

T. C.
DİCLE ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
BİYOFİZİK ANABİLİM DALI

**CEP TELEFONLARININ YAYDIĞI RADYASYONUNUN TESTİS ÜZERİNE
ETKİLERİNİN ELEKTRON MİKROSKOBİK OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

118150

HAZIRLAYAN

Abdullah TOPRAK

TEZ DANIŞMANI

Prof. Dr. Süleyman DAŞDAĞ

**Y.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

DIYARBAKIR - 2002

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
Tablo Listesi	3
Şekiller Listesi	3
Kısaltmalar	4
Teşekkür	5
ÖZET	6
ABSTRACT	7
1. GİRİŞ VE AMAÇ	8
2. GENEL BİLGİLER	9
2.1 Cep Telefonlarından yayınlanan mikrodalga radyasyonunun Elektromanyetik dalga spektrumu içindeki yeri	10
2.2 . Mikrodalga Radyasyonunun Fiziksel ve Biyofiziksel Özellikleri	12
2.3. Cep Telefonları ve Telsiz İletişimi	15
2.3.1. Radyo Sinyallerinin Yoğunluğu	17
2.3.2. Sürekli ve Aralıklı Sinyaller	17
2.4. Standartlar ve Limitler	19
2.5. Sağlık ve Güvenlik	20
2.6. Radyo Baz İstasyonları	21
2.7. Spesifik Absorblanma Oranı (SAR)	22
2.8. Testisin Histolojisi	23
2.8.1 Leydig hücreleri	25
2.8.2. Semifer tubüller	25
2.8.3. Lamina propria	26
2.8.4. Bazal lamina	26
2.8.5. Semifer epitel	26

2.9. Mikrodalga ve Radyofrekans Radyasyonun Testisler Üzerine Etkisi	26
2.10. Mikrodalga ve RF Radyasyonunun Sperm ve Testikular Fonksiyon Üzerine Etkisi	31
3. GEREÇ VE YÖNTEM	36
3.1. Araştırmada kullanılan deney Hayvanları	36
3.2. Araştırmada Kullanılan Cep telefonlarının Genel Özellikleri ve Deney Düzenegi	37
3.3. Mikrodalga Uygulaması Ve Deney Prosedürü	38
3.4. Elektron Mikroskopik inceleme için Yapılan Histolojik Takip	42
3.5. İstatistiksel Yöntem	42
4. BULGULAR	43
4.1. Erkek Arama Grubu	43
4.2. Yavru Arama Grubu	44
5. TARTIŞMA	47
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	50
KAYNAKLAR	51

Tablo Listesi :	Sayfa No
Tablo 1 : En yaygın olarak kullanılan cep telefon sistemleri	18
Tablo 2: ICNIRP'nin Uluslararası elektro manyetik alan limitleri	19
Tablo 3: Deney ve kontrol grubuna ait rektal sıcaklıklar ve sıcaklık farklılıkları	46

Şekiller Listesi :

Şekil 1: Elektromanyetik alan yelpazesi	10
Şekil 2 : Elektromanyetik dalganın yayılma doğrultusu ile Elektrik ve manyetik alan bileşenleri	12
Şekil 3 : Cep telefonu ile iletişim sistemi	16
Şekil 4: 100 Watt'lık Bir İstasyondan Yayılan Tahmini Maksimum Elektromanyetik Alan ve ICNIRP Tarafından Tavsiye Olunan Limitler	22
Şekil 5 : Erişkin rat Testisin Genel Görünümü. Seminifer tübüller (ST) , tübül lümeni (L), lümende spermatozoalar (sps).	24

KISALTMALAR

RF	: Radyo Frekansı
RFR	: Radyo Frekans Radyasyonu
MW	: Mikrodalga
NMT	: Nordic Mobile Telephony
ETACS	: European Total Access Communication System
AMPS	: Advanced Mobile Phone System
D-AMPS	: Digital Advanced Mobile Phone System
GSM	: Global System for Mobile
PDC	: Personal Digital Cellular
IEEE	: Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Enstitüsü- Institute of Electric and Electronic Engineering
ANSI	: Amerikan Ulusal Standartlar Enstitüsü
SAR	: Spesifik absorblanma oranı
EMA	: Elektromanyetik Alan
EMD	: Elektromanyetik Dalga
GOT	: Glumatik Oxalik Transaminaz
MWR	: Mikrodalga Radyasyonunu

TEŞEKKÜR

Öncelikle bu günlere gelmemde büyük emeği olan aileme , bilgi ve tecrübelerinin yanı sıra bir büyük olarak akademik çalışmalarımda yardımcı olan danışman hocam Prof. Dr. Sayın Süleyman DAŞDAĞ' a ve Biyofizik Anabilimdalı Başkanı Prof. Dr. Sayın M. Salih ÇELİK'e , sonuçların değerlendirilip tezin yazılması aşamasında bilgi ve birikimini benden esirgemeyen , Doç. Dr. Sayın M. Zülküf AKDAĞ' a , Histolojik kesitlerin elektron mikroskopunda değerlendirilmesinde bana yardımcı olan Doç.Dr. Sayın Engin DEVECİ'ye, Prof. Dr. Sayın Yusuf NERGİZ'e ve yakın ilgisinden ötürü Doç.Dr. Sayın Murat Akkuş' a, Veteriner Fakültesi Histoloji-embriyoloji Anabilim Dalı Başkanı Yrd. Doç. Dr. Sayın M. Aydın KETANİ ' ye teşekkür ederim.

Abdullah TOPRAK

ÖZET

Cep Telefonlarının Yayıdığı Radyasyonunun Testis Üzerine Etkilerinin Elektromikroskopik Olarak Değerlendirilmesi

Abdullah TOPRAK

Bu çalışmada cep telefonlarından yayınlanan mikrodalga radyasyonunun farelerin testis dokusu üzerine etkisinin araştırılması amaçlanmıştır. 36 Wistar albino rat dört gruba bölündü. Bunlar, sham uygulaması yapılan kontrol grubu erkek (n=6) ve dişi (n=12) ile deney grubu erkek (n=6) ve dişi (n=12) şeklindeydi. Fareler uygulama boyunca plexiglas kafeslere konuldu ve cep telefonları kafeslerin 0,5 cm altına yerleştirildi. Tüm deney gruplarında cep telefonları, iki saatlik uygulama periyodu süresince her biri birer dakikalık üç kez konuşma moduna getirildi. Erkek farelerde radyofrekans radyasyonu (RFR) ve sham uygulamaları bir ay devam etti.. Sham (Kontrol) grubundaki hayvanlar radyofrekans uygulamaları dışında aynı deney şartlarına maruz bırakıldılar (cep telefonları kapatıldı). Bu çalışmada yer alan ve uygulamaya tabi tutulan dişi farelerin erkek yavrularının testislerinde bir değişimin sözkonusu olup olmadığını tespit edilebilmesi amacıyla yavru deney ve kontrol grupları oluşturuldu. Son uygulamadan hemen sonra tüm fareler intraperitoneal yolla letal öldürücü dozdaki pentobarbital ile öldürüldü. Tüm erkek erişkin ve yavru ratların testis dokuları histopatolojik olarak ışık ve elektron mikroskobu ile incelendi. Yapılan inceleme sonunda, deney ve kontrol grubu arasında histopatolojik olarak anlamlı farklılık gözlenmedi. Deney ve sham (kontrol) grubu farelerin rektal sıcaklıkları arasında anlamlı farklılık bulunmadı ($P>0,05$). Deney grubu farelerde spesifik absorblanma oranı (SAR) değeri 0,155 W/kg olarak bulundu.

Anahtar Kelimeler :

- 1- Cep Telefonu
- 2- Mikrodalga Radyasyonu
- 3- Testis
- 4- Radyo Frekans

ABSTRACT**The Electron Microscopical Evaluation of Cell Phone Exposure on Rat Testes Tissue**

Abdullah TOPRAK

The present study aimed to investigate the effects of microwaves emitted by cellular phones on testis (male rats) tissues of rats. Thirtysix Wistar albino rats were divided into four groups, male (n=6) and female sham-exposed groups (n=12) and male (n=6) and female experimental groups (n=12). The rats were confined in plexiglas cages and cellular phones were placed 0,5 cm under the cages. In all the experimental groups, phones were turned to the speech position for 1 min. Three times a day during an exposure period of 2 h. In male rats, Radiofrequency, Radiation (RFR) and sham exposures were continued for 1 month..The animals in the sham groups were handled and treated identically to the exposed groups, except that no RFR was emitted from the cellular phones. The reason of female exposure group is to observe the effect of radiation emitted from cellular phones on the testes of male of springs. Immediately after the last exposure, all the rats were killed with alethal dose of pentobarbital intraperitoneally. All adult male and male ofsprings rats testis tissue were examined with a light microscope and electron microscope. After the examination, no significant differences were observed between sham (control) and experimental groups histopathologically. It was not found significant differences between rectal temperatures of rats in the sham and experimental groups ($P>0,05$). The spesific absorbtion rate (SAR) was measured as to be 0,155 W/kg for the experimental groups.

Key Words :

- 1- Cellular Phone
- 2- Microwave Radiations
- 3- Testes
- 4- Radiofrequency

1.GİRİŞ VE AMAÇ

Haberleşme teknolojisinin gelişimine paralel olarak değişen iletişim yöntemlerindeki elektronik sistemlerin günlük yaşantımızdaki önemi belirgin bir şekilde artmaktadır. Ancak bu gelişmelerin paralelinde insan hayatını etkileyen elektromanyetik dalga kirliliği de artmaktadır. İletişimimizi sağlayan ve yaşamımızın her alanında kullanılan E.M (elektromanyetik) dalgalar bu alanlara maruz kalan bireyleri etkileyebildiği gibi , normal popülasyonu da etkilemektedir (1).

İletişim tekniğinin kullandığı radyasyon her ne kadar noniyonize radyasyon ise de , insan hayatını olumsuz olarak etkilediğine dair bulgulara rastlanmıştır (2).

E.M. dalgalar, oldukça düşük frekanslı (ELF) dalgalardan γ (gama) ışınlarına kadar geniş bir frekans spektrumunu kapsamaktadır. Günümüz haberleşme sisteminin vazgeçilmez elemanlarından biri olan cep telefonları (cell phone veya mobile phone), mikrodalgaları kullanan yüksek frekanslı elektronik sistemlerdir. Geniş bir kullanıcı kitlesi olan ve yüksek sıklıkta kullanılan cep telefonlarının biyolojik sistemle etkileşimi, son zamanlarda bilim adamları tarafından araştırılan popüler konulardan biridir. Ancak cep telefonlarının yaydığı radyasyonu kapsayan mikrodalga ve radyo frekans (RF) radyasyonunun biyolojik etkileri ile ilgili yapılan çok yönlü çalışmalar hücresel düzeyden kromozomal , nörolojik , kardiovasküler , hematopoetik ve immün sisteme kadar bir çok alanı kapsamaktadır (3,4).

Mikrodalğanın meydana getirmiş olduğu radyasyonun reproduktif (üreme ile ilgili) bazı etkilerinin olduğu ve buna bağlı olarak, testislerle etkileşimi konusunda yapılan deneysel çalışmalarda mikrodalga radyasyonunun bir takım dejenerasyonlar oluşturduğu ve üreme kapasitesini azalttığı rapor edilmiştir. Ancak bu araştırmaların sonuçlarına bakıldığında, genellikle mikrodalğanın termal etkilerinin primer olarak etkin olabildiği görülmektedir (5,6).

Hayvanlar üzerinde yapılan çalışmaların dışında, mesleki yaşamları gereği RF radyasyonuna maruz kalan bireylerde spermatogenezde azalma ve testislerde dejenerasyon olduğu rapor edilmiştir (7,8). Bununla birlikte mikrodalgaya mesleki olarak maruz kalan bireylerde fertilité açısından herhangi bir değişiklik olmadığını belirten raporlarda mevcuttur (8).

Mikrodalga yayan polis radarları ile testikular kanser arasında da istatistik olarak dikkate değer bir ilişki olduğuna ilişkin bulgular ortaya çıkarılmıştır (12).

Gerek mikrodalga radyasyonunun testis ve spermatogenez üzerine etkisi ile ilgili çelişkili raporlar gerekse cep telefonlarından yayınlanan radyasyonun testis dokusunun ultrastrüktürel yapısına etkisine ilişkin bulguların (10,11) varlığı bizi böyle bir çalışma yapmaya yöneltmiştir.

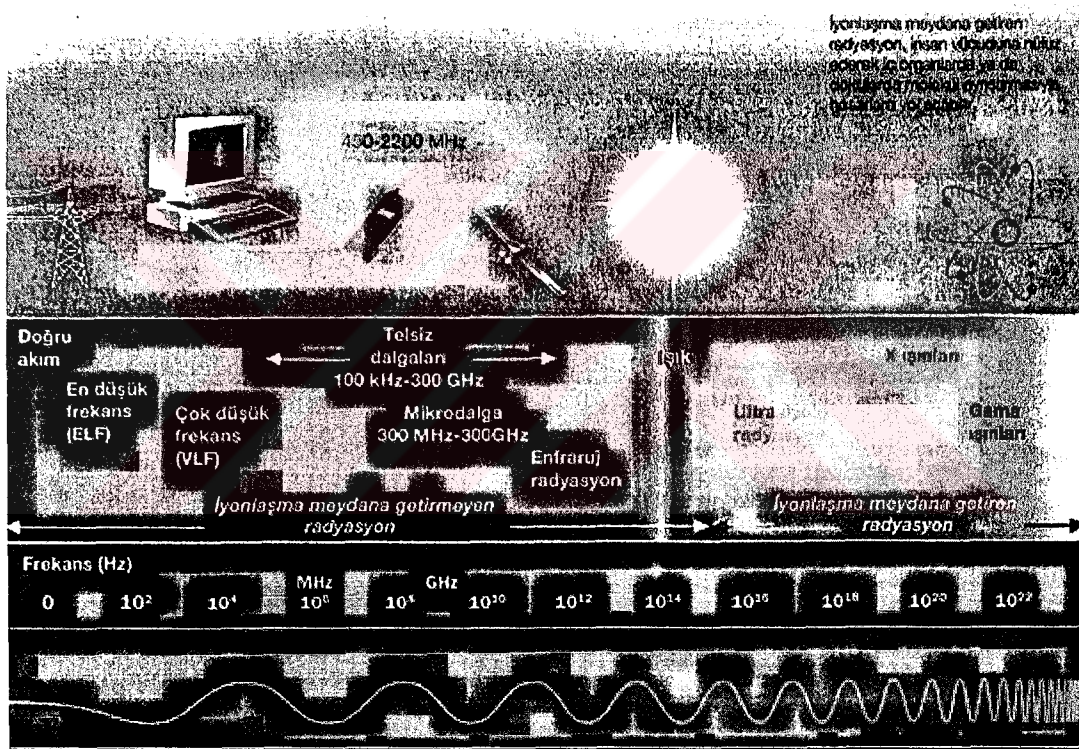
Çalışmamızın amacı, cep telefonlarından yayınlanan mikrodalga radyasyonunun ratların testis dokusunun ultrastrüktüel yapısı ve morfolojisine etkisinin olup olmadığını araştırmaktır.



2.GENEL BİLGİLER

2.1. Cep Telefonlarından yayınlanan mikrodalga radyasyonunun Elektromanyetik dalga spektrumu içindeki yeri :

Elektromanyetik dalgalar boşluktaki hızları $c = 3 \times 10^8$ (m/s) olmak üzere aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir (13).



Şekil 1 :Elektromanyetik alan yelpazesi

300MHz - 30 GHz arası frekanslar mikrodalga frekansları olarak isimlendirilir. Genellikle radar frekansları 3 GHz veya 10 GHz civarında olup, modülasyon türü darbe modülasyonudur. Radyo linklerde kullanılan frekanslar ise 6 ile 7 GHz civarındadır.

Haberleşme uydularının frekansları ise veriş için 6 GHz, alış için 4 GHz dir. Uydudan doğrudan televizyon yayını için frekans 12 GHz civarındadır. Uydu haberleşmesi de modülasyon türü frekans, cep telefonlarında kullanılan telsiz dalgaları, gözle görülen ışık ve X ışınları gibi, elektromanyetik alan yayan dalgalardır. Saniyede 300.000 km hızla yayılan bu dalgalar periyodik olarak değişen, hem elektrik hem de manyetik bileşenlerden oluşur. Radyo dalgalarının 1 saniyede oluşturduğu titreşime frekans denir ve Hertz (Hz), Kilohertz (kHz=Bin Hz), Megahertz (MHz=Milyon Hz) ve Gigahertz (GHz=milyar Hz) birimleriyle ifade edilir. Frekans yükseldikçe, dalga boyu kısalmır. Dalga boyu ise, iki dalga tepesi arasındaki mesafedir (2,14).

Çizimdeki elektromanyetik yelpazede görüldüğü gibi, değişik elektromanyetik dalgaların değişik frekansları vardır. Aynı zamanda değişik özellikleri ve değişik kullanımları vardır. Çeşitli iletişim şekillerinde kullanılan radyo dalgaları, yelpazenin alt kısmında yer almaktadır. Cep telefonlarında, 450-2200 MHz arasındaki frekanslarda radyo dalgaları kullanılır. Bu aynı zamanda mikrodalga frekanslarının bir parçasıdır (1).

Radyo dalgalarından daha yüksek frekanslı elektromanyetik dalgalar çok farklı özelliklere sahiptir. Örneğin, ışık gözle görülebilir niteliktedir ve bir cep telefonunun radyo dalgalarından bir milyon kat daha fazla frekanslardaki elektromanyetik radyasyon maddeyi iyonlaştırabilir ve molekülleri parçalayabilir (15).

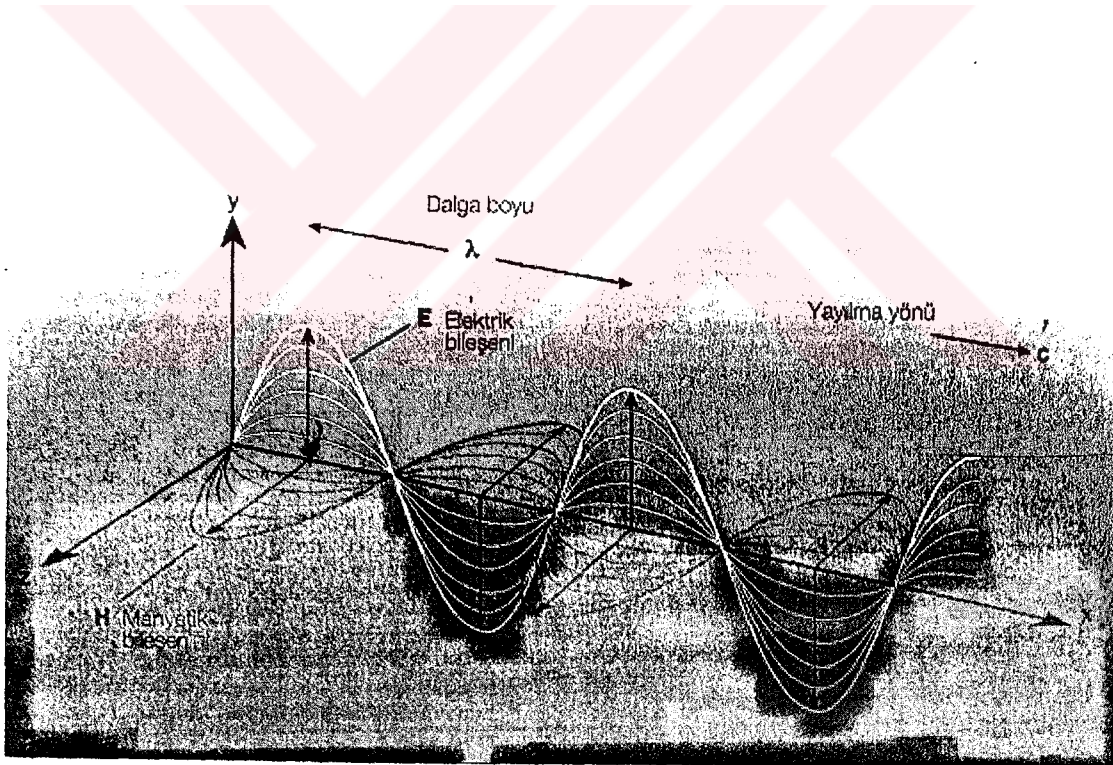
Gama ve X ışınları, farklı bir iyonlaşma meydana getiren radyasyonla biyolojik hasarlara yol açar. Gama ve X ışınları çekirdek veya elektron kaynaklı olduklarından iyonize radyasyon olarak bilinen bu olgu radyo dalgalarıyla karıştırılmamalıdır.

Genellikle radyo ve telsiz yayınları alçak, orta ve yüksek frekanslarda olup genlik modülasyonludur. Çok yüksek frekanslar televizyon ve frekans modülasyonlu radyo vericilerine ayrılmıştır. Televizyonda ses ve görüntü, E.M. dalgalarla gerçekleştirilir. Fakat dalga uzunlukları farklıdır (13,14).

2.2 . Mikrodalga Radyasyonunun Fiziksel ve Biyofiziksel Özellikleri

Elektromanyetik dalgalar, bir dalga hareketi şeklinde yayılan elektrik ve manyetik alan bileşenleri olan dalgalardır. Elektrik alandaki bir değişiklik manyetik alandaki bir değişikliğe ve manyetik alandaki bir değişikliğe elektrik alandaki bir değişikliğe eşlik eder. Elektrik (E) ve Manyetik (H) alanlar SI sisteminde (V/m) ve (A/m) olarak birimlendirilmiştir. Bu alanlar vektörel alanlar olup belli bir doğrultu ve büyüklüğe sahiptirler (1,13,14).

Mikrodalgalar diğer elektromanyetik dalgalar gibi Poynting vektörü (S), yayılma hızı (c), Elektrik polarizasyon (P) (Elektrik alanın doğrultusu), Manyetik alan şiddeti (H), Elektrik alan şiddeti (E), dalga boyu (λ) ve frekansı (f) içeren bir parametre setiyle karakterize edilir (1,13,14).



Şekil 2 : Elektromanyetik dalganın yayılma doğrultusu ile Elektrik ve manyetik alan bileşenleri

Elektromanyetik dalganın yayılma hızı (V) ile dalga boyu ve frekans arasında aşağıdaki ilişki vardır (1,2).

$$V = F \lambda \quad (1)$$

Boşlukta, dalga hızı ışığın hızına eşittir. Maddi ortamda dalga hızı ve dalga boyu permitivite (ϵ) ve permeabilite (μ) gibi maddenin elektriksel özelliklerine bağlıdır. Permitivite elektrik alan ile madde etkileşimini, permeabilite ise manyetik alan ile etkileşimi ifade eder (1,2). Biyolojik materyaller serbest uzayda (boşlukta) geniş bir şekilde değişen bir permitiviteye sahiptirler. Bununla birlikte biyolojik materyallerin permeabilitesi boşluktakine eşittir.

Şekil 1'de gösterildiği gibi mikrodalga bir düzlem dalga olarak şu genel özellikleri ile karakterize edilir;

- Mikrodalgalar (MW) diğer E.M dalgalar gibi enine dalgalardır.
- Elektrik alan manyetik alan ile normaldir.
- Dalganın yayınlanma doğrultusu hem elektrik hem de manyetik alana diktir.
- Maddi ortamlarda dalganın yayınlanma hızı sadece ortamın elektriksel özelliklerine bağlıdır.
- Elektrik alan şiddetinin manyetik alan şiddetine oranı sabittir ve bu da karakteristik impedans (Z) olarak bilinir.

$$Z = E / H \quad (2)$$

Serbest uzayda $Z = 120\pi \cong 377\Omega$ diğer materyallerde Z permitivite ve permeabiliteye bağlıdır.

- Herhangi bir sürede elektrik alanda birim hacim başına depolanan enerji manyetik alanda depolanan enerjiye eşittir.

Enerji transferi ve bir düzlem dalgadaki ortalama güç yoğunluğu elektromanyetik akım yoğunluğunun doğrultusunu ve büyüklüğünü belirten poynting vektörüyle tanımlanmıştır .

$$S = E \times H \quad (3)$$

Yayılan bir dalga için, herhangi bir yüzeyde S'nine integrali bu yüzey boyunca geçen bir anlık gücü ifade eder. Poynting vektörü metrekare başına watt olarak (W/m^2) ifade edilir ve düzlem dalgalar için elektrik ve manyetik alan şiddetiyle ilişkilidir. Poynting vektörü ile elektrik ve manyetik alan arasında şu ilişki vardır.

$$S = E^2 / 120\pi = E^2 / 377 \text{ W/m}^2 \quad (4)$$

ve

$$S = 120\pi H^2 = 377 H^2 \text{ W/m}^2 \quad (5)$$

Anten tarafından yayınlanan Elektromanyetik (E.M) alan iki bölgeye bölünebilir. Bu alanlar yakın alan (Near – Field) ve uzak alan (Far – Field) şeklindedir. 'r' kaynaktan olan uzaklığı göstermek üzere E.M alanlar; $1/r$, $1/r^2$, $1/r^3$ gibi terimler ile ifade edilir. Kaynaktan, uzak bölgede $1/r^2$, $1/r^3$, ----- gibi terimler $1/r$ yanında ihmal edilir. Bu alanlara *uzak alanlar* denilir. Şayet r'nin daha yüksek dereceden terimleri ihmal edilemiyorsa bu tür alanlara *yakın alanlar* denir. r, antene olan uzaklık olmak üzere uzak alanı (Far – Field) yakın alan (Near – Field) dan ayıran mesafe antenin büyüklüğüne ve dalga boyuna bağlı olarak şu formülle verilir; (1,2,13,14).

$$r = 2a^2 / \lambda \quad (6)$$

a : Antenin en büyük açıklığıdır.

λ : Dalga boyu

r: Antene olan uzaklık

Yakın alandaki uygulama hem elektrik alan hem de manyetik alan ile karakterize edilmelidir. Uzak alanda ise denklem 2'deki ilişkiyle gösterildiği gibi bu alanlardan biri

yeterlidir. Pratikte yakın alandaki uygulamalar genellikle 300 MHz'in altındaki frekanslarda meydana gelir (1).

RF alanları ile yapılan uygulamalar E.M dalgaların etkileşimiyle daha komplike hale gelir. Genellikle E.M dalgayla bir obje etkileştiğinde objeye gelen enerjinin bir kısmı yansır, bir kısmı obje tarafından absorbe edilir ve bir kısmı da objeden geçer. Objeden geçen, yansıyan veya absorbe olan enerjinin oranı objenin elektriksel özelliklerine ve şekline, alanın polarizasyonuna ve frekansa bağlıdır (1,13). RF ve mikrodalga alanları ile biyolojik sistemlerin etkileşimi birçok farklı alan karakteristiklerine bağlı olduğundan ve pratikte alanın kompleksliğiyle karşılaşıldığından, şu faktörlerin RF ve MW (Mikrodalga) alanları ile yapılan uygulamalarda dikkate alınması gerekir;

- Alanın yakın veya uzak alan olup olmadığı,
- Yakın alan için elektrik ve manyetik alan şiddetleri veya uzak alan için bunlardan biri,
- Alan polarizasyonu, yani dalganın yayınlanma doğrultusu ile elektrik alanın doğrultusu,

E.M dalgaların elektrik alanları, vücudu meydana getiren doku üzerine üç temel prensiple enerji transfer ederler (1,2,16).

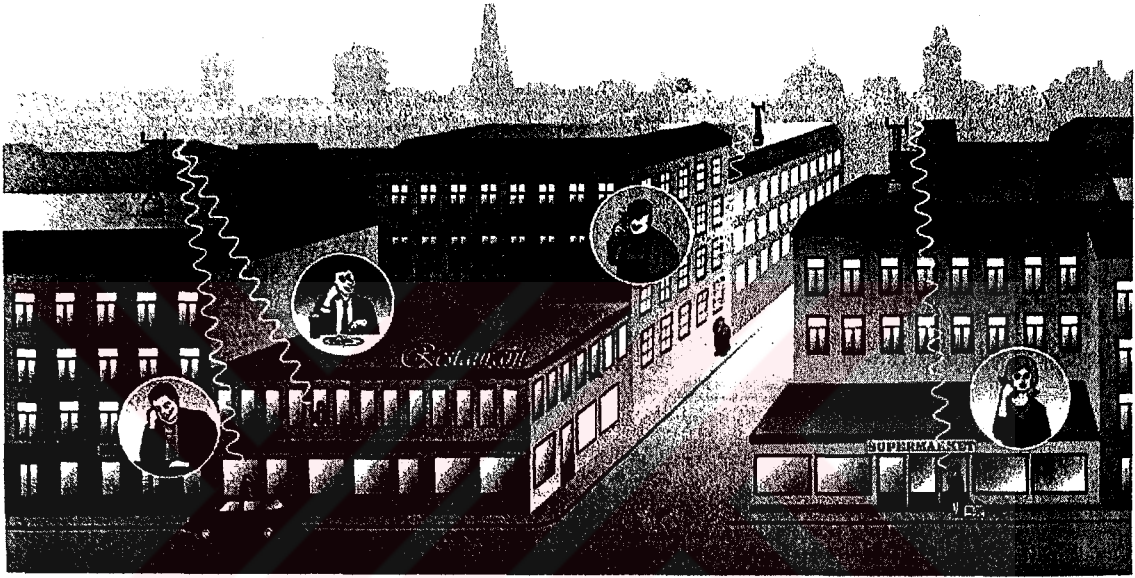
- 1- E alanları, herhangi bir atomun serbest elektronlarına kinetik enerji verir.
- 2- E alanları, atom ve moleküllerdeki elektrik dipollere etki eder. Polarizasyon olarak isimlendirilen bu olaya ilişkin sürtünme nedeniyle doku malzemelerinde ısı oluşur.
- 3- E alanları, dokuda daha önce mevcut dipolleri bir araya getirir. Bununla birlikte oluşan sürtünme dokuya enerji transfer eder.

2.3. CEP TELEFONLARI VE TELSİZ İLETİŞİMİ

Telsiz iletişimi artık modern dünyamızda kalıcıdır. Bu alandaki teknoloji son derece hızlı olup, son birkaç yıldır insanların günlük hayatına girmiş bulunan cep telefonu şeklinde topluma ulaşmıştır.

Cep telefonları sistemi, radyo baz istasyonları şebekesine bağlı olarak çalışır. Bu istasyonların her biri, hücre denilen belli bir coğrafi alanı kaplar ve birkaç tanesi bir arada daha büyük bir alanı kapsam içine alır.

Sürekli mesaj gönderip alan ana istasyonlar, sabit bir şebekeye kablo yada radyo dalgaları ile bağlıdır. Sabit şebeke içinde trafiği yönlendiren ve kullanımdaki cep telefonunun şebeke içindeki yerini takip eden karşılıklı dalga alışverişleriyle bu bağlantı kurulur (17,18).



Şekil 3 : Cep telefonuyla iletişim sistemi

Abonenin cep telefonu açmasıyla birlikte, en yakın istasyonla temas kurmak üzere telefon sinyalleri vermeye başlar. Bu temas kurulduğunda, cep telefonu bekleme moduna girer. Bu evrede sadece gerekli durumlarda yada belli aralıklarla bilgi gönderir. Bundan sonra abone arama yapmayı isterse telefon antenleriyle ana istasyon arasında karşılıklı bir bağlantı kurulur ve arama belli bir frekanstaki boş radyo kanalına yönlendirilir. Sesli yada herhangi başka bir mesaj iletimi, belli bir metot içinde gönderilen radyo dalgasının modüle edilmesiyle mümkün olur (1,13,17).

Ses kalitesi, kısmen, aramayı ileten radyo sinyallerinin yeterli derecede güçlü olup olmamasına ve çevrede aynı yada yakın frekanslarda diğer güçlü telsiz dalgalarının bulunmamasına bağlıdır. Yani cep telefonlarıyla ana istasyonlar uygun güç çıkışı kullanılmalıdır.

Mesafenin antenden uzaklığı arttıkça, radyo dalgalarının yoğunluğunu kaybetme özelliği, hareketli şebeke için yararlı bir özelliktir. Bir hücrebaşka bir hücrenin trafiğini hafifletmek için başka bir frekans için de kullanılabilir. Bu tekrar kullanma, hareketli şebekenin kısıtlı bir frekans yelpazesıyla sınırlı olması nedeniyle ayrıca gereklidir (1,2,13,17).

Daha fazla aboneye hizmet verebilmek için, daha yüksek yoğunlukta şebekeler geliştirilmektedir.

2.3.1. Radyo Sinyallerinin Yoğunluğu

Bir cep telefonu yada ana istasyondan çıkan radyo sinyallerinin güç miktarı yada telsiz sinyallerinin yoğunluğu, antene olan uzaklık arttıkça zayıflar. Güç miktarında mesafenin karesi kadar bir düşüş olur; böylece mesafe iki katına çıktığında, radyo sinyallerinin yoğunluğu esas gücünün dörtte birine iner (1,2).

Radyo sinyallerinin yoğunluğu, ayrıca, vericilerin güç çıkışıyla doğru orantılıdır. Günümüzde kullanılan çok hafif, enerji tasarruflu cep telefonları maksimum bir watt güç çıkışına sahiptir. Bu da, aşağı yukarı küçük bir el fenerinin gücüne eşittir. Cep telefonları ana istasyonla sağlıklı telsiz kontağı temin etmek için sadece gerektiği kadar güç kullanır. Bu da, ortalama güç çıkışının, çoğu kez, maksimum düzeyden düşük olduğu anlamına gelir (1,2).

Baz istasyonlarının güç çıkışları değişkendir. Bu istasyonun konum ve türüne bağlıdır. İç mekânlarda ve bina duvarlarında küçük üniteler için bir watt'tan az olabileceği gibi yüksek direklerde birkaç yüz watt'a kadar değişir. Telsiz sinyallerinin yoğunluğu, anten tasarımına da bağlıdır. Mesafe gücünü arttırmak için, çoğu antenlerin yönlendirme etkisi vardır. Bu da, bazı yönlerde telsiz sinyallerinin daha güçlü olması demektir.

2.3.2. Sürekli ve Aralıklı Sinyaller

Avrupa NMT (Nordic Mobile Telephony) ve TACS (Total Access Communication System) , ABD'de AMPS (Advanced Mobile Phone System) gibi ilk cep telefonu sistemleri analog teknolojileri kullanırlar. Bu sistemlerde yakın

mesafelerde bulunan birkaç kişi telefonlarını aynı anda kullanabilir, çünkü her telefon farklı frekanslarda gönderim yapar. Analog telefonlardan gelen radyo sinyalleri sürekli dir. Yani, telefon aramayı iletirken kesintisiz bir sinyal gönderimi yapar (19,20).

GSM (global system for mobile communication) gibi daha yeni dijital telefon sistemlerinde birkaç kişi tek ve aynı frekansı paylaşır. Bu sistemde her aboneye tekrarlanan zaman dilimleri ayrılır. GSM'lerde aynı frekansı sekiz arama kullanabilir. Dijital bilgi, daha kısa sürelerle sıkıştırılmış olup, farklı zamanlarda çeşitli telefonlardan birbirine gidip gelen nabız atışları şeklinde gönderilir. Tablo1 de farklı ülkelerde kullanılan cep telefonu sistemlerinin frekans ve çıkış güçleri verilmiştir.

Dijital sistemlerin analog sisteme nazaran daha çok avantajı vardır. Örneğin, daha çok kullanıcı kapasitesine sahiptir ve etkileşimlerden daha az etkilenirler. Daha küçük güç tüketimi yapar, daha yüksek gizlilik sağlar.

Tablo 1 : En yaygın olarak kullanılan cep telefon sistemleri

Sistem	Kullanıldığı ülke	Türü	Frekans (MHz)	Çıkış gücü(W) (maksimum)
NMT	İskandinavya	Analog	900	1
ETACS	İngiltere, Asya	Analog	900	0.6
AMPS	Amerika, Asya, Avus.	Analog	800	0.6
D-AMPS	Amerika, Asya	Dijital	800/900	0.2
GSM	Avrupa, Asya, Avus.	Dijital	900	0.25
PDC	Japonya	Dijital	800/1500	0.2
GSM1800	Avrupa, Asya	Dijital	1800	0.125
GSM1900	Kuzey Amerika	Dijital	1900	0.125
DECT	Avrupa, Asya	Dijital	1900	0.01

NMT	: Nordic Mobile Telephony
ETACS	: European Total Access Communication System
AMPS	: Advanced Mobile Phone System
D-AMPS	: Digital Advanced Mobile Phone System
GSM	: Global System for Mobile
PDC	: Personal Digital Cellular

2.4. Standartlar ve Limitler :

Son zamanlarda radyofrekans (RF) uygulamaları ile ilgili uluslar arası standartlar ICNIRP (Uluslar arası iyonlaştırıcı olmayan radyasyondan korunma komitesi- International Commission on Non-ionizing Radiation Protection) , IEEE(Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Enstitüsü- Institute of Electric and Electronic Engineering) ve ANSI (Amerikan Ulusal Standartlar Enstitüsü-American National Standart Institue) gibi kuruluşlar tarafından belirlenmiştir. Vücut uygulaması için SAR değeri ICNIRP tarafından bu standartların oluşturulmasında kaçınılan termal etkiler baz alınmış olup burada normal çevre koşulları altında çok duyarlı dokularda irreversible etkiler oluşturabilen eşik değer kullanılmıştır (17). Tüm vücut uygulaması için temel sınırlama veya kriter mesleki uygulama için spesifik absorblanma oranı (SAR) 0.4 W/kg ve genel popülasyon için 0.08 W/kg olup bu değerler çok hassas dokularda geri dönüşümsüz etkiler oluşturabilen 4 W/kg değerinin mesleki uygulamalar için 1/10 'nuna ve genel popülasyon için ise 1/50 sine karşılık gelen değerlerdir (17).

Güç yoğunluğuna karşılık gelen referans düzeyleri 10 ile 400 MHz. Aralığında $200\mu\text{W}/\text{cm}^2$; 400 ile 2000 MHz. $f/2 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ ve 2 ile 300 GHz. $1000\mu\text{W}/\text{cm}^2$ olup burada $f=\text{MHz}$. Olarak frekansı ifade ediyor (17). Tablo 2 ICNIRP tarafından belirlenen uluslar arası elektro manyetik alan limitlerini belirtiyor.

Tablo 2: ICNIRP'nin Uluslararası elektro manyetik alan limitleri

Frekans MHz.	ICNRIP limitleri(W/m^2)
900	4.5
1800	9.0

Daha küçük vücut parçalarına yapılan uygulamalar için daha yüksek limitler belirlenmiştir. Baş bölgesine yapılan mesleki uygulama için lokalize SAR limiti 6 dakikalık periyot ve 10 gr lık bir doku için ortalama 10W/kg olarak belirlenmiş. Baş bölgesine yapılan uygulama için genel popülasyon uygulama limiti benzer bir şekilde ortalama olarak 2 W/kg dır. Bu düzeyler cep telefonu kullanıcılarına da uygulanır (17).

2.5. Sağlık ve Güvenlik

Radyo dalgalarının su içeren biyolojik maddeler tarafından emilerek ısı oluşturduğu, bilinen bir gerçektir. Radyo dalgalarının bu thermal etkisinden korunmak için, bu ortamlara maruz kalma limitleri belirlenmiştir. Bazı firmalar açısından bu, radyo ekipmanlarının varolan limitler ve tavsiyelere uyumlu üretilmesi anlamını taşır.

Güvenlik açısından bakıldığında ise, elektrikli aletlerin aynı şekilde elektromanyetik alanlar yarattığı da bilinen bir gerçektir. Bir elektrikli aletin içindeki fonksiyonlar bir diğer elektrikli aletin yaydığı elektromanyetik alandan etkilenebilir. Dolayısıyla cep telefonu üreticisi , radyo ekipmanlarının elektromanyetik alanlara uyumlu ürünler olmasını ve hassas elektronik araçların mümkün olduğunca radyo ekipmanları tarafından zarar görmemesini sağlamak durumundadır.

Cep telefonlarının yaydığı telsiz dalgalarının yaratabileceği muhtemel sağlık tehlikeleriyle ilgili olarak akla gelen soruların birleştiği nokta, telefon aletinin kendisi üzerinde yoğunlaşmaktadır. Uluslar arası basında beyin hasarlarından göz hasarlarına kadar birçok konuda, Cep telefonu kullanmanın zararları üzerine yazılar çıkmıştır.

Bilimsel analizler uzun bir cep telefonu görüşmesi sonunda, kullanıcının baş kısmında 0.1°C 'den daha fazla ısı artışı olmadığını göstermiştir. İnsanın vücut ısısındaki iniş çıkışlarla kıyaslandığında, bu önemsenecek bir fark değildir. Zaman zaman telsiz dalgalarının yada dijital cep telefonlarının yaydığı aralıklı telsiz dalgalarının ısı dışında başka etkileri olduğuna dair kuşku ortaya atılsa da, bilimsel olarak ısı dışında başka bir etki araştırılmaktadır (1,4,21,22).

Bu alanda önde gelen kuruluşlardan biri olan Uluslararası İyon Meydana Getirmeyen Radyasyondan Korunma Komisyonu 1996 yılı Nisan ayında, cep telefonlarının yaydığı telsiz dalgalarına maruz kalma limitlerinin de belirlendiği bir belge yayınlamıştır. Ayrıca cep telefonu kullanımıyla kanser hastalığı arasında herhangi bir bağlantı olmadığı araştırılmaktadır (4).

Standartlara uyumluluk ölçümleri insan vücuduyla aynı doku özelliklerini taşıyan bir sıvı ile doldurulmuş yapay insan başının yanına telsiz dalgaları gönderen bir cep telefonu yerleştirilerek yapılır. Baş içindeki elektromanyetik alanlar bir robot tarafından saptanır ve bu bulgulara dayanarak maksimum limitler bilgisayar tarafından

hesaplanır. Ölçümler mümkün olan en yüksek gönderici gücünde, yani bir cep telefonunun maksimum gücünde hesaplanır. Koşullara göre çıkış gücünü ayarlayan cep telefonu, sadece sinyallerin zayıf olduğu zaman en yüksek gücüne ulaşır (4, 15).

Ölçüm metodu tamamen otomatiktir ve kullanımı son derece kolaydır. Bir cep telefonunun tam bir testten geçirilmesi bir saat sürer. Bu sistemden yeni cep telefonu üretiminde de yararlanır ve bu tür ölçümler telefonun tasarım aşamasında başlatılır (23).

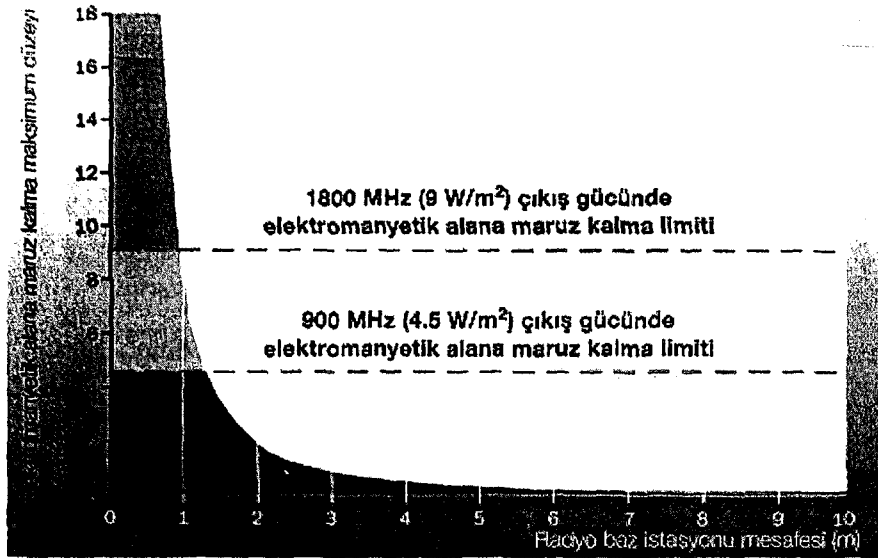
2.6. Radyo Baz İstasyonları

Cep telefonu şebekesi hücre denilen birimlerden oluşur. Her hücre içinde bir baz istasyonu bulunur ve bunlar kullanıcı kapasitesiyle kapsam alanını belirlemek üzere radyo kanallarını kullanır. Genel olarak direğe takılmış bir anten dikine küçük bir alanı, yatay olarak da 60-120 derecelik bir alanı kaplar.

Daha çok aboneye hizmet verebilmek için, baz istasyonları daha küçük hücrelerle genişletilir ve daha yoğun tekrar-kullanım frekanslarıyla donatılır. Böylece sistem güçlendirilir. Bu da daha fazla ana telsiz istasyonları ve kullanıcıya giderek yaklaşan antenler yerleştirilmesini gerektirir. Yani bina yüzeylerine, alışveriş ve iş merkezlerine, havaalanlarına antenler kurulur. Ancak, şunu belirtmekte yarar vardır; Radyo baz istasyonu kullanıcıya yaklaştıkça, güç çıkışı azalır. İşyeri binalarındaki telsiz istasyonlarının güç çıkışı, cep telefonunun gücünden daha fazla değildir (24).

Uygulamada elektromanyetik alana maruz kalma limitleri, bina içinde ve insanlara yakın konumda; alçak güç çıkışı olan ana istasyondan birkaç santimetre mesafede, yüksek güç çıkışlı dik direklere yada çatılara yerleştirilmiş istasyonlardan ise, birkaç metrede çok daha düşüktür (25).

Radyo dalgalarının yoğunluğu yada güç miktarı, anten mesafesi arttıkça süratle azalır. Bu durumu Şekil 4' de görülmektedir.



Şekil 4 : 100 Watt'lık Bir İstasyondan Yayılan Tahmini Maksimum Elektromanyetik Alan ve ICNIRP Tarafından Tavsiye Olunan Limitler

Cep telefonu baz istasyonlarının çıkış güçleri düşüktür ve uygulama düzeyleri kaynaktan olan uzaklığın karesi ile azalır yani mesafe iki kat artarsa şiddet dört kat azalır. 30 m lik kısa bir mesafede bile uygulama düzeyleri halk (normal popülasyon) uygulama limitinin %5 inden daha küçüktür (17) Bu nedenle baz istasyonlarından yayınlanan radyasyonun potansiyel olarak insanlar üzerine etkisi nonthermal etkiler denen thermal etkilerin meydana geldiği düzeylerin çok daha altındaki düzeylerde oluşan biyolojik etkilerin varlığına bağlıdır (17).

2.7. Spesifik Absorblanma Oranı (SAR)

Spesifik absorblanma oranı (SAR), biyolojik sistemlerle RF ve mikrodalga alanlarının etkileşiminde geniş bir şekilde kullanılan bir dozimetrik parametre olup biyolojik bir sisteme enerji geçiş oranı SAR dan yararlanılarak açıklanır. SAR, vücudun birim kütlesine birim zamanda geçen enerji olarak tanımlanır . Ortalama SAR, vücudun tüm kütlesine birim zamanda geçen toplam enerjidir. Lokal SAR, vücut içinde herhangi bir noktadaki sonsuz küçük hacme geçiş yapan enerji oranıdır.

$$SAR = d(\Delta W)/ dt (\Delta m) = d(\Delta W)/ dt (\rho \Delta v) \quad (7)$$

ΔW - bir Δm kütlesine transfer edilen enerji, ΔV - Δm kütlesini içeren hacim ve ρ - yoğunluğu ifade etmektedir. Sinüsoidal olarak değişen alanlar için, elektrik alanının sabit olduğu dokunun küçük bir hacmindeki SAR;

$$SAR = \sigma E^2 / \rho \quad (8)$$

σ - dokunun iletkenliği ve E^2 - dokudaki elektrik alanının karekök ortalamasının karesidir. SAR kilogram başına watt (W/kg) veya mW/g olarak ifade edilir.

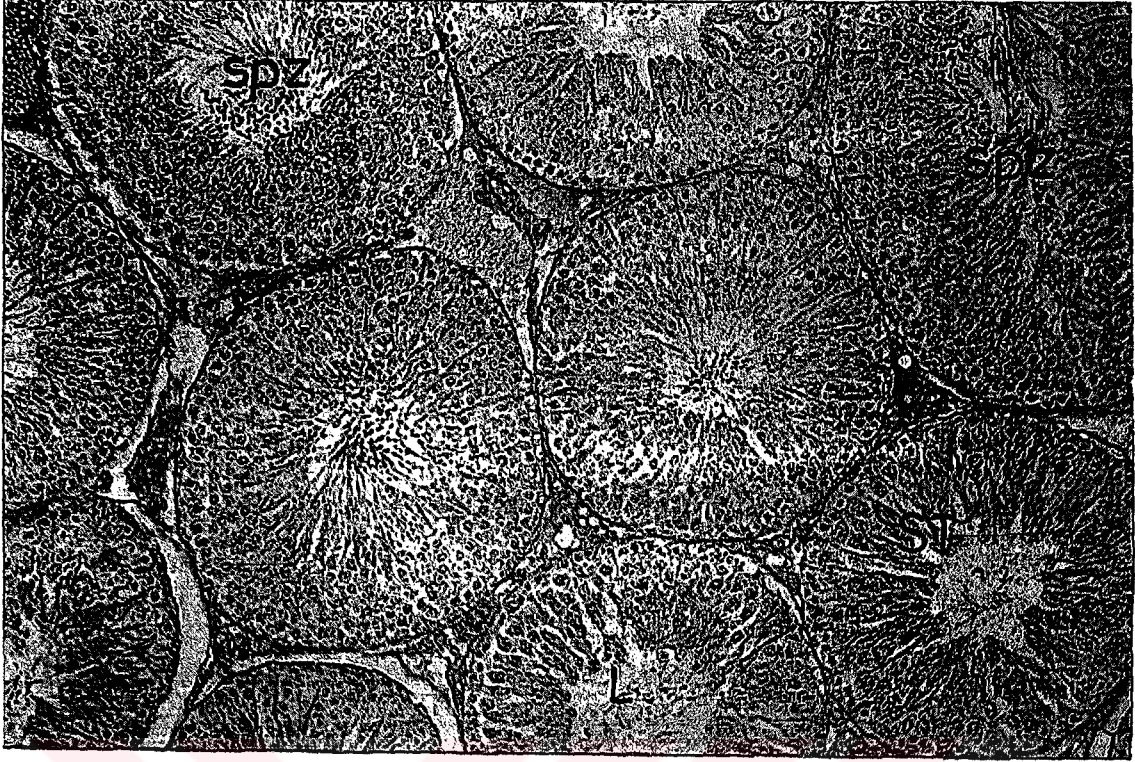
Isı kaybı ihmal edildiğinde, sıcaklık artışının ilk oranı SAR ile direkt olarak orantılıdır;

$$dT/ dt = SAR / C \quad (9)$$

T- sıcaklık, t- zaman ve C- spesifik ısı kapasitesidir .

2.8. Testisin Histolojisi

Testisler skrotum içinde spermatik kordon ile asılı dururlar ve birbirlerinden septum skroti ile ayrılırlar. Her biri tunika vaginalis denilen ve peritondan köken almış seröz bir kese taşır. Tunika vaginalis, dış paryetal ve testisin anterior ve lateral yüzlerinde tunika albugineayı örten, iç visseral yapraklardan oluşmuştur (26).



Şekil 5 : Erişkin rat Testisin Genel Görünümü. Seminifer tübüller (ST), tübül lümeni (L), lümeninde spermatozoalar (spz).

Testisler, birleşik tubuler hem dış salgı hem de iç salgı yapan karma bezlerdir. Ekzokrin salgısı, testis sıvısı ve spermiumdur. Endokrin salgısı ise steroid yapıda testosteron hormonudur. Bu nedenle testisler üreme ve hormon salgılama gibi iki önemli işlevle yükümlüdürler.

Testisler tunika albuginea denilen sıkı ve düzenli bağ dokusundan oluşmuş bir kapsül ile sarılıdır. Tunika albugineanın derin kısmı kan damarlarından zengindir ve daha gevşek bir yapıya sahiptir. Buna, tunika vasküloza testis denir. Tunika albuginea, testisin arka kenarı boyunca organın parankiması içine sokulan üçgen biçiminde mediastinum testis denilen bir kalınlaşma yapar (26,27).

Mediastinum testisten ışımsal biçimde, sıkı bağ dokusu yapısında ince bölmeler, septula testisler çıkarak tunika albugineanın derin yüzeyine karışırlar. Bu bölmeler, testis parankimasını 200-300 adet, tabanları testisin dış yüzüne dönük ve çeperleri mediastinumuna yönelik piramit biçimi kompartmanlara, lobuli testislere ayırır. Her lobül

içinde 1-4 adet son derece kıvrımlı seminifer tubüller vardır. Tunika vasküloza testisten köken alan gevşek bağ dokusu, bu tubüllerin arasını doldurarak interstisyel bağ dokusunu oluştururlar. Burada kollagen ve retiküler lifler, fibroblastlar, makrofajlar, mast hücreleri, farklılaşmamış mezenşim hücreleri ve leydig yada interstisyel hücreler yer almaktadır. Ayrıca sinirler, kan ve lenf damarları da bulunur. Kan kapillerleri pencereci türde olup kan proteinleri gibi makromoleküller serbestçe geçebilirler (28).

2.8.1 Leydig hücreleri:

Seminifer tubüllerin arasını dolduran interstisyel bağ dokusu içerisinde, kan kapillerleri etrafında, tek tek yada gruplar halinde bulunurlar. Şekilleri yuvarlak yada çok köşeli olup merkezde yerleşik bir yada iki çekirdekleri bulunur. Lipit damlalarından zengin, asidofilik bir stoplazmaya sahiptirler. İyi gelişmiş bir Golgi kompleksi, fazla sayıda mitokondrionlar, yaşın ilerlemesiyle artan lipokrom pigmenti ve yalnızca insan Leydig hücrelerine özgü olan reinke kristalleri içerirler. Elektron mikroskobu düzeyinde en belirgin özelliği diğer steroid hormon salgılayan hücrelerde görüldüğü gibi, stoplazmalarında çok iyi gelişmiş granülsüz endoplazma retikulumunun bulunmasıdır. Ayrıca, bağlantı kompleksleri pek çok mikrovillusları, dağınmık granüllü endoplazma sistemaları, peroksizom ve lizozomları içerirler (26-28).

Leydig hücreleri erkeklik hormonu testesteronu sentezler ve salgırlar. Testis endokrin fonksiyonu Leydig hücre topluluğuna bağlıdır (26).

2.8.2. Seminifer tubüller:

Spermatogenezis bu tubüllerde olaylanmaktadır. Testisin her lobülünde 1-4 adet bulunurlar 30-40 cm. uzunlukta, 150-250 mikrometre çapında ve çok kıvrıntılı kanalcıklardır. Her bir testiste tubüllerin toplam uzunluğu 250 metredir. Periferde şişkin ve kör uçlarla başlarlar. Mediastinum testise doğru birbirlerine yaklaşarak seyredirler ve sonra bu lobülüslerin kanalcıkları birleşip, mediastinum içinde testislere açılan düz seyirli tubüli rekteleri yaparlar (28).

Seminifer tubüllerin duvarı histolojik olarak dıştan içe doğru, lamina propria ve germinal yada seminifer epitel tabakalarından oluşmuştur.

2.8.3. Lamina propria:

Tübülüsler arası interstisyel dokudan köken alan birkaç sıra adventisya hücrelerinden meydana gelir. Bu tabakanın bazal laminaya bitişik iç tabaka hücreleri yassılaşılarak miyoid yada peritübüller kontraktıl hücreleri oluştururlar.

Yaptıkları ritmik kontraksiyonlarla, spermiumlar ve seminifer tubül sıvısının, seminifer tubül ve genital boşaltma yolları boyunca ileri doğru hareketini sağlarlar. Lamina propria içinde kan ve lenf kapillerleri, bunların etrafında gruplar halinde Leydig hücreleride yer almaktadır. Lamina proprianın kalınlaşması insanlarda kısırlığa neden olmaktadır (28).

2.8.4. Bazal lamina: Seminifer epitelin altında, belirgin bir biçimde dikkati çeker.

2.8.5. Seminifer epitel:

Erginde seminifer tubül epiteli, sertoli hücreleri ve spermatogen hücre serilerini içeren çok katlı epitel görünümündedir. Sertoli hücreleri tek tiptirler. Spermatogen hücreler, spermatogenezis sırasında oluşan farklı gelişme evrelerindeki cins hücrelerdir. Bunlar, spermatogoniumlar, primer spermatositler, sekonder spermatositler, spermatidler ve spermiumlardır (28).

2.9. Mikrodalga ve Radyofrekans Radyasyonun Testisler Üzerine Etkisi

Mikrodalga kullanarak iletişimi gerçekleştiren cep telefonlarının biyolojik etkileri uzun zamandan beridir incelen konulardandır. Bu amaçla yapılan bir çok deneyler ve çalışmalar söz konusudur.

Akdağ ve arkadaşları 9450 MHz mikrodalga ışınlamasından sonra farelerin testislerinde histopatolojik dejenerasyonlar gözlemiş ve buna bağlı olarak uzun süreli

kronik mikrodalga uygulamasının farelerin epididymal sperm miktarını, sperm morfolojisini, testis ile epididymis ağırlıklarını, testis ve epididymis morfolojisini etkileyebileceğini ve çalışmada gözlenen semptomların mikrodalgaların uygulama süresine bağlı olarak arttığı sonucuna varmıştır (11).

Daşdağ ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada ışınlanmış farelerdeki rektal sıcaklıklar diğer farelerin rektal sıcaklıklarından daha fazla olduğunu gözlemlemişlerdir. Cep telefonlarından yayınlanan mikrodalga radyasyonunun semifer tubül çaplarını değiştirdiği ve rektal sıcaklıkları değiştirdiği rapor edilmiştir (10).

Barron ve arkadaşları (29) mikrodalgaya mesleki olarak maruz kalan insanlar arasında fertilité açısından değişiklik olduğunu belirten bulguya rastlamamışlar. Bununla birlikte güçlü mikrodalga yayıcısına 4 yıl sürekli mesleki olarak maruz kalan 31 yaşındaki bir bireyde fertilitéde değişiklik olduğunu ve testikular biyopside patoloji olduğunu belirten bir vaka raporu mevcuttur (21). Bu raporda, daha önce dölleme yapabildiği gösterilen bir genç bireydeki infertilité ve oligospermiden radar dalgalarının sorumlu olduğu tespit edilmiş. Bu raporun değerlendirilmesindeki güçlük, bu bireysel bulguda ön uygulama deneyinin olmaması ve nedensel ilişkinin oldukça zayıf olmasıdır. Uygulama düzeyleri ile ilgili bilgi verilmemiş, fakat alet çalışırken hastanın radar antenine yakın bölgede sürekli olarak çalıştığı ve çalışırken koruyucu giysi giymediği ve Birleşik Devletler Hava Kuvvetlerinin önerdiği düzeyden (100 W/m^2) 3000 kez daha fazla mikrodalga güç yoğunluğuna sürekli bir şekilde maruz kaldığı belirtilmiştir. Ancak yapılan çalışmaların yüksek watlardaki mikrodalgaların testisler üzerinde ısınmaya sebebiyet verdiği ve bu olumsuz etkilerin ısıdan kaynaklanabileceği düşünülmelidir (2). Testislerin ısıya duyarlılığı iyi bilinir.

2.45 GHz (CW) mikrodalga ile ratın skrotal bölgesinin ısıtılması 36, 38, 40 ve 42 °C'lik sıcak su immersiyonu ile karşılaştırıldığında her bir sıcaklıkta karşılaştırılabilir tahribat olduğu saptanmış. Bununla birlikte kronik düşük düzeydeki uygulamaların küçük hayvanların testisinde ölçülebilir sıcaklık artışı olmaksızın spermatogenezis ve üreme fonksiyonunda bozulmalara neden olabileceğine dair raporlar mevcuttur (2).

RF (Radyo Frekansı) etkilerini araştıran Marha ve arkadaşları spermatogeneziste azalma doğumların cinsiyet oranında değişme, menstrual siklusta değişiklik, fetal gelişimde gecikme, yeni doğan bebeklerde konjenital defekt ve emziren

annelerin laktasyonunda azalma. Bu çalışmalara göre, bu tür etkiler termal mikrodalga uygulama şiddetlerinde meydana gelmiş (100 W/m^2 'den daha büyük). Gürültü ve genel çalışma koşulları gibi yardımcı faktörler bu raporlarda dikkate alınmamış (30).

Varma ve Traboulary (3) yaptıkları çalışmada 1.7 GHz ve 3 GHz frekanslı mikrodalga radyasyonunun fındık fare testisleri üzerine etkilerini içeren araştırmalarında 1.7 GHz, 200 mW/cm^2 ile yirmi dakika, 10 mW/cm^2 ile yüz dakika, 50 mW/cm^2 ile otuz-kırk dakikalık uygulamalar yapmışlar. 200 mW/cm^2 'lik uygulama sonucunda birinci derecede yanık, ödem ve skrotal sıcaklıkta artış olduğunu gözlemişler ve histolojik kesitlerdeki seminifer tubüllerin oldukça düzensiz olduğunu gözlemişlerdir. 1.7 GHz, 10 mW/cm^2 'lik uygulama sonucunda seminifer tubüllerdeki hücrelerin miktarı azalmış, lümen eriyen spermatidlerin bir pıhtılaşmış kütlesi olarak görünürken tubüllerde dejenere olan germinal hücrelerin lümene geçtiği görülmüş.

Kısa dalga diatermiye erken hamilelik dönemi boyunca maruz kalan kadınların çocuklarında görülen doğuştan gelen defektlerle ilgili bulgular rapor edilmiştir (2). Bununla birlikte ne hamilelik ne de hamile kalma terapötik mikrodalga diathermy uygulamalarından etkilenmiştir (2).

Saunders ve Kowalczyk (31) yaptıkları başka bir çalışmada 2.45 GHz mikrodalga radyasyonunun ve ısının farelerin spermatogenik epitelyumuna etkisini araştırmışlar. Anestezi edilen erkek C3H fındık faresinin vücudunun arka yarısına 2.45 GHz uygulama yapılmış ve testisler üzerinde oluşan etkiler direkt ısınmayla karşılaştırılmış. Gözlenen etkilerin mikrodalga uygulamasının primer etkisinin ısı tahribatı olduğu hipotezine uygun olduğu tespit edilmiş. Uygulamadan sonraki 6. günde belirlenen tahribat spermatositlerin azalmasından germinal epitelyumun geniş bir şekilde nekrozuna varan ciddi aralıktaymış. Çalışmada spermatositlerin'lerin azalması için gerekli eşik etkinin 39°C olduğu ve LD_{50}^6 (6 gün sonra hücrelerin %50'sinin öldüğü)'nin ise 41°C olduğu saptanmış. Absorbe olan mikrodalga gücü ile ilgili olarak etki eşiğinin 20 Wkg^{-1} 'e karşılık geldiği ve LD_{50}^6 'nın ise 30 Wkg^{-1} olduğu bulunmuş.

Fahim ve arkadaşları (6) yaptıkları çalışmada testikular sıcaklığın 15 dakika için 45°C 'ye 5 dakika için 65°C 'ye yükseldiği şiddette 2450 MHz mikrodalga radyasyonunu farelere uygulamışlar. Her iki uygulamada en azından 10 ay infertiliteye neden olmuş. Diğer taraftan 5 dakikalık 39°C testikular sıcaklık artışına neden olan düşük şiddetteki mikrodalga radyasyon uygulaması yaklaşık iki hafta kadar süren ve uygulama yapılan

hayvanların %30'unda oluşan bir steriliteye neden olmuş. Akut testiküler sıcaklığın 39°C 'ye yükselmesi ile birlikte görülen kısa süreli sterilite spermatogenik hücre popülasyonlarında irreversibl fonksiyonel değişiklikler olmadığını gösterir.

Gunn. ve arkadaşları (5) yaptıkları çalışmada 24 GHz, 1.5 cm dalga boylu 0.250 W/cm^2 (250 mW/cm^2) güç yoğunluğundaki mikrodalgayı 350-400 gr ağırlığında olan Wistar albino farelere 5, 10 ve 15 dakika uygulamışlar ve mikrodalga radyasyonunun testis morfolojisi üzerine etkisini araştırmışlar. Bu araştırma sonucunda 5 dakikalık uygulama sonrası testislerde hafif ödem olduğu, interstisiyel dokunun etkilenmediği ve birkaç testiste tubüleri dejenerasyon olduğu gözlenmiş, 10 dakikalık uygulamadan sonraki 6. günde skrotal deride üçüncü derecede yanık olduğu, mikroskobik olarak testislerde pıhtılaşma nekroz alanları olduğu, uygulamadan sonraki 13. günde deri yanmalarının iyileştiği saptanmış. 15 dakikalık uygulamadan sonraki 6. günde skrotal deride üçüncü derecede yanık olduğu, testislerde birçok opak alanlar olduğu, hemoraji ve bozulmalar görüldüğü, mikroskobik olarak seminifer tubüllerde yaygın koagülasyon nekrozları görüldüğü, interstisiyel ve vasküler dokularda nekroz olduğu gözlenmiş.

Lancranjan ve arkadaşları (32) 3.6 ve 10 GHz frekans aralığındaki ve cm^2 başına on ile yüzlerce mikrowat güç yoğunluklu MW'ya ortalama sekiz yıl mesleki olarak maruz kalan 31 mikrodalga teknisyeninin gonad fonksiyonlarını incelemişler ve bu 31 teknisyenden 22'sinde spermatogenezde azalma olduğunu ve cinsel içgüdüde kayıp olduğunu rapor etmişlerdir. Uygulamaya üç ay ara verildiğinde bahsedilen durumlarda azalma görülmüş.

Gasinska ve Hill (8) yaptıkları çalışmada spermatogenezin farklı evrelerine ısının yanıtını, uygulamadan sonraki 14., 28. ve 35. günlerde testis tubüllerindeki hücre tiplerinin değerlendirilmesi ile saptamışlar. CBA fındık fare'ların testisi radyo frekans ekipmanı kullanılarak ısıtılmış ve diğer testis thermocouple ile kontrol edilmiştir. Elde edilen bulgular, 14. günde testisin ağırlığının kontrolün sadece %65'i olduğu ve 28. günde %88'e az bir şekilde yükseldiğini göstermiştir. Sperm başlarının ve geç spermatidlerin miktarı 14. günde %33 azalmış, fakat 28. günde %88 oranında artmış. 43°C 'lik ısı uygulamasından sonraki 35. günde tubüllerde büzülme ve hücre azalması görülmüş. İncelenen tubüllerin %64'ü normal görünümdeymiş. Elde edilen bulgular 43°C 'lik sıcaklığın stem hücreleri etkilediğini ve testis bölgesinde yerleşen insan

tümörlerinin tedavisinde hyperthermi uygulamayı düşünen klinisyenlerin dikkatli olmalarını bildirmiştir.

Saunders ve Kowalczuk (33) fare testisi üzerine 2.45 GHz akut far-field mikrodalga uygulamasının etkisini araştırmışlar. Bu çalışmada erkek C3H fındık faresine bir anechoic chamber içinde 2.45 GHz mikrodalga uygulaması yapılmış. Yapılan uygulamanın güç yoğunluğu ve uygulama süreleri 1000 Wm^{-2} .260 dakika olup testisteki doz oranları 66 Wkg^{-1} ile 7 Wkg^{-1} arasında değişmiş. Uygulamadan 6 gün sonra fındık fareler öldürülmüş ve testisler histolojik olarak değerlendirilmiş. Kantitatif olarak X-ışınına duyarlı hücrelerde (spermatozitler tip B) veya ısıya duyarlı hücrelerde (erken primer spermatozitler, geç primer ve sekonder spermatozitler) veya sperm miktarında anlamlı etkiler görülmemiş. Bu sonuçların insanlara uyarlanması 100Wm⁻²'lik maksimum müsaade edilebilir uygulama düzeyinde yapılan akut uygulamanın 1 ile 3.5 MHz aralığında ve 300 MHz ile 100 GHz aralığındaki frekansların testis üzerinde etkisinin olmadığını bu araştırmacılar ileri sürmüşlerdir.

Kequn ve arkadaşları (7) yaptıkları çalışmada 2450 MHz, 15 dakika uyguladıkları mikrodalga radyasyonunun rat testisleri üzerindeki etkisini elektron mikroskopisi düzeyinde araştırmışlar. Fareler ışınlamadan sonraki farklı intervallerde dekapite edilmiş, (1.,7.,14. ve 70. günlerde) tespit edilen FSH ve LH hücrelerinin hücre çapı, çekirdek çapı ve sitoplazmanın çekirdeğe oranı kontrollerle karşılaştırıldığında, istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmamış. Elektron mikroskopik düzeyde FSH ve LH hücreleri incelendiğinde FSH hücrelerinin mitokondrilerinin bir çoğunun erimiş ve kristalleri kırılmış, kristalar arasındaki mesafe büyümüş, fakat LH hücrelerinde kırık kristalar olmaması FSH hücrelerinin granüllü endoplazmik retikulum'u LH hücrelerinden daha fazla genişlediğini saptamışlardır.

Abadir ve arkadaşları (36) yaptıkları çalışmada 5 dakika 1 W/cm^2 'lik ultrasound uygulamasından veya 5 dakikalık 3 watt mikrodalga uygulamasından kaynaklanan hyperthermi'nin farelerin testislerinde tahrip edici olduğunu ve X-ışını ile hyperthermi kombinasyonunun etkilenen tubüllerin miktarını spermatogenezin azalma derecesini arttırdığını saptamışlar.

2.10. Mikrodalga ve RF Radyasyonunun Sperm ve Testikular Fonksiyon Üzerine Etkisi :

Cep telefonlarının Fertiliteye etkilerinin incelenebilmesi için mikrodalga'nın testikular fonksiyonelliği üzerindeki etkilerini ve testisin ürettiği sperm miktarı parametrelerinin dikkate alınması gerekir.

Lokhmatova ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada 4 ay boyunca günde 2 saat 0.25 W/cm^2 gücünde bir RF kaynağı altında farelerin testis ve epididymisleri incelenmiş, 3 GHz deki elektromanyetik alanın hem seminifer tubullerde hem de testikular dokularda hasara yol açtığı gözlemlenmiştir. 4 aylık radyasyon ışınlamasından sonra farelerde tam düzelme olmamıştır (37).

Berman ve arkadaşları (42) yaptıkları çalışmada 2450 MHz sürekli dalgalı mikrodalga radyasyonu ile 5 mW/cm^2 'de hamileliğin 6. gününden başlayarak rat 90 günlük olana dek, günde 4 saat veya 10 mW/cm^2 'de 90. günden başlayarak 5 gün, günde 5 saat veya 90. günden başlayarak 4 hafta, haftada 5 gün, günde 4 saat uygulama yapılmış. Mikrodalga uygulaması yapılmış erkek farelerden elde edilen bulgular sham uygulaması yapılmış olanlarla karşılaştırıldığında germ hücre mutagenezi ile ilgili anlamlı bulgular dedekte edilmemiştir.

İn vivo olarak rat epididimisindeki spermatozoa'ya mikrodalga ışınlamasının etkisini araştıran Limin ve arkadaşları (38) 300-450 gr ağırlığındaki farelerin unilateral epididimisine 2450 MHz mikrodalga radyasyonu 30 dakika uygulamışlar. Skrotal sıcaklık 30 dakika içinde 42°C 'ye yükselmiş. Kontrol lateral testis mikrodalgayı engelleyen materyal ile kaplanarak korunmuş. Çalışma ışınlamadan sonraki 1, 4, 7, 15 ve 28. günlerde elde edilen kauda epididimal spermier değerlendirilerek yapılmış. Sonuçlar sperm yüzdesinin ve bilateral cauda epididymisteki spermin toplam miktarının azalma eğilimi gösterdiği bulunmuş. Işınlanan lateraldeki tüm bu değişiklikler 4, 7, 15 ve 28. günlerde oldukça belirginmiş (Kontrol lateral ile karşılaştırıldığında) ($P<0.05$). Sonuçta epididimise uygulanan mikrodalga ışınlamasının sperm olgunlaşma işlemi ve sperm depolama ortamını değiştirebildiği ileri sürülmüştür.

Saunders ve arkadaşları (42) yaptıkları çalışmada erkek C3H farelere 2.45 GHz frekansla sürekli mikrodalga radyasyonu günde 6 saat 8 hafta boyunca toplam 120 saat

uygulamışlar. Çalışmada birçok organizasyonlar tarafından zararlı Biyolojik etkilerin eşiği olarak kabul edilen 4 W/kg SAR değeri kullanılmıştır. 2.45 GHz frekanslı mikrodalga radyasyonunu kronik olarak erkek fındık fare'lara uygulanmasının erkek, germ hücrelerindeki mutajenik yanıtı indüklendiğine ilişkin bulgunun olmadığı ortaya konmuştur.

Lebovitz ve arkadaşları (40) yaptıkları çalışmada akut tüm vücut mikrodalga uygulamasının farelerin testiküler fonksiyonu üzerindeki etkisini şöyle özetlemişler. Sprague-Dawley farelere ortalama spesifik absorpsiyon doz oranı 9 mW/g olan sürekli mikrodalga radyasyonu (MWR, 1.3 GHz) 8 saat uygulamışlar. Daha sonra fareler seminifer epitelyumdaki spermatogenezin 0.5, 1, 2 ve 4. siklusuna karşılık gelen uygulamayı izleyen 6.5, 13.0, 26.0 ve 52. günlerde dekapite edilmiş. Dekapitasyondan sonra farelerin testis, epididimis ve seminal veziküllerinin net kütlesi, testisin gram başına ve testis başına günlük sperm üretimi [DSP (Daily sperm production)] ve epididimal sperm miktarı belirlenmiş. FSH ve LH farelerin dekapitasyonu anında elde edilen plazma örneklerinden saptanmış. Sonuçta, testis başına DSP değerinin değişmediği, epididimal sperm miktarının 26. günde anlamlı bir şekilde daha düşük olduğu, testis, epididimis ve seminal vezikül kütlesinin değişmediği, FSH ve LH miktarlarında herhangi bir anlamlılık olmadığı belirlenmiş. Ayrıca 9 mW/g'da yapılan mikrodalga radyasyon uygulamasının akut termogenez oluşturduğu ve hiperterminin indüklenmesi için uygun olduğu saptanmış olmakla birlikte bu uygulamanın testikular fonksiyonun bozulması için uygun olmadığı sonucuna varılmış.

Lebovitz ve arkadaşları (39) yaptıkları bir başka çalışmada ise, pulsü modüle edilmiş mikrodalga radyasyonun ve geleneksel ısının farelerin sperm oluşumu ve testiküler fonksiyonu üzerine etkisini araştırmışlar. Bu çalışmada, farelere 4.2 mW/g ve 7.7 mW/g SAR düzeyinde pulsü module edilmiş mikrodalga radyasyonu 90 dakika uygulanmış. Fareler uygulamadan sonraki 6.5, 13.0, 26.0 ve 52.0 günlerde dekapite edilmiş ve dekapite edilen farelerin testis, epididimis ile seminal vezikülleri tespit edilmiş. Testis başına DSP, epididimal sperm miktarı, gram parankim başına DSP, plazma FSH, LH miktarları saptanarak sham grubuyla karşılaştırılmış. Bir grup farede 43 °C'ye kadar 60 dakikalık geleneksel ısı uygulaması yapılmış. Ayrıca farelerin kolon ve intratestiküler sıcaklığı da saptanmış. 7.7 mW/g'da yapılan uygulama sonrası testis başına DSP'deki epididimal sperm miktarındaki, gram parankim başına DSP ve total testis kütlesindeki mikrodalga

radyasyonunun indüklediği azalmalar anlamlı bulunmuş. Ancak 4.2 mW/g grubunda yapılan ölçümlerin anlamlı olmadığı saptanmış. Geleneksel ısı uygulaması etkisinin oldukça anlamlı olduğu ve epididimal sperm miktarında belirgin bir sapmanın 41 °C'deki uygulamadan sonra olduğu saptanmış.

Normal ve mikrodalgayla ışınlanmış farelerdeki germ hücre dejenerasyonunu araştıran Johnson ve arkadaşları (41) yaptıkları çalışmada Sprague-Dawley farelere frekansı 1.3 GHz ve SAR: 6.3 mW/g olan pulsu modüle edilmiş (600 puls/sn, 1µsn puls genişliği) mikrodalga radyasyonu ile günde 6 saat 9 gün boyunca ışınlama yapmışlar. Işınlamadan sonraki 6.5, 13.0, 26.0 ve 52. günlerde fareler feda edilmiş. Plazma FSH ve LH konsantrasyonları, nuklear çekirdek, parankimdeki çekirdeğin yüzdesi, farklı hücrelerin yaşam süresi ayrıca günlük potansiyel sperm üretimi yuvarlak çekirdekli spermatidler, preleptoten veya pakiten primer spermatositler type B spermatogonia için belirlenmiş. Test edilen parametrelerde ışınlamayı izleyen zaman periyotları arasında farklılıklar bulunmamış (P>0.05). Pakiten spermatositler baz alındığında testis başına sperm üretimi dışında (P<0.05), mikrodalga ışınlamasının araştırılan diğer parametreler üzerine etkisinin olmadığı saptanmış.

Memeli germ hücreleri üzerine RF radyasyonunun direkt nontermal etkisini araştırmak için Cleary ve arkadaşları (43) in vitro metodlar uygulamışlar. Bu araştırmacılar fare spermatozoalarına izotermal koşullar (37±0.2 °C) altında 0 ile 90 W/kg SAR aralığında 27 ve 2450 MHz sürekli (CW) RF radyasyonu bir saat in vitro olarak uygulamışlar. 50 W/kg veya daha büyük düzeyde yapılan her iki frekanstaki RF radyasyon uygulaması, ışınlanmış epididimal spermin in vitro olarak fare ovumunu fertilize etme yeteneğinde istatistiksel olarak anlamlı azalmalar oluşturmuş (P<0.05). SAR'ın bu aralığının üzerindeki 27 ve 2450 Frekanslı MHz RF radyasyonunun etkilerinde belirgin farklılıklar dedekte edilmiş. RF radyasyonu spermatozoa morfolojisi, ultrastüktürü veya kapasitasyonunda dedekte edilebilir etkiler oluşturmamış. İn vitro fertilizasyondaki azalma, indirekt ısı etkisinden daha çok spermatozoa üzerine RF radyasyonunun direkt etkisine bağlanmış. Bu sonuca ulaşmada spermin RF uygulaması boyunca ısınmadığı gerçeği ve fare spermatozoalarının ısıya dayanıklılık çalışmalarının sonuçları baz alınmıştır.

Beechey ve arkadaşları (44) yaptıkları çalışmada 2.45 GHz frekanslı mikrodalga radyasyonu günde 30 dakika, haftada 6 gün olmak üzere iki hafta 1.0, 100 ve 400 Wm⁻²

göç yoğunluklu ve 2,45 GHz frekanslı mikrodalgaları hybrid erkek fındık farelere uygulamışlar. Uygulamadan sonraki 2.,3. ve 30. günlerde tespit edilen spermatozoidlerdeki kromozom aberasyon frekansında anlamlı bir değişiklik olmadığı gözlemlenmiştir. Uygulamadan sonraki 12 ve 13. günlerde feda edilen fındık farelerin sperm miktarında, güç yoğunluğunun artışı ile küçük fakat anlamlı bir yükselme rapor edilmiştir.

2.45 GHz mikrodalga radyasyon uygulaması yapılan erkek fındık fare'lardaki sperm miktarı ve sperm anormalitesini araştıran Kowalczyk ve arkadaşları (45) 2.45 GHz, 44 W/kg SAR'lık mikrodalga radyasyonu 30 dakika süreyle erişkin erkek fındık farelerin vücutlarının arka yarısına uygulamışlar ve sperm miktarındaki azalma ile anormal sperm morfolojisini incelemişler. Her bir parametredeki yanıt uygulamadan sonraki 2-4 haftada maksimalmiş. Bu mikrodalgaların spermatidler ve spermatozoidler üzerine en büyük etkisinin olduğuyla uyumuştur. Azalan erkek fertilitésinin azalan hamilelik oranıyla ilişkili olduğu ve preimplantasyon canlılığıyla daha az ilişkisi olduğu sonucuna varılmış.

Hall ve arkadaşları (46) yaptıkları başka bir çalışmada ise, Hindi spermelerine sıcaklığı kontrol edilebilen mikrodalga sistemiyle 2.45 GHz frekanslı ve 1, 10 veya 50 mW/g SAR değerli mikrodalga radyasyonunu 30 dakika uygulamışlar. Mikrodalga uygulamasından önce ve sonra şu parametreler araştırılmış; canlı sperm yüzdesi, anormal sperm yüzdesi ve laktat dehidrogenaz (LDH) ile Glumatik Oxalik Transaminaz (GOT) enzimleri. Bu parametreler test edilen koşullar altında mikrodalga uygulamasıyla anlamlı bir şekilde değişmemiş.

Hall ve arkadaşları (47) yaptıkları bir başka çalışmada ise hindi spermelerine sıcaklığı kontrol edilebilen 2.45 GHz frekanslı mikrodalga radyasyonu uygulamışlar. Sıcaklık 25 ve 40.5 °C'de sabit tutulmuştur. Spermelere, 10 ve 50 mW/g SAR düzeyinde 30 dakika süreyle mikrodalga uygulanmış. Çalışmadan elde edilen bulgular, bu deneylerde kullanılan koşullarda mikrodalga radyasyonunun Hindi spermının fertilizasyon kapasitesinin etkilemediğini göstermiştir.

Embriyogenez boyunca uygulanan mikrodalga radyasyonunun erkek Japon bildircinlerinin üremesi üzerine etkisini araştıran Mc Ree ve arkadaşları (48) embriyogenezin ilk 12 günü boyunca Japon bildircinlerinin embriyolarına 2.45 GHz CW mikrodalga radyasyonunu sürekli olarak uygulamışlar. Uygulanan mikrodalganın güç yoğunluğu 5 mW/cm² ve SAR değeri 4.03 mW/g olup, erkeklerin üreme

kapasitesinin değerlendirilmesi 23. haftada yapılmış. Manuel olarak toplanan sperm örneklerindeki spermatozoa miktarı ve motilite anlamlı bir şekilde azalmış. Bununla birlikte uygulama yapılan bıldırcınların spermatozoal canlılığı ve morfolojik karakteristikleri kontrolden farklı bulunmamış Rölatif testiküler ağırlıklar uygulama yapılan erkeklerde anlamlı bir şekilde değişmemiş. Uygulama yapılan erkekler sham kontrol dişileriyle çiftleştirildiğinde, fertile yumurtaların yüzdesi anlamlı bir şekilde azalmış. Sham kontrol dişileriyle uygulama yapılan erkeklerin çiftleşmesinden elde edilen fertile yumurtaların yüzdesinin %72.5 olduğu, bununla birlikte sham kontrol dişileriyle sham kontrol erkeklerin çiftleşmesinden kaynaklanan fertile yumurtaların yüzdesinin %80.4 olduğu saptanmış. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, embriyogenez boyunca 2.45 GHz frekanslı mikrodalgaya maruz bırakılan bıldırcınların üreme kapasitelerinin azaldığını göstermiştir.



3. GEREÇ VE YÖNTEMLER

3.1. Çalışmada Kullanılan Deney Hayvanları:

Bu çalışma Dicle Üniversitesi Etik Komitesi tarafından incelenip uygun görüldükten sonra Dicle Üniversitesi Sağlık Bilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezinde (DÜSAM) gerçekleştirildi. Araştırmada 195-250 gr ağırlığında 12 si erkek, 24 dişi olmak üzere toplam 36 adet Wistar albino rat kullanıldı. Fareler DÜSAM' dan temin edildi

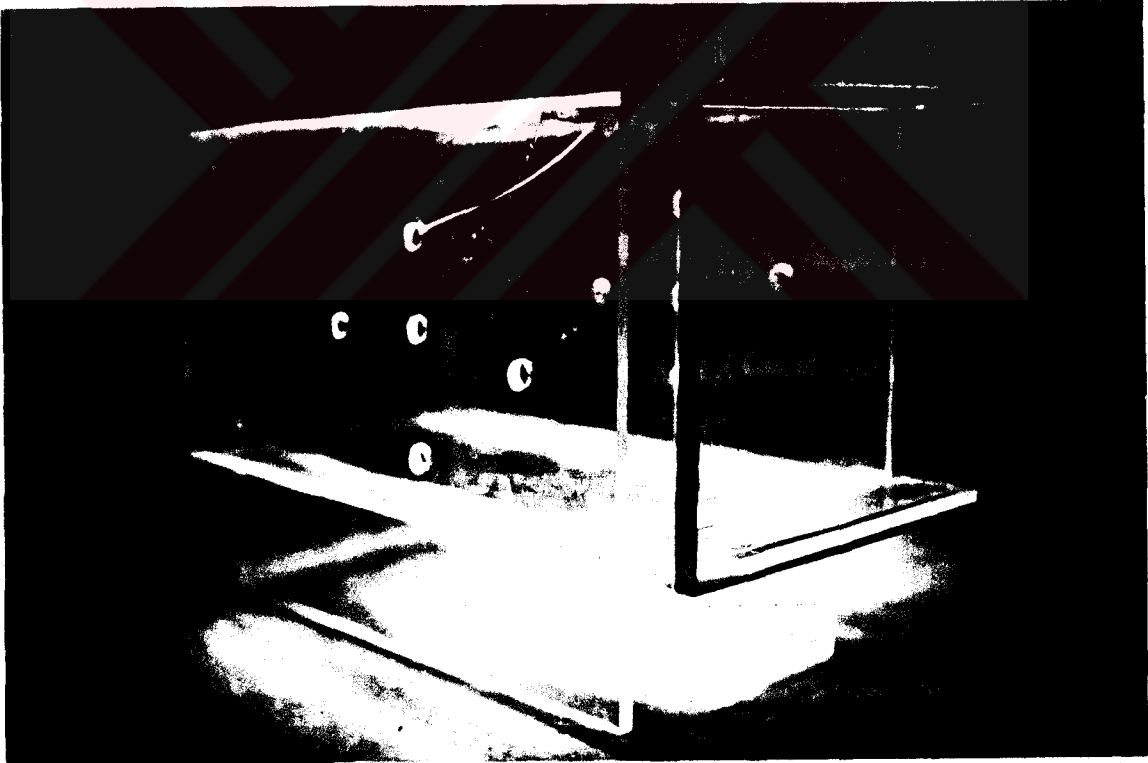


Resim 1: Çalışmamızda kullandığımız wistar albino erişkin erkek rat.

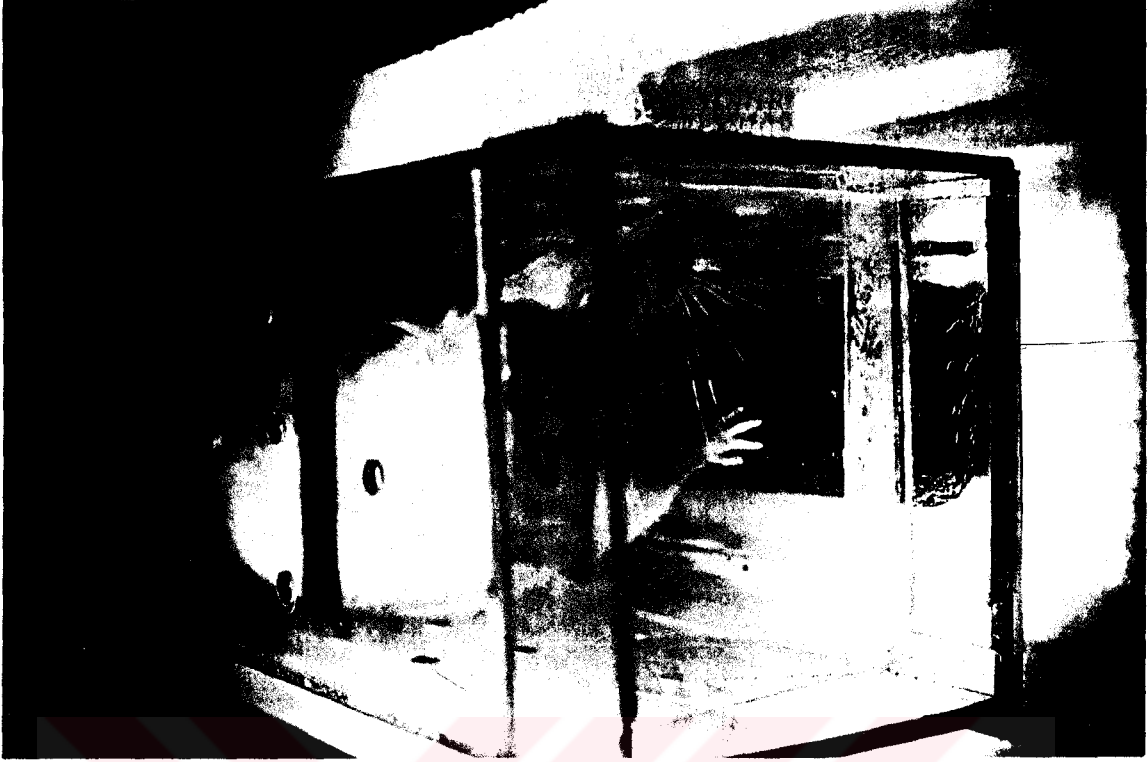
Çalışmada erkek fareler kontrol (sham) ve konuşma (deney) grubu olmak üzere 2 gruba ayrıldı (n=6). Dişi fareler ise biri kontrol(sham) diğeri arama grubu olacak şekilde ikiye ayrıldı (n=12). Fareler optimal ısı olan 22° C, 10 saat karanlık 14 saat aydınlık ortalama %45 nisbi neme sahip ortamda deney süresince barındırıldılar. Su ve pellet yem adlibitum olarak verildi.

3.2. Araştırmada Kullanılan Cep telefonlarının Genel Özellikleri ve Deney Düzenegi:

Bu çalışmada 4 adet X firması tarafından üretilen aynı tip cep telefonu kullanıldı. Bu cep telefonlarının alan parametreleri çalışma frekansları olarak 890- 915 MHz. , Modülasyon frekansı 217 Hz, maksimum gücü 2 W şeklindeydi. Kontrol ve deney grubu farelerin her biri bu çalışma için özel yapılmış olan 20x10,5x10 cm. boyutunda olan pleksiglas delikli kafeslere uygulama boyunca konuldular.



Resim 2: Cep telefonu uygulaması boyunca ratların içinde bulunduğu pleksiglas kafes



Resim 3: Deney grubu ratlara yapılan uygulamaya ait deney düzeneği

Cep telefonları uygulama süresince bu özel yapılmış pleksiglas kafeslerin 0.5 cm altına gelecek ve tüm vücudu ışınlayacak şekilde konuldu.

3.3. Mikrodalga Uygulaması ve Deney Prosedürü :

Erkek arama grubundaki ratlar 2 saatlik standby süresince birer dakikadan olmak üzere 3 kez cep telefonları konuşma pozisyonuna getirilerek toplam 3 dakika aktif olarak ışınıldılar. Kontrol (sham) grubu erkek ratlar ise deney grubu ile aynı şekilde her biri bir pleksiglas kafese konuldu ve cep telefonları kapalı olacak şekilde pleksiglas kafesi 0.5 cm altına yerleştirildi. Kontrol grubu ratlar ışınlama dışında deney grubu ratlarla aynı uygulamaya maruz bırakıldılar. Erkek grubu ratlar her gün aynı saatte 1 Ay boyunca aynı şekilde ışınıldılar.



Resim 4: Kontrol grubu ratlara yapılan uygulamaya ait deney düzeneği

Dişi fareler uygulamaya başlamadan önce bir erkek rat ile birlikte gece boyunca bir kafese yerleştirildiler. Takip eden gün veya günlerde dişi ratın hamile olduğunun tespit edildiği gün hamileliğinin ilk günü kabul edilerek ışınlanmaya başlandı. Bir başka deyişle dişi fareler hamileliklerinin ilk gününden başlayarak ışınlandılar. Dişi grupta yer alan 24 hamile rat iki gruba ayrıldı. (n=12) kontrol ve deney grubu hamile fareler erkek grubunda olduğu gibi uygulama boyunca her biri bir pleksiglas kafese konuldu. Cep telefonları 0.5 cm altına yerleştirildi.

Deney grubundaki hamile fareler iki saatlik standby süresince birer dakikada olmak üzere 3 kez cep telefonları konuşma pozisyonuna getirilerek toplam 3 dakika aktif olarak ışınlandılar. Kontrol grubundaki hamile fareler ise cep telefonu kapalı tutulmak koşulu ile (ışınlanma olmaksızın) aynı deneysel işlemlerden geçirildi. Bu gruptaki fareler doğum yapılan güne kadar her gün aynı saatte olacak şekilde ışınlandılar.

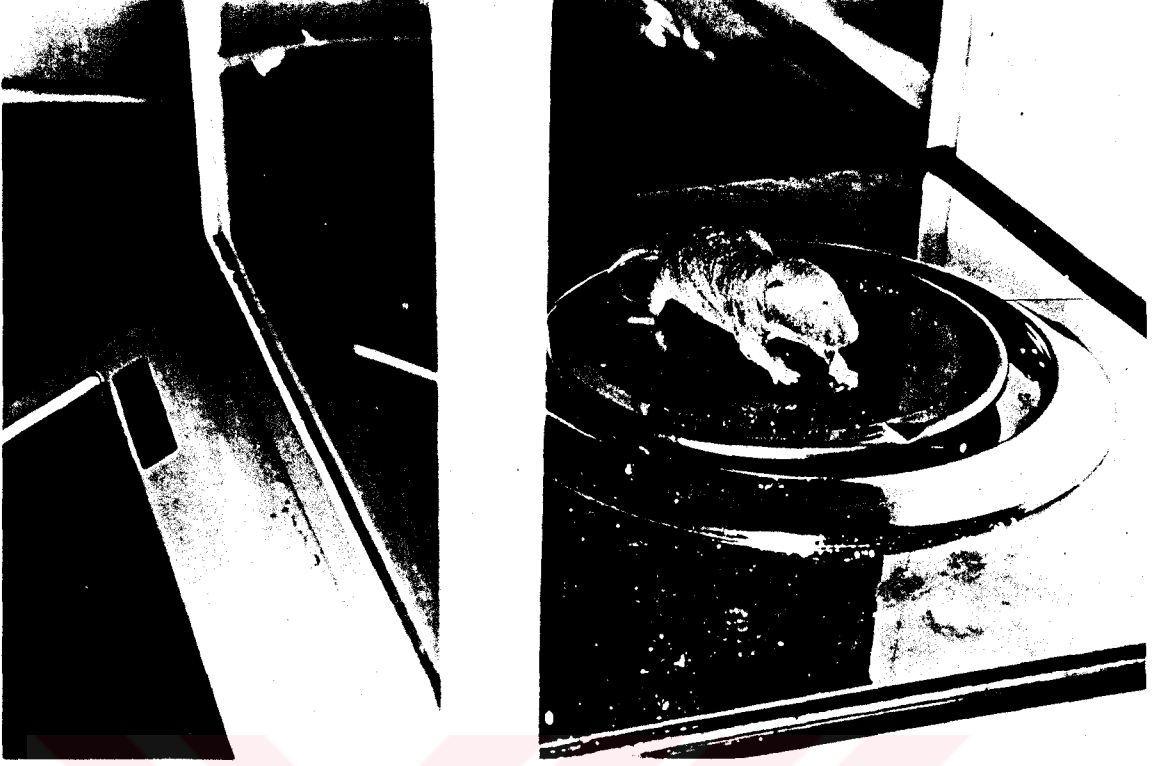
Haftada bir olmak üzere gerek erkek gerekse dişi grubu farelerin tümünün uygulamadan önce ve uygulamadan sonraki rektal sıcaklıkları bir dijital (Jenway 2103, UK) termometre ile ölçüldü. Rektal sıcaklık ölçümü yapmak için termometrenin probu

farelerin rektumuna 2.5 cm kadar daldırıldı. Uygulamadan önce ve sonra tespit edilen rektal sıcaklıkların ortalaması alındı ve bu sıcaklıkların farkları alınarak farklar istatistiksel olarak değerlendirildi.

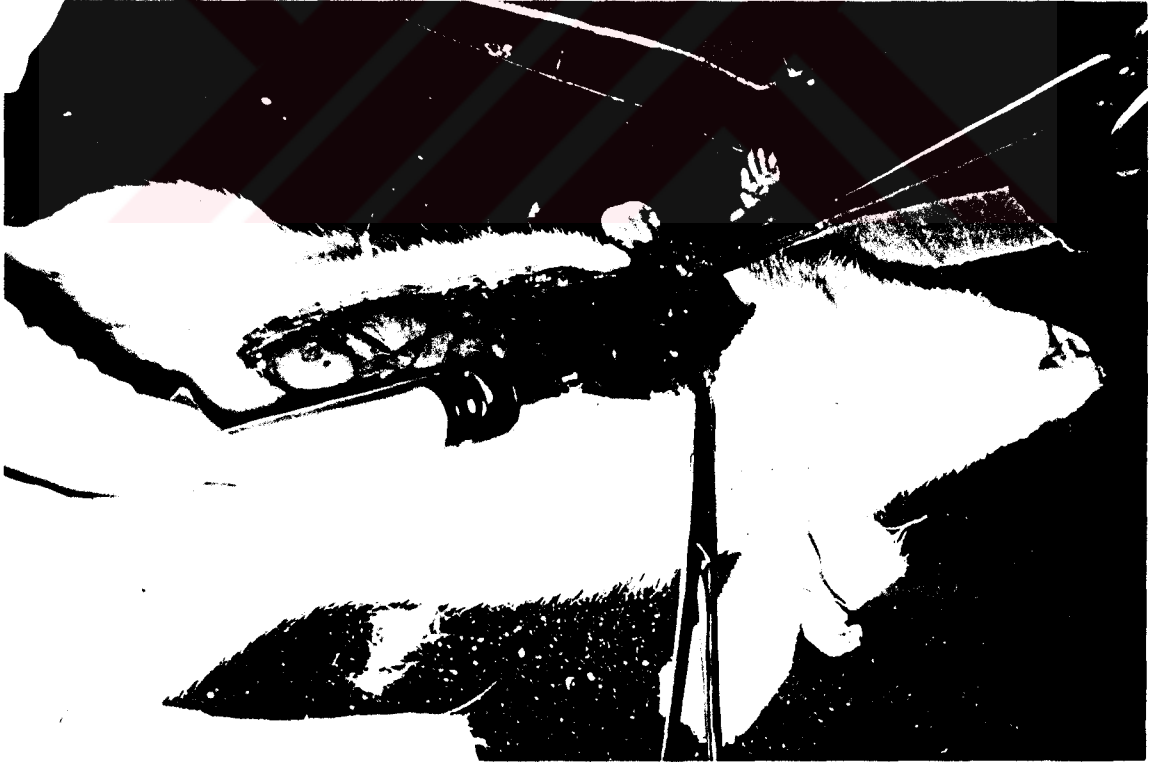
Deney ve kontrol grubu erkek farelerde ışınlanmanın son günü ve ışınlanmadan hemen sonra deney ve kontrol grubu dişi farelerde ise doğum yaptıktan sonra intraperitoneal olarak verilen pentobarbital ile yapılan anestezi sonucunda sakarifiye edildiler. Yavru fareler da doğar doğmaz (her anneden bir erkek yavru rat) aynı anestezi madde ile feda edildiler. Tüm feda edilen erkek ve yavru erkek ratların testis dokusu elektron mikroskobu ile incelenmek üzere alındı.



Resim 5: Yavru rat'a anestezi yapılması



Resim 6: Yeni doğan bir yavru rat'a ait görüntüm



Resim 7: Yavru rat'tan doku alınması

Erkek ve dişi deney grubu farelerin spesifik absorplanma oranı (SAR) değeri deneysel olarak sıcaklık probu tekniği kullanılarak tespit edildi. Her rattaki ortalama sıcaklık artışı $0,317^{\circ}\text{C}$ olarak bulundu. Bu değeri $1^{\circ}\text{C} / \text{Dk.} = 58,6 \text{ W/kg}$. Formülüne uygulanarak SAR değeri hesaplandı (Spesifik Doku Sıcaklığı $0,84^{\circ}\text{C}$ olarak alındı).

3.4. Elektron Mikroskopik inceleme için Yapılan Histolojik Takip:

Elektron mikroskopik inceleme amacıyla alınan dokular % 2 lik glutaraldehitte (pH=7,2 fosfat tamponu) tespit edildi. Postfiksasyon % 1'lik Osmium tetroxide (tamponlanmış) ile yapıldı. Postfiksasyon işlemini takiben tedrici olarak artan aseton serilerinden (%70, 80, 90, 96 ve saf) doku örnekleri geçirildi. Dokular propilenden geçirildikten sonra vestopal+propilen karışımında bir gece 40°C ' de bekletildiler. Aynı ısıda saf vestopal'da 3 saat bekletildikten sonra, gömme ortamı olarak yine vestopal kullanıldı.

Gömme ortamı 48°C ' lik etüvde 2 gün süreyle blokların polimerize olması beklendi. Yarı ince kesitler toluidin blue ile boyandı. İnce kesitlerin inceleneceği bölge belirlendikten sonra, ince kesitler Reichert Supernova ultramikrotomunda alınarak, uranyl-asetate, kurşun sitrate ile boyandı. Carl Zeiss EM-900 kodlu tarayıcı elektron mikroskobu ile incelenmesi yapıldı.

3.5. İstatistiksel Yöntem :

Elde edilen rektal sıcaklık açısından deney ve kontrol (sham) grubu arasında anlamlı fark olup olmadığını tespit etmek amacıyla Mann Whitney U testi kullanıldı.

4. BULGULAR

4.1. Erkek Arama Grubu

Erkek arama grubunun testis dokusu ışık mikroskopunda incelendiğinde tubuli seminiferi kontorti ve tubuli seminiferi rekti tubuluslarının bazılarında lümene doğru artan miktarda spermatogenik hücre zenginliği dikkat çekici idi. Spermatogenik hücreleri normal görünümde olduğu gözlenirken, spermatogenik hücreleri arasında yer alan sertoli hücrelerinde herhangi bir dejenerasyon olmadığı gözlemlendi (Resim-8).



Resim 8: Erkek arama grubu ratların testis dokusunun ışık mikroskopik görünümü (metilen mavisi, x 82).

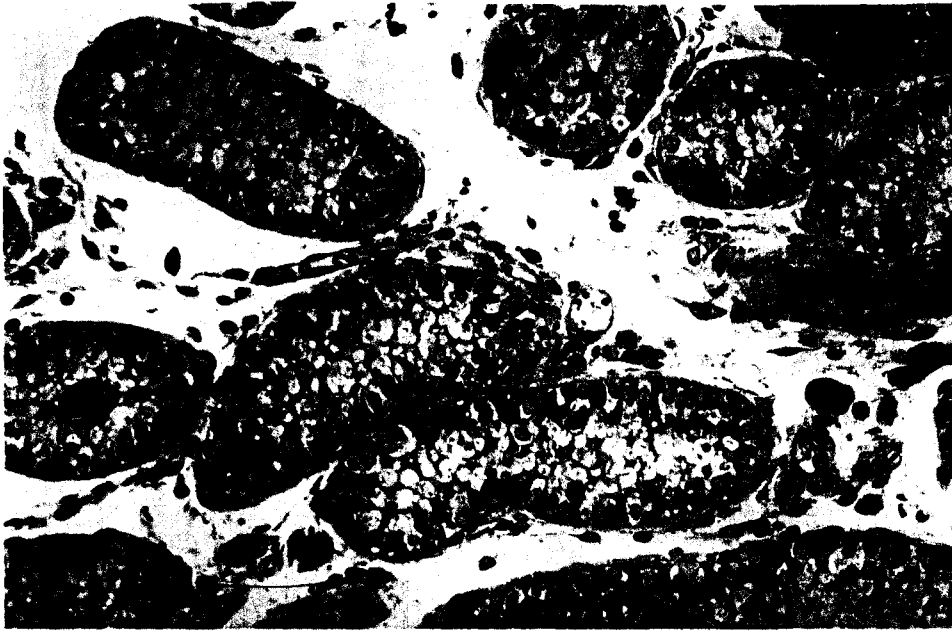
Erkek arama grubunun testisinin elektron mikroskopik kesitinde spermatogenik hücrelerin sitoplazmasında ki endoplazmik retikulum sisternalarının normal görünümde olduğu gözlemlendi (Resim-9).



Resim 9: Erkek arama grubuna ait testis dokusunun elektronmikroskopik kesitinde spermatik hücrelerin normal görünümü (Uranil asetat – kurşun sitrat, x 8500).

4.2.Yavru Arama Grubu

Yavru arama grubuna ait ışık mikroskopik kesitlerde seminifer tübülleri normal görünümde olduğu spermatogenik hücrelerde herhangi bir dejenerasyon olmadığı , interstitiel alandaki Leydig hücrelerinin ve sitoplazmalarının normal görünümde olduğu gözlemlendi (Resim-10).



Resim 10 : Yavru arama grubuna ait testis dokusu kesitlerinde Leydig hücrelerinin Bold yapma tubüllerinin normal görünümü (metilen mavisi, x 82).

Yavru arama grubunun elektron mikroskopik görünümünde spermatogenik hücreler ile Sertoli hücreleri ve bağlantı kompleksleri bazal membran normal görünümde izlendi. Leydig hücrelerinin sitoplazmasında yer alan granülsüz endoplazmik retikulum da herhangi bir dejenerasyon olmadığı gözlemlendi (Resim-11).



Resim 11: Yavru arama grubuna ait testis dokusunun elektron mikroskopik görünümü (uranil asetat – kurşun sitrat, x 8500).

Ortalama tüm vücut spesifik absorblanma oranı (SAR) değeri 0,155 W/kg olarak tespit edilmiştir.

Cep telefonundan yayımlanan RF radyasyonuna maruz kalan deney grubu ratlarla kontrol grubu (sham) ratlarının rektal sıcaklıkları ve rektal sıcaklık farklılıkları istatistiksel olarak karşılaştırıldığında aralarında anlamlı bir farklılık olmadığı bulundu.(P > 0,05).

Tablo 3 : Deney ve kontrol grubuna ait rektal sıcaklıklar ve sıcaklık farklılıkları *

	Erkek			Dişi		
	Kontrol	Deney	P değeri	Kontrol	Deney	P değeri
Uygulamadan önce	37,75±0,081	37,9±0,137	>0,05	38,01±0,18	38,2±0,40	>0,05
Uygulamadan sonra	38,45±0,38	38,7±0,428	>0,05	38,4±0,22	38,9±0,61	>0,05
Fark	0,75±0,42	0,95±0,43	>0,05	0,30±0,12	0,75±0,31	>0,05

* Değerler medyan ± SD , °C şeklindedir.

5. TARTIŞMA

Çalışmamızda son yıllarda kullanımı oldukça artan ve kullanan kişi sayısının 200 milyona kadar çıktığı sanılan cep telefonlarından yayınlanan radyasyonun farelerin testis dokusu üzerine etkisi ve ayrıca hamilelik dönemi boyunca cep telefonlarının yaydığı radyasyona maruz kalan anne farelerin yavrularının testis dokusu üzerine etkisi araştırıldı.

Araştırmamızda cep telefonu kullanmamızın nedeni gerek bu iletişim sistemini kullanan insan sayısının artması ve dolayısıyla cep telefonlarının biyolojik etkilerinin halkın, basın ve bilim adamlarının gündemini oluşturmasıdır. Bu araştırmayla cep telefonlarının yaydığı noniyonize radyasyonun biyolojik etkilerinin olup olmadığı konusundaki problemin çözümüne bir nebze olsun katkıda bulunulmaya çalışılmıştır. Ayrıca çalışmada testis dokusunu incelemek için tercih etmemizde; testis dokusunun spermatogenez olayının geçtiği doku olması ve bu dokuda oluşabilecek olası tahribatın üreme sistemi ile ilgili etkinin önemli bir kriteri olması, testis dokusunun gerek iyonize gerekse noniyonize radyasyona duyarlı organ olması ve ayrıca yapılan uygulamada testis dokusunun, uygulama kaynağına, diğer organlara göre daha yakın olması gibi etkenler büyük bir rol oynamıştır.

Bu çalışmada cep telefonlarından yayınlanan mikrodalga radyasyonu iki saatlik standby süresince erkek farelere günde 3 dakika ve bir ay boyunca uygulandı. Ayrıca bir sonraki kuşakta meydana gelebilecek olası etkiyi belirlemek amacıyla hamile farelere hamilelik dönemi boyunca aynı uygulama yapıldı. Uygulamadan sonra gerek erişkin erkek farelerin gerekse yavru erkek farelerin testis dokusu elektron mikroskopik düzeyde incelenerek yapılan uygulamanın olası etkileri değerlendirilmeye çalışıldı.

Oluşabilecek muhtemel etkinin termal mi yoksa nontermal kaynaklı mı olduğunu belirlemek amacıyla, uygulama öncesi ve sonrası rektal sıcaklıklar ve rektal sıcaklık farklılıkları saptandı. Ayrıca rektal sıcaklık farkları istatistiksel olarak karşılaştırıldı.

Testis dokusunun ısıya duyarlılığı Chowdhury ve Steinberger (50), Setchell ve Waites (53), Meistrich ve arkadaşları (52) tarafından rapor edilmiştir. Mikrodalga radyasyonunun testis dokusu üzerine etkisi ile ilgili olarak yapılan çalışmalarda yüksek düzeyde mikrodalga uygulaması yapılan ve testis dokusunda sıcaklık artışı meydana getirebilen uygulamaların testis dokusunda dejenerasyon, ödem, hemoraji ve spermatogenezde azalma gibi ciddi patolojilere neden olabildiği rapor edilmiştir (3,5,8,,6,7,21,30,31,11).

Bu çalışmalarda elde edilen bulgular Saunders ve Kowalczyk (8)'un çalışmasında ileri sürdüğü ve testislerde oluşan değişikliğin mikrodalğanın primer etkisinden biri olan ısı tahribatından kaynaklandığı hipotezine uymaktadır.

Testislerin sıcaklık değişikliklerine duyarlı olduğu, vücudun dış kısmında skrotal bölgede bulunan testisin sıcaklığının vücut sıcaklığından daha düşük olduğu ve testis sıcaklığının normal vücut sıcaklığına erişmesi durumunda bile testisteki spermatogenezin etkilenebileceği bilinmektedir (52,54). Testislerde oluşan bu termal tahribatın nedeni, spermatogenez olayının başlangıcında spermatidlere doğru bölünerek gelişen başlangıçtaki hücrelerin bölünememesinden kaynaklanıyor (8).

Çalışmamızda bir ay boyunca yapılan mikrodalga uygulamasının erişkin ratların testis dokusunda ışık mikroskopik ve elektron mikroskopik düzeyde herhangi bir patoloji saptanmadı. Elde ettiğimiz bu sonuç, mikrodalga uygulaması sonucu testis dokusunda dejenerasyon tespit eden çalışmaların bulgularıyla (3,7,21,30,11) uyuşmamaktadır. Bu çelişkinin nedeni, pozitif bulgular elde eden çalışmalarda kullanılan mikrodalga radyasyonunun frekansının, güç yoğunluğunun, uygulama süresinin ve spesifik absorblanma oranı (SAR) değerlerinin çalışmamızdakinden farklı olmasından kaynaklanıyor olabilir. Çalışmamızda uygulama öncesi ve sonrası elde ettiğimiz rektal sıcaklık farklılıkları istatistiksel olarak karşılaştırıldığında anlamlı bir değişiklik olmaması, mikrodalga uygulaması sonucu oluşan testis dejenerasyonunun mikrodalğanın indüklediği ısıdan kaynaklandığı hipotezi ile uyuşmaktadır. Ayrıca bu çalışmada elde edilen bulgular mikrodalga uygulamaları ile ilgili olarak yapılan bazı deneysel çalışmaların (31,29,40,39,10) bulgularıyla uyuşmaktadır.

Çalışmamızda embriyonal dönemi boyunca cep telefonundan yayınlanan mikrodalga radyasyonuna maruz kalan ratların testis dokusunda herhangi bir patoloji saptanmamıştır. Bu bulgu, maksimum müsaade edilebilir dozların altında yapılan MW

ve RF uygulamalarının intrauterin ve teratolojik etkiler oluşturmadığı bulgularıyla uyuşmaktadır(9).

Farelerin vücut ağırlıkları, geometrilerinin ve fizyolojik yanıtlarının farklı olmasından ötürü (31) elde ettiğimiz sonuçları insanlara genelleştirmemiz doğru olmaz. Ancak, cep telefonlarından yayınlanan radyasyonun zararsız olduğunu ve biyolojik etkilerinin olmadığını tam anlamıyla ileri sürebilmek için daha uzun süreli uygulamalar yapılması, daha çok sayıda deneysel ve epidemiyolojik çalışmalar yapılması ve moleküler düzeyde çalışmalar yapılması gerekir.



6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Günlük yaşamımızın bir parçası haline gelen cep telefonlarından yayılan mikrodalga radyasyonunun erkek farelere bir ay boyunca ve dişi farelere hamilelik dönemi boyunca uygulanması sonucu, erkek ve yavru farelerin testis dokularından elde edilen histopatolojik sonuçlar şu şekildedir;

- 1- Erkek farelere yapılan uygulama sonucunda hem ışık mikroskopik hem de elektron mikroskopik düzeyde testis dokusunda biyolojik açıdan anlamlı değişiklikler olmadığı gözlemlendi.
- 2- Prenatal dönemde yapılan mikrodalga uygulamasının yavru farelerin testis dokusunda herhangi bir değişiklik meydana getirmediği gözlemlendi.

Kendi deney koşullarımız altında yaptığımız bu çalışma sonucunda cep telefonlarından yayılan mikrodalga radyasyonunun farelerin testis dokusunu etkilemediği sonucuna vardık. Ancak cep telefonlarından yayılan mikrodalga radyasyonunun biyolojik sistem için potansiyel bir tehlike oluşturup oluşturmadığını belirlemek için daha uzun süreli uygulamaların yapıldığı daha detaylı çalışmalara gereksinim vardır.

KAYNAKLAR

- 1- International Commission on Nonionizing Radiation Protection. Guidelines for Limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz.) Health Phys 74:494-522.1998.
- 2- Elder J.A, Czerski P.A, Stuchly M.A, Mild K.H, Sheppard A.R. Radiofrequency Radiation In: Nonionizing Radiation Protection. Ed Suess M.J. Benwell-Morison, D.A Second Edition. WHO, Copenhagen, 117-173, 1989.
- 3- Varma M.M, and Traboulay E.E, Biological effects of microwave radiation on the testes of swiss mice, Experientia, 31,3,301-302, 1975.
- 4- ICNIRP. Guidelines on limits of exposure to radiofrequency electromagnetic fields in the frequency ranges from 100 kHz to 300 GHz. Health Phys, 54(1),115, 1988.
- 5- Gun S.A, Gould T.M AND Anderson W.A.D, The Effect of microwave Radiation on morphology and function of rat testis, Lab. Invest, 10 (2), 301-314, 1961.
- 6- Fahim M.S, Fahim Z, Der R, Hall D.G, Harman J, Heat in male contraception (hot water 60 °C, infrared, microwave and ultrasound). Contraception, 11, 549-62, 1975.
- 7- Kequn W.X.O, Wenyu C, Dehua Y, Jie Y, Guangrong L and Huaxun R, A morphologic study of microwave influence on male fertility. III. Light

microscopic study on the influence of microwave irradiation to rat testes upon ganadotroph cells, *Acta Acad Med Sichvan*, 16 (3), 199-203, 1985.

- 8- Gasinska A, Hill S, The effect of hyperthermia on the mouse testis, *Neoplasma*, 37 (3), 357-366, 1990.
- 9- Najdovski L, Dragas A.Z and Kotnik V, The killing activity of microwaves on some non-sporogenic and sporogenic medically important bacteriel strains, *J. Hosp. Infect*, 19 (4): 239-247, 1991.
- 10- Dasdag S, Ketani MA, Akdağ Z., Ersay A.R, Sari I, Demirtaş Ö, Celik M.S. Whole- body microwave exposure emitted by cellular phones and testicular function of rats. *Urol Res* (1999) 27:219-223
- 11- Akdağ M.Z, Çelik.M.S, Ketani A, Nergis Y, Deniz M and Daşdag S. Effect of Chronic Low-Intensity Microwave Radiation on Sperm Count, Sperm Morphology, and Testicular and Epididymal Tissues of Rats. *Electro –and Magnetobiology* 18:133-141. 1999.
- 12- Robert L, Davis, MD and F.Kash Mostofi, MD, Cluster of Testicular Cancer in Police Officers Exposed to Hand-Held Radar. *American Journal of Industtrial Medicine*.1993 24:231-233
- 13- H.E.Bayrakçı. *Elektromagnetik Dalga Teorisi*. Birsen Yayınevi ,1988 34-100,1988.
- 14- Jordan, E.C., and Balamın, K.G., “*Electromagnetic Waves Propagation*”, McGraw-Hill Book Co., 1965
- 15- ICNIRP, Health issues related to the use of hand-held radiotelephones and base transmitters. *Health Phys*, 70,587,1996.

- 16- Michaelson S.M, Microwave and Radiofrequency Radiation In: Nonionizing Radiation Protection. Ed: Suess M. J. WHO, Copenhagen, 97-174, 1982.
- 17- Elwood J.M. A critical review of epidemiologic studies of Radiofrequency exposure and human cancers. *Environ Health Perspect* 107:155-168,1999.
- 18- Robert L, Davis, MD and F.Kash Mostofi, MD, Cluster of Testicular Cancer in Police Officers Exposed to Hand-Held Radar. *American Journal of Industrial Medicine*.1993 24:231-233.
- 19- Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electro magnetic fields (up to 300 GHz). *Health Phys*, 74(4),494,1998.
- 20- ANSI/IEEE Standart for safety levels with respect to human exposure to radiofrequency elektromagnetic fields, 3 kHz to 300 GHz. New York, IEEE,C95.1,1991.
- 21- Rosenthal D.S and Beering S.C, Hypogonadism after Microwave Radiation, *Journal of the American Medicine Association (JAMA)*, 205 (4), 245-247, 1968.
- 22- Roberts M.R, Michaelson Jr. S.M and Lu S.T, The biological effects of radiofrequency radiation: a critical rewiev and recommendations, *Int. J. Radiat. Biol*, 50 (3): 379-420, 1986.
- 23- Kaiser F, IN *Biological Effect and Dosimetry of non ionizing Radiation, Radiofrequency and Microwave Energies*. New York, Plenum Press, p251,1983.
- 24- EC (European Comission), *Possible Health Effect Related to the use of Radiotelephones. Proposals for a Resarch Programme by a EC Expert Group*. Brussels,EC, 1996.

- 25- NRC (National Research Council), Possible Health Effect Of Exposure to Residential Electric and Magnetic Fields. 49(1),37, 1997.
- 26- Kaloğlu, C; Gürsoy, E (1997) : Sıçanlarda gonadların gelişimi ve testiküler farklılaşma I. C.Ü. Tıp Fak. Dergisi 18, 243-251.
- 27- Kayalı, H; Şatıroğlu, G; Taşyüraklı, M (Eds.) (1992): İnsan Embiryolojisi. 7. baskı ed. Alfa Basın Yayım Ltd., İstanbul. 300-320.
- 28- Junquera, LC; Carneiro, J; Kelley, OR (1993): Temel Histoloji. 7. baskı, Barış Kitabevi, İstanbul. 602 –603.
- 29- Barron C.I and Baraff A.A, Medical considerations of exposure to microwaves (radar). Journal of American Medical Association, 168, 1194, 1958.
- 30- Marha K, Musıl J. And Tuha H, Electromagnetic fields and the life Environment, San Francisco Press, Inc, San Francisco, California 29-47, 1971
- 31- Saunders R.D and Kowalczuk C.I, Effects of 2.45 GHz microwave radiation and heat on mouse spermatogenic epithelium, Int. J. Radiat. Biol, 40 (6), 623-632, 1981.
- 32- Lancranjan I, et al, Gonadic function in workmen with long-term exposure to microwaves, Health Physics, 29, 381-383, 1975.
- 33- Saunders R.D and Kowalczuk C.I, The efect of acute far field exposure at 2.45 GHz on the mouse testis. Int. J. Radiat. Biol, 39 (6), 587-596, 1981.

- 34- Robert E., Intrauterine effects of electromagnetic fields-(low frequency, mid frequency RF and Microwave): Review of epidemiologic studies. *Teratology* 59: 292-298, 1999.
- 35- Berman E, Carter H.B, House D, Tests of mutagenesis and reproduction in male rats exposed to 2.450 MHz (CW) microwaves, *Bioelectromagnetics*, 1 (1), 65-76, 1980.
- 36- Abadir R, Harman J, Fahim M, Enhancement of ionizing radiation effect on the testes of rats by microwave or ultrasound-induced hyperthermia, *J. Med.* 10 (1-2), 1-12, 1979.
- 37- Lokhmatova SA, The effect of low-intensity prolonged impulse electromagnetic irradiation in the UHF range on the testes and appendages of the testis in rats. *Radiats Biol Radioecol* 1994 Mar-Apr;34(2):279-85
- 38- Limin Y, Zigiang L. And Bangliang Y. Effect of microwave irradiation on spermatozoa of rat epididymis in vivo, *J. West. China Univ. Med. Sci*, 19 (3), 257-260, 1988.
- 39- Lebovitz R.M. and Johnson L, Testicular Function of rats following exposure to microwave radiation, *Bioelectromagnetic*, 4(2), 107-14, 1983.
- 40- Lebovitz R.M. and Johnson L, Acute Whole-body Microwave Exposure and Testicular Function of Rats, *Bioelectromagnetic*, 8 (1), 37-43, 1987.

- 41- Johnson L, Lebovitz R.M and Samson W.K, Germ cell degeneration in normal and microwave-Irradiation Rats: Potential sperm production Rates at different Developmental steps in spermatogenesis. *The Anatomical Record*, 209 (4), 501-507, 1984.
- 42- Saunders R.D and Kowalczyk C.I, Beechey C.V, Dunford R, Studies of the induction of dominant lethals and translocations in male mice after chronic exposure to microwave radiation, *Int. J. Radiat. Biol*, 53 (6), 983-92, 1988.
- 43- Cleary S.F, Liu L.M, Graham R and East. J, In vitro fertilization of mouse ova by spermatozoa Exposed Isothermally to Radio-frequency Radiation, *Bioelectromagnetics*, 10, 361-369, 1989.
- 44- Beechey C.V, Brooker D, Saunders R.D, Kowalczyk C.I and Searle A.G, Cytogenetic effects of microwave irradiation of male germ cells of the mouse, *Int. J. Radiat. Biol* 50 (5), 909-918, 1986.
- 45- Kowalczyk C.I, Saunders R.D, Stapleton, H.R, Sperm count and sperm abnormality in male mice after exposure to 2.45 GHz microwave radiation, *Mutat Res*, 122 (2), 155-61, 1983.
- 46- Hall C.A, Galvin M.J, Thaxton J.P, Mc Ree D.I, Interaction of microwave radiation with turkey sperm, *Radiat. Environ. Biophys*, 20 (2), 145-52, 1982.
- 47- Hall C.A, Mc Ree D.I, Galvin M.J, White N.B, Thaxton J.P, Christensen V.L, Influence of in vitro microwave radiation on the fertilizing capacity of turkey sperm, *Bioelectromagnetics*, 4 (1), 43-54, 1983.

- 48- Mc Ree D.I, Thaxton J.P, Parkhurst C.R, Reproduction in male Japanese Quail exposed to microwave radiation during embryogeny. Radiation Research, 96 (1), 51-8, 1983.
- 49- O'connor M.E., Intrauterine effects in animals exposed to radiofrequency and Microwave fields, Teratology 59: 287-291, 1999.
- 50- Chowdhury A.K, and Steinberger E, Early changes in the germinal epithelium of rat testes following exposure to heat, J.Reprod. Fert, 22,205-212, 1970.
- 51- Meistrich M.L, Eng V.W.S and Loir M. Temperature effects on the kinetics of spermatogenesis in the mouse, Cell Tissue Kinet, 6,379-393,1970.
- 52- Guyton A.C, Hall J.E, Textbook of Medical Physiology, Ninth Edition, W.B. Saunders company. Philadelphia, Pennsylvania,1003-1016, 1994.
- 53- Setchell B.P, Waites G.M.H, The effect of local heating of the testis on the flow and composition of rete testis fluid in the rat with some observation on the effect of age and unilateral castration, J.Reprod. Fert,30,225,1972.
- 54- Ganong W.E, Ganong Tibbi Fizyoloji, Editör:Doğan A, Barış Kitabevi, İstanbul,449-495,1995.