

Cep Telefonlarının Yaydığı Elektromanyetik Dalgaların Sıçan Testis Morfolojisi Üzerine Etkileri

Olgu Enis Tok, Feriha Ercan

¹Marmara Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Histoloji ve Embriyoloji Anabilim Dalı, İstanbul - Türkiye

Yazışma Adresi / Address reprint requests to: Feriha Ercan
Tıbbiye Caddesi, Marmara Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Histoloji ve Embriyoloji Anabilim Dalı, Haydarpaşa, İstanbul - Türkiye
Elektronik posta adresi / E-mail address: fercan@marmara.edu.tr
Kabul tarihi / Date of acceptance: 24 Ağustos 2013 / August 24, 2013

ÖZET

Cep telefonlarının yaydığı elektromanyetik dalgaların sıçan testis morfolojisi üzerine etkileri

Amaç: Kullanım alanı yaygın olan cep telefonlarının yaydığı elektromanyetik dalgaların (EMD) birçok doku üzerine etkileri olduğu bildirilmektedir. Bu çalışmada GSM 1800 iletişim frekansına ve 217 Hz aşırı alçak dalga (ELF) atış tekrar frekansına (PRF) sahip ve en yüksek özgül soğurma değeri (SAR) 1,79 W/kg olan cep telefonunun yaydığı EMD'nin sıçan testis morfolojisinde meydana getirdiği değişiklikleri göstermek amaçlanmıştır.

Yöntem: Çalışmamızda Wistar-albino türü sıçanlar kullanılmış (her grup için n=6 ve 1) Kontrol, 2) EMD, 3) EMD Fötal, 4) Stand by (Bekleme) ve 5) Bekleme Fötal olmak üzere 5 deney grubu oluşturulmuştur. Kontrol grubu hariç, fötal deney grupları doğuma kadar, diğer deney grupları ise doğumdan sonraki 60. güne kadar günde 2 saat olmak üzere her gün EMD'ye tabi tutulmuşlardır. Tüm deney gruplarındaki sıçanların testisleri doğum sonrası 60. günde eter anestezisi altında alınmıştır. Sıçanların vücut ve testis ağırlıkları tartılmıştır. Testis dokuları Bouin solüsyonu ile fikse edildikten sonra rutin parafin takibi uygulanmıştır. Parafin kesitlere Hematoksilin & Eosin boyası uygulanmıştır ve boyalı kesitlerde seminifer tübül çapı ve alanı ölçümleri ve histopatolojik skorlama yapılmıştır.

Bulgular: Sadece EMD grubunda sıçan ağırlığı düşüş gösterirken, EMD Fötal ve EMD gruplarında testis ağırlığının, seminifer tübül alanının ve seminifer tübül çapının düştüğü gözlenmiştir. Normal tübül yapısı Bekleme grubunda azalmakla birlikte anlamlı değildir, EMD Fötal ve EMD gruplarında anlamlı şekilde azalmıştır ve EMD grubunda ise dejeneratif ve atrofik tübül sayısındaki artış anlamlıdır.

Sonuç: Bu çalışmada konuşur konumdaki cep telefonlarının yaydığı EMD'lerin testis morfolojisi üzerine olumsuz etkileri gösterilmiştir. Sonuç olarak, EMD'nin erkek fertilitesi üzerine etkilerini gösterebilmek için spermatogenezi düzenleyen kan testis bariyeri ve Leydig hücreleri ile ilgili yapılacak olan detaylı çalışmalara ihtiyaç vardır.

Anahtar sözcükler: Cep telefonu, elektromanyetik dalgalar, testis, sıçan

ABSTRACT

The effect of the electromagnetic waves emitted by mobile phones on the testis morphology of rats

Objective: The electromagnetic waves (EMW) emitted by commonly used mobile phones are reported to have effects on many tissues. In this study, we aimed to show the effect of EMW emitted by mobile phone with DSC 1800 carrier frequency and pulse repetition frequency of 217 Hz which has the highest SAR value 1.79 W/kg on the morphological changes of rat testis.

Method: Wistar-albino rats were used in this study (n= 6 for each group) and were divided to 5 experimental groups as Control, Standby Fetal, Standby, EMW Fetal and EMW. Application of EMW was performed for 2 hours per day until the birth in fetal experimental groups and until postnatal 60th day in other experimental groups. Testes of the rats in all experimental groups were taken at postnatal 60th day under ether anesthesia. The body and testis of the rats were weighed. Testis tissues were fixed with Bouin solution and routine paraffin processing was done. Paraffin sections were stained with Hematoxylin & Eosin, then, diameter and area of seminiferous tubules were measured and histopathological scoring was done.

Results: While body weight of the rats was decreased in only EMW group, testis weight, seminiferous tubule area and seminiferous tubule diameter were decreased in the EMW Fetal and EMW groups. Seminiferous tubules with normal morphology were not significantly decreased in the Standby group, but, significantly decreased in the EMW Fetal and EMW groups. Degenerative and atrophic tubules were found to be significantly increased in the EMW group.

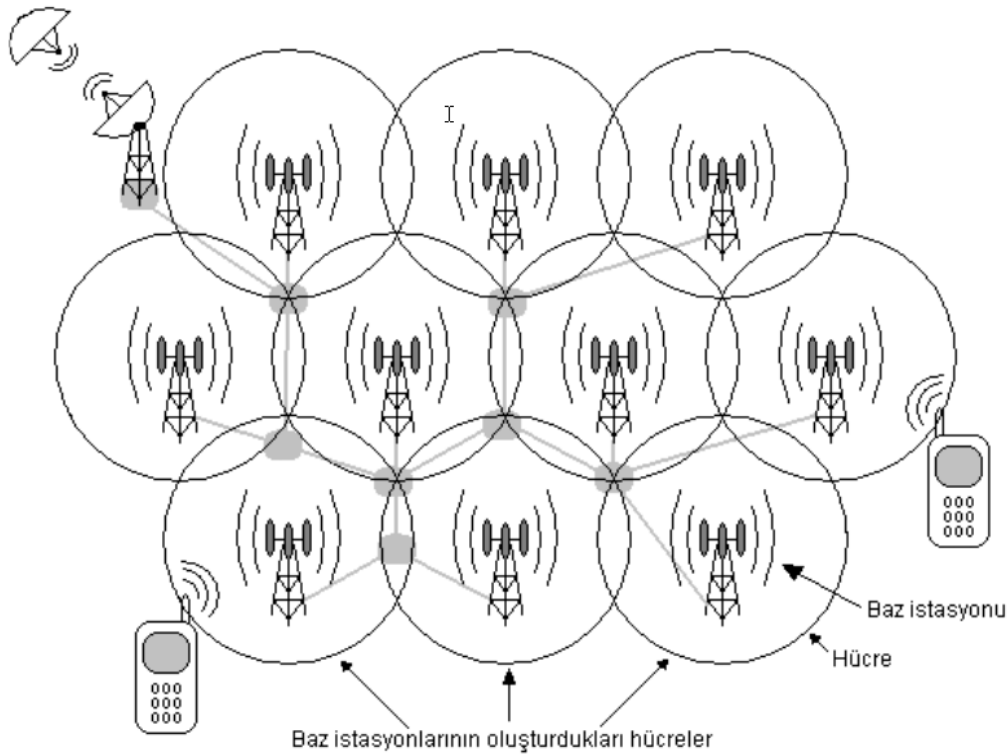
Conclusion: EMW emitted by mobile phones showed adverse effects on testis morphology in speaks mode. As a result, detailed studies on the blood-testis barrier that regulates spermatogenesis and Leydig cells are needed in order to show the effects of EMW on male fertility.

Key words: Cell phone, electromagnetic waves, testis, rat

GİRİŞ

İnsanlar tarafından üretilen elektromanyetik dalgaların (EMD) biyolojik etkileri son yıllarda bilim dünyasında ve

toplumda merak ve endişe uyandıran konuların başında gelmektedir. Son 20-25 yıl içerisinde hızla gelişen cep telefonu; kablosuz yerel alan ağı (Wireless Local Area Network=WLAN), bluetooth, sayısal güçlendirilmiş kablo-



Şekil 1: Baz istasyonları hücresel ağ yapısı ve cep telefonu ile etkileşimi (3).

suz haberleşmeler (Digital Enhanced Cordless Telecommunications=DECT) ile birlikte modern insanın maruz kaldığı elektromanyetik dalgalar arasında en sık ve en yakın olarak kullanılanlardan biri haline gelmiştir. 2013 verilerine göre Dünya'da ~ 6,8 milyar (1) ve Türkiye'de ~ 67 milyon (2) cep telefonu abonesi bulunmaktadır.

Cep telefonu, bir radyo vericisi ve alıcısının tek bir elektronik cihaz üzerinde birleştirilmiş şeklidir ve baz istasyonu ile EMD üreterek bağlantı kurmaktadır. Baz istasyonlarının oluşturdukları hücreler haberleşme ağını oluştururlar (Şekil 1).

Cep telefonundan yayılan mikro dalga ışınması 400-1780 megahertz (MHz) frekans aralığında daha iyi çalışır. Türkiye'de kullanılan hücresel haberleşme sistemleri GSM900 (Global System for Mobile Communications=Mobil İletişim için Küresel Sistem) ve DCS1800 (Digital Cellular Service=Sayısal Hücresel Servis)'dür. GSM900'ün çalışma frekans bandı 880-960 MHz ve DCS1800'ün frekans bandı 1710-1880 MHz'dir (3). Bu iki sistemde 217 Hz aşırı alçak dalga (Extra Low Frequency=ELF) atış tekrar frekansı (Pulse Repetition Frequency=PRF) kullanır ve bundan dolayı cep telefonları sinyalleri hem radyo frekansı (RF) hem de ELF fre-

kansı özelliklerini taşırlar (4). Cep telefonları veri aktarımı yapmıyorken enerji tasarrufu amacı ile DTX (discontinuous transmission=aralıklı iletim) moduna geçerler ve 2, 8 ve 217 Hz frekansında ışın yaparlar. Buradaki ışın güçleri konuşma anındakinden çok daha düşüktür (5).

Radyasyon, iyonize ve iyonize olmayan radyasyon olarak ikiye ayrılır. İyonize radyasyon X ve gama ışınları gibi, molekülleri kısmen veya tamamen iyonlaştırarak dokudan atom ve molekülleri soyabilecek ve kimyasal reaksiyonları değiştirebilecek elektromanyetik enerjiye sahip dalgalardır. Düşük frekanslı dalgalar, RF, kızılötesi ve görünür ışık iyonize olmayan radyasyonlardır. Cep telefonlarının yaydığı elektromanyetik dalgaların içinde bulunduğu iyonize olmayan radyasyonun ısı ve ısı olmayan etkileri vardır. Özgül Soğurma Hızı (Static Absorption Rate=SAR) elektromanyetik enerjinin vücut dokuları tarafından soğurulma hızıdır ve dokudaki ısı artışı ile bağlantılıdır. Isı artışına bağlı zararlı etkiyi kontrol altında tutmak için en yüksek SAR değerini; Uluslararası İyonlaştırıcı Olmayan Radyasyondan Korunma Komitesi (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection=ICNIRP) 10 gr doku için 2 W/kg ve Federal Komünikasyon Komisyonu

(Federal Communications Commission=FCC) 1 gr doku başına 1,6 W/kg olarak belirlemiştir. Cep telefonlarının yaydığı EMD elektromanyetik radyasyonu oluşturur ve etki gücü kaynağın kuvveti haricinde kaynağa olan mesafeyle de yakından ilişkilidir. Mesafe arttıkça etki kuvveti hızla azalır (6).

Son yıllarda cep telefonlarının yaydığı EMD'nin zararlı etkileri beyin ve üreme sistemi başta olmak üzere birçok doku üzerine araştırılmaya başlanmıştır (7-9). Erkek üreme sistemi üzerine olan çalışmalar ise testis doku morfolojisi ve sperm parametrelerinin değerlendirilmesi üzerine yoğunlaşmıştır (10-12).

Yetişkin Sprague-Dawley sıçanlar 4 hafta boyunca günde 30dakika 900 MHz yayın yapan cep telefonu EMD'sine maruz bırakıldığında seminifer tübül çapında ve germinal epitelyum kalınlığında anlamlı düşüş gözlenmiştir (13). Bir başka çalışmada, EMD uygulamasından sonra yetişkin sıçan testisinde morfolojik değişiklik gözlenmezken seminifer tübül çaplarının düştüğü belirtilmiştir (14). Yetişkin sıçanlar cep telefonu radyasyonuna 3 ay boyunca günde 30 dakika maruz bırakıldığında testislerinde herhangi bir anormallik gözlenmezken günde 60 dakika EMD uygulanan grubun %18,7'sinde hipospermatogenez gözlenmiştir (15). Yetişkin tavşanlarda 800 Mhz yayın yapan cep telefonu EMD uygulaması seminifer tübül çapında anlamlı düşüşe sebep olmuştur (16). Ancak bazı araştırmacılar ise yaptıkları çeşitli çalışmalarda cep telefonlarının testis dokusu üzerine olumsuz etkisi olmadığını söylemektedirler (17-19).

SAR değeri 0,155 W/kg olan ve 890-915 MHz yayımı gebe Wistar albino sıçanlara günde 2 saat olmak üzere doğuma kadar uygulandığında, yavru sıçanların doğum ağırlıklarında anlamlı düşüş gözlenmiştir (20). Bir başka gelişimsel çalışmada ise, tavuk embriyoları cep telefonu EMD'sine maruz bırakılmış ve ölüm oranı hesaplanmıştır. Kontrol grubunda %16 olan ölüm oranı EMD uygulanan grupta %70'e çıkmıştır (21).

Cep telefonlarının testis dokusu üzerine etkisi birçok değişikliğe göre değişmektedir. Cep telefonu yayım frekansı, SAR değeri, konuşma süresi ve mesafesi hasar üzerine birincil etkenlerdir. Bu çalışmada GSM1800 iletişim frekansına sahip 217 Hz atış tekrar frekansına (PRF) sahip ve en yüksek özgül soğurma değeri (SAR) 1,79 W/kg olan cep telefonlarının farklı konumlarda yaydığı EMD'nin testis gelişimi üzerine etkisini ışık mikroskopi düzeyinde göstermek amaçlanmıştır.

GEREÇ VE YÖNTEM

Deney Hayvanları

Bu çalışmanın yapılabilmesi için Marmara Üniversitesi Tıp Fakültesi Deney Hayvanları Araştırma Etik Kurulu'ndan onay alınmıştır (23.09.2010-56.2010.mar). Çalışmamızda hamile Wistar albino sıçanlar ve onların yavruları kullanılmıştır. Sıçanlar 2 dişi-1 erkek olacak şekilde bir gece boyunca çiftleşmeye bırakılmıştır. Ertesi gün vajinal plak görülen sıçanlar gebeliğin 0. günü kabul edilerek ve ayrı kafeste gebeliğin takibi yapılmıştır. Doğan erkek sıçanlar çalışmaya dahil edilmiştir. Hayvanlar uygun kafesler içinde, 12 saat aydınlık-karanlık ortamda, standart sıçan yemi ile beslenmişler ve musluk suyu içmişlerdir.

Deney Grupları ve EMD Uygulaması

Çalışmamızda 1) Kontrol, 2) EMD, 3) EMD+Fötal, 4) Stand by (Bekleme) ve 5) Bekleme+Fötal olmak üzere 5 deney grubu oluşturulmuştur ve her grup için n=6 olacak şekilde deney hayvanı kullanılmıştır. EMD grubundaki sıçanlar fötal 14.günden doğumdan sonraki 60.güne kadar ve EMD+Fötal deney grubundaki sıçanlar fötal 14. günden doğuma kadar olan sürede konuşur konumdaki cep telefonunun EMD'sine günde 2 saat boyunca maruz bırakılmışlardır. Bekleme grubundaki sıçanlar fötal 14. günden doğumdan sonraki 60. güne kadar ve Bekleme+Fötal deney grubundaki sıçanlar fötal 14. günden doğuma kadar olan sürede bekleme konumundaki cep telefonunun EMD'sine günde 2 saat boyunca maruz bırakılmışlardır. Kontrol grubundaki sıçanlara herhangi bir EMD uygulaması yapılmamıştır. Tüm deney gruplarındaki sıçanlar 60. günde sakrifiye edilmeden hemen önce tartılmış ve eter anestezisi altında testisleri çıkarılmış ve tartılmıştır.

Işık Mikroskopisinde Değerlendirme

Alınan testis dokuları Bouin solüsyonu ile 18 saat fikse edildikten sonra yükselen alkol serilerinden (%70, %90, %96, %100) geçirilerek dehidrate edilmiş, toluen ile şeffaflaştırılmış, 60°C'lik etüvde parafinde gece boyunca bekletildikten sonra oda ısısında parafin içine gömülerek bloklandırılmıştır. Parafin bloklardan yaklaşık 5 µm kalınlığında alınan kesitlerde histopatolojik semikantitatif analiz yapabilmek

için Hematoksilin-Eosin (H&E) boyası ile boyanmıştır. Boyanan kesitler Olympus BX51 ışık mikroskopi (Tokyo, Japonya) ile görüntülenmiş ve Olympus DP72 dijital kamera (Tokyo, Japonya) ile fotoğraflanmıştır. Her kesitte preparat saat yönünde kaydırılarak rastgele seçilen 10 benzer alandaki seminifer tübüllerin çapı ve alanı x100 büyütmedeki görüntülerden Olympus DP2-BSW programı kullanılarak ölçülmüştür. Seminifer tübüllerde histolojik hasar skorlaması da benzer şekilde rastgele seçilen 10 benzer alandaki x200

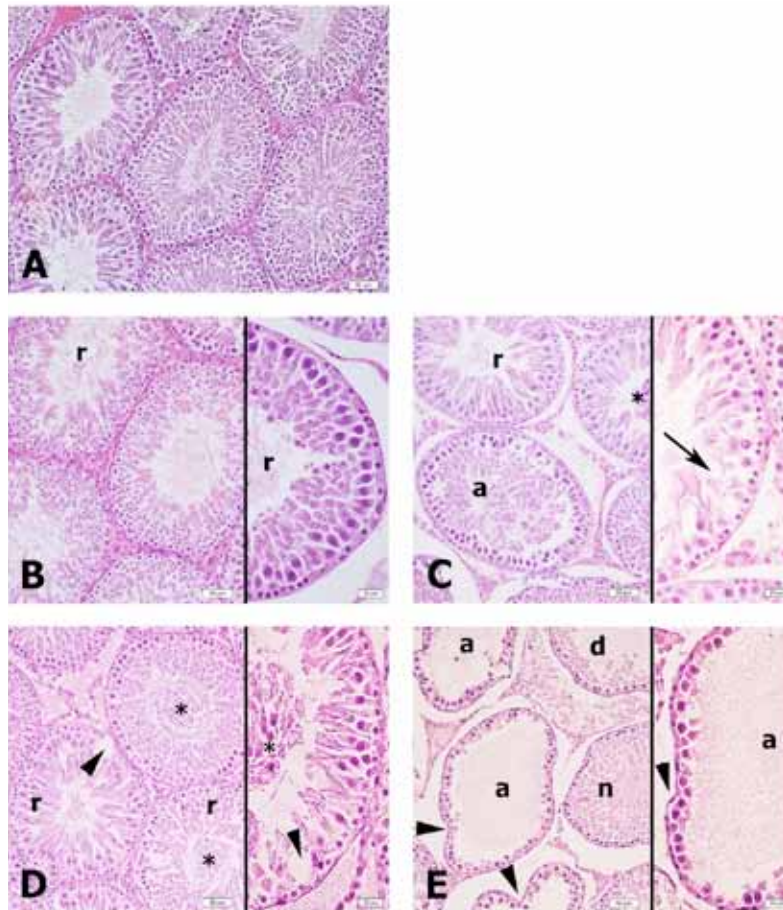
büyütmede Rex A. Hess (1988)'in çalışmasından modifiye edilerek yapılmış ve normal, regresif, dejeneratif ve atrofik tübüller değerlendirilmiştir (22).

İstatistiksel Analiz

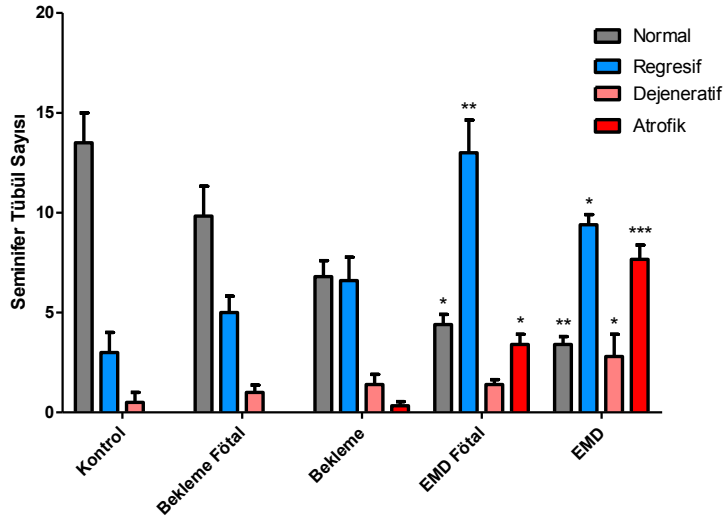
İstatistiksel analiz Graph-Pad Prism 5.0 (GraphPad Software, San Diego, CA, USA) programı kullanılarak yapılmıştır. İstatistiksel analizler için Kruskal-Wallis non-parametric

Tablo 1: Kontrol ve deney gruplarında vücut ağırlığı (g), testis ağırlığı (g), seminifer tübül çapı (μm) ve seminifer tübül alanı ($10^3 \times \mu\text{m}^2$) (ortalama \pm standart sapma). * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, Kontrol grubu ile karşılaştırıldığında

	Kontrol	Bekleme Fötal	Bekleme Fötal	EMD	EMD
Vücut ağırlığı (g)	283 \pm 31,89	286 \pm 49,89	230 \pm 5,68	219 \pm 58,95	185 \pm 13,97 (*)
Testis ağırlığı (g)	1,65 \pm 0,14	1,45 \pm 0,26	1,29 \pm 0,1	1,06 \pm 0,4 (*)	1,07 \pm 0,3 (*)
Seminifer tübül çapı (μm)	331,8 \pm 7,1	290,8 \pm 11	284,2 \pm 19	267,2 \pm 47 (*)	266,3 \pm 24,2 (**)
Seminifer tübül alanı ($10^3 \times \mu\text{m}^2$)	74,7 \pm 3,5	69,8 \pm 3,5	66 \pm 9,2	54,2 \pm 17,5 (*)	55,1 \pm 8,8 (**)



Şekil 2: Kontrol grubunda (A) normal testis morfolojisi. Bekleme+Fötal grubunda (B), normal seminifer tübüllerin yanında az sayıda regresif (r) seminifer tübüller. Bekleme grubunda (C), bazı seminifer tübüllerin epitelinde yer yer alçalma (\rightarrow), seminifer tübül lümeninde spermatogjenik hücre döküntüleri (*), regresif (r) ve atrofik (a) seminifer tübüller. EMD+fötal grubunda (D), bazı seminifer tübüllerde spermatogjenik hücrelerde vakuol (\blacktriangleright) ve seminifer tübül lümeninde spermatogjenik hücre döküntüleri (*), çok sayıda regresif (r) seminifer tübüller. EMD grubunda (E) seminifer tübül kontürlerinde bozulma (\blacktriangleright), az sayıda normal tübül (n), artmış dejeneratif(d) ve atrofik tübüller.



Şekil 3: Normal, regresif, dejeneratif ve atrofik seminifer tübüllerin sayısı. * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$ Kontrol grubu ile karşılaştırıldığında.

median testi ve Dunn çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır. $p < 0.05$ anlamlı olarak kabul edilmiştir.

SONUÇLAR

Sıçan ve Testis Ağırlığı, Seminifer Tübül Çapı ve Alanı

Kontrol grubuna göre kıyaslandığında sıçan vücut ağırlıklarının sadece EMD grubunda ($p < 0.05$) anlamlı düştüğü gözlenirken, testis ağırlıkları hem EMD+Fötal hem de EMD grubunda ($p < 0.05$) anlamlı şekilde düşmüştür. Seminifer tübül çapı, kontrol grubuyla karşılaştırıldığında EMD+Fötal ($p < 0.05$) ve EMD ($p < 0.01$) gruplarında anlamlı şekilde düşmüştür. Seminifer tübül alanı ise EMD+Fötal ($p < 0.05$) ve EMD ($p < 0.01$) gruplarında anlamlı şekilde düşmüştür (Tablo 1).

Histolojik Bulgular

Kontrol grubunda, düzenli spermatogenik seriye ait hücreler içeren düzgün kontürlü seminifer tübüller bulunan normal testis morfolojisi gözlenmiştir (Şekil 2A). Bekleme+Fötal grubunda ise, normal seminifer tübüllerin yanında çok az sayıda regresif seminifer tübül içeren kontrol grubuna yakın testis morfolojisi izlenmiştir (Şekil 2B). Bekleme grubunda regresif, dejeneratif ve atrofik seminifer tübül varlığı görülmekle beraber bazı seminifer tübüllerin lümeninde hücre döküntüleri ve spermatogenik seriye ait hücrelerde yer yer açılmalar gözlenmiştir (Şekil 2C). EMD+Fötal grubunda çok sayıda regresif seminifer tübülle beraber az

sayıda dejeneratif ve atrofik seminifer tübüle rastlanmıştır. Birçok seminifer tübül lümeninde spermatogenik hücre döküntüleri bulunmakla beraber bazı seminifer tübüllerde ise spermatogenik hücrelerde vakuolizasyon görülmektedir (Şekil 2D). EMD grubunda ise, bağ dokusunda artışla beraber çok sayıda çapları küçülmüş ve kontürleri iyice bozulmuş dejeneratif ve atrofik tübül varlığı gözlenmiştir (Şekil 2E).

Histopatolojik Skorlama

Tüm deney gruplarına ait seminifer tübüllerdeki histopatolojik değerlendirmeler Şekil 3'de gösterilmiştir. Kontrol grubunda çok sayıda normal seminifer tübül yapısı görülürken; EMD+Fötal ($p < 0.05$) ve EMD ($p < 0.01$) gruplarında anlamlı şekilde azalmıştır. Regresif seminifer tübül sayısı EMD+Fötal ($p < 0.01$) ve EMD ($p < 0.05$) gruplarında anlamlı şekilde artmıştır. Dejeneratif seminifer tübül sayısı sadece EMD ($p < 0.05$) grubunda anlamlı artmış, atrofik seminifer tübül sayısı hem EMD+Fötal ($p < 0.05$) hem de EMD grubunda ($p < 0.001$) anlamlı artmıştır.

TARTIŞMA

Bu çalışmada, gelişim süreci boyunca hem bekleme hem de konuşur konumda cep telefonu EMD'lerine maruz kalan sıçanlarda testis dejenerasyonu gözlenmiştir. Bu dejeneratif bulgular, testiküler ağırlığın düşmesi, seminifer tübül çap ve alanının azalması, normal seminifer tübül sayısının

azalması ve dejeneratif ve atrofik seminifer tübül sayısının artmasıdır.

Cep telefonlarının yaydığı EMD'lerin erkek üreme sistemi üzerine etkileri birçok çalışmayla incelenmiştir. EMD'lerin etkisi; iletişim frekansına, cep telefonunun sahip olduğu SAR değerine, bekleme/konuşma süresine ve kullanıcıya ait mesafeye göre değişmektedir. Daha önce çeşitli frekanslarda, SAR değerinde ve sürelerde yetişkin sıçanlar üzerine EMD etkisi incelenen çalışmalarda hayvan ve testis ağırlığında anlamlı değişiklik bulunmamışken (23) bazı çalışmalarda seminifer tübül çaplarında anlamlı düşüş görülmüştür (13,14). Wistar albino hamile sıçanlara doğuma kadar günde 2 saat 890-915 MHz (SAR: 0,155 W/kg) ışıma uyguladıklarında doğum ağırlıklarının anlamlı şekilde düştüğü belirtilmiştir (20). Bu çalışmada, sıçan ağırlıkları sadece EMD grubunda anlamlı düşmüştür, testis ağırlıklarının ise hem EMD+Fötal hem de EMD gruplarında anlamlı düştüğü gözlenmiştir. Seminifer tübül çapı ise Bekleme Fötal grubu hariç bütün gruplarda anlamlı şekilde düşmüştür. Diğer çalışmalara ek olarak seminifer tübül alanına ait yapılan ölçümlerde ise EMD+Fötal ve EMD grubunda anlamlı düşüş gözlenmiştir.

SAR değeri 2 W/kg olan ve 848,5 MHz ışıma yapan cep telefonunun yetişkin sıçanlarda spermatogenez üzerine olumsuz etkisi olmadığı söylenmiştir (18). SAR değeri 0,018-0,023 W/kg olan ve 1800 MHz ışıma yapan cep telefonu ile günde 2 saat ve 2 hafta süreyle uygulama yapılan bir başka çalışmada yetişkin farelerin testislerinde herhangi bir morfolojik değişiklik gözlenmediği belirtilmiştir (19). Yetişkin sıçanlara günde 20 dakika ve 1 ay boyunca SAR değeri 0,52 W/kg olan cep telefonlarının yaydığı EMD uygulandığında seminifer tübüllerde histopatolojik bulguların

olmadığı belirtilmiştir (24). Bu çalışmada, yukarıda belirtilen çalışmaların bulgularından farklı olarak EMD grubunda daha çok olmakla birlikte EMD+Fötal grubunda regresif, dejeneratif ve atrofik tübüllerin sayısında anlamlı artış gözlenmiştir. Bizim çalışmamızda seminifer tübüllerde histopatolojik hasarın artmasının sebebi, çalışmada kullanılan EMD yayan cep telefonlarının SAR değerinin yüksek olması, günlük uygulama süresinin uzun olması ve uygulamanın testis gelişiminin erken döneminden başlayarak daha uzun süre ile uygulanmasından dolayı olabilir. Bekleme grubunda da seminifer tübüllerde hasar olduğu histolojik olarak ilk kez bu çalışmada ortaya konulmuştur.

Sonuç olarak, SAR değeri yüksek olan cep telefonlarının yaydığı elektromanyetik dalgalar, gelişim dönemindeki sıçanların testislerinde histopatolojik bulguların artışına sebep olmaktadır. Bu da sperm üretimine olumsuz yönde etki ederek fertilité oranının düşmesine sebep olabilir. EMD'nin testis morfolojisi üzerine olumsuz etkilerini ortaya koyabilmek için spermatogenezde rol oynayan Leydig hücreleri ve Sertoli hücreleri detaylı olarak incelenmelidir. Yardımlı üreme merkezlerine başvuran erkek hastaların sperm parametrelerindeki düşüşe sebep olan çevresel faktör olarak cep telefonu kullanma alışkanlıklarının da rapor edilmesinin önemli olacağını düşünmekteyiz.

Teşekkür

Bu çalışma Olgu Enis Tok'un yüksek lisans tezinin bir bölümünden hazırlanmıştır ve Marmara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından SAG-C-YLP-031210-0270 numaralı proje ile desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

1. International Telecommunication Union; <http://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Documents/facts/ICTFactsFigures2013.pdf>
2. Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu; http://www.btk.gov.tr/kutuphane_ve_veribankasi/pazar_verileri/ucaylik13_1.pdf
3. Elektromanyetik Dalgalar Ve İnsan Sağlığı, Tübitak-Bülten;2001 <http://www.biltek.tubitak.gov.tr/sandik/gsm.pdf>
4. Harper AC, Bures RV. Mobile Telephones: Networks, Applications and Performance. Nova Publishers; 2008. p. 138-140.
5. Czyz J, Guan K, Zeng Q, Nikolova T, Meister A, Schönborn F, Schuderer J, Kuster N and Wobus AM. High frequency electromagnetic fields (GSM Signals) affect gene expression levels in tumor suppressor p53-deficient embryonic stem cells. *Bioelectromagnetics*. 2004;25:296-307.
6. Zamanian A, Hardiman C. Electromagnetic radiation and human health: A review of sources and effects electromagnetic radiation and human health: A review of sources and effects. *High Frequency Electronics*. 2005.
7. Fritze K, Sommer C, Schmitz B, Mies G, Hossmann KA, Kiessling M, Wiessner C. Effect of global system for mobile communication (GSM) microwave exposure on blood-brain barrier permeability in rat. *Acta Neuropathologica*. 1997;94:465-470.
8. Moulder JE, Erdreich LS, Malyapa RS, Merritt J, Pickard WF, Vijayalaxmi. Cell phones and cancer: what is the evidence for a connection? *Radiat Res*. 1999;151(5):513-31.
9. Colonna A. Cellular phones and cancer: current status. *Bulletin du Cancer*. 2005;92:637-643.

10. Davoudi M, Brossner C, Kuber W. The influence of electromagnetic waves on sperm motility. *Journal für Urologie und Urogynäkologie*. 2002;19:18–22.
11. Fejes I, Závaczki Z, Szöllosi J, Koloszar S, Daru J, Kovács L, Pál A. Is there a relationship between cell phone use and semen quality? *Archives of Andrology*. 2005;51:385–393.
12. 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):124-8.
13. Ozguner M, Koyu A, Cesur G, Ural M, Ozguner F, Gokcimen A, Delibas N. Biological and morphological effects on the reproductive organ of rats after exposure to electromagnetic field. *Saudi Medical Journal*. 2005;26:405–410.
14. Dasdag S, Ketani MA, Akdag Z, Ersay AR, Sari I, Demirtas OC, Celik MS. Whole-body microwave exposure emitted by cellular phones and testicular function of rats. *Urology Research*. 1999;27:219–223.
15. Meo SA, Arif M, Rashied S, Khan MM, Vohra MS, Usmani AM, Imran MB, Al-Drees AM. Hypospermatogenesis and spermatozoa maturation arrest in rats induced by mobile phone radiation. *J Coll Physicians Surg Pak*. 2011; 21:262-265.
16. Salama N, Kishimoto T, Kanayama HO. Effects of exposure to a mobile phone on testicular function and structure in adult rabbit. *Int J Androl*. 2010; 33:88-94.
17. Imai N, Kawabe M, Hikage T, Nojima T, Takahashi S, Shirai T. Effects on rat testis of 1.95-GHz W-CDMA for IMT-2000 cellular phones. *Syst Biol Reprod Med*. 2011;57(4):204-209.
18. Lee HJ, Pack JK, Kim TH, Kim N, Choi SY, Lee JS, Kim SH, Lee YS. The lack of histological changes of CDMA cellular phone-based radio frequency on rat testis. *Bioelectromagnetics*. 2010;31:528-34.
19. Forgács Z, Somosy Z, Kubinyi G, Bakos J, Hudák A, Surján A, Thuróczy G. Effects of whole body 1800 MHz GSM-like microwave exposure on testicular steroidogenesis and histology in mice, *Reprod. Toxicol*. 2006;22:111–117.
20. Dasdag S, Akdag MZ, Ayyildiz O, Demirtas OC, Yayla M, Sert C. Do cellular phones alter blood parameters and birth weight of rats? *Electromagn. Biol Med*. 2000;19:107–113.
21. Grigoryev Y. Biological effects of mobile phone electromagnetic field on chick embryo (Risk assessment using the mortality rate), *Radiats. Biol Radioecol*. 2003;43:541–543.
22. Linder R, Hess RA, Perreault SD, Strader LF, Barbee RR. Acute effects and long-term sequelae of 1,3-Dinitrobenzene on male reproduction in the rat I. sperm quality, quantity, and fertilizing ability. *J Androl*. 1988;9(5):317-326.
23. Ribeiro EP, Rhoden EL, Horn MM, Rhoden C, Lima LP, Toniolo L. Effects of sub chronic exposure to radio frequency from a conventional cellular telephone on testicular function in adult rats, *J. Urol*. 2007;177:395–399.
24. Dasdag S, Akdag MZ, Aksen F, Yilmaz F, Bashan M, Dasdag MM, Celik MS. Whole body exposure of rats to microwaves emitted from a cell phone does not affect the testes, *Bioelectromagnetics*. 2003;24:182–188.