



Özgün Araştırma/Research Article

**Prenatal dönemleri boyunca günde bir saat kesintisiz 900 MHz elektromanyetik alan etkisine maruz kalan 75 günlük Sprague Dawley dişi sıçanların böbrek ve mesane dokularının histopatolojik olarak incelenmesi**

**A histopathological examination of kidney and bladder tissues of 75-day female Sprague Dawley rats exposed to a one-hour continuous 900 MHz electromagnetic field during the prenatal period**

Sibel TÜREDİ<sup>1</sup>, Hatice HANCI<sup>2</sup>, Ersan ODACI<sup>1</sup>, Hakim ÇELİK<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Harran Üniversitesi, Tıp Fakültesi, 63290, Şanlıurfa-Türkiye

<sup>2</sup>Ordu Üniversitesi, Tıp Fakültesi, 52200, Ordu-Türkiye

**Atf gösterme/Cite this article as:** Türedi S, Hancı H, Odacı E, Çelik H. Prenatal dönemleri boyunca günde bir saat kesintisiz 900 MHz elektromanyetik alan etkisine maruz kalan 75 günlük Sprague Dawley dişi sıçanların böbrek ve mesane dokularının histopatolojik olarak incelenmesi. *ADYÜ Sağlık Bilimleri Derg.* 2022;8(2):142-150. doi:10.30569.adiyamansaglik.1023728

**Öz**

**Amaç:** Prenatal dönemde 900 MHz elektromanyetik alan (EMA) maruziyetinin sıçanların postnatal erişkinlik döneminde böbrek ve mesane dokuları üzerine etkileri araştırılmıştır.

**Gereç ve Yöntem:** 18 adet dişi sıçan; kontrol, Sham ve EMA olarak üç gruba ayrıldı. EMA grubu, prenatal dönem boyunca 1 saat/gün 900 MHz EMA'ya maruz bırakıldı; Sham grubu gebe sıçanlar EMA sistemi kapalı kafeste tutuldu. Kontrol grubu gebe sıçanlara ve postnatal yeni doğanlara uygulama yapılmadı. Deney süresi bitiminde böbrek ve mesane dokuları histopatolojik olarak değerlendirildi.

**Bulgular:** Kontrol ve Sham gruplarının böbrek ve mesane örneklerinin normal morfolojide olduğu, EMA grubunda böbrekte tübüler ve glomerular hasar, bowman boşluğunda dilatasyon; mesane ürotelyum epitelinde dejenerasyon izlendi.

**Sonuç:** Prenatal dönemde 900 MHz EMA maruziyeti, erişkinlikte yavru sıçanların böbrek ve mesane dokusunda ciddi histopatolojik değişimlerin olabileceği kanaatindeyiz.

**Anahtar kelimeler:** Böbrek; Mesane; Elektromanyetik Alan; Histopatoloji; Sıçan.

**Abstract**

**Aim:** The effects on kidney and bladder tissues in postnatal adulthood in rats exposed to 900 MHz electromagnetic field (EMF) in the prenatal period were investigated

**Materials and Methods:** Eighteen female rats; were divided into three groups, control, sham and EMF. The EMF group was exposed to 900 MHz EMF for 1 hour/day during the prenatal period. Sham group pregnant rats were kept in the EMF system closed cage. No procedure was performed on the control pregnant group rats and postnatal newborns. At the end of the experimental period, kidney and bladder tissues were evaluated histopathologically.

**Results:** Kidney and bladder specimens from the control and sham groups exhibited a normal morphological structure. Tubular and glomerular damage, dilatation in Bowman's space in kidney tissue and degeneration of the urothelial epithelium in the bladder were observed in the EMF group.

**Conclusion:** We think that exposure to 900 MHz EMF during the prenatal period may cause severe histopathological changes in kidney and bladder tissue in adulthood.

**Keywords:** Kidney; Bladder; Electromagnetic field; Adulthood; Histopathology; Rat.

**Yazışma Adresi/Address for Correspondence:** Sibel TÜREDİ, Harran Üniversitesi, Tıp Fakültesi, 63290, Şanlıurfa-Türkiye,

E-mail: [sibelturedi3361@hotmail.com](mailto:sibelturedi3361@hotmail.com)



İlgili yazar vefat etmiştir.

**Geliş Tarihi/Received:** 15.11.2021

**Kabul Tarihi/Accepted:** 23.02.2022

**Yayın Tarihi/Published online:** 30.08.2022



Bu eser, Creative Commons Atf-GayriTicari 4.0 Uluslararası Lisansı ile lisanslanmıştır.

Telif Hakkı © 2022 Adıyaman Üniversitesi Rektörlüğü



Bu makale araştırma ve yayın etiğine uygun hazırlanmıştır.



intihal incelemesinden geçirilmiştir.



## Giriş

Cep telefonları da dahil olmak üzere gelişen telekomünikasyon teknolojileri, insanları ciddi bir elektrik alan şiddetine maruz bırakmakta ve gün geçtikçe korumasız hale getirmektedir. Özellikle 1990'dan itibaren 900 MHz ve 1800 MHz bandında çalışan cep telefonu baz istasyonlarının yaygın kullanımı sonucu elektromanyetik alanın (EMA) insan sağlığı üzerine muhtemel etkileri büyük bir endişe kaynağı haline gelmiştir.<sup>1,2</sup> 2011 yılında, Dünya Sağlık Örgütü, Kanseri Araştırmaları Uluslararası Ajansı, cep telefonu ve diğer kablosuz cihazlardan gelen elektromanyetik radyasyonun, dikloro difenil trikloroethan (DDT), benzinli egzoz, yanan kömür, kuru temizleme sıvıları ve jet yakıtları gibi insanlar için Grup 2B "muhtemel kanserojen" sınıfına dahil olduğunu belirtmiştir.<sup>3</sup> Cep telefonu şirketleri tarafından belirli aralıklar ile ürünlerinin güvenliği konusunda açıklamalar yapılsa da, cep telefonlarının biyolojik sistemler üzerindeki olumsuz etkilerini gösteren çalışmalar gün geçtikçe artmakta ve endişeleri devamlı kılmaktadır.<sup>4-6</sup>

Cep telefonu kaynaklı EMA maruziyetinin biyolojik etkileri, maruziyet süresi, etkilenen organın maruziyet durumu, EMA kaynağından ne kadar uzaklıkta olduğu ve doku çeşidi gibi faktörlere göre değişkenlik göstermektedir.<sup>7,8</sup> EMA, telefonun taşındığı yere göre özellikle böbrek ve karaciğer gibi çeşitli organlar tarafından absorbe edilir. Böbrekler, vücut dışına atılan suyun ve bunun içindeki eriyik madde miktarının düzenlenmesine, metabolizma artıklarının atılmasına, vücut sıvı hacminin kontrolüne, D vitamini, renin, prostaglandin ve eritropoietin gibi hormonların üretilmesine katkı sağlayarak insan vücudunda homeostazisin devamlılığında önemli rol oynar.<sup>9,10</sup> Yapılan çalışmalarda çoğunlukla pantolon kemerlerinde taşınan ve 900 MHz'de çalışan cep telefonları tarafından yayılan radyasyonun diğer organlara oranla çoğunlukla böbrekler tarafından absorbe edildiği,<sup>11</sup> ayrıca radyasyon hassasiyeti yüksek olan bir organ olduğu bildirilmiştir.<sup>12</sup> Koca ve ark.'nın yapmış olduğu bir çalışmada cep telefonlarından yayılan EMA'nın böbrek

dokusunda glomerul hasarı, Bowman kapsülünde dilatasyon ve bozulmalar, tübüler hasar ve inflamatuvar hücre infiltrasyonuna neden olduğu belirtilmiştir.<sup>11</sup> Günümüzde mesane hastalıkları gün geçtikçe artmakta ve bu hastalıklar bireylerin yaşam kalitesini olumsuz şekilde etkilemektedir. Bu hastalıkların etiyojisi hala tam olarak bilinmemekle birlikte, EMA ve mesane hasarı arasındaki ilişki araştırılması gereken önemli konulardan biridir.

Bu çalışmada anne karnında prenatal dönem boyunca (21 gün) günde 1 saat 900 MHz EMA etkisine maruz kalan dişi sıçanların, erişkinlik döneminde (postnatal 75. gün) böbrek ve mesane dokusundaki olası etkileri histopatolojik parametreler kullanılarak araştırılmıştır.

## Gereç ve Yöntem

### Araştırmanın tipi

Bu çalışma özgün araştırma tipindedir.

### Araştırmanın evreni ve örneklemi

Çalışmaya Karadeniz Teknik Üniversitesi Cerrahi Uygulama ve Araştırma Merkezi'nden (KTÜCAM) temin edilen Sprague Dawley cinsi dişi sıçanlar dahil edildi. Tüm sıçanlar deney süresince, 22±2 °C sıcaklık, %50±10 nem ve 12'şer saatlik aydınlık kontrollü standart laboratuvar ortamında muhafaza edildi. Deney süresi boyunca tüm sıçanlara standart laboratuvar hayvan yemi ve ad libitum su verildi.

Dişi sıçanların elde edilebilmesi için, deneyin başlangıcında 180-250 g ağırlığında ve iki düzenli siklus gösteren Sprague Dawley tipi dişi sıçanlar ile erişkin erkek sıçanlar çiftleşmeye bırakıldı. Çiftleşmenin ertesi gününde vaginal smear örneklerinde sperm görülen dişi sıçan kabul edilerek (gebeliğin 0. günü) çalışmaya dahil edildi. Gebe olan dişi sıçanlar 3 gruba ayrıldı; kontrol grubu gebe sıçanlar (n:3), herhangi bir uygulamaya maruz bırakılmadı. Sham grubu gebe sıçanlar (n:3), deney süresi boyunca (gebeliğin 0-21. günleri), her gün 1 saat boyunca EMA sistemi kapalı konumda iken EMA kafesi içerisine alındı. EMA grubu gebe sıçanlar (n:3), deney süresi boyunca (0-21. günler), her gün 1 saat süre ile 900 MHz'lik EMA etkisine maruz

bırakıldı. Gebelik süresinin bitiminde elde edilen yeni doğan sıçanlara herhangi bir uygulama yapılmadı ve postnatal 21. günde ayrı kafeslere alınarak yeni gruplar oluşturuldu ve çalışmaya devam edildi. Yeni gruplar; Kontrol grubu gebe sıçanlardan elde edilen yavru dişi sıçanlar (KG, n=6), Sham grubu gebe sıçanlardan elde edilen yavru dişi sıçanlar (SG, n=6), EMA grubu gebe sıçanlardan elde edilen yavru dişi sıçanlar (EMAG, n=6) olarak belirlendi. Oluşturulan yeni doğan dişi sıçan gruplarına ise deney süresinin bitimi olan 75. güne kadar herhangi bir uygulama yapılmadı.

### Veri toplama araçları

Deney süresince Sham ve EMA uygulamaları, KTÜCAM'da bulunan uygulama odasında gerçekleştirildi. Deneyde kullanılan EMA düzeneği, Odacı ve ark.'nın 900 MHz'lik elektromanyetik alan frekans bandını baz aldığı çalışmalarından modifiye edilerek hazırlandı.<sup>13,14</sup> Düzeneğin parçalarından biri olan ve pleksiglass malzemeden yapılan kafes ise sıçanların serbest hareket edebilmesine engel olmayacak şekilde tasarlandı (40,5 cm x 31,5 cm x 40,5 cm). Sham ve EMA uygulamalarına başlanmadan önce, sıçanlar kafesin içindeyken ve kafes boş durumdayken elektrik alanının dağılımını tespit etmek amacıyla EMA ölçer cihazıyla (C.A 43 Isotropic Electrical Field Intensity Meter, Chauvin Arnoux Group, Paris, France) ölçümler alındı. Sıçanlar kafes içerisindeyken ölçülen başlangıç ve bitiş EMA değerlerinin ortalamaları ile elde edilen verilere göre sıçanların deney süresi boyunca 7.9 V/m'lik elektrik alan şiddetine ve 0.16 W/m<sup>2</sup>'lik güç yoğunluğuna maruz kaldığı belirlendi.

Deney süresinin bitiminde (75. gün), tüm gruplara ait dişi sıçanlar servikal dislokasyon yöntemi ile sakrifiye edildi. Ardından abdominal orta hat kesisi yapılarak böbrek ve mesane dokusu çevre dokulardan dikkatlice ayrılarak çıkartıldı ve histolojik değerlendirmeler için %10'luk formalin çözeltisinde tespit edildi. Akabinde rutin histolojik doku takip aşamalarından geçirildi ve parafine gömülerek blok haline getirildi. Tam otomatik mikrotom (Leica RM 2255, Leica Instruments, Nussloch, Germany)

yardımı ile parafin bloklardan elde edilen 5 µm'lik doku kesitleri tam otomatik doku boyama cihazında (LEICA auto stainer XL, Minnesota, USA) Hematoksilin-Eozin (H&E) ile boyandı. Ayrıca Masson-Trichrome (Masson Trichrome Stain Kit-Methyl/Aniline Blue, Atom Scientific LTD Manchester; CAS: RRSK20-100) ve Periyodik asit-Schiff (PAS) boyaması ile histopatolojik değerlendirmeler yapıldı.

Mikroskopik incelemeler için böbrek dokusunda Bowman kapsülü hasarı, vasküler konjesyon, ödem, glomerul hasarı ve tübüler hasar skorlaması yapıldı. Mesane dokusunda ise ürotelyum hasarı semikantitatif olarak değerlendirildi. Histopatolojik skorlama sistemi için her bir örnekte on farklı alanda; yok (0), hafif (+), orta (++) veya şiddetli (+++) olarak puanlama yapıldı.<sup>15</sup> Dokulara ait tüm histopatolojik analizler, KTÜ Tıp Fakültesi Histoloji ve Embriyoloji Anabilim Dalı'nda bulunan ışık mikroskopunda (Olympus BX 51; Olympus Optical Co, Ltd, Tokyo, Japan) Analysis 5 Research software programı (Olympus Soft Imaging Solution, Germany) kullanılarak yapıldı ve fotoğraflandı.

### Verilerin analizi

Verilerin istatistiksel analizi SPSS 25.0 paket programı (IBM SPSS Inc, Chicago, IL, ABD) kullanılarak yapıldı. Sonuçlar ortalama±standart sapma olarak ifade edildi. Gruplar arası tek yönlü çoklu karşılaştırmalarda Kruskal Wallis H varyans analizi ve grup içi post-hoc ikili karşılaştırmalarda ise Bonferroni testi ve düzeltmesi kullanıldı.  $p<0.05$  istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

### Araştırmanın etik boyutu

Yapılan çalışmaya Karadeniz Teknik Üniversitesi Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurul onayı alınarak başlandı (Protokol No:2016/52, Karar No:5) ve bu araştırma Helsinki Deklarasyonunda belirtilen ilkelere uyularak yürütüldü.

### Bulgular

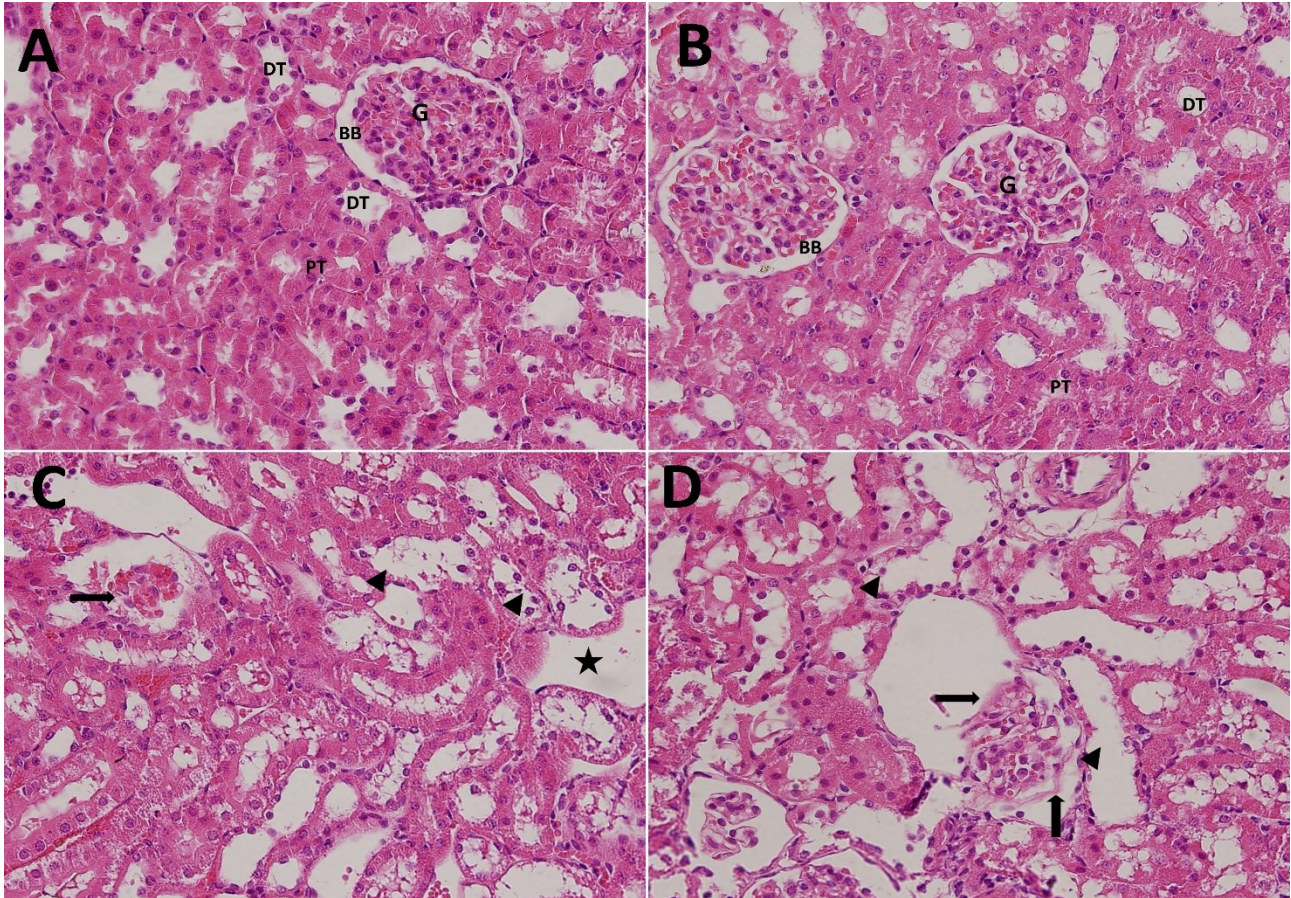
Histopatolojik değerlendirmelere göre H&E ve PAS ile boyanan kesitlerde; KG ve SG'ye ait sıçanların böbrek dokuları normal

histolojik yapıda olup herhangi bir patoloji gözlenmedi (Şekil 1A, B; Şekil 2C, D). EMAG'a ait böbrek dokusunda ise distal ve proksimal tübüllerde dilatasyon ve vakuolizasyon ile birlikte, tübül epitel hücrelerinde kayıp, büzülmüş glomerul, dilate Bowman boşluğu, Bowman membran dejenerasyonu gibi histopatolojik bulgular izlendi (Şekil 1C, D; Şekil 2C, D). Histopatolojik skorlamada değerlendirilen Bowman kapsül hasarı, ödem, tübüller ve glomerular hasarın EMAG'da KG ve SG'ye göre istatistiksel olarak anlamlı derecede arttığı görüldü ( $p<0.05$ ), (Tablo 1). Masson Trikrom ve H&E ile boyanan KG ve SG'ye ait mesane dokusu kesitlerinin morfolojik değerlendirmelerinde ürotelyum mukozası, kas tabakası ve adventisyal katmanlarının normal morfolojik yapıda olduğu gözlemlendi (Şekil 3A, B; Şekil 4A, B, Şekil 4C, D). EMAG'da ise transizyonel epiteliumda dejenerasyon ve stromal düzensizlik izlendi (Şekil 3C, D; Şekil 4E, F). Histopatolojik skorlamada değerlendirilen ürotelyum

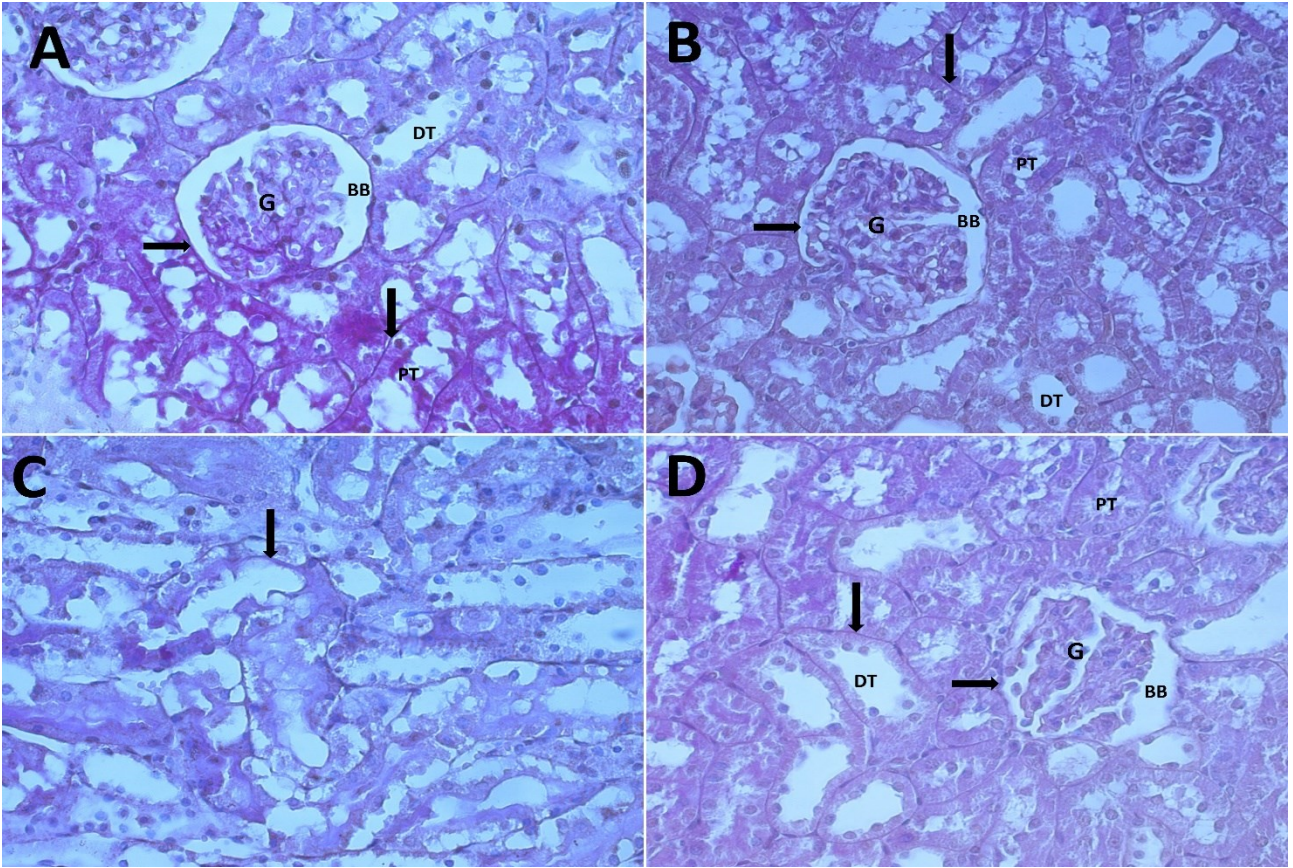
hasarının EMAG'da, KG ve SG ile karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı derecede arttığı görüldü ( $p<0.05$ ) (Tablo 1).

### Tartışma

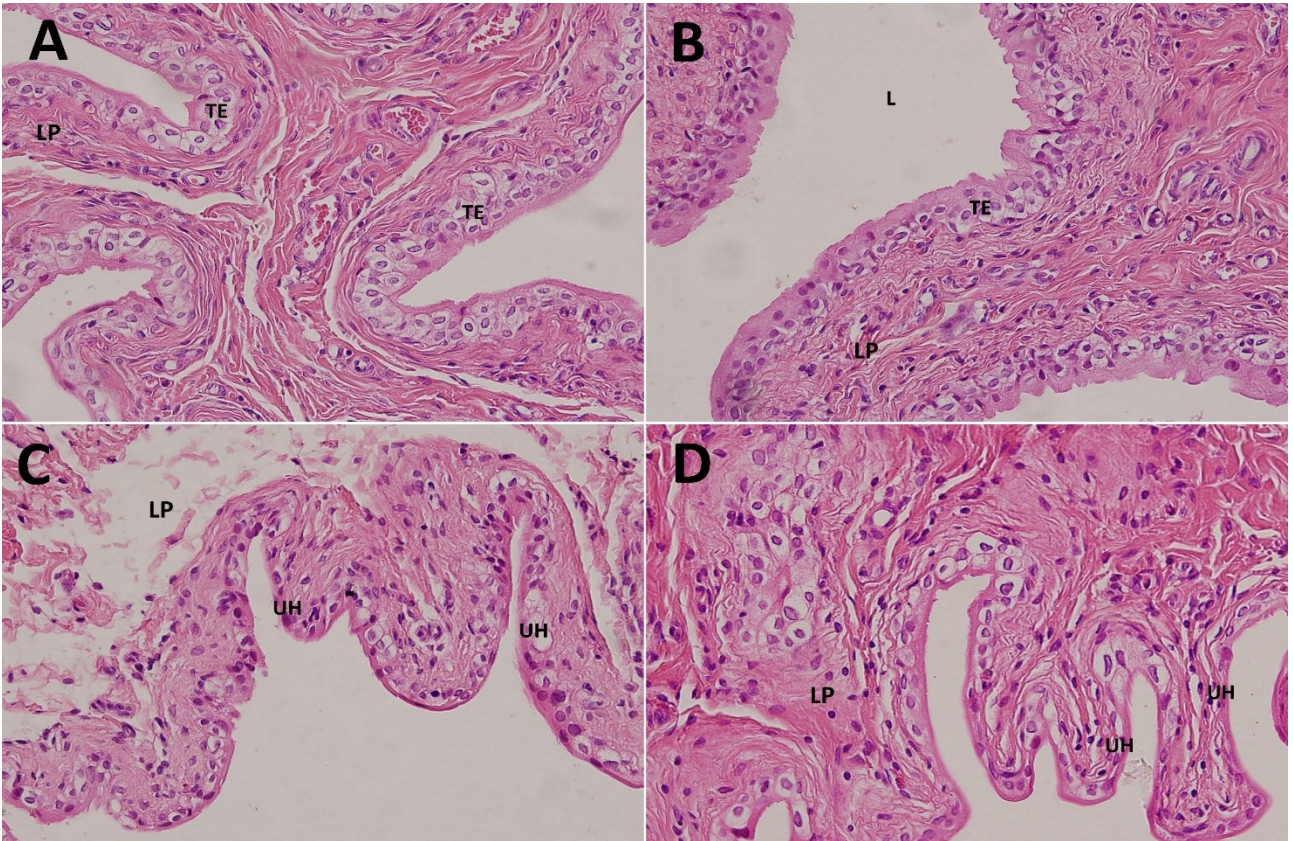
EMA maruziyetinin çeşitli organ ve dokulardaki etkilerini araştıran pek çok çalışma mevcuttur.<sup>7,14,16</sup> Böbrek ve mesane dokusu açısından incelenen literatür bilgileri ışığında prenatal dönem boyunca günde 1 saat EMA etkisinin, doğan dişi yavruların erişkinlik dönemdeki dokularında meydana gelebilecek muhtemel zararlı etkilerinin incelendiği bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Ayrıca Türkiye'de GSM 900 sisteminin daha yaygın kullanılmasından dolayı bu çalışmada 900 MHz'lik EMA uygulaması tercih edilmiştir. Çalışmamızda, gebelik boyunca kısıtlı bir şekilde cep telefonu kullanılsa dahi, fütusa ait böbrek ve mesane dokusunun doğum sonrası erişkinlik döneminde bu maruziyetten olumlu/olumsuz olarak hangi düzeyde etkilenmiş olabileceğinin incelenmesi amaçlanmıştır.



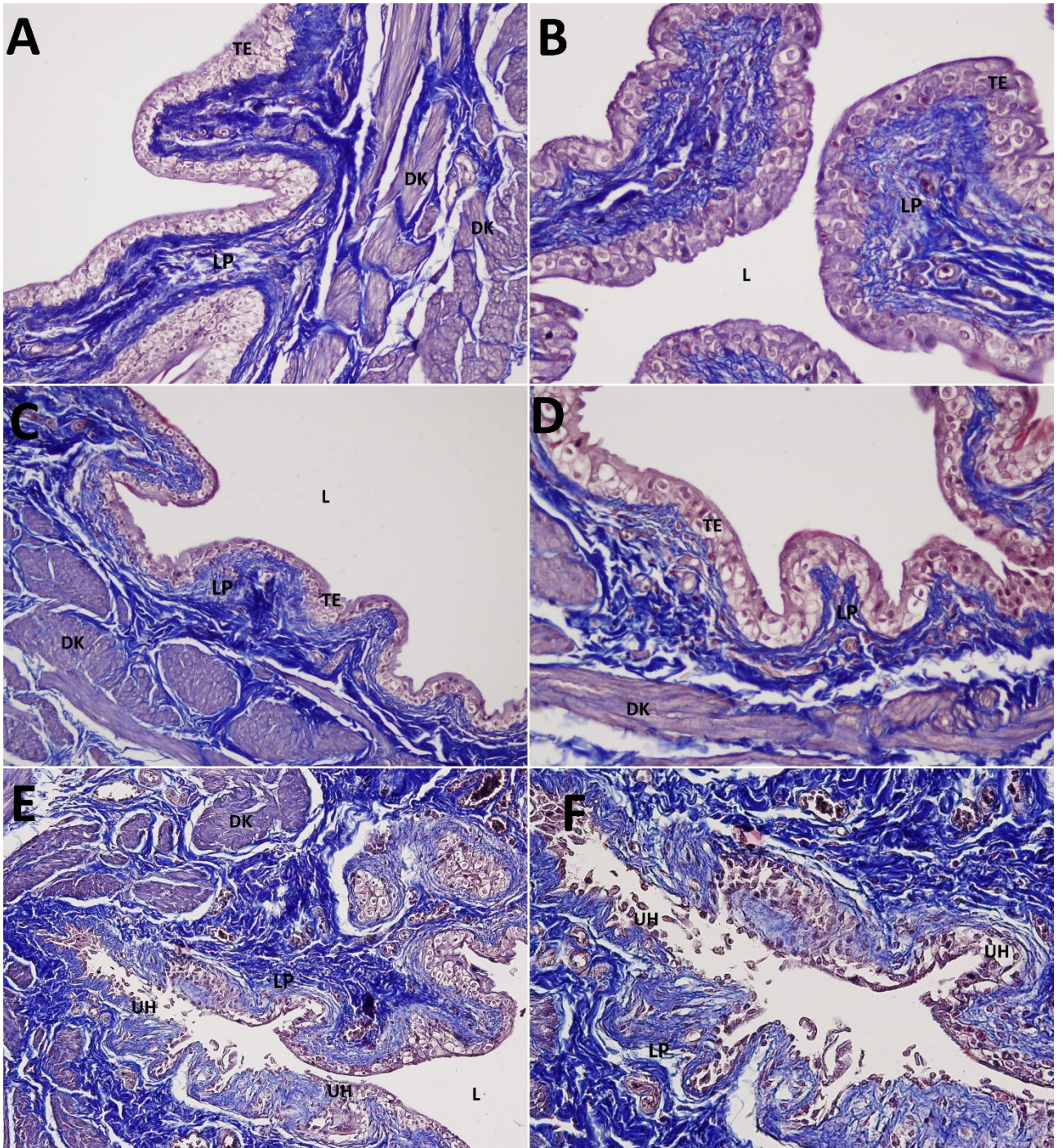
**Şekil 1.** Kontrol (A), sham (B) ve elektromanyetik alan (C, D) grupları için böbrek dokusunun ışık mikroskopik mikrografları. Tübüler dilatasyon (yıldız), tübüler dejenerasyon (ok başı), glomerul hasarı (sağ ok), bowman boşluğu hasarı (yukarı ok). DT, Distal Tübül; PT, Proksimal Tübül; G, Glomerul; BB, Bowman Boşluğu, (H&E, 40X).



**Şekil 2.** Her bir grup için böbrek dokusunun periyodik Asit-Schiff (PAS) ile boyanmış fotomikrografları. Kontrol Grubu (A), sham grubu (B) ve elektromanyetik alan grubu (C, D). Tübüler bazal membran (aşağı ok), Bowman membranı (sağ ok). DT, Distal Tübül; PT, Proksimal Tübül; G, Glomerul; BB, Bowman Boşluğu, (PAS, 40X).



**Şekil 3.** Kontrol (A), sham (B) ve elektromanyetik alan (C, D) grupları için mesane dokusunun ışık mikroskopik mikrogramları. TE, Transisyonel Epitel; LP, Lamina Propria; UH, Urotelyum Hasarı; L, Lümen, (H&E, 40X).



**Şekil 4.** Her bir grup için mesane dokusunun Masson trikrom ile boyanmış fotomikrografları. Kontrol (A, B), sham (C, D) ve elektromanyetik alan (E, F). TE, Transisyonel Epitel; LP, Lamina Propria; DK, Düz Kas; UH, Urotelyum Hasarı; L, Lümen, (Masson trikrom, 20X, 40X).

**Tablo 1.** Deneysel gruplarına ait histopatolojik skorlama.

Gruplar	Parametreler					Mesane
	Böbrek (Ortalama±Standart Sapma)					(Ortalama±Standart Sapma)
	Tübüler Hasar	Glomerular Hasar	Bowman Kapsül Hasarı	Ödem	Vasküler Konjesyon	Ürotelyum Hasarı
<b>KG (n:6)</b>	0,1 ±0,06	0,08±0,07	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,05±0,05
<b>SG (n:6)</b>	0,3±0,1	0,1±0,08	0,1±0,08	0,2±0,08	0,1±0,06	0,08±0,07
<b>EMAG (n:6)</b>	2,01±0,13 <sup>a</sup>	1±0,00 <sup>a,b</sup>	1±0,06 <sup>a</sup>	0,8±0,21 <sup>a</sup>	1,2±0,28 <sup>a</sup>	1,36±0,35 <sup>a,b</sup>

KG; Kontrol Grubu, SG; Sham Grubu, EMAG; Elektromanyetik Alan Grubu

<sup>a</sup>; Kontrol grubu ile karşılaştırıldığında  $p<0.05$  <sup>b</sup>; Sham Grubu ile karşılaştırıldığında  $p<0.05$

Dokulardaki EMA absorpsiyon hızının, organların dielektrik özellikleri ve iletkenliği ile doğrudan ilişkili olduğu bilinmektedir. Hamilelik sürecinde artan su ihtiyacı ve alımı nedeniyle, bu süreçte tüm vücudun elektriksel iletkenliği artmakta bu durum gebe kadınları ve fetüsü EMA'ya karşı daha duyarlı hale getirmektedir.<sup>17</sup> Özorak ve ark., tarafından prenatal dönem ile birlikte 6 hafta boyunca cep telefonu kaynaklı EMA etkisi altında büyüyen sıçanların böbrek dokusunda EMA'nın oksidatif hasara neden olabileceği ifade edilmiştir.<sup>18</sup> Böbrekler çok yüksek metabolik aktivite ve kan akışı (oksijen) sergiler. 1 dakikada vücut kanının %20'sini filtreler ve bu nedenle zararlı maddelerden etkilenme riski yüksektir. Yapılan çalışmalarda çoğunlukla pantolon kemerlerinde taşınan ve 900 MHz'de çalışan cep telefonları tarafından yayılan radyasyonun diğer organlara oranla çoğunlukla böbrekler tarafından absorbe edildiği,<sup>11</sup> ayrıca radyasyon hassasiyeti yüksek olan bir organ olduğu bildirilmiştir.<sup>12</sup> Farklı dozlardaki EMA'nın fetal ve postnatal maruziyetinin böbreğin fonksiyonel ve morfolojik özellikleri üzerindeki etkisini araştıran deneysel bir çalışmada, böbrek içi dolaşımda belirgin bir hasar ile birlikte hemodinamik stabilite bozuklukları, stromal ödem, tübüler epitel distrofisi ve interstisyel inflamasyona neden olan periglomerüler skleroz gözlenmiştir. Ayrıca tübüler tutulum da idrarda N-asetil-β-D-glucosaminidaz seviyesinde belirgin bir yükselme olduğu belirtilmiştir.<sup>29</sup>

Odacı ve ark.'nın gebeliğin 13.-21. günleri arasında uygulanan 900 MHz EMA'nın yavru sıçanlar üzerine postnatal 21. gündeki etkilerini inceledikleri çalışmalarında tübül epitelinde dejenerasyon ve primitif tübüllerde kistik yapılar olduğu belirtilmiştir.<sup>13</sup> Ayrıca Bedir ve ark.'nın yaptığı bir çalışmada prenatal dönemde cep telefonu kaynaklı EMA maruziyetinin böbrek dokusunda orta derecede histopatolojik hasara neden olduğu ve postnatal gelişimde bebeklerde böbrek hasarı görülebileceği vurgulanmıştır.<sup>15</sup> Ulubay ve ark.'nın prenatal dönem boyunca günde 1 saat EMA maruziyetinin postnatal 28. gündeki etkilerini stereolojik yöntemler

kullanarak inceledikleri çalışmalarında total glomerul sayısında ve kortex-medulla hacminde azalma olduğunu belirtmişlerdir.<sup>20</sup> Koca ve ark.'nın yapmış olduğu 20 gün boyunca günlük 8 saatlik cep telefonu kullanımının araştırıldığı ışık ve elektron mikroskopik bir çalışmada, cep telefonlarından yayılan 900 MHz EMA'nın böbrek dokusunda glomerul hasarı, Bowman kapsülünde dilatasyon ve bozulma, tübüler hasar ve inflamatuvar hücre infiltrasyonuna neden olduğu belirtilmiştir. Ayrıca elektron mikroskopik incelemelerde kapiller endotelinde düzensizlikler, bazal membranda kalınlaşma ve tübüller arası bağlantılarda hasar olduğu bildirilmiştir. Türedi ve ark.<sup>21</sup> ise çalışmalarında, adolesan dönemde (21.-60. gün) 900 MHz EMA etkisine maruz kalan sıçanların böbrek dokusunda ciddi derecede glomerular dejenerasyon ve yaygın tübüler hasar meydana geldiğini rapor etmişlerdir. Ayrıca TEM değerlendirmesinde, glomerular dejenerasyon, lamina rara interna ve externa kaybı, pedisel dejenerasyonu ile birlikte Bowman kapsülünde daralma izlendiği ifade edilmiştir.<sup>21</sup> Belirtilen tüm çalışmalarda 900 MHz EMA etkisinin farklı gelişim dönemlerindeki etkileri incelenmiştir. Bizim çalışmamızda ise prenatal dönemdeki EMA maruziyetinin yavru dişi sıçanların böbrek ve mesane dokusunda erişkinlik döneminin 75. gündeki etkileri incelenmiştir. Elde edilen bulgularda Bowman kapsülünde ayrılma ile birlikte glomerul dejenerasyonu, distal ve proksimal tübül dejenerasyonu ve tübüler dilatasyonda belirgin derecede artış izlenmiştir. Böbrekte renal tübüler bozukluklarda (akut ve kronik) tübül hasarı önemli bir rol oynamaktadır ve bu hasarın ileri derecedeki ciddiyetini gösteren en önemli belirteç ise glomerul hasarıdır.<sup>11,21</sup> Elde edilen bulgular diğer belirtilen tüm çalışmaları destekler nitelikte olup incelenen literatür bilgileri ışığında farklı gelişim dönemlerinde ve farklı maruziyet sürelerinde EMA etkisinin böbrek dokusunda ciddi histopatolojik değişikliklere neden olduğu söylenebilir.

Mesane içi kimyasal ajanlar ve fizyolojik stres gibi uyarıcılar tarafından oluşturulan deneysel mesane yaralanması modellerinde, glikozaminoglikanların, ürotelyumdaki gap

junctionların ve mast hücre aktivasyonunun önemi nöroimmünendokrin yol ile gösterilmiştir.<sup>22,23</sup> Mesane ürotelyum yapısında meydana gelen bir hasar vazodilatasyonda artışa, bağışıklık maddelerinin biriktirilmesine ve infiltrasyonuna neden olur. Böylece inflamatuvar mediatörlerin aşırı salınımı ile birlikte mesane eritemli şişme ve kanama meydana gelir. Mesane duvarındaki düz kas tabakasının disfonksiyonel patolojisi, fibrotik bağ dokusunda artış ve detrusor düz kasında oluşan hiperplazi ya da hipertrofinin bir sonucu olarak mesane duvarının kalınlaşmasıyla sonuçlanır. Bu duruma mesane uyum sağlayamaz ve kas tabakasında patolojik hasar gelişir.<sup>21,24,25</sup> Bizim çalışmamızda EMA grubunda ürotelyum epitelinde dökülmeler ile birlikte bazı ürotelyal hücrelerde dilatasyon, epitel altı lamina propria bölgesinde ayrılmalar gözlemlendi ve bu bulguların yapılan histopatolojik skorlamada istatistiksel açıdan anlamlı olduğu görüldü. Band ve ark.'nın mesane kanseri görülme oranını araştırdıkları bir vaka-kontrol çalışmasında, elektromanyetik alana maruz kalan kişilerin mesane kanseri olma ihtimalinin yüksek olduğu bildirilmiştir.<sup>26</sup> Gürbüz ve ark. mesane hücrelerinde 1800 MHz GSM modülasyonlu radyo frekanslı radyasyonun (RFR) genotoksik etkisi araştırdıkları çalışmalarında exfoliate mesane hücresi görülme oranının kontrol grubuna göre artış göstermiş olsa da anlamlı bir farklılık olmadığını bildirmişlerdir.<sup>27</sup> Türedi ve ark.'nın 900 MHz EMA maruziyetinin adolesan dönemdeki etkilerini araştırdıkları çalışmada, mesane dokusunda ürotelyumun epitelial hasarı açısından önemli bulgular elde etmişlerdir.<sup>21</sup> Bununla birlikte incelenen literatür bilgilere göre prenatal dönemde 900 MHz EMA maruziyetinin postnatal erişkin (75. gün) sıçan mesane dokusu üzerinde muhtemel hasar oluşumunu araştıran herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Yapılan çalışmalar genellikle radyoterapi tedavisinin akut ve kronik etkilerinin incelenmesine yöneliktir. Bu yönüyle çalışmamız prenatal dönemde cep telefonlarından yayılan 900 MHz EMA etkisine maruziyetin postnatal erişkin dönemde mesane dokusu üzerinde hasar oluşturabileceğini göstermesi yönünden

özgün bir çalışma olup pek çok araştırma için referans olma niteliğindedir.

## Sonuç

Prenatal dönem boyunca 900 MHz EMA etkisine maruz kalan yavru sıçanların erişkin dönemde böbrek ve mesane dokusunda ciddi histopatolojik değişimlerin olabileceği kanaatindeyiz.

## Araştırmanın Etik Boyutu

Yapılan çalışmaya Karadeniz Teknik Üniversitesi (KTÜ) Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurul onayı alınarak başlanmıştır (Protokol No:2016/52, Karar No:5) ve bu araştırma Helsinki Deklarasyonunda belirtilen ilkelere uyularak yürütülmüştür.

## Bilgilendirilmiş Onam

Bu çalışma özgün deneysel araştırma tipinde olduğundan bilgilendirilmiş onam çalışmanın kapsamı dışındadır.

## Yazar Katkıları

Fikir, tasarı ve dizayn, veri toplama, analiz ve yorum, eleştirel inceleme; ST, HH, EO\*, HÇ, literatür tarama ve yazım; ST. \*; EO vefat etmiştir.

## Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarların herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

## Araştırma Desteği

Bu çalışma maddi olarak destekleyen kişi/kuruluş yoktur.

## Beyanlar

Bu çalışma daha önce hiçbir yerde sunulmamıştır.

## Hakem Değerlendirmesi

Dış bağımsız.

## Kaynaklar

1. Hardell L, Carlberg M, Söderqvist F, Mild KH, Morgan LL. Long-term use of cellular phones and brain tumours: Increased risk associated with use for ≥10 years. *Occup Environ Med.* 2007;64(9):626-632.
2. Salford LG, Arne EB, Eberhardt JL, Malmgren L, Persson BRR. Nerve Cell Damage in Mammalian Brain after Exposure to Microwaves from GSM Mobile Phones. *Environ Health Perspect.* 2003;111(7):881-883.
3. IARC. Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Non-Ionizing radiation, Part II: Radiofrequency Electromagnetic Fields [Includes Mobile Phones]. *IARC Press, Lyon, France.* 2011;102.



4. Agarwal A, Deepinder F, Sharma RK, Ranga G, Li J. Effect of cell phone usage on semen analysis in men attending infertility clinic: an observational study. *Fertil Steril.* 2008;89(1):124-128.
5. Türedi S, Hancı H, Odacı E. 900 Megahertz Dalga Frekansına Sahip Elektromanyetik Alanın Biyolojik Sistemler Üzerindeki Olası Etkilerine Bilimsel Yaklaşım: Derleme. *Journal of Harran University Medical Faculty.* 2020;17(1):140-148.
6. Feychting M, Ahlbom A, Kheifets L. EMF and Health. *Annu Rev Public Health.* 2005;26:165-189.
7. Odacı E, Özyılmaz C. Exposure to a 900 MHz electromagnetic field for 1 hour a day over 30 days does change the histopathology and biochemistry of the rat testis. *Int J Radiat Biol.* 2015;91(7):547-554.
8. Ragy MM. Effect of exposure and withdrawal of 900-MHz electromagnetic waves on brain, kidney and liveroxidative stress and some biochemical parameters in male rats. *Electromagn Biol Med.* 2015;34(4):279-284.
9. Odacı E, Ünal D, Mercantepe T, Topal Z, Hancı H, Türedi S, et al. The pathological effects of prenatal exposure to a 900-MHz electromagnetic field on the 21-day-old male rat kidney. *Biotech Histochem.* 2015;90(2):93-101.
10. Dankers PY, Boomker JM, Meijer EW, Popa ER, van Luyk MJ. From kidney development to drug delivery and tissue engineering strategies in renal regenerative medicine. *J Control Release.* 2011;152(1):177-185.
11. Koca O, Gökçe AM, Öztürk MI, Ercan F, Yurdakul N, Karaman MI. Effects of intensive cell phone (Philips Genic 900) use on the rat kidney tissue. *Urol J.* 2013;10(2):886-891.
12. Cassidy JR. Clinical radiation nephropathy. *Int J Radiat Oncol Biol Phys.* 1995;31(5):1249-1256.
13. Odacı E, Ünal D, Mercantepe T, Topal Z, Hancı H, Türedi S, et al. Pathological effects of prenatal exposure to a 900 MHz electromagnetic field on the 21-day-old male rat kidney. *Biotech Histochem.* 2015;90(2):93-101.
14. Odacı E, Hancı H, Yuluğ E, Türedi S, Aliyazıcıoğlu Y, Kaya H, et al. Effects of prenatal exposure to a 900 MHz electromagnetic field on 60-day-old rat testis and epididymal sperm quality. *Biotech Histochem.* 2016;91(1):9-19.
15. Bedir R, Tumkaya L, Şehitoğlu İ, Kalkan Y, Yılmaz A, Şahin OZ. The effect of exposure of rats during prenatal period to radiation spreading from mobile phones on renal development. *Ren Fail.* 2015;37(2):305-309.
16. Kerimoğlu G, Aslan A, Baş O, Çolakoğlu S, Odacı E. Adverse effects in lumbar spinal cord morphology and tissue biochemistry in Sprague Dawley male rats following exposure to a continuous 1-h a day 900- MHz electromagnetic field throughout adolescence. *J Chem Neuroanat.* 2016;78:125-130.
17. Kismali G, Ozgur E, Guler G, Akcay A, Sel T, Seyhan N. The influence of 1800 MHz GSM-like signals on blood chemistry and oxidative stress in non-pregnant and pregnant rabbits. *Int J Radiat Biol.* 2012;88(5):414-419.
18. Özorak A, Nazıroğlu M, Çelik Ö, Yüksel M, Özçelik D, Özkaya MO, et al. Wi-Fi (2.45 GHz)- and mobile phone (900 and 1800 MHz)-induced risks on oxidative stress and elements in kidney and testis of rats during pregnancy and the development of offspring. *Biol Trace Elem Res.* 2013;156(1-3):221-229.
19. Kuybulu AE, Öktem F, Çiriş İM, Sutcu R, Örmeci AR, Çömlekçi S, et al. Effects of long-term pre- and post-natal exposure to 2.45 GHz wireless devices on developing male rat kidney. *Ren Fail.* 2016;38(4):571-580.
20. Ulubay M, Yahyazadeh A, Deniz ÖG, Kıvrak EG, Altunkaynak BZ, Erdem G, et al. Effects of prenatal 900 MHz electromagnetic field exposures on the histology of rat kidney. *Int J Radiat Biol.* 2015;91(1):35-41.
21. Türedi S, Kerimoğlu G, Mercantepe T, Odacı E. Biochemical and pathological changes in the male rat kidney and bladder following exposure to continuous 900-MHz electromagnetic field on postnatal days 22-59. *Int J Radiat Biol.* 2017;93(9):990-999.
22. Koca O, Gokce AM, Akyuz M, Ercan F, Yurdakul N, Karaman MI. A new problem in inflammatory bladder diseases: use of mobile phones! *Int Braz J Urol.* 2014;40(4):520-525.
23. Soler R, Bruschini H, Martins JR, Dreyfuss JL, Camara NO, Alves MT, et al. Urinary glycosaminoglycans as biomarker for urothelial injury: is it possible to discriminate damage from recovery? *Urology.* 2008;72(4):937-942.
24. Tyagi P, Barclay D, Zamora R, Yoshimura N, Peters K, Vodovotz Y, et al. Urine cytokines suggest an inflammatory response in the overactive bladder: a pilot study. *Int Urol Nephrol.* 2010;42(3):629-35.
25. Qiao Z, Xia C, Shen S, Corwin FD, Liu M, Guan R, et al. Suppression of the PI3K pathway in vivo reduces cystitis-induced bladder hypertrophy and restores bladder capacity examined by magnetic resonance imaging. *PLoS One.* 2014;9(12):e114536.
26. Band PR, Le ND, MacArthur AC, Fang R, Gallagher RP. Identification of occupational cancer risks in British Columbia: a population-based case-control study of 1129 cases of bladder cancer. *J Occup Environ Med.* 2005;47(8):854-858.
27. Gurbuz N, Sirav B, Yuvaci HU, Turhan N, Coskun ZK, Seyhan N. Is there any possible genotoxic effect in exfoliated bladder cells of rat under the exposure of 1800 MHz GSM-like modulated radiofrequency radiation (RFR)? *Electromagn Biol Med.* 2010;29(3):98-104.