyla HP miktarı artmakta ve histolojik olarak da saptadığımız gibi 1.9 kV/m'lik E alan karaciğer

Sınır Değerler Düşecek...

Dünya Sağlık Örgütü Elektromanyetik Alan Projesi toplantısında şunu tartıştık: Biz, bu alanlara bu yaştan sonra, ömrümüzün kalan kısmında ekspozel oluyoruz; ama çocuklarımız ilk yaşlardan itibaren telefonu kullanmaya başladıkları için bu alanlara daha çok maruz kalıyorlar. Bunun sonucunda ne tür bir şey çıkacağını biz de bilmiyoruz, hiçbir bilim insanı bilmiyor. O nedenle onların eline vermememiz lazım. Veriyorsak vücutlarında kesinlikle kapalı iken tutmalarını; açıksa, uzak tutmalarını öneriyorum. Kulaklık; -bu kesin- 100 titreşim yapan RF dalgayı, 104 duyuabilir dalgaya yani, 10 bin hertz frekanslı dalgaya indiren bir şeydir; o nedenle kesinlikle kulaklık kullanmanızı öneriyorum. Vücudunuzdan uzak mesafede tutmayı, konuşmadıkça kapalı tutmayı, çocukların eline, yaşlıların eline vermemeyi öneriyorum.

900 megahertz, şu anda Türkiye'de kullanılan cep telefonu frekansı; elektrik alan 41.25 volt bölü metre olmalı. Bu, Avrupa Birliği ülkelerinde kabul edilen elektrik alan değeri; yani, bir yer istasyonunun altında bizim ölçmemiz gereken elektrik alan. Ancak, bu alan yüksek bir değerdir; Avrupa Birliği'ne üye bazı ülkeler, bu alanı çok yüksek buldu; çünkü 10 yıl önce bu limit değer bunun 10 katı üstündeydi. 10 yıl sonra bunun 10 katı altına geldik. Önümüzdeki birkaç yıl içinde bu alan daha da aşağı çekilecek. O nedenle, İsviçre gibi bunu şimdiden gören bazı ülkeler, bunu 41 yerine 4 olarak aldılar; yani, ülkelerinde insan sağlığına daha önem veriyorlar. TÜBİTAK'taki, MAM toplantısında Bakanın genelgesine oyla kararlaştırdıklarımız girdi. Ben de, "Lütfen, şimdiden bu ICNRP kurallarını almayalım, bunlar zaten aşağıya düşecek; 40 yerine 4 alalım" dedim; ama bunu kabul ettiremedim. Maalesef genelgeye de 40 girdi; ama bu değerler önümüzdeki yıllar içerisinde daha da aşağıya düşecek; çünkü dünya, sağlık etkilerini henüz tam anlamıyla göz önüne alamıyor. Çok sayıda telekomünikasyon firması var, operatörler var; pat diye birden "şunu 4 yapalım" dersiniz, çok zor olacak. Onun için, bizim ülkemizde de 4 olmadı; 40 oldu.

Nesrin Seyhan
Elektromanyetik Kirlilik Paneli - Ankara Şube

dokusunda kollagen lif dağılımına neden olmaktadır. Buna karşılık 0.9 kV/m'lik E alanda C vitamininde meydana gelen azalış; prolinin hidrokspoline dönüşümü aşamasında prolin hidrokstilazın aktivasyonunu azaltarak kollagen sentezinin yavaşlamasına, dolayısıyla HP miktarında azalışa neden olmuş olabilir. Ayrıca histolojik olarak da yapılan incelemede 0.9 kV/m'lik E alanın karaciğerde kollagen lif miktarında kontrollere kıyasla azalışa neden olması da, C vitamini eksikliğinde oluşan kollagenin zayıf ve kollagen lif birikiminin de eksik olacağı görüşünü bir kez daha desteklemektedir.

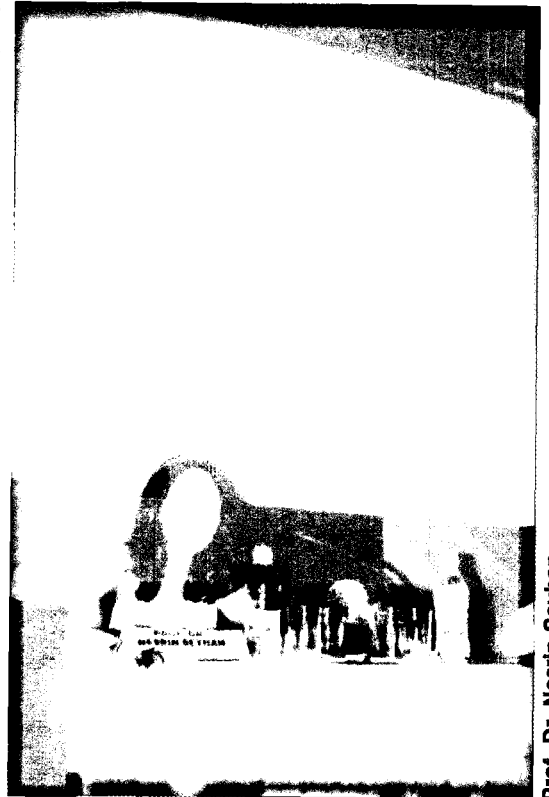
Protein molekülü amino (NH₃⁺) ve karboksil (COO⁻) gruplarına sahiptir ve bu gruplar proteinin net yükünü tayin ederler. O nedenle protein molekülleri elektrik alanda yüklerin işaretine ve büyüklüğüne göre yön ve hız kazanırlar. Elektrik alana maruz bırakılan fibroplast hücrelerinde kollagen biyosentezi yüzde 100 artabilmektedir. 1 kV/m'lik DC elektrik alanın protein moleküllerini embran yüzeyi boyunca hareket ettirebildiği gösterilmiştir.

Araştırmamızda 1 kV/m'lik dikey ve yatay elektrik alanın karaciğer, akciğer ve böbrek hidrokspolin miktarını artırması yukardaki bulgularla da açıklanabilmektedir. Fibroplast hücreleri elektrik alanı yönünde çoğalarak daha fazla kollagen sentezlemekte, dolayısıyla doku hidrokspolin seviyesi de artmaktadır. Buna ek olarak kendileri de bizzat protein olan SOD, total protein ve albumin miktarındaki artış da proteinlerin 1.9 kV/m²'lik E alan boyunca hareket edip, belli bir bölgede yığıldıklarını düşündürmektedir. Bilindiği gibi, dokuya düşük gerilimli doğru akım uygulandığında katotda oksijen tüketilir, bu nedenle lokal doku oksijen basıncı

azalır ve hidrokstil radikalleri oluşur. Serbest oksijen türevleri hücrede lipidler, proteinler proteinler ve DNA üzerinde toksik etkiye sahiptirler. Bu yolla hücrede yapısal ve fonksiyonel bozukluklara neden olabilirler. Serbest radikallerin proteinleri etkileme dereceleri aminoasit kompanzasyonlarına bağlıdır. Doymamış ve sülfür içeren moleküllerin serbest radikallere duyarlılığı çok fazladır. Serbest radikaller aminoasitlerin oksidasyonu yanında, peptid bağlarının hidrolizi, disülfid bağlarının oluşumu ve çapraz bağlanmalara yol açabilirler. Bunun sonucunda, enzimler fonksiyon kaybına uğrayabilir, hücre iç ve dışı iyon dağılımı bozulur, ciddi hücre zedelenmeleri olabilir. Radikallerdeki artış malondialdehit (MDA) seviyesinde meydana gelen değişimle izlenebilmektedir. Çalışmamızda 0.9 kV/m'lik dikey ve yatay elektrik alana maruz bırakılan kobayların karaciğer MDA miktarında artış saptanırken, aynı hayvanların karaciğer hidrokspolin miktarında azalış gözlenmiştir. Elektrik alanın uygulandığı bölgeye enerji transfer etmesi sonucunda organizmada mevcut olan moleküler oksijen; tek oksijen ve süperoksit olarak biline serbest radikal formuna dönüşebilmektedir. Radikallerdeki bu artış, hidrokspolin sentezi için gerekli olan moleküler oksijen varlığının azalmasına ve hidrokspolin sentezinin yavaşlamasına neden oluyor olabilir.

Bu çalışma; elektrik alanların farklı şiddet ve doğrultularının "karaciğer, akciğer ve böbrek dokularında kollagen sentezinin bir göstergesi olan hidrokspolin (HP) miktarında,

karaciğerde radikal oluşumunun bir göstergesi olan malondialdehit (MDA) düzeyinde, süperoksit dismutaz (SOD) enzim seviyesinde, C vitamini düzeyinde ve kanda karaciğerin fonksiyonel enzimlerinden olan aspartat aminotransferaz (AST), alkalin fosfataz (ALP), laktat dehidrogenaz (LDH), alanin aminotransferaz (ALT), total protein ve albumin miktarlarında ve kollagen lif dağılımında" etkili olduğunu göstermiştir. Çevre elektrik alanlar mertebesindeki elektrik alanların etkisi ile incelenen tüm parametrelerde meydana gelen artış/azalışların tespit edildiği bu çalışma, sürekli etkisinde olduğumuz elektrik alanlara şimdilik ödediğimiz bedellerden sadece birkaçını göstermektedir. Çevre alanlara eğer adapte olmayı başarabilirsek, adaptasyon sürecinde başka hangi faturaların ödeneceğini, sanıyoruz yapılacak çalışmalar ortaya çıkaracaktır. ◀



Prof. Dr. Nesrin Seyhan