

# 50 Hz frekanslı manyetik alanın ratlarda oluşturduğu histopatolojik değişiklikler

Mehmet YENİTERZİ\*, Mustafa Cihat AVUNDUK\*\*, Abdülkerim Kasım BALTACI\*\*\*,  
Olgun Kadir ARIBAŞ\*\*\*\*, Niyazi GÖMÜŞ\*, Emine TOSUN\*\*

\* S.Ü.T.F. Kalp ve Damar Cerrahisi Anabilim Dalı, KONYA

\*\* S.Ü.T.F. Patoloji Anabilim Dalı, KONYA

\*\*\* S.Ü.T.F. Fizyoloji Anabilim Dalı, KONYA

\*\*\*\* S.Ü.T.F. Göğüs Cerrahisi Anabilim Dalı, KONYA

## ÖZET

**Amaç:** Günümüz toplumunda sağlığımızı tehdit eden elektromanyetik alanlar (EMA), en önemli çevre problemleridir. Manyetik alana maruz kalanlarda koroner kalp hastalığı, lösemi, lenfoma ve Alzheimer hastalığının görülme sıklığındaki artışlar bu kaynakların sınırsız kullanılmayacağını hatırlatmaktadır. Günlük konforumuzu artıran ev aletlerinden saç kurutma makinasının ratlardaki etkisini araştırmayı amaçladık. **Materyal ve metod:** Çalışmada 200-250 gr ağırlığında 29 erkek rat kullanıldı. Bunların 15' i kontrol grubunu oluştururken, 14' ü EMA' a maruz bırakıldı. Manyetik alan kaynağı olarak BKK 1161 SK saç kurutma makinası kullanıldı. Cihaz 600 Watt (W) lık güce, 220 V – 50 Hz' lik gerilime ve ortalama 100-150 mG' luk manyetik alana sahipti. Deneklerle makine arasında ortalama 20-25 cm' lik mesafeden haftada 3 gün, her seferinde 5 dakika olmak üzere toplam 3 ay boyunca 205 dakika uygulandı. Bu sürenin sonunda; serum malondialdehit (MDA) düzeyleri ile beraber beyin, timus, akciğer, kalp ve büyük damarlar, karaciğer, dalak ve böbrek eksize edilip ışık mikroskopunda histopatolojik olarak değerlendirmeye alındı. **Sonuçlar:** 50 Hz frekanslı manyetik alanın organlarda iltihabi hücre infiltrasyonunu belirgin şekilde artırdığı; özellikle akciğerlerde alveoler harabiyeti, böbreklerde tübüler dejenerasyonu, beyinde glial proliferasyonu, karaciğerde fibrozisi, büyük damarlarda adventisyal iltihabi infiltrasyonu üç ay gibi bir sürede oluşturduğu tesbit edildi. Büyük vasküler yatakta subendotelial ayrılmayı, istatistiki bir değere sahip olmamakla beraber önemli bir bulgu olarak düşünmekteyiz. Serum MDA değerleri manyetik alanda kısmi artış gösterirken istatistiki olarak anlamlı değildi. **Karar:** EMA' nın serbest oksijen radikallerinin üretimini artırarak uzun dönemde kanserden aterosklerotik hastalıklara kadar farklı patolojilere yol açabileceğini düşünmekteyiz.

**Anahtar Kelimeler:** 50 Hz frekans, rat, histopatolojik.

## SUMMARY

**The histopathological changes in the rats caused by magnetic field of 50 Hz. frequency.**

**Background:** Electromagnetic fields (EMF) are the most important environment problems that effect the public health in our century. Increasing incidence of coronary heart disease, leukemia, lymphoma, and Alzheimer in the patients who are effected from magnetic fields, are revealing that these sources can not be used unlimitedly. In this study, we would like to investigate the effect of hairdryer on the rats. **Materials and methods:** In this study, 200-250 gr weighted 29 male rats were used. 15 of them were control group, and 14 were faced with EMF. A BKK 1161 SK hairdryer was used as the magnetic field source. This machine had 600 Watt (W) power, 220 V – 50 Hz resistance, and a mean magnetic field counted 100-150 mG. The distance between the subjects and the machine was 20-25 cm. EMF was performed on them for 3 days of each week, and 5 minutes of each day, and it was lasted after 3 months with a total period of 205 minutes. At the end the malondialdehid (MDA) levels in the subjects sera were calculated, and they were sacrificed and their cerebrum, thymus, lungs, heart and great vessels, liver, kidneys, and spleen were taken to histopathologic examination under light microscope. **Results:** It was obviously observed that the EMF in 50 Hz frequency increases the mononuclear cell infiltration in the viscera; especially, it was estimated that EMF causes alveolar destruction in the lungs, tubular degeneration in the kidneys, glial proliferation in the cerebrum, fibrosis in the liver, and adventitial mononuclear cell infiltration in the great vessels in 3 months, which is thought to be a very short period. Statistically, the subendothelial dissection in the great vessels was not found significant, however, this was thought to be an important finding. The serum MDA levels of EMF group was increased, but statistically, this was not significant. **Conclusion:** We concluded that EMF causes an increase in the production of free oxygene radicals, and in the late-term this results with various diseases including cancers and atherosclerotic diseases.

**Key Words:** 50 Hz frequency, rat, histopathological changes.

Bilişim toplumunda insanoğlunun oluşturduğu sinsi ve sakıncalı tehlikeler gün geçtikçe artmaktadır. Elektromanyetik kirlilik standartları aştığında kan

hücrelerinden kromozomlara kadar etkisini göstermektedir. Sağlığımızı tehdit eden elektromanyetik alanlar (EMA) bugün için en önemli çevre

Haberleşme Adresi: Dr. Mehmet YENİTERZİ, S.Ü.T.F. Kalp-Damar Cerrahisi Anabilim Dalı, KONYA

Geliş Tarihi : 15.05.2001

Yayına Kabul Tarihi : 12.07.2001

problemlerinden biridir. Manyetik alana maruz kalanlarda koroner kalp hastalığı, beyin tümörü, lösemi, lenfoma, yumuşak doku sarkomu, başağrısı, depresyon, doğum ve üreme anomalileri ve Alzheimer hastalığının görülme sıklığındaki artış bu kaynakların sınırsız kullanılamayacağını hatırlatmaktadır (1-5). EM alan bir enerjidir. Ev ve iş ortamlarında kullandığımız elektrikli aletlerin herbirinin etrafında EM alan mevcuttur. Günlük hayatta sık kullandığımız bu aletlerde EM dalga saniyede 50-60 defa titreşir. Bu sistemde 50 Hertz (Hz) frekansında akım taşınır. İnsan organizması ısıyı saniyede  $10^{12}$  defa EM dalgaları yayar. Vücudumuzun manyetik alanı  $10^{-6}$ - $10^{-9}$  Gauss (G) arasında değişirken, yeryüzünün manyetik alanı  $10^{-5}$  G dur.

Manyetik ve elektrik alanlarında sağlığımız açısından zararlı olabilecek net bir eşik değer vermek mümkün değildir. Ancak 1 mili Gaus (mG) luk manyetik alan şiddeti için sınır alınırken, elektrik alanlarında ise 1-10 Volt/metre (V/m) şiddet mesafesi sınır kabul edilebilir ölçülerdir.

Günlük konforumuzu artıran ev aletlerinin EM alanları, vücut EM alanlarından çok yüksektir. Bu nedenle yüksek manyetik alana sahip saç kurutma makinasının ratlardaki etkisini araştırmayı hedefledik.

#### **GEREÇ VE YÖNTEM**

Çalışmamızda 200-250 gr ağırlıklarında 29 erkek rat kullanıldı. Deneye başlamadan önce ratlar bir hafta gözlem altında tutuldu. Bir haftanın sonunda eksternal muayenelerinde bir patoloji saptanılmadığından deneye başlandı. Bunların 15' i kontrol grubunu oluştururken 14' ü EM alana maruz bırakıldı. Deney grubundaki ve kontrol grubundaki ratlar gözlem ve deney süresi boyunca standart rat yemi ve su ile beslendi. Manyetik alan kaynağı olarak BKK 1161 SK saç kurutma makinesi kullanıldı. Cihaz 600 Watt (W) lık güce, 220 V- 50 Hz' lik şehir şebekesinde gerilime sahipti. Alternatif akım şiddeti 6 A di. Hayvanlar 7-8' li gruplar halinde tel kafeslerde tutuldu. Saç kurutma makinesi kafesin 10-15 cm üzerinden uygulandı. Hayvanlarla makine arasında ortalama 20-25 cm' lik bir mesafe bulunuyordu. Manyetik alan şiddeti yeterli donanıma sahip olmadığımızdan ölçülmedi, ancak standart olarak saç kurutma makinelerinin manyetik alan şiddetinin 0,5 feet' de 300 mG ve 1 feet' de 700 mG arasında olduğu kabul edilmektedir (6).

Kontrol grubundaki ratlar manyetik alan dışında aynı şartlarda bulunduruldu. Manyetik alan haftada 3 gün, her seferinde 5 dakika olmak üzere 3 ay boyunca toplam 41 seans uygulandı.

Bu sürenin sonunda 140 mg/kg ketamin HCl anestezi verildi. Göğüs ve karın boşluğu median insizyon ile açıldı. İntrakardiyak 3 cc' lik kandan serum Malondialdehit (MDA) düzeyleri Selçuk Üniversitesi Tıp Fakültesi Biyokimya Anabilim Dalı' nda çalışıldı. Beyin, timus, akciğerler, kalp ve büyük damarlar, karaciğer, dalak, böbrekler ve mide total olarak eksize edildi ve %10' luk tamponlu formaldehid içerisinde tesbit edildi. Tüm dokular Selçuk Üniversitesi Tıp Fakültesi Patoloji Anabilim Dalı' nda makroskopik olarak değerlendirildikten sonra dokulardan mikroskopik inceleme için gerekli örnekler alınıp otektikon yardımı ile doku takibine tabi tutuldu. Parafine gömüldükten sonra örnekler mikrotom ile 7 mikron kalınlığında kesildi. Hematoksilin eozin ile boyanıp ışık mikroskobunda incelendi ve fotomikroskop ile resimlendi. İstatistiksel çalışmalarda patolojik değerlendirmede Yates ki-kare testi, MDA için de t testi uygulandı. Çalışma Selçuk Üniversitesi Kombassan Tıbbi ve Cerrahi Araştırma Merkezinde gerçekleştirilmiştir.

#### **BULGULAR**

Gerek deney grubu gerekse kontrol grubunu oluşturan deneklerden alınan doku örnekleri ışık mikroskobunda incelendi. Sonuçları Tablo-1 ve Şekiller 1-14' de gösterilmiştir. Serum MDA değerleri ise Şekil 15' de sunulmuştur.

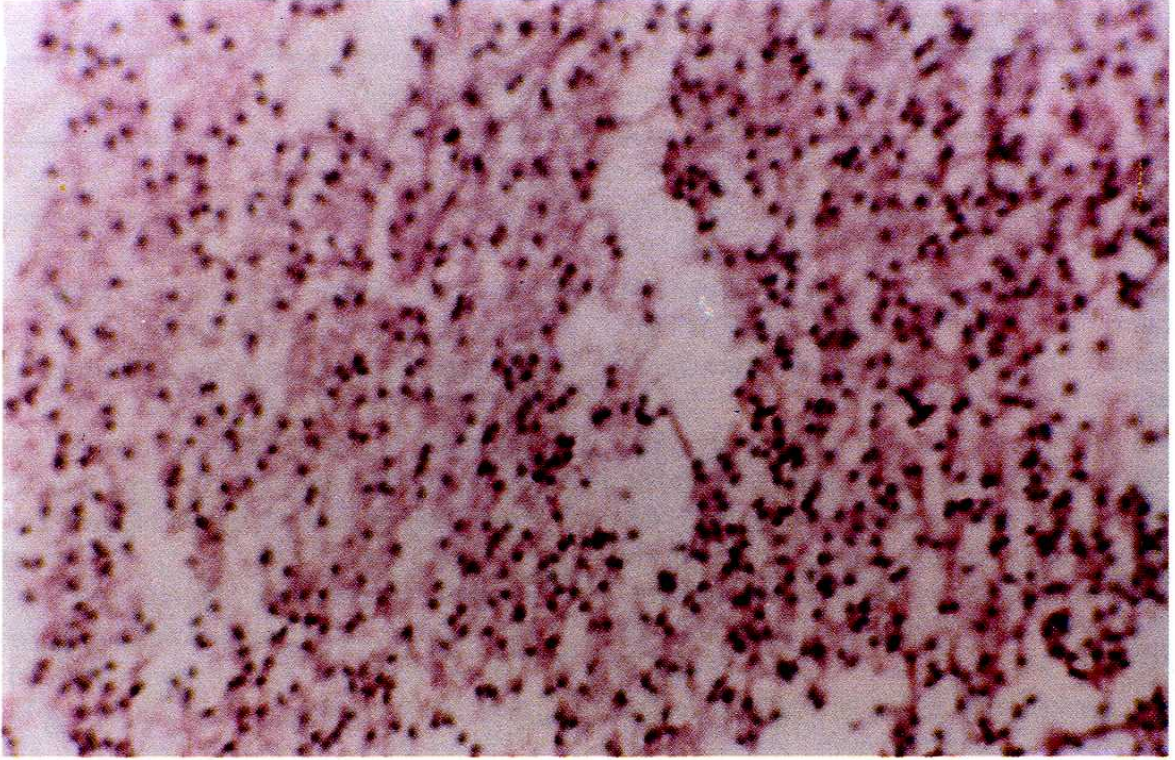
Histopatolojik incelemelerde;

1) Beyin dokusunun histopatolojik incelemesinde gerek kontrol grubunda gerekse deney grubunda frontal loblarda aynı bölgelerin incelenmesine önem gösterilmiştir. Deney grubunda birim alanda gözlenen glial hücrelerin belirgin olarak fazlalığı dikkat çekici bulunmuştur (Şekil 1). 10 büyütme mikroskop alanında glial hücre sayısı 100 ün üzerinde seyrederken bu sayı kontrol grubunda 60 in altında kalmıştır (Şekil 2), ( $\chi^2= 25.13, p=0.000$ ). Deney grubundaki olguların bazısında izlediğimiz ödem ise istatistiksel olarak karşılaştırdığımızda önemli bulunmamıştır ( $\chi^2= 1.65, p=0.199$ ).

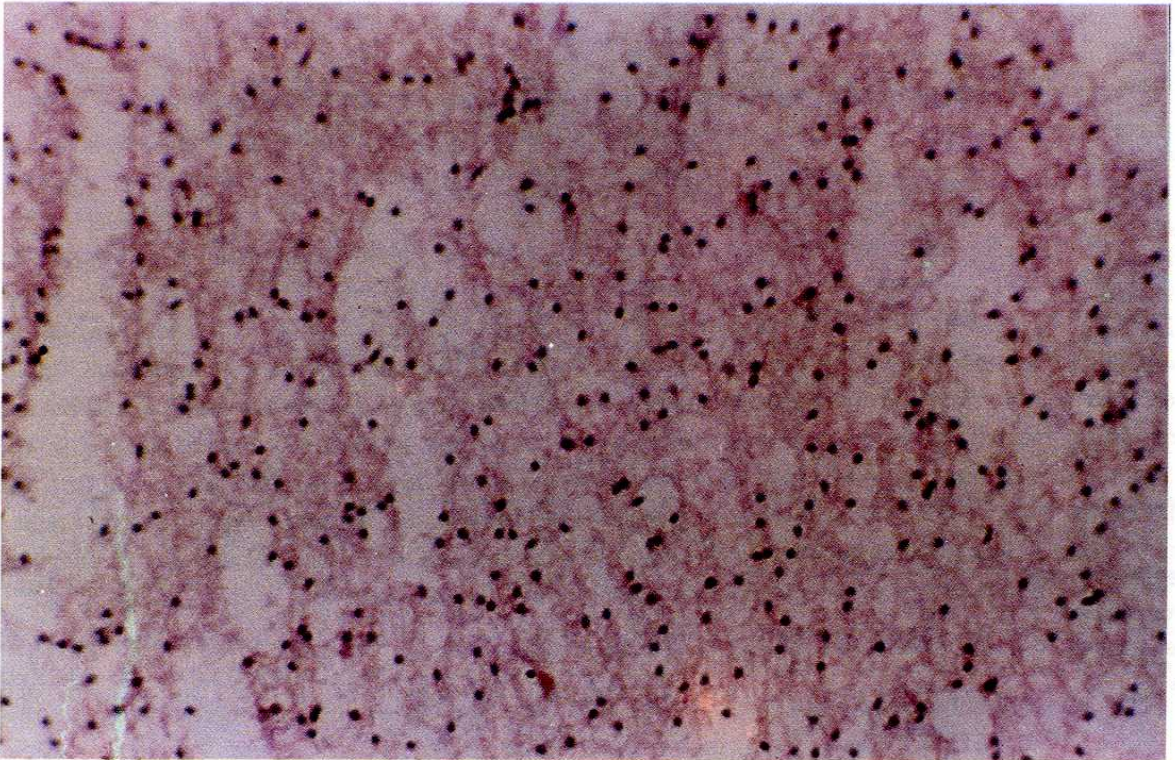
2) Timus incelendiğinde deney grubu olgularında germinal merkez belirginliğinin göze çarptığı hiperplazinin varlığı gözlenilmiştir (Şekil 3). Bu bul-

Tablo 1: Ratların histopatolojik ve istatistiki değerlendirmeleri.

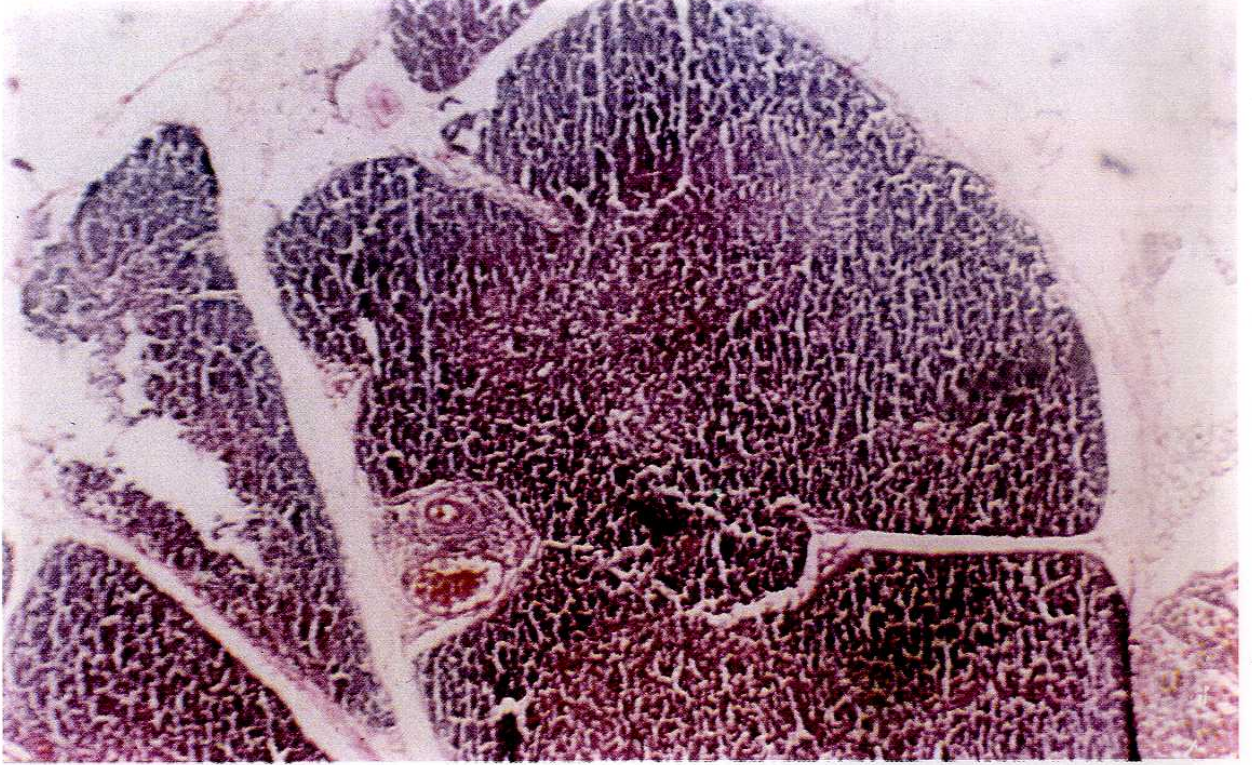
	EMA (n=14)	Kontrol (n=15)	x2	P
* Timus				
a) Hiperplazi	13/14	0/15	21.63	0.000
* Akciğer				
a) İltihabi infiltrasyon	14/14	0/15	25.13	0.000
b) Alveoler harabiyet	14/14	0/15	25.13	0.000
c) Ödem	9/14	0/15	11.14	0.001
* Karaciğer				
a) Fibrozis	9/14	0/15	11.14	0.001
b) Konjesyon	4/14	0/15	2.86	0.091
c) İltihabi infiltrasyon	11/14	0/15	15.80	0.000
d) Parankim dejenerasyonu	3/14	0/15	1.65a	0.199
* Dalak				
a) Konjesyon	14/14	0/15	25.13	0.000
* Beyin				
a) Glial proliferasyon	14/14	0/15	25.13	0.000
b) Konjesyon	3/14	0/15	1.65	0.199
* Böbrek				
a) İnterstisyel konjesyon	2/14	0/15	0.61	0.433
b) İnterstisyel iltihabi infiltr.	11/14	0/15	15.80	0.000
c) Tubuler dejenerasyon	14/14	0/15	23.15	0.000
d) Glomeruler hyalinizasyon	8/14	0/15	9.15	0.003
* Aort-Pulmoner Arter				
a) Adventisyel iltihabi reaksiyon, fibrozis	9/14	0/15	11.14	0.001
b) Subendotelyal ayrılma	4/14	0/15	2.86	0.91
* Kalp				
a) Perikardiyal iltihabi infiltras.	4/14	0/15	2.86	0.091
b) Subepikardiyal iltihabi infiltras.	8/14	0/15	9.15	0.003



**Şekil 1:** Az miktarda ödem de içeren deney grubuna ait beyin dokusunda glial hücrelerde artış görülmekte (HE;x10).



**Şekil 2:** Kontrol grubuna ait deneklerin beyin dokularında birim alandaki glial hücrelerin dikkati çeker tarzda daha az olduğu görülmekte (HE: x10).



**Şekil 3:** Deney grubuna ait timus dokusunda germinal merkez belirginliği seçilmekte (HE:x'4).

gunun varlığı kontrol grubu ile karşılaştırıldığında deney grubunda germinal merkez belirginliğinin hakim olduğu hiperplazi görüntüsünün de istatistiksel anlamlılığı belirlendi ( $\chi^2= 21.63$ ,  $p=0.000$ ).

3) Denek ve kontrol grubunu oluşturan olguların akciğer örneklerinde makroskobik incelemede belirgin bir fark belirlenemedi. Ancak mikroskobik incelemeler esnasında deney grubunu oluşturan olgularda alveollerin ileri derecede genişlemiş (Şekil 4) olduğu hatta bazı alanlarda alveol septalarının harabiyetinin varlığı belirlendi (Şekil 5). Ayrıca tariflenen bu alanlarda daha belirgin olmak üzere polimorfonükleer hücrelerin çoğunluğunu oluşturduğu iltihabi reaksiyon belirlenildi (Şekil 6). Bu bulgular da kontrol grubuna göre istatistiksel anlam taşımaktaydı ( $\chi^2= 25.13$ ,  $p=0.000$ ). Olguların çoğunda akciğer ödemi de mevcuttu ( $\chi^2= 11.14$ ,  $p=0.001$ ).

4) Karaciğerde; periportal mesafelerde fibrozis ( $\chi^2= 11.14$ ,  $p=0.001$ ) ve iltihabi infiltrasyon ( $\chi^2= 15.80$ ,  $p=0.000$ ) olguların çoğunda gözlenirken (Şekil 7), konjesyon ( $\chi^2= 2.86$ ,  $p=0.091$ ) ve parankimal dejenerasyon ( $\chi^2= 1.65$ ,  $p=0.199$ ) daha seyrek olarak izlendi ve istatistiksel olarak anlamsız bulundu.

5) Dalakda; tüm deneklerde konjesyon ( $\chi^2= 25.13$ ,

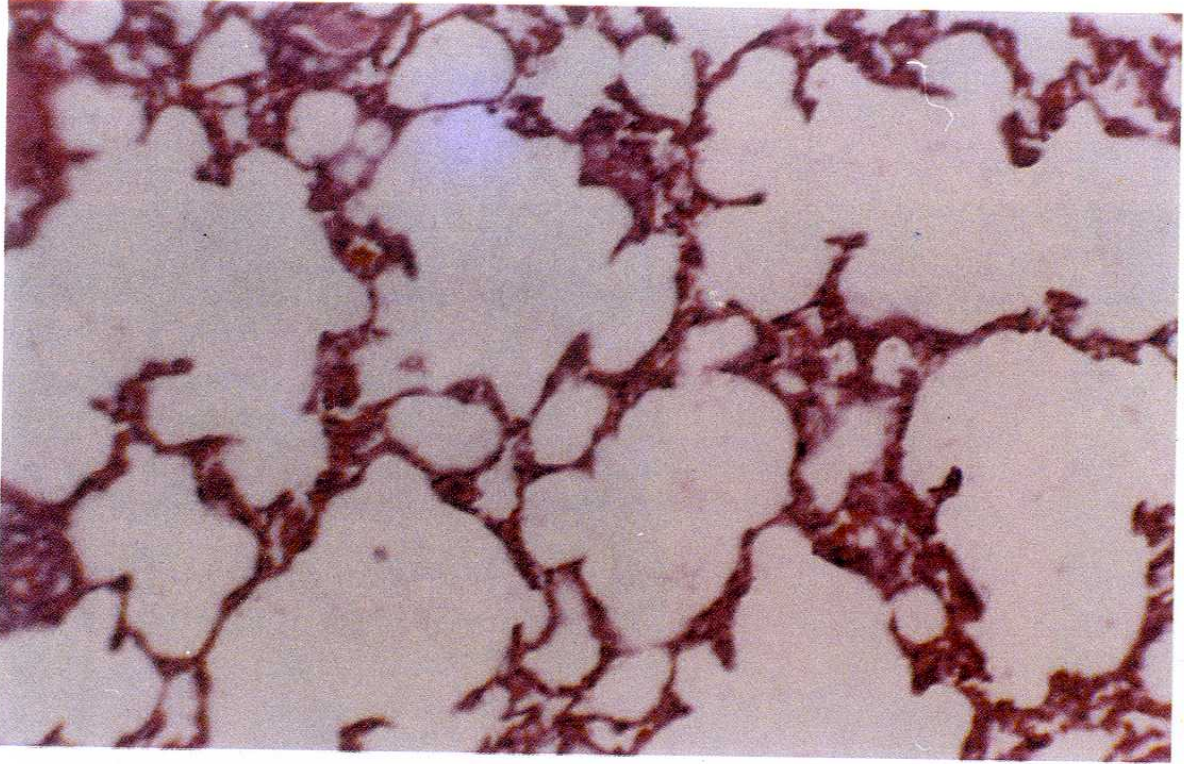
$p=0.000$ ) önemli bir bulgu olarak karşımıza çıktı (Şekil 8).

6) Böbrek dokularının incelenmesinde ratların tamamında tubulus epitel hücrelerinde dejeneratif değişiklikler (Şekil 9) bulunurken ( $\chi^2= 25.13$ ,  $p=0.000$ ), interstisyel iltihabi infiltrasyon (Şekil 10), ( $\chi^2= 15.80$ ,  $p=0.000$ ) ve glomeruler yapraklarda kabalaşma (Şekil 11), ( $\chi^2 = 9.15$ ,  $p = 0.003$ ) çoğunlukta idi. İnterstisyel konjesyon ( $\chi^2 = 0.61$ ,  $p = 0.433$ ) oldukça seyrek tespit edildi.

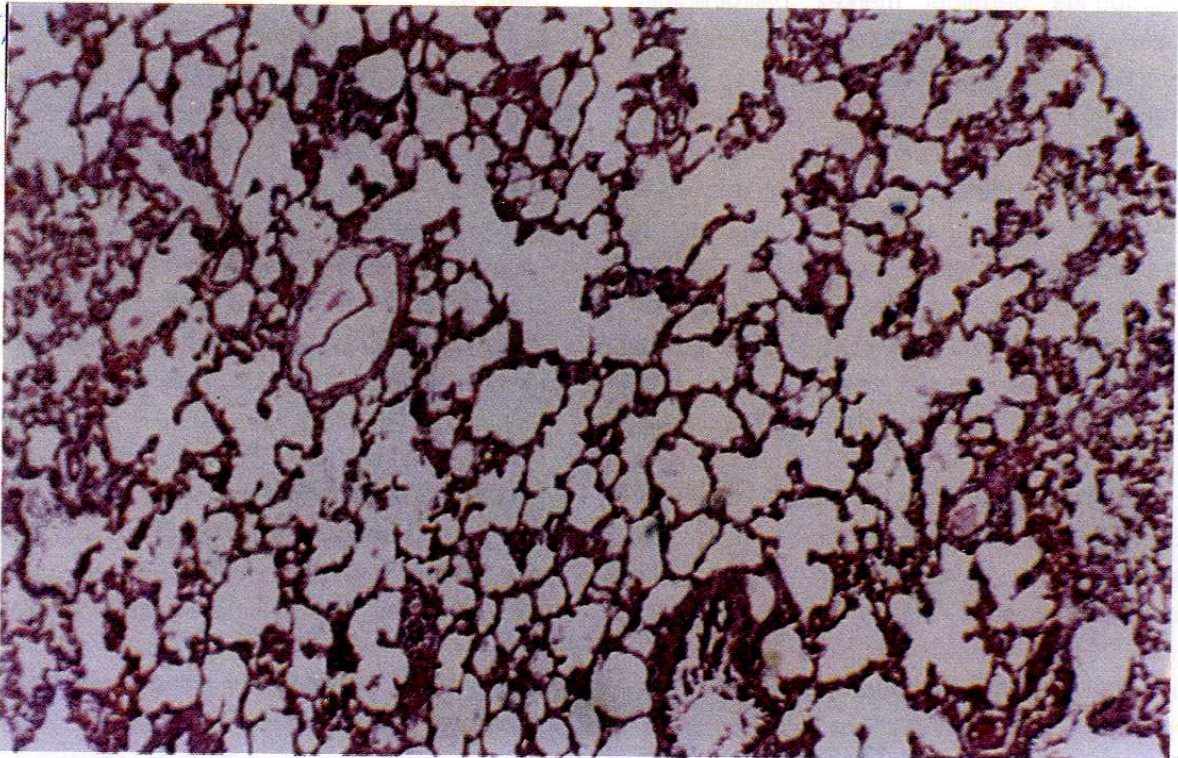
7) Büyük arterlerde; adventisyal seyrek iltihabi reaksiyon (Şekil 12) ve fibrozis istatistiksel olarak önemli ( $\chi^2 = 21.63$ ,  $p = 0.000$ ) bulunurken, subendotelial ayrılmanın (Şekil 13) varlığı ( $\chi^2 = 2.86$ ,  $p=0.091$ ) önemsiz olarak belirlendi.

8) Kalpte; subendokardiyal iltihabi infiltrasyon (Şekil 14) önemli istatistiksel değer verirken ( $\chi^2= 9.15$ ,  $p=0.003$ ), perikardiyal iltihabi reaksiyon ( $\chi^2= 2.86$ ,  $p=0.091$ ) önemsiz olarak tespit edildi.

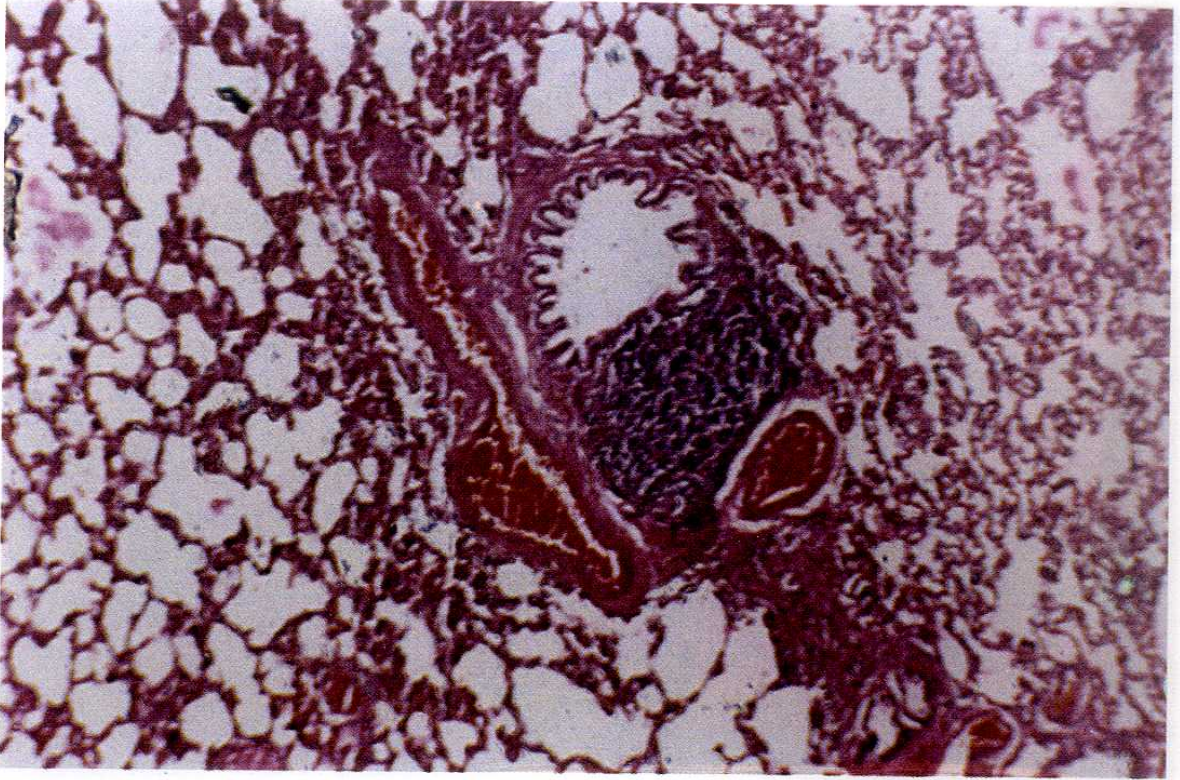
Serum MDA değerleri kontrol deneklerde ortalama  $5.94 \pm 1.17$  nmol/ml iken manyetik alan uygulananlarda ortalama  $6.67 \pm 0.91$  nmol/ml bulundu. Bunların  $t= 1.834$ ,  $p= 0.078$  olup istatistiksel olarak önemli fark yoktu.



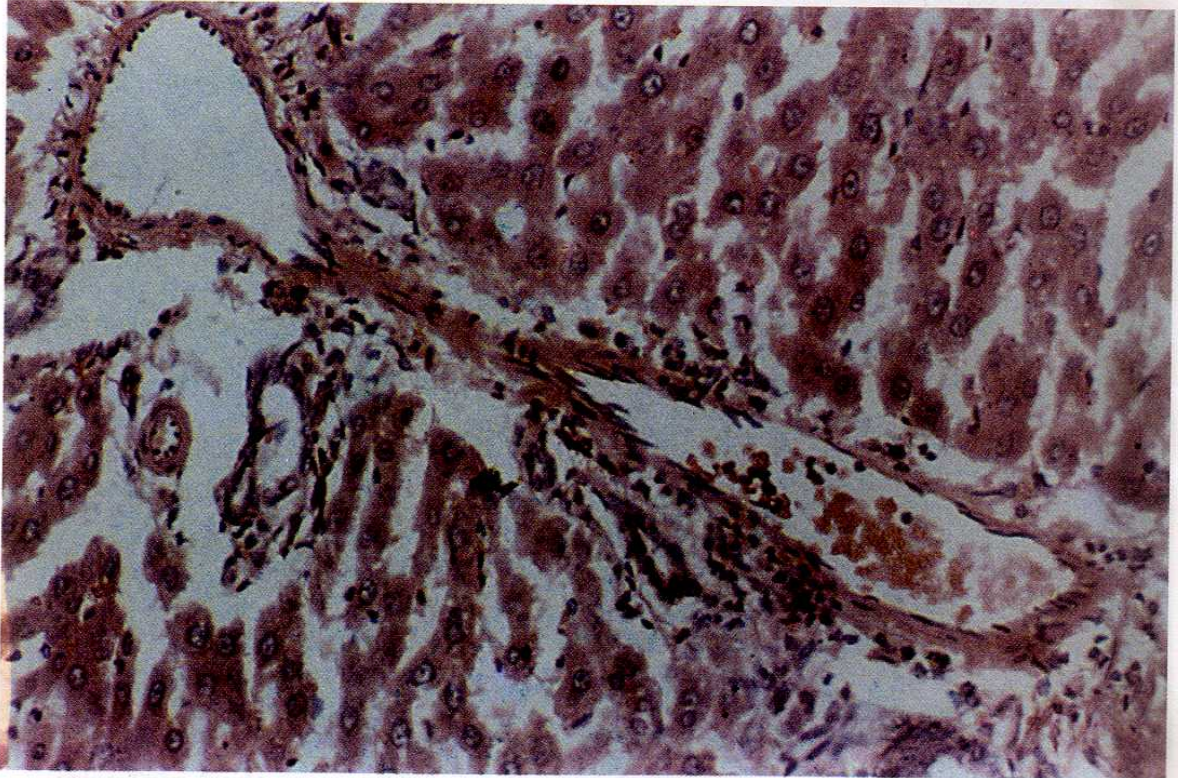
Şekil 4: Deney grubuna ait olguların akciğerlerinde genişlemiş alveoller görülmekte (HE: x40)



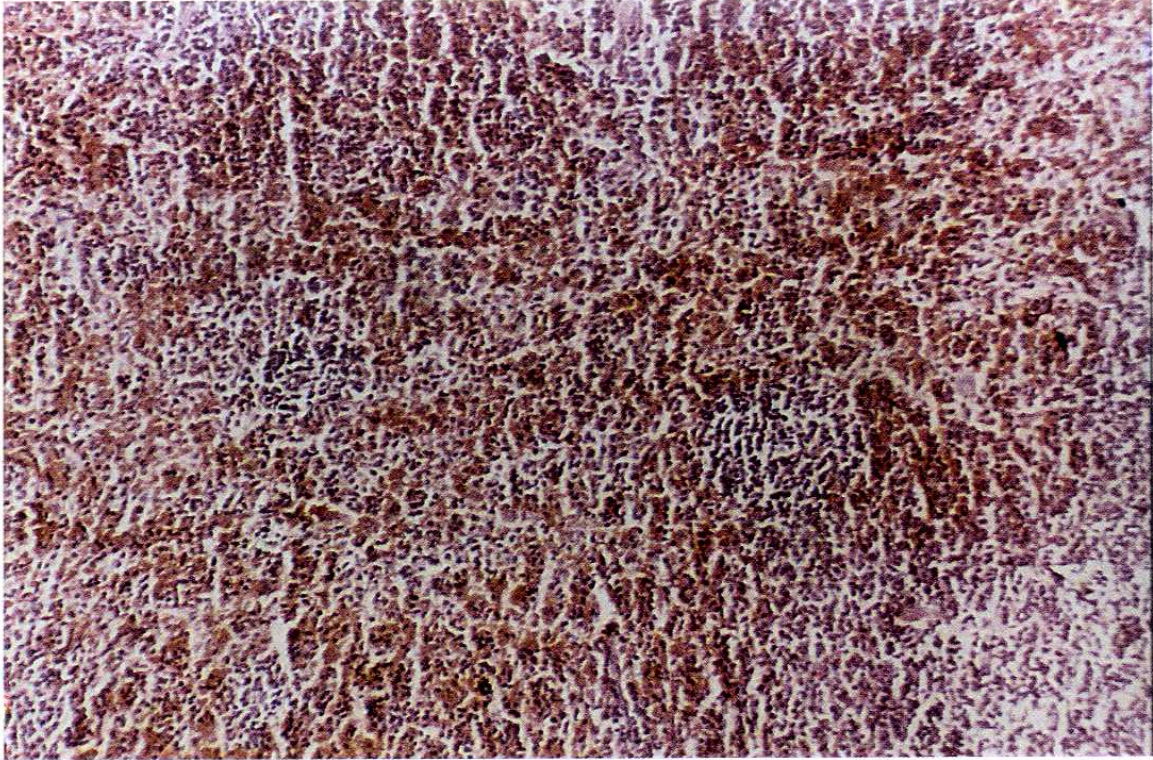
Şekil 5: Akciğerlerdeki alveol septa harabiyetleri izlenilmekte (HE: x20)



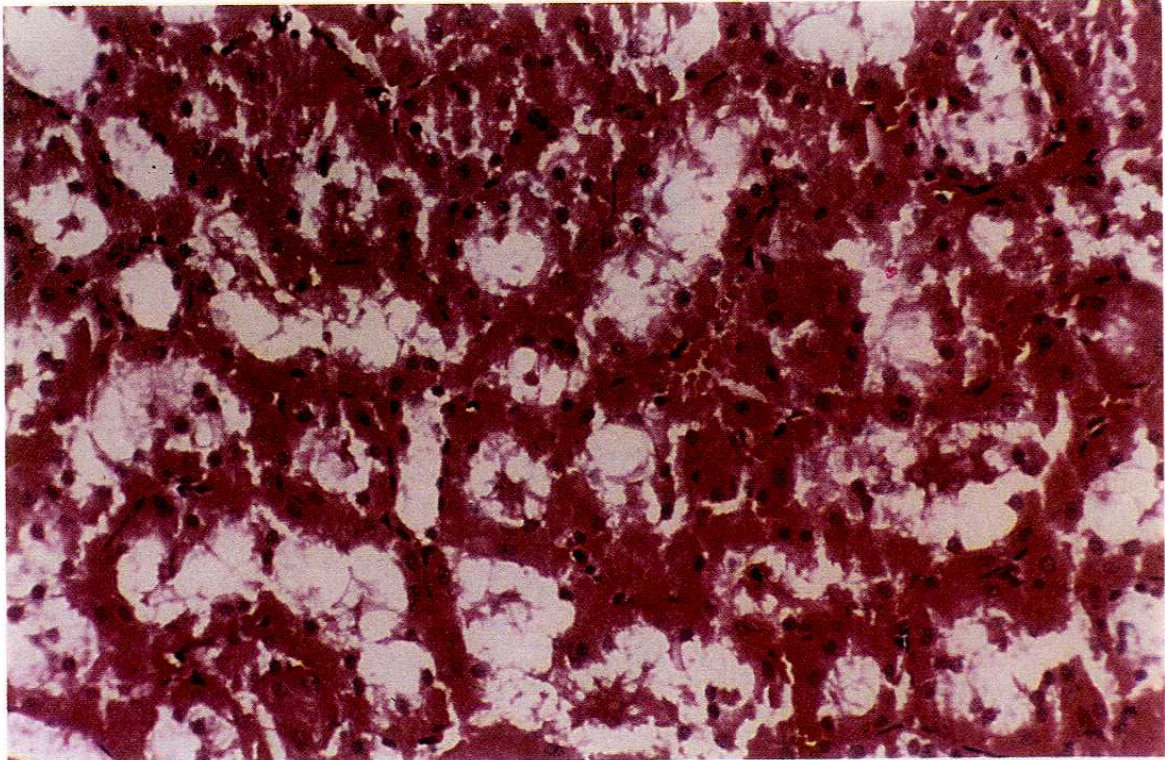
Şekil 6: Küçük bronşiyol çevresinde yoğunlaşan iltihabi reaksiyon izlendi (HE: x10).



Şekil 7: Karaciğerde portal mesatede minimal fibrozis ile iltihabi reaksiyon görülmekte (HE: x20).

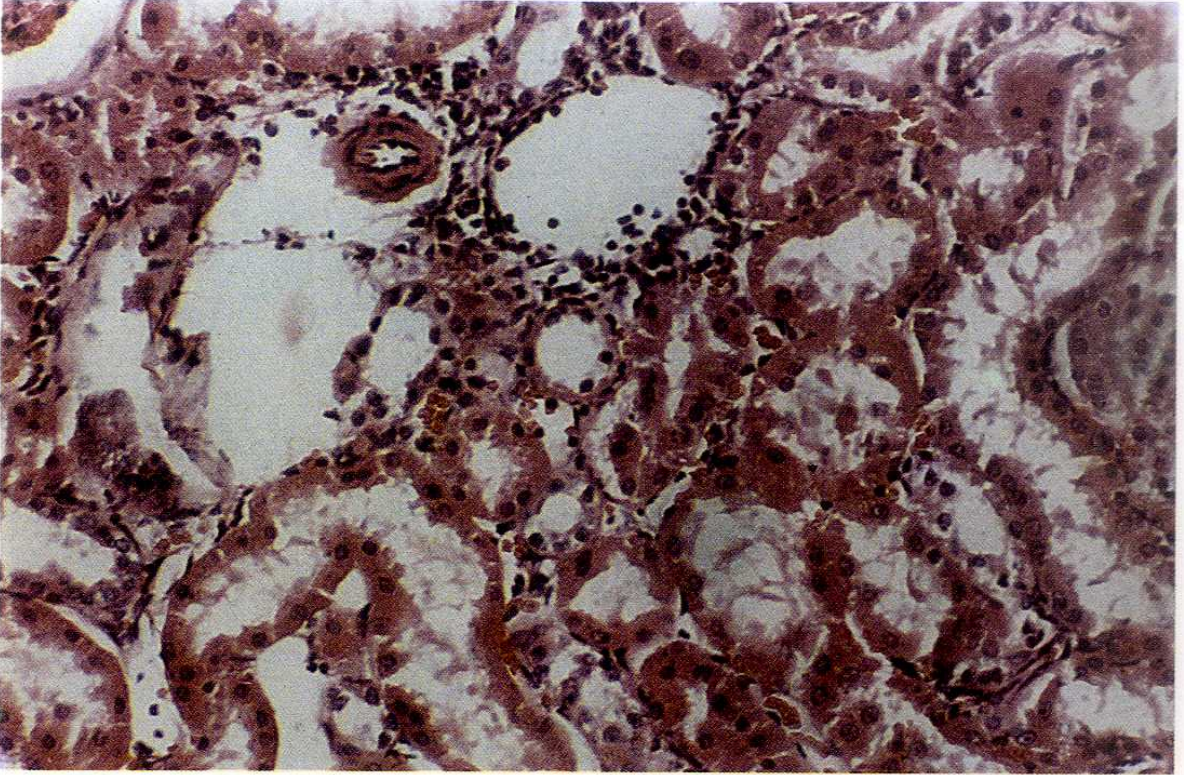


**Şekil 8:** Dalakta konjesyon nedeni ile beyaz pulpanın silindiği görülmekte (HE: x4)

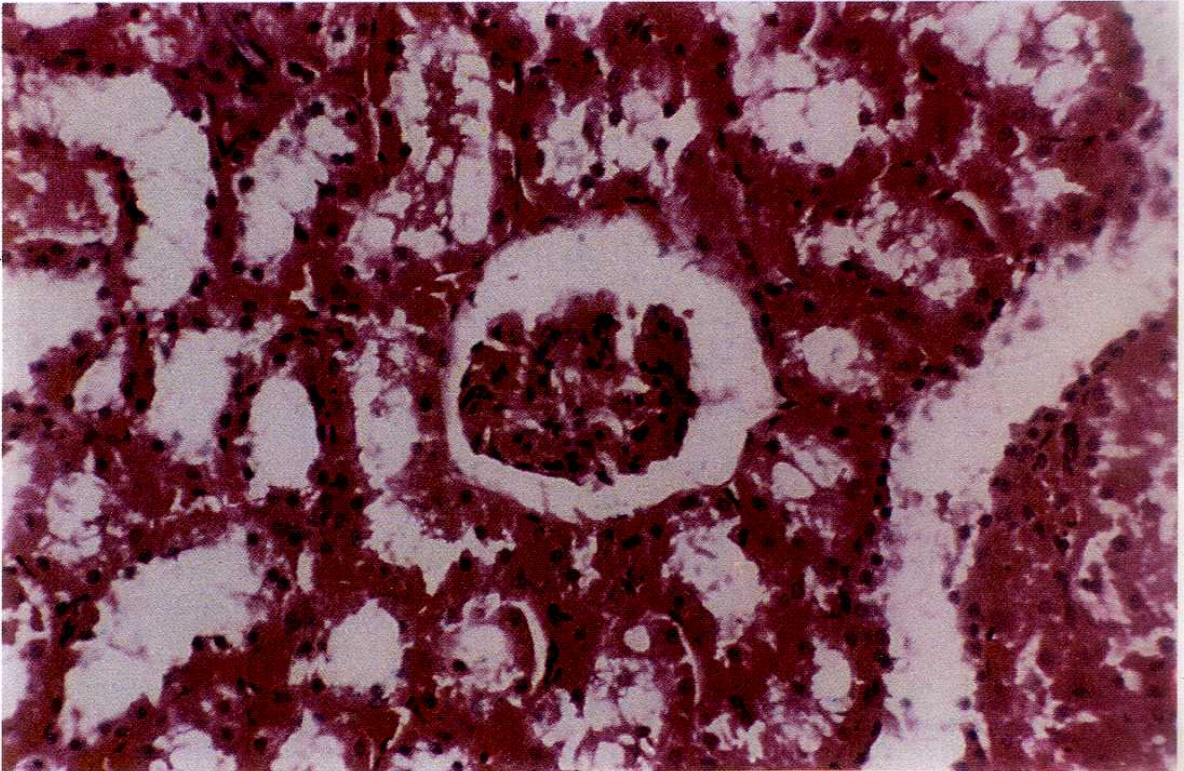


**Şekil 9:** Böbrek tubulus epitel hücrelerinde dejeneratif değişiklikler yaygın olarak görülmekte (HE: x40)

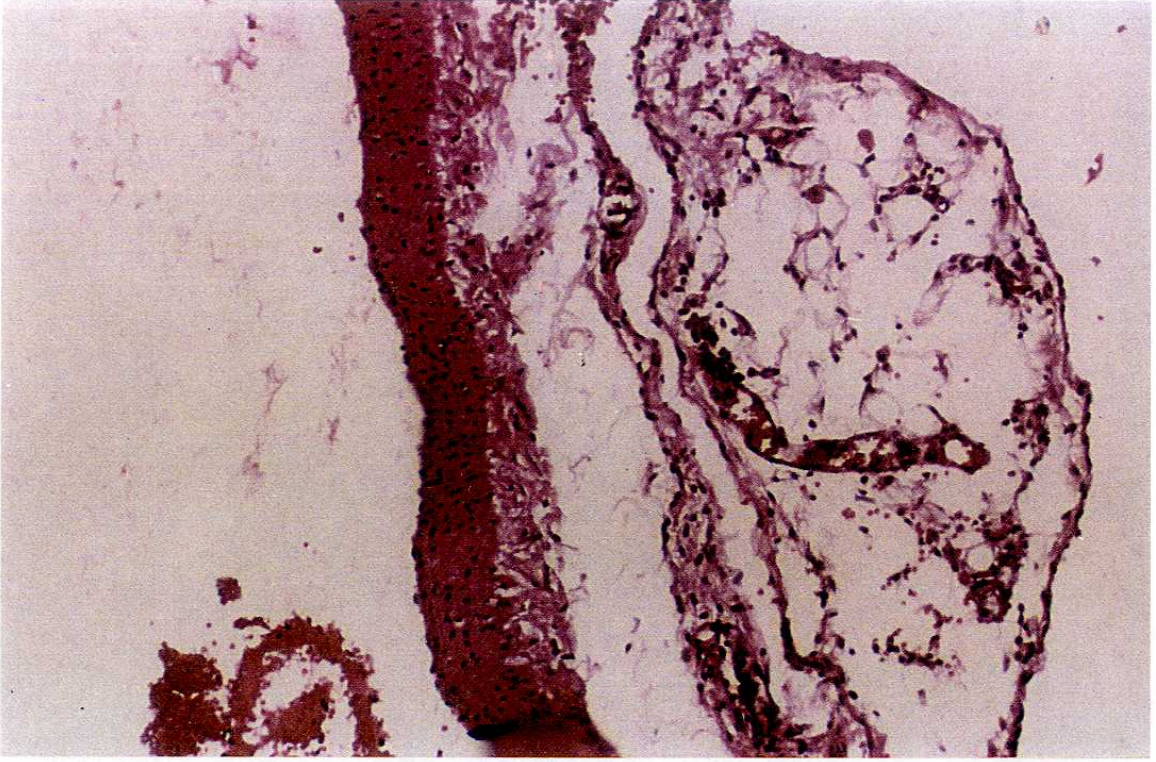




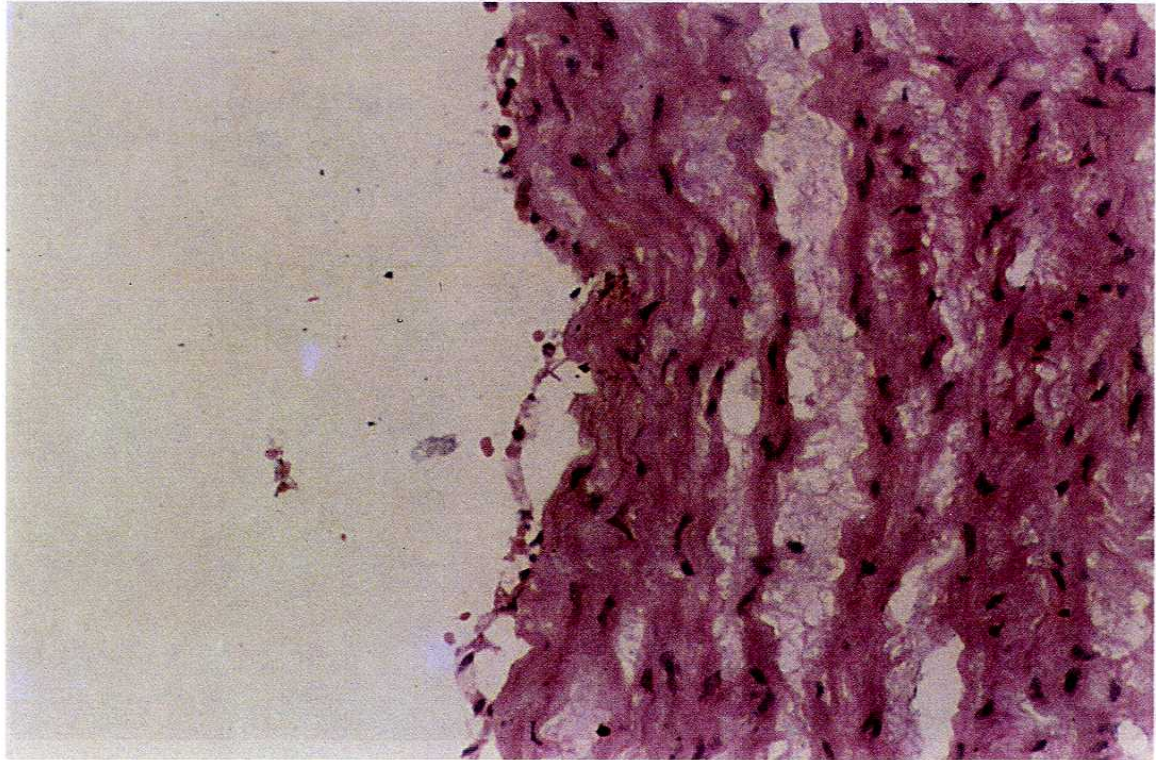
*Şekil 10: Böbrekte tubülüs epitel hücre dejenerasyonu yanısıra odaklaşan iltihabi reaksiyon görülmekte (HE: x40)*



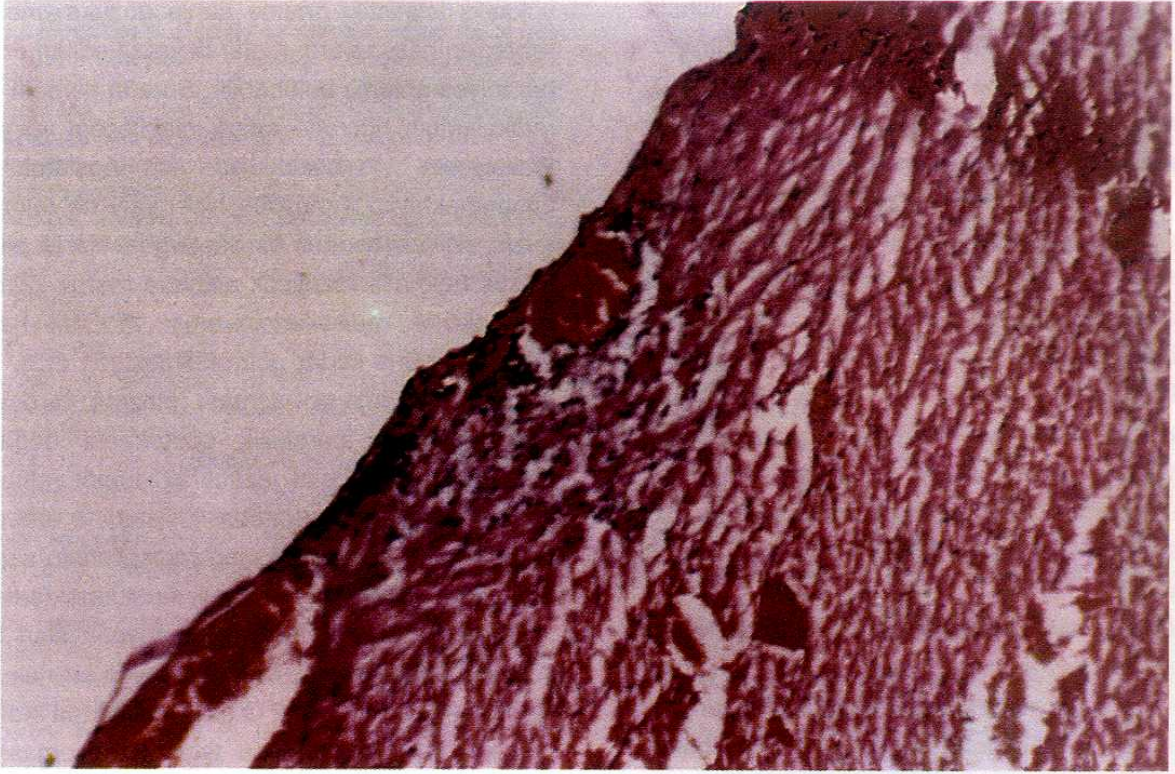
*Şekil 11: Deney grubuna ait böbreklerde tubülüs epitel hücre dejenerasyonu ile birlikte izlenen glomerülde yaprakçıklarda kabalaşma izlenilmekte (HE:x40)*



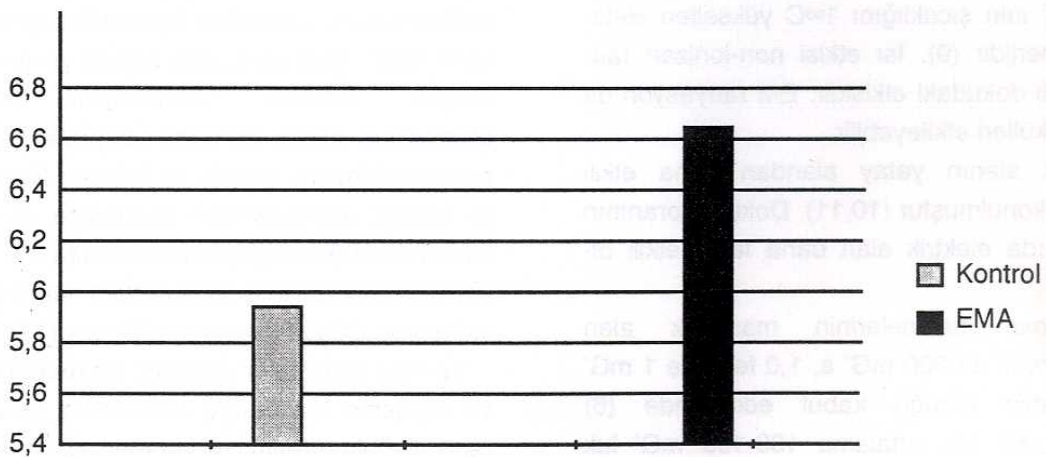
Şekil 12: Büyük damarın çevresindeki seyrek iltihabi reaksiyon görülmekte (HE:x20).



Şekil 13: : Büyük damardaki endotelial ayrılma görülmekte (HE: x40)



Şekil 14: Subendokardiyal minimal iltihabi infiltrasyon görülmekte (HE0x20).



Şekil 15: Serum ortalama MDA (nmol/ml) değerleri.

Sonuç olarak; çalışmamızda, 50 Hz frekanslı manyetik alanın organlarda değişik düzeylerde iltihabi hücre infiltrasyonunu arttırdığı tespit edilmiştir. Özellikle akciğerlerde alveoler harabiyet, böbreklerde tübüler dejenerasyon, beyinde glial hücre proliferasyonu, karaciğerde minimal düzeyde fibrozis dikkat çekici bulunmuştur. Ayrıca vasküler alanlarda ve subendokardiyal hafif iltihabi infiltrasyonun üç ay gibi kısa bir dönemde gelişmesi önemli bulunmuştur. Oysa kontrol grubunda seyrek de olsa bu değişiklikleri gözlemlememize karşın, istatistiksel önem taşımaması manyetik alanın etkisini göstermektedir. Ayrıca vasküler yatakta subendotelyal ayrılma, istatistiki bir öneme haiz olmamakla beraber kontrol grubu olgularında hiç gözlenmemesi önemli kabul edilebilir.

#### TARTIŞMA

Elektromanyetik alan ve dalgaların yüksek şiddet ve güç düzeylerinin sağlığınıza zararlı olduğuna şüphe yoktur. Düşük düzeydeki alan ve dalgaların uzun vadede olumsuz etkilerinin olup olmadığı halen tartışılmaktadır (7,8). Elektrik ve manyetik alanlara ne kadar uzun süre maruz kalınırsa zararın da o kadar büyük olacağı düşünülmektedir. Alan ve dalgaların şiddeti ve gücü kaynaktan uzaklaştıkça düşmektedir.

Bir iletkenin akım geçerken ısı açığa çıkar. Canlı tarafından EM alan emilir. Emilen enerji miktarı, spesifik emilme oranı (SAR) cinsinden ölçülür. SAR, vücudun 1 kg' ının sıcaklığını 1°C yükselten elektromanyetik enerjidir (9). Isı etkisi non-ionizan radyasyonun canlı dokudaki etkisidir. EM radyasyon da hücre ve molekülleri etkileyebilir.

Dikey elektrik alanının yatay alandan daha etkili olduğu ortaya konulmuştur (10,11). Doku su oranının arttığı organlarda elektrik alan daha fazla etkili olmaktadır (12).

Saç kurutma makinelerinin manyetik alan şiddetinin 0,5 feet' de 300 mG' a, 1,0 feet' de 1 mG' luk güce sahip olduğu kabul edildiğinde (6) çalışmamızda; 50 Hz, ortalama 100-150 mG' luk güçteki manyetik alan toplam 205 dakika uygulanmıştır. İncelediğimiz bazı organlarda iltihabi infiltrasyonun değişik düzeylerde artışı yanında; alveoler harabiyetin, tübüler dejenerasyonun, glial proliferasyonun, karaciğerde periportal minimal fibrozisin bulunuşu dikkat çekiciydi. Vasküler yatakta

subendotelyal ayrılma ve serum MDA düzeylerindeki yükseliş istatistiki öneme sahip gözükmemekle beraber; en hassas organ olarak kabul edilen endotelin harabiyeti anlamlı bulunabilir. Burada serbest oksijen radikallerinin hücrede toksik olabileceği ve yapısal-fonksiyonel bozuklukları başlatabileceğini düşünmekteyiz. Timustaki hiperplazi de immün sistemin aktivasyonunun bir göstergesi olarak alınabilir. Düşük frekanslı manyetik alanlara maruz kalma serbest oksijen radikallerinin artışı ve DNA hasarıyla hücre ölümüne kadar götürebilmektedir (13). İmmün hücrelerde ölüme yol açması, plazma ve dokularda Ca++ artışıyla paralellik göstermesi doğal katil hücrelerin aktivitesini azaltarak tümör oluşumunu hızlandırır (14). İmmün sistem aktivasyonu nötrofillerden serbest oksijen radikallerinin salınımını artırarak patolojik değişiklikleri oluşturmaktadır.

Farelerde 60 Hz frekanslı manyetik alan 2 yıllık sürede neoplastik gelişimi için önemli bir risk faktörü olurken (4), 20 mG ve 2 G manyetik alana kronik olarak maruz kalan ratlarda tiroid karsinoması ve C hücre adenomalarında istatistiki artışlar tespit edilmiştir (15).

Elektrik işçileri arasında kanser mortalitesinin manyetik alana maruz kalışla yükseldiği görülen epidemiyolojik çalışmalarda, beyin tümör mortalitesinin iş süresiyle ilişkisi de ortaya konulmuştur (3).

Hiperlipoproteinemili ratlarda 100 Hz ve 2 mA' lik impuls akım; aterosklerotik değişimleri aktive ettiği gibi, kallikrein-kinin sisteminin hiperaktivasyonunu da provoke eder. Aynı zamanda serum ve miyokardiyumda elastaz inhibitör aktivitesinin dengesizliğini oluşturarak düşük dansiteli lipoproteinlerin vasküler permeabilitesine, elastin ve kollajen liflerin hidrolizisi ile sellüler membranların labilitesine ve vasküler intimanın ödemine katkıda bulunabilir (16). Elektrikli lokomotif sürücülerinin koroner kalp hastalığı riskinin iki kat artmış olduğu da rapor edilmiştir (17).

Tüm bu gelişmeler ışığında; elektromanyetik alanın ve oksijenin bulunduğu ortamlarda serbest oksijen radikallerinin üretiminin artarak; uzun sürede kanserden aterosklerotik hastalıklara kadar farklı patolojilere yol açabileceği kanaatindeyiz. Bu konuda yeni ve uzun süreli çalışmaların yapılması ümidiyle, EMA' ların sınırlı kullanılması gerektiğini vurgulamak isteriz.

**KAYNAKLAR**

1. Yasui M, Otaka Y. Facility for chronic exposure of rats to ELF magnetic fields. *Bioelectromagnetics* 1993;14:535-44.
2. Stuchly MA, Lecuyer DW, Mclean J. Cancer promotion in a mouse-skin model by a 60 Hz magnetic field. I. experimental design and exposure system. *Bioelectromagnetics* 1991;12:261-271.
3. Savitz DA, Loomis DP. Magnetic field exposure in relation to leukemia and brain cancer mortality among electric utility workers. *Am J Epidemiol* 1995;141(2):123-34.
4. McCormick DL, Boorman GA, Findlay JC, Hailey JR, Johnson TR, Gauger JR, et al. Chronic toxicity/ oncogenicity evaluation of 60 Hz (power frequency) magnetic fields in B6C3F1 mice. *Toxicol Pathol* 1999;27(3):279-85.
5. Savitz DA, Liao D, Sastre A, Kleckner RC, Kavet R. Magnetic field exposure and cardiovascular disease mortality among electric utility workers. *Am J Epidemiol* 1999;149(2):135-42.
6. Burkhart M, Spinelli Y and Kuster N. Exposure setup to test effects of wireless communications systems on the CNS. *Health Phys* 1997;73:770-8.
7. DiCarlo AL, Farrell JM, Litovitz TA. Myocardial protection conferred by electromagnetic fields. *Circulation* 1999;99:813-6.
8. Albertini A, Zucchini P, Noera G, Cadossi R, Napoleone CP, Pierangeli A. Protective effect of low frequency low energy pulsing electromagnetic fields on acute experimental myocardial infarcts in rats. *Bioelectromagnetics* 1999;20:372-7.
9. Seyhan N. Elektromanyetik kirlilik ve etkileri, korunma yöntemleri, Who uluslararası elektromanyetik alan projesi, ulusal ve uluslararası politikalar. *TTB Mesleki Sağlık ve Güvenlik Dergisi* 2000;4:9-16.
10. Marino AA, Berger TJ, Mitchell JT, Duhacek BA, Becker RO. Electric field effects in selected biologic systems. *Ann N Y Acad Sci* 1974;238:436-444.
11. Miller DL. Miniature-probe measurements of electric fields and currents induced by a 60 Hz magnetic field in rat and human models. *Bioelectromagnetics* 1991;12:157-71.
12. Güler G, Atalay NS. Elektrik alanının biyolojik etkileri. Bilişim Toplumuna Giderken Elektromanyetik Kirlilik Etkileri Sempozyumu, Ankara, 1999.
13. Blumenthal NC, Ricci J, Breger L, Zychlinsky A, Solomon H, Chen GG, et al. Effects of low intensity AC and/or DC electromagnetic fields on cell attachment and induction of apoptosis. *Bioelectromagnetics* 1997;18:264-72.
14. Shau H, Kim AT, Hedrick CC, Lulis AJ, Tompkins C, Finney R, et al. Endogenous natural killer enhancing factor-B increases cellular resistance to oxidative stresses. *Free Radical Biol Med* 1997;22(3):497-507.
15. Boorman GA, McCormick DL, Findlay JC, Hailey JR, Gauger JR, Johnson TR, et al. Chronic toxicity/ oncogenicity evaluation of 60 Hz (power frequency) magnetic fields in F344/N. *Toxicol Pathol* 1999;27(3):267-78.
16. Zubkova SM, Varakina NJ, Mikhailik LV, Chabavenko SS. Changes in the proteinase inhibitor of rats with hyperlipoproteinemia during transcerebral exposures to a 100 Hz frequency pulse current and to an ultrahigh-frequency field. *Vopr Kurortol Fizioter Lech Fiz Kult* 1999;3:11.
17. Ptitsyna NG, Villaresi G, Kopytenko YA, Kudrin VA, Tyasto MI, Kopytenko EA, et al. Coronary heart disease; assessment of risk associated with work exposure to ultralow-frequency magnetic fields. *Bioelectromagnetics* 1996;17(6): 436-44.