



## ARAŞTIRMA

F.Ü.Sağ.Bil.Vet.Derg.  
2010; 24 (1): 17 - 21  
<http://www.fusabil.org>

### Elektromanyetik Radyasyona Maruz Bırakılan Kobayların Böbrek Dokusunda Prooksidan-Antioksidan Düzeylerine Yeşil Çayın Etkisi\*

Mustafa CELLAT<sup>1</sup>  
Dide KILINÇ KILIÇALP<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Tarım ve Köyişleri Bakanlığı,  
İl Tarım Müdürlüğü,  
Gaziantep, TÜRKİYE

<sup>2</sup>Yüzüncü Yıl Üniversitesi,  
Veteriner Fakültesi,  
Fizyoloji Anabilim Dalı,  
Van, TÜRKİYE

Bu çalışmada cep telefonlarından kaynaklanan elektromanyetik radyasyonun kobay böbrek dokusunda meydana getirebileceği oksidatif hasarın tespit edilmesi, yeşil çay ekstraktının bu hasarı önleyici veya koruyucu etkisinin olup olmadığının ortaya çıkarılması amaçlanmıştır. Böbrek dokusunda malondialdehit (MDA), nitrat, nitrit ve glutatyon (GSH) düzeyleri ve süperoksit dismutaz (SOD) ve glutatyon peroksidaz (GSH-P<sub>x</sub>) enzim aktiviteleri ölçüldü. Çalışma için 600-800 gr ağırlığında 28 adet kobay seçilerek, her grupta 7 kobay olacak şekilde 4 gruba ayrıldı. Grup A (n= 7) : Kontrol grubu normal diyetle beslendi ve standart yetiştirme uygulandı. Grup B (n= 7) : Kobaylar 30 gün boyunca, günde 20 dakika konuşma, 23 saat 40 dakika da bekleme modunda çalışan cep telefonlarının yaydığı 900-MHz elektromanyetik alana maruz bırakıldı. Grup C (n= 7) : Bir ay süreyle hem elektromanyetik alana maruz bırakıldı ve hem de 100 mg/kg günlük doz olarak ağızdan yeşil çay ekstraktı uygulandı. Grup D (n=7) : Bir ay süresince 100 mg/kg günlük doz olarak ağızdan yeşil çay ekstraktı uygulandı. Sadece elektromanyetik radyasyon uygulanan B grubunun MDA, nitrat ve nitrit düzeylerinde kontrol grubuna göre istatistiki açıdan anlamlı artışlar (p≤0,001), GSH, SOD ve GSH-P<sub>x</sub> aktivitelerinde ise önemli azalmalar (p≤0,001) tespit edildi. Elektromanyetik radyasyona maruz kalınmasının kobay böbrek dokusunda oksidatif strese neden olduğu ve önemli bir antioksidan olan yeşil çay ekstraktı kullanımının böbrek dokusunda meydana gelen oksidatif stresi azaltıcı yönde etki gösterdiği gözlemlendi.

**Anahtar kelimeler:** Elektromanyetik radyasyon, oksidanlar, antioksidanlar, yeşil çay ekstraktı, kobay.

#### Effects of Green Tea on Prooxidant-Antioxidant Levels of Kidney Tissue in Guinea Pigs Exposed to the Electromagnetic Radiation

In this study, it was aimed to determine the probable oxidative destruction of electromagnetic radiation sourcing of cellular phones on the kidney tissue of guinea pigs and reveal whether green tea extract has a preventive and protective effect to this damage. Malondialdehyde (MDA), nitrate, nitrite, and glutathione (GSH) levels and superoxide dismutase (SOD), and glutathione peroxidase (GSH-P<sub>x</sub>) enzyme activities were measured in the kidney tissues. For the study, 28 guinea pigs weighing 600–800 gr were chosen and divided to 4 groups each has 7 guinea pigs. Group A as the control group, it was fed with standart diet and kept under normal breeding conditions. Group B animals were exposed to 20 minutes talking for 30 days and were exposed to 23 hours and 40 minutes 900 MHz electromagnetic radiation spreading from cellular phone working of standby mode. Group C was both exposed to electromagnetic radiation and 100 mg/kg green tea extract was given orally per day for a month. Group D animals were treated orally green tea extract of 100 mg/kg/bw every day for a month. Comparing to control group, it was determined that only the levels of MDA, nitrate and nitrite were statistically increased (p≤0,001) and the levels of GSH, SOD, and GSH-P<sub>x</sub> were significantly decreased (p≤0,001) in Group-B exposed to electromagnetic radiation. It was observed that the exposure of guinea pigs to electromagnetic radiation causes oxidative stress on kidney tissues and, green tea extract as an important antioxidant has a decreasing effect to this oxidative stress in kidney tissues.

**Keywords:** Electromagnetic radiation, oxidants, antioxidants, green tea extract, guinea pigs.

Geliş Tarihi : 19.02.2010  
Kabul Tarihi : 05.03.2010

#### Yazışma Adresi Correspondence

Mustafa CELLAT  
Tarım ve Köyişleri  
Bakanlığı,  
İl Tarım Müdürlüğü,  
Gaziantep - TÜRKİYE

mstcellat@hotmail.com

#### Giriş

Radyasyon, atomlardan enerji salınması olarak tanımlanabilir. Bu salınma, elektromanyetik titreşimler veya partiküler şeklinde olmaktadır (1). Radyasyon etkileştiği dokularda, ya direk olarak ya da meydana gelen serbest radikallerin hücrede başka elemanlarla etkileşimi sonucu hasar oluşturmaktadır. Meydana gelen hasar radyasyonun dozu ve türüne göre değişmektedir. Deoksiribonükleik asit (DNA) ile etkileşim sonucu mutasyon meydana gelebilir ve bu hasar daha sonraki kuşaklarda ciddi tehlikeler oluşturabilir (2).

Günümüzde elektromanyetik alan oluşturan kaynaklar arasında; radarlar, mobil telefonlar, radyo ve televizyon vericileri, tıbbi ve endüstriyel uygulamalarda kullanılan

\* Bu çalışma "Elektromanyetik Radyasyona Maruz Bırakılan Kobayların Böbrek Dokusunda Prooksidan-Antioksidan Düzeylerine Yeşil Çayın Etkisi" adlı doktora tezinden alınmıştır.

çeşitli aletler, yüksek gerilim hatları, mikrodalga fırınlar ve elektrikli ev aletleri yer almaktadır. Radyasyonlar, madde içine nüfuz edip cisim oluşturarak atom ya da moleküllerden elektron koparabilme yeteneklerine göre iyonlaştırıcı ve iyonlaştırıcı olmayan radyasyon şeklinde sınıflandırılabilirler (3).

Bir ya da daha fazla sayıda çiftlenmemiş elektrona sahip element veya bileşiklere "serbest radikaller" denir. Serbest radikallerdeki çiftlenmemiş elektronlar kararlı duruma geçmek ister ve kararlı halde bulunan bir bileşikten elektron alarak, bu bileşiği yeni bir serbest radikal haline dönüştürür (4). Reaktif oksijen türlerini radikaller (süperoksit ( $\cdot O_2$ ), hidroksil ( $\cdot OH$ ), peroksil ( $\cdot RO_2$ ), alkoksil ( $\cdot RO$ ), hidropersil ( $\cdot HO_2$ ), nitrik oksit ( $\cdot NO$ ), nitrojen dioksit ( $\cdot NO_2$ )) ve non-radikaller (hidrojen peroksit ( $H_2O_2$ ), hipoklorik asit ( $HOCl$ ), ozon ( $O_3$ ), singlet oksijen ( $^1O_2$ ), peroksinitrit ( $ONOO\cdot$ ), alkilperoksinitrit ( $ROONO$ )) olarak sınıflandırabiliriz (5-8). Serbest oksijen radikallerinin çok reaktif kimyasal maddeler olduğu ve pek çok hastalık ile patolojik durumun patogeneğinde rol aldıkları düşünülmektedir. Serbest oksijen radikalleri, poliansatüre yağ asitlerinin peroksidasyonu aracılığıyla membran bütünlüğünü bozarak, hücre hasarına yol açabilmektedir (9).

Bir takım metabolik faaliyetler sırasında hücreler çoğunlukla serbest radikaller ve reaktif oksijen türleri (ROS) üretirler. Bu serbest radikaller antioksidan koruma sistemi olarak adlandırılan SOD, CAT, GSH-Px gibi antioksidan enzimler ve vitamin A, E, C, GSH, ubiquinon ve flavonoidler gibi enzimatik olmayan antioksidanlar tarafından nötralize edilirler. Endojen antioksidanların yeterli olamadığı durumlarda, eksojen antioksidanlara gereksinim duyulmaktadır (10, 11).

Antioksidan etkiye sahip olan kateşin polifenollerini içeren yeşil çay, in vivo ve invitro anti-enflamatuar, anti-viral ve anti-tümör ilaçlar gibi etki gösterir (12). Epigallokateşin galat (EGCG)'ın böbrek dokusunu oksidatif stres ve nekrosisine karşı koruduğu kaydedilmiştir (13). Fenolik bileşiklerin antioksidan etkisi, serbest radikalleri temizleme, metal iyonlarla bileşik oluşturma (metal şelatlama) ve singlet (tekli) oksijen oluşumunu engelleme veya azaltma gibi özelliklerinden kaynaklanmaktadır (14). Yokozawa ve ark. (15) ratlarda yaptıkları çalışmada, yeşil çay tanininin böbrek dokusunda MDA seviyesini düşürdüğünü, CAT'ın aktivitesini artırdığını ve oksidatif stresi ortadan kaldırarak, böbrek fonksiyonları için faydalı olduğunu bildirmektedirler. Yeşil çay, antioksidan özellikleri sebebiyle böbrek dokusu üzerinde toksik etki gösteren ajanların bu etkisini azaltır ve rejenerasyon işlemini arttırarak böbrekte fonksiyon kaybını önler (16).

Cep telefonlarının yaydığı 900 MHz frekansındaki radyo frekans dalgalarına, insanlar iki farklı şekilde maruz kalabilmektedirler. Cep telefonlarından yayılan radyo frekans dalgaları vücudun çoğunlukla baş olmak üzere sadece bir kısmını etkilerken, baz istasyonlarından yayılan dalgalar tüm vücudu etkilemektedir. Çalışmalar çoğunlukla bu etkilerden yalnız bir tanesini ortaya

koyabilmektedir. Bu iki radyasyon şiddet ve yoğunluk açısından farklılık göstermektedir (17).

Mobil telefon kullanımının oksidatif stres oluşturarak kanser riskini arttırabileceği ifade edilmektedir (18). İyonize edici radyasyon yoğun bir şekilde serbest radikal oluşumuna neden olabilmekte ve yaşam süresini kısaltabilmektedir (19).

Özellikle son yıllarda hayatımızın vazgeçilmezleri arasında ilk sıraya yerleşen cep telefonları, insanların sürekli olarak elektromanyetik alanlara maruz kalmalarına yol açmaktadır. Elektromanyetik alanın dokularda oluşturduğu oksidatif stres etkisi ve bunu önlemede muhtemel antioksidan kaynaklarının rolü konusunda başta karaciğer olmak üzere beyin, kan, testis ve uterus gibi doku ve organlarda oldukça yoğun çalışılmasına karşın, böbrek dokusunda sınırlı sayıda çalışma olduğu görülmektedir. Bu yüzden özellikle böbrek dokusu seçilerek, bu doku üzerindeki etkilerin ortaya konulması hedeflenmiştir.

Çalışmada cep telefonlarından kaynaklanan elektromanyetik alanın (900 MHz), kobay böbrek dokusunda meydana getirebileceği oksidatif hasarın tespit edilmesi ve bu hasara karşı yeşil çay ekstraktının önleyici veya koruyucu etkisinin ortaya çıkarılması amaçlandı. Böbrek dokusunda MDA, nitrat, nitrit ve GSH düzeyleri ve SOD ve GSH-P<sub>x</sub> enzim aktiviteleri incelendi.

## Gereç ve Yöntem

Araştırmada Fırat Üniversitesi Tıp Fakültesi Deneysel Araştırmalar Birimi (FÜTDAM) ve Dicle Üniversitesi Sağlık Bilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezinden (DÜSAM) sağlanan 600-800 g ağırlığında, 28 sağlıklı kobay (guinea pig) kullanıldı. Kobaylar deney süresince her bir kafeste 4 adet olacak şekilde 60×90×45 ebatlarında, ızgaralı, metal köşe bentli, tel örgülü, kafeslerde tutuldu. Hayvanlar yem fabrikası tarafından üretilen standart pelet rat yemle *ad-libitum* olarak beslenerek, gece/gündüz doğal aydınlatılan odalarda barındırıldı. Bir haftalık adaptasyona tabi tutulduktan sonra her grupta 7 hayvan olmak üzere 4 gruba ayrıldı.

**Grup A:** Kontrol grubu olarak normal diyetle beslendi ve standart şartlar uygulandı.

**Grup B:** Bir ay süreyle elektromanyetik (900-MHz) alana maruz bırakıldı.

**Grup C:** Bir ay süreyle elektromanyetik alana maruz bırakıldı ve 100 mg/kg günlük doz olarak ağızdan yeşil çay ekstraktı uygulandı.

**Grup D:** Bir ay süresince 100 mg/kg günlük doz olarak ağızdan yeşil çay ekstraktı uygulandı.

Kobaylar 30 gün boyunca, günde 20 dakika konuşma, 23 saat 40 dakika da *bekleme* modunda çalışan cep telefonlarının yaydığı 900-MHz elektromanyetik alana (217-Hz pulse rate, 2-W maximum peak power, SAR 0,95 w/kg) maruz bırakıldı. Cep telefonları kafeslerin 0.5 cm altına yerleştirildi. A ve D grubu elektromanyetik radyasyona maruz kalmamaları

için ayrı bir odada tutuldu. Yeşil çay uygulanan gruplardaki hayvanların vücut ağırlıkları ölçülerek 100mg/kg günlük yeşil çay ekstraktı ağız yolundan pipetle verildi. Bu işlemler her gün aynı saatte gerçekleştirildi. Deneme periyodu olan 30 günün sonunda eter anestezisi altında hayvanların böbrekleri alındı, iki defa soğuk fizyolojik tuzlu suda yıkandı ve -80°C' de analizlere kadar saklandı.

**Doku Malondialdehit (MDA) Tayini:** MDA, asit ve alkali ortamda ısıtılarak serbestleştirilip tiyobarbiturik asit (TBA) reaktifi ile MDA-TBA renkli bileşiğinin oluşturulması sonucunda UV-1201V-Shimadzu Spektrofotometrede 532 nm'de absorbans ölçümleri yapıldı (20, 21).

**Doku Nitrat ve Nitrit Tayini:** Böbrek dokusunda nitrat ve nitrit tayinleri için doku ekstraksiyonu MDA analizi için yapılan doku ekstraksiyon yöntemi ile aynıdır. Böbrek dokusu nitrat (NO-3) ve nitrit (NO-2) düzeyleri modifiye Stahr metodu (22) ve Coupling ayırıcı ile spektrofotometride 520 nm. 'de ölçüldü.

**Doku Glutasyon (GSH) Tayini:** GSH'in doku ekstraksiyonu ve analizi Ball ve Fernandez metodunca gerçekleştirildi (23, 24).

**Doku Süperoksit Dismutaz (SOD) Aktivitesi Tayini:** SOD enzim aktivitesi Randox -Ransod enzim kit

ile, UV-1201V-Shimadzu Spektrofotometre'de 505 nm'de 37°C'de ölçüldü (25).

**Doku Glutasyon Peroksidaz (GSH-Px) Aktivitesi Tayini:** GSH-Px enzim aktivitesi, Randox-Ransel enzim kitleri ile UV-1201V-Shimadzu Spektrofotometre'de 340 nm' de ultraviyole metotla 37°C' de ölçüldü (26).

**İstatistiksel Analiz:** Elde edilen tüm veriler, SPSS 11.5 paket program ile tek yönlü varyans analizi yapılarak değerlendirilmiştir. Daha ileri analiz için Duncan testi kullanılmıştır (27).

## Bulgular

Kontrol grubu ile deneme gruplarındaki MDA, nitrat, nitrit, GSH, SOD ve GSH-Px değerlerinin istatistiksel olarak karşılaştırılması sonucu aşağıdaki bulgular elde edildi. Çalışma sonucunda elde edilen veriler Tablo 1'de sunuldu.

## Tartışma

Radyo frekans alana maruz kalınması kobaylarda radikal oluşumunu artırırken, antioksidan enzim düzeylerinde azalışa neden olduğu, dışarıdan alınan ve bir antioksidan olan yeşil çayın farklı sürelerde uygulanan radyo frekans alanların olumsuz etkilerini azaltıcı yönde etki gösterdiği bildirilmektedir (28).

**Tablo 1.** Gruplara Göre Böbrek Dokusu MDA, Nitrat, Nitrit, GSH, SOD ve GSH-Px Düzeyleri (n=7).

	Grup A	Grup B	Grup C	Grup D	P Değeri
MDA (nmol/g doku)	121.52 ± 2.69 <sup>c</sup>	161.40 ± 3.2 <sup>a</sup>	138.82 ± 2.53 <sup>b</sup>	107.46 ± 3.18 <sup>d</sup>	***
Nitrat (µg/ml)	7.24 ± 0.19 <sup>c</sup>	9.54 ± 0.36 <sup>a</sup>	8.37 ± 0.29 <sup>b</sup>	7.02 ± 0.21 <sup>c</sup>	***
Nitrit (µg/ml)	1.65 ± 0.06 <sup>c</sup>	2.16 ± 0.07 <sup>a</sup>	1.92 ± 0.04 <sup>b</sup>	1.58 ± 0.02 <sup>c</sup>	***
GSH (µmol /g doku)	2.98 ± 0.07 <sup>a</sup>	1.94 ± 0.04 <sup>c</sup>	2.23 ± 0.06 <sup>b</sup>	3.14 ± 0.07 <sup>a</sup>	***
SOD (U/mg protein)	20.77 ± 0.58 <sup>b</sup>	12.09 ± 0.53 <sup>d</sup>	15.73 ± 0.45 <sup>c</sup>	24.41 ± 0.55 <sup>a</sup>	***
GSH-Px (U/mg protein)	1.23 ± 0.03 <sup>b</sup>	0.86 ± 0.03 <sup>c</sup>	1.14 ± 0.08 <sup>b</sup>	1.40 ± 0.04 <sup>a</sup>	***

\*\*\* p≤0,001, <sup>a-d</sup>: Aynı satırdaki farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir.

Elektromanyetik radyasyona maruz bırakılan ratların böbrek dokusu MDA, nitrik oksit (NO) ve üriner N-asetil-beta-D-glukozaminidaz (NAG) düzeyinde artış, ksantin oksidaz (XO), adenozin deaminaz (ADA), SOD, GSH-Px ve CAT aktivitelerinde ise azalma görülmektedir. Elektromanyetik radyasyon böbrek dokusunda oksidatif strese sebep olur. Vitamin C böbrek dokusunda oksidatif strese karşı koruyucu etki gösterir (29, 30, 31). Değişik şiddetlerde uygulanan iyonize radyasyon kobay böbrek dokusu MDA ve GSH düzeylerinde artışlara, GSH-Px aktivitesinde ise azalmaya sebep olur (32). Elektromanyetik etkiler, böbrek tubullerinin epitelyal

hücrelerinde incelmeye ve özellikle de hücre nekrozisine yol açarak böbrek luminal tubullerinde azalmaya sebep olurlar (33). Radyasyon nefritisi; böbreğin iyonize radyasyona maruz kalınmasını takiben oluşan nekrozis, atrofi ve sklerozisin bir sonucudur (34). Kobaylara uygulanan farklı şiddetlerdeki elektrik alan, plazma, akciğer, karaciğer ve böbrek dokularında tiyobarbiturik asit reaktif ürünleri (TBARS) ve SOD aktivitelerinde istatistiksel açıdan önemli bir artışa sebep olmaktadır (35). Uzun süreli elektromanyetik alan, sıçanların karaciğer ve böbrek dokularında histolojik bir değişiklik oluşturmamaktadır (36). Elektromanyetik radyasyonun

rat beyin dokusu MDA ve NO düzeyleri ile XO ve ADA aktivitelerinde artışa, GSH düzeyi, SOD, GSH-Px ve CAT aktivitelerinde azalmaya neden olduğu, beyin dokusunda oksidatif stres meydana getirdiği ve melatoninin oksidatif stresi azaltıcı yönde etki gösterdiği ifade edilmektedir (37, 38, 39). Elektromanyetik radyasyon sıçan karaciğer dokusu MDA düzeyini artırmış, GSH düzeyini ise azaltmıştır (40). Radyo frekans radyasyon kobayların karaciğer dokusu nitrat ve total nitrik oksit seviyelerinde artışa ve daha uzun süreli radyo frekans radyasyon ise nitrit seviyesinde önemli bir artışa sebep olmaktadır. Radyo frekans radyasyonun kobay karaciğer dokusunda meydana getirdiği oksidatif stres üzerine N-asetil-L-sistein (NAC)'nin antioksidan koruyucu etkisi bulunmamaktadır (41). Elektromanyetik radyasyon, rat miyokardiyal MDA ve NO düzeylerinde artışa, SOD, CAT ve GSH-Px aktivitelerinde ise azalmaya sebep olmaktadır (42). Elektromanyetik radyasyonun ratların endometriyal MDA ve NO düzeylerinde artışa, SOD, GSH-Px ve CAT aktivitelerinde ise azalmaya yol açtığı kaydedilmektedir. Ayrıca elektromanyetik radyasyonun endometrial dokuda oksidatif strese neden olduğu, vit E ve vit C'nin oksidatif stresi azaltıcı yönde etki gösterdiği ifade edilmektedir (43, 44).

Oksidatif stres böbrek hasarı fizyopatolojisinde önemli bir role sahiptir. Doğal ve sentetik çeşitli antioksidanların alınması böbrek hasarının önlenmesinde ve böbrek hastalıklarından korunmada yararlı etkiler

gösterir (45). Dışardan uygulanan diyetel antioksidanlar ratlarda glomerüler hastalık modellerinde haberci hücrelerin proliferasyonunu ve glomerüler sklerozisi baskılar. Bu sonuçlar antioksidanlar ile tedavinin böbrek hastalıklarının önlenmesinde bir ümit olabileceğini göstermektedir (46).

Çalışmada sadece elektromanyetik radyasyon uygulanan B grubunun MDA, nitrat ve nitrit düzeylerinde kontrol grubuna göre istatistiki açıdan anlamlı artışlar ( $p \leq 0,001$ ), GSH, SOD ve GSH-Px aktivitelerinde ise önemli azalmalar ( $p \leq 0,001$ ) tespit edildi. Elektromanyetik radyasyona maruz kalınması kobay böbrek dokusunda oksidatif strese neden olduğu ve önemli bir antioksidan olan yeşil çay ekstraktı kullanımının böbrek dokusunda meydana gelen oksidatif stresi azaltıcı yönde etki gösterdiği gözlemlendi.

Sonuç olarak; elektromanyetik etkilere çok sık maruz kalınan, özellikle de cep telefonlarının insanların vazgeçilemezleri arasında olduğu günümüzde, diyetel antioksidanların alınmasının olumsuz etkilenmeyi en aza indirmede faydalı olabileceği düşünölmektedir. Çalışmanın bulguları da yeşil çay ekstraktının antioksidan olarak etki gösterdiğini destekler niteliktedir. İnsan sağlığı açısından cep telefonu kullanımının en aza indirilmesi, hayati organlardan uzakta tutulması ve bu konuda daha kapsamlı araştırmaların yapılmasının faydalı olacağı kanaatine varılmıştır.

## Kaynaklar

- Güden M, Ulutın C, Pak Y. Noniyonizan elektromanyetik alanların biyolojik etkileri. T Klin Tıp Bilimleri 2001; 21: 441-444.
- Sert C, Çelik MS. Radyasyondan koruyucu ajanlar. Türkiye Klinikleri J Med Sci 1996; 16: 292-298.
- Şeker S, Çerezci O. Radyasyon Kuşatması, Elektriđin ve Nükleer Enerjinin Sağlığımıza Etkileri. İstanbul: Boğaziçi Üniversitesi Yayınevi, 2000.
- Gökpinar Ş, Koray T, Akçiçek E, Göksan T, Durmaz Y. Algal antioksidanlar. EÜ Su Ürünleri Dergisi 2006; 23 - Ek (1/1): 85-89.
- Akkuş İ. Serbest Radikaller ve Fizyopatolojik Etkileri. 1.Baskı, Konya: Mimoza Yayınları, 1995: 3-95.
- Finaud J, Lac G, Filaire E. Oxidative stres relationship with exercise and training. Sports Med 2006; 36(4): 327-358.
- Halliwell B. Cellular stress and protection mechanisms. Biochem Soc Transac 1996; 24: 1023-1027.
- Özgöçmen S. Romatizmal hastalıklarda oksidatif stresin rolü. Türk Fiz Tıp Rehab Derg 2007; 53(Özel Sayı 2): 33-35.
- Ak A, Oto A. Oksijen serbest radikalleri ve kalp hastalıkları. Türkiye Klinikleri Kardiyoloji 1988; 1(1): 35-39.
- Stein U. Free radicals and antioxidants. Rev Bras Neurol 1994; 30: 125-127.
- Urso ML, Clarkson PM. Oxidative stress, exercise, and antioxidant supplementation. Toxicology 2003; 189(1-2): 41-54.
- Benelli R, Venè R, Bisacchi D, Garbisa S, Albini A. Anti-invasive effects of green tea polyphenol epigallocatechin-3-gallate (EGCG), a natural inhibitor of metallo and serine proteases. Biol Chem 2002; 383(1): 101-105.
- Özer AB, Kaman D, Erhan ÖL, Özer S. EGCg supplementation improves oxidant and antioxidant status in kidney of rats sevoflurane. Fırat Tıp Derg 2008; 13: 1.
- Rice-Evans CA, Miller NJ, Bolwell PG, Bramley PM, Pridham JB. The relative antioxidant activities of plant-derived polyphenol flavonoids. Free Radical Research 1995; 22(4): 375-383.
- Yokozawa T, Nakagawa T, Lee KI, Cho EJ, Terasawa K, Takeuchi S. Effects of green tea tannin on cisplatin-induced nephropathy in LLC-PK<sub>1</sub> cells and rats. Journal of Pharmacy and Pharmacology 1999; 51(11): 1325-1331.
- Khan SA, Priyamvada S, Farooq N, Khan S, Khan MW, Yusufi ANK. Protective effect of green tea extract on gentamicin-induced nephrotoxicity and oxidative damage in rat kidney. Pharmacol Res 2009; 59(4): 254-262.
- Hyland GJ. Physics and biology of mobile telephony. Lancet 2000; 356 (9244): 1833-1836.
- Moustafa YM, Moustafa RM, Belacy A, Abou-El-Ela SH, Ali FM. Effects of acute exposure to the radiofrequency fields of cellular phones on plasma lipid peroxide and antioxidantase

- activities in human erythrocytes. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis* 2001; 26: 605-608.
19. Harman D. Free radicals in aging. *Mole Cell Biochem* 1988; 84: 155-161.
  20. Ohkawa H, Ohishi N, Yagi K. Assay for lipid peroxides in animal tissues by thiobarbituric acid reaction. *Analytical Biochemistry* 1979; 95: 351-358.
  21. Sushil JK, Mcvie R, Duett J, Herbst JJ. Erythrocyte membrane lipid peroxidation and glycosylated hemoglobin in diabetes. *Diabetes* 1989; 38: 1539-1543.
  22. Stahr HM. *Analytical Toxicology Methods Manual Iowa, USA*; Iowa State Univ Press Ames, 1977.
  23. Ball CR. Estimation and identification of thiols in rat spleen after cysteine or glutathione treatment, relevance to protection against nitrogen mustards. *Biochem Pharmac* 1966; 15: 809-816.
  24. Fernandez V, Videla LA. Effect of acute and chronic ethanol ingestion on the content of reduced glutathione of various tissues of rat. *Experientia* 1981; 37: 392-394.
  25. Randox Lab. Lmd., Ransod Süperoxide Dismutase Enzim Kiti, 1996.
  26. Randox Lab. Lmd., Ransel Glutathione Peroxidase Enzim Kiti, 1996.
  27. Hayran M, Özdemir O. *Bilgisayar İstatistik ve Tıp*. Ankara: Hekimler Yayın Birliği, Medikomat, 1996.
  28. Özgür E, Güler G, Seyhan N. EP gallokatekin gallat (EPCG) ve radyo frekans alanların karaciğer dokusu oksidanlar ve antioksidan enzim seviyeleri üzerindeki etkisi. 19. Ulusal Biyofizik Kongresi, Konya, 5-7 Eylül 2007.
  29. Devrim E, Erguder I, Kilicoglu B, Yaykasli E, Cetin R, Durak I. Effects of electromagnetic radiation use on oxidant/antioxidant status and DNA turn-over enzyme activities in erythrocytes and heart, kidney, liver, and ovary tissues from rats: Possible protective role of vitamin C. *Toxicology Mechanisms and Methods* 2008; 18(9): 679-683.
  30. Oktem F, Ozguner F, Mollaoglu H, Koyu A, Uz E. Oxidative damage in the kidney induced by 900-MHz-emitted mobile phone. Protection by melatonin. *Archives of Medical Research* 2005; 36(4): 350-355.
  31. Ozguner F, Oktem F, Ayata A, Koyu A, Yilmaz HR. A novel antioxidant agent caffeic acid phenethyl ester prevents long-term mobile phone exposure-induced renal impairment in rat. Prognostic value of malondialdehyde, N-acetyl-beta-D-glucosaminidase and nitric oxide determination. *Molecular and Cellular Biochemistry* 2005; 277(1-2): 73-80.
  32. Bukan N, Güney Y, Hicsonmez A, Bilgihan A. Antioxidant tolerance of kidney after irradiation. *Indian Journal of Experimental Biology* 2003; 41(3): 267-269.
  33. Zare S, Alivandi S, Ebadi AG. Histological studies of the low frequency electromagnetic fields effect on liver, testes and kidney in guinea pig. *World Applied Sciences Journal* 2007; 2(5): 509-511.
  34. Madrazo A, Schwarz G, Churg J. Radiation nephritis: A review. *J Urol* 1975; 114(6): 822-827.
  35. Guler G, Seyhan N, Aricioğlu A. Effects of static and 50 Hz alternating electric fields on superoxide dismutase activity and TBARS levels in guinea pigs. *Gen Physiol Biophys* 2006; 25: 177-193.
  36. Erpek S, Bilgin MD, Doger FK. Elektromanyetik alanın (50 Hz, 6mT) sıçan karaciğer ve böbreğine etkileri. *ADÜ Tıp Fak Derg* 2007; 8(1): 5-11.
  37. İlhan A, Gurel A, Armutcu F, Kamisli S. Ginkgo biloba prevents mobile phone-induced oxidative stress in rat brain. *Clinica Chimica Acta* 2004; 340: 153-162.
  38. Meral I, Mert H, Mert N, Deger Y, Yoruk I, Yetkin A, Keskin S. Effects of 900-MHz electromagnetic field emitted from cellular phone on brain oxidative stress and some vitamin levels of guinea pigs. *Brain Res* 2007; 1169: 120-124.
  39. Sokolovic D, Djindjic B, Nikolic J, Bjelakovic G, Pavlovic D, Kocic G, Krstic D, Cvetkovic T, Pavlovic V. Melatonin reduces oxidative stress induced by chronic exposure of microwave radiation from mobile phones in rat brain. *J Radiat Res (Tokyo)* 2008; 49(6): 579-586.
  40. Demirel C, Kılıçsız S, Erdal N, Gülgül S, Ayaz L, Tamer L, Örs Y. 19. Ulusal Biyofizik Kongresi, Konya, 5-7 Eylül 2007.
  41. Özgür E, Güler G, Seyhan N (2007). GSM 1800 MHz cep telefonu maruziyeti ve N-Acetyl-L-Cysteine (NAC)'in karaciğer nitrit oksit seviyesine etkisi. 19. Ulusal Biyofizik Kongresi, Konya, 5-7 Eylül 2007.
  42. Ozguner F, Altınbas A, Ozaydin M, Dogan A, Vural H, Kisioglu AN, Cesur G, Yildirim NG. Mobile phone-induced myocardial oxidative stress: Protection by a novel antioxidant agent caffeic acid phenethyl ester. *Toxicol Ind Health* 2005; 21(9): 223-230.
  43. Güney M, Özgüner F, Oral B, Karahan N, Mungan T. 900 MHz radiofrequency-induced histopathologic changes and oxidative stress in rat endometrium: protection by vitamins E and C. *Toxicol Ind Health* 2007; 23(7): 411-420.
  44. Oral B, Güney M, Ozguner F, et al. Endometrial apoptosis induced by a 900-MHz mobile phone: Preventive effects of vitamins E and C. *Adv Ther* 23(6): 957-973.
  45. Tylicki L, Rutkowski B, Hörl WH. Antioxidants. A possible role in kidney protection. *Kidney Blood Press Res* 2003; 26: 303-314.
  46. Mune M, Otani H, Yukawa S. Effects of antioxidants on kidney disease. *Mech Ageing Dev* 2002; 123(8): 1041-1046.