T.C.

DİCLE ÜNİVERSİTESİ

SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FARKLI SÜRELERDE CEP TELEFONLARI İLE KONUŞANLARIN KULAK KILLARINDA DNA HASARININ TESPİTİ

DOKTORA TEZİ

MEHMET AKDAĞ

DANIŞMAN

PROF. DR. SÜLEYMAN DAŞDAĞ

BİYOFİZİK ANABİLİM DALI

DİYARBAKIR 2017

T.C

DİCLEÜNİVERSİTESİ

SAĞLIKBİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ

"**Farklı sürelerde cep telefonları ile konuşanların kulak kıllarında DNA hasarının tespiti**" başlıklı Doktora Tezi / /2017tarihinde tarafımızdandeğerlendirilerekbaşarılı bulunmuştur.

TezDanışmanı: **Prof. Dr. SÜLEYMAN DAŞDAĞ**

Tezi TeslimEden: **MehmetAKDAĞ**

Jüri Üyesinin Unvanı Adı Soyadı Üniversitesi

Başkan:Prof.Dr. M.Zülküf AKDAĞDicleÜniversitesi

Biyofizik Anabilim Dalı

Üye: Prof. Dr. Hüda Diken OFLAZOĞLUDicleÜniversitesi

Fizyoloji Anabilim Dalı

Üye:Prof. Dr. Süleyman DAŞDAĞİstanbul Medeniyet Üniv.

Biyofizik Anabilim Dalı

Üye: Prof. Dr. Cemil SERT Harran Üniversitesi

Biyofizik Anabilim Dalı

Üye:Doç. Dr. VeysiAKPOLATDicleÜniversitesi

Biyofizik Anabilim Dalı

Yukarıdaki imzalartasdik olunur

…... /…./2017

Doç. Dr. H.Murat BİLGİN
Dicle Üniversitesi
Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEŞEKKÜR

Doktora tez çalışmamın projelendirilmesinde, deneysel çalışmaların yapılmasında, bulguların analiz ve değerlendirilmesinde, sonuçların tartışılmasında, yorumlanmasında ve eğitimim süresince yoğun çalışmalarına rağmen benden desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, her fırsatta yardımıma koşan çok değerli danışman hocam ve aynı zamanda İstanbul Medeniyet Üniversitesi Tıp Fakültesi Biyofizik Anabilim Dalı Başkanı olan Prof.Dr. SÜLEYMAN DAŞDAĞ'a veher konuda yakın desteği ile yanımda olan Dicle Üniversitesi Tıp Fakültesi Biofizik Ana Bilim Dalıbaşkanı Prof.Dr.M.ZÜLKÜF AKDAĞ'a; eğitimim süresince bana her konuda yardımcı olan ve bilgilerini paylaşan BiyofizikAnabilimDalıöğretim üyesihocam Doç.Dr. VeysiAKPOLAT'a, Fizyoloji Anabilim Dalı öğretim üyesi ve aynı zamanda tez izleme komitesi hocam Profesör Dr Hüda Diken Oflazoğlu'na ve Sağlık Bilimleri Enstitüsü Başkanı Doç. Dr. H.Murat BİLGİN'e teşekkür ederim. Ayrıca laboratuar çalışmalarım sırasında önemli katkılar sunan Erciyes Üniversitesi Biyofizik Anabilim Dalı öğretim üyesi Yrd. Doç. Dr. Fazile CANTÜRK'e veemeklihocamız Prof.Dr. M.SalihÇELİK'eteşekkürederim. Ayrıca Tıb doktorası ve akademik hayatım boyunca hoşgörülü yaklaşımları ve destekleriyle sürekli yanımda eşim ve çocuklarıma, sonsuzteşekkürlerimi sunarım.

Mehmet AKDAĞ

Temmuz2017

İÇİNDEKİLER

1.Ön Sayfalar **SayfaNo**

1.1.Kapak

1.2.İç Kapak

1.3.Onay Sayfası i

1.4. Teşekkür ii

1.5. İçindekiler iii

1.6. Resim ve Şekiller Dizini v

1.7. Tablo Ve Grafikler Dizini vi

1.8. Simgeler Ve Kısaltmalar vii

2. Özet Sayfaları

2.1. Özet viii

2.2. Abstract x

3.Tez Metni

3.1. Giriş ve Amaç 1

3.2. Genel Bilgiler 5

3.2.1. Elektromanyetik Dalgalar ve Elektromanyetik Alan 5

3.2.2. Elektromanyetik Spektrum 8

3.2.3. Radyasyon 10

3.2.3.1. İyonlaştırıcı Radyasyon 10

3.2.3.2. İyonlaştırıcı Olmayan Radyasyon 11

3.2.4. RF (Radyo Frekans) Alanlar 11

3.2.4.1. RF Alan Kaynakları 12

3.2.4.2 Mobil Telefon ve Baz İstasyonları 13

3.2.5 Elektromanyetik Dalgaların Termal (Isıl) Etkileri 16

3.2.6. Elektromanyetik Dalgaların Termal Olmayan Etkileri 17

3.2.7. DNA Yapısı 17

3.2.8. Kıl ve Folikül hücresi 21

3.3. Gereç ve Yöntem 22

3.3.1. Gereç 22
3.3.1.1 Kimyasallar 22
3.3.1.2 Kullanılan Alet ve Malzemeler 22
3.3.2. Yöntem 22
3.3.2.1 Araştırmanın Yeri ve Zamanı 22
3.3.2.2 Araştırmanın Tipi 22
3.3.2.3 Araştırmada Kullanılan Bireylerin Sınıflandırılması ve AraştırmaYöntemi 22
3.3.2.4 Dokuların Alınması ve Takip İşlemleri 23
3.3.2.5. Hücre Süspansiyonunun Hazırlanması 23
3.3.2.6. DNA Hasar Tayini (Comet Assay).....24
3.3.2.7. DNA Hasarının Değerlendirilmesi 24
3.3.2.8. İstatistiksel yöntem: 25
3.3.2.9 Araştırmanın Bütçesi 25
3.4. Bulgular 26
3.4.1. Baş Uzunluğu 28
3.4.2. Kuyruk Uzunluğu 29
3.4.3. Comet Uzunluğu 30
3.4.4. Baştaki DNA yüzdesi 31
3.4.5. Kuyruktaki DNA yüzdesi 32
3.4.6. Kuyruk Momenti 33
3.4.7. Olive Kuyruk Momenti (OTM) 34
3.5. Tartışma 36
3.6. Sonuç ve Öneriler 44
4. Kaynaklar 45
5. Ekler 55
6. Özgeçmiş 58

RESİM VE ŞEKİLLER DİZİNİ

SayfaNo

Resim 1: Dalga boyu ve frekans aralığına göre elektromanyetik spektrumu 9

Resim 2:Dalga boyu ve frekans aralığına göre elektromanyetik dalga spektrumu 9

Resim 3:Farklı tipteki mobil telefon ve baz istasyonları gösteren örnek resimler 13

Resim 4: DNA'Nin sarmal yapısı 18

Resim 5:Comet Assay metodu ile normal DNA'nın mikroskopik görüntü 20

Resim 6:Comet Assay metodu ile normal DNA'nın şekilsel görüntü 20

Resim 7:Deri içerisinde kıl folikül hücre histolojik görüntü 21

Resim 8 : Deri içerisinde kıl doku görüntüsü 21

Resim 9: Grup 1 (Kontrol grubu) tail DNA' nın mikroskopik görüntü 26

Resim 10: Grup 2 (0-30 dakika) tail DNA' nın mikroskopik görüntü 26

Resim 11: Grup 3 (30-60dk) tail DNA' nın mikroskopik görüntü 27

Resim 12: Grup 4 (60dk ve üzeri) tail DNA' nın mikroskopik görüntü 27

Şekil 1:Elektromanyetik dalga boyu ve frekansını gösteren şekil 5

Şekil 2:Elektromanyetik dalga yayılımı gösteren şekil 7

Şekil 3: Baz istasyonlarının hücresel ağ yapısı ve cep telefonu ile etkileşim 14

TABLO VE GRAFİKLER DİZİNİ

SayfaNo

Grafik 1: Baş uzunluğunun gruplar arası görüntü 28

Grafik 2: Kuyruk uzunluğunun gruplar arası görüntü 29

Grafik 3: Comet uzunluğunun gruplar arası görüntü 30

Grafik 4: Baştaki DNA yüzdesine göre gruplar arası görüntü 31

Grafik 5: Kuyruktaki DNA yüzdesine göre gruplar arası görüntü 32

Grafik 6: Kuyruk momentine göre gruplar arası görüntü 33

Grafik 7: Olive kuyruk moment 34

Tablo 1: DNA hasarlarına ait istastiksel veriler ve istatistiksel analiz bir bütün olarak gösteren tablo. 35

SİMGELER VE KISALTMALAR

mW/cm^2	Milli watt/ santimetre kare
mAMA	MiliAmper ManyetikAlan
EMA	Elektromanyetik Alan
EM	Elektromanyetik
D	Manyetik akı yoğunluğu
T	Tesla
mG	miliGauss
µT	mikroTesla
V/m	Volt/metre
M	Manyetikalan
C	Coulomb
GPRS	Genel Paket Radyo Servisi
Hz	Hertz
RFR	Radyo Frekans Radyasyon
Σ	ElektrikselİletkenlikKatsayısı
Wİ-Fİ	Kablosuz Bağlantı Alanı
RFR	Radyofrekans Radyasyon
RF	Radyofrekans
SAR	Spesifik Enerji SoğurmaOranı
EA	Elektrik Alan
MHz	Mega Hertz
UMTS	Evrensel Mobil İletişim Sistemi
EMD	Elektromanyetik Dalga
S	Saniye
Kg	Kilogram
WHO	Dünya Sağlık Örgütü
Grup2B	Olası Kanserojen
IARC	Uluslararası Kanser Araştırma Kurumu
DNA	Deoksirinonükleik asit
DSB	Çift iplik kırıkları
ITU	International Telecommunication Union
SDS	Sodyum Dodesil Sülfat
FTT	Fosfatla Tamponlanmış Tuz
EDTA	Etilendiamintetra asetik asit
TBE	Tris Borate EDTA

ÖZET

FARKLI SÜRELERDE CEP TELEFONLARI İLE KONUŞANLARIN KULAK KILLARINDA DNA HASARININ TESPİTİ

(Akdağ M. Doktora Tezi, Sayfa:58,Diyarbakır 2017)

Radyofrekanslar; (RF) iletişim, haberleşme, güvenlik, sterilizasyon vetedavi gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Günlük yaşamımızı kolaylaştıran RF'ların sağlık üzerine olumsuz etkiler oluşturduğu da bir gerçektir. Bilimsel kanıtlara dayanan bu veriler, kamuoyunda endişelere neden olmaktadır.

Radyofrekans radyasyonların (RFR)'ların maruziyetin süresine bağlı olarak insanlarda; uykusuzluk, dikkat eksikliği, çınlama, nörovegetatif problemler vekanser gibi, hayatı tehdit eden sorunlaraneden olduğu öne sürülmektedir.

Bu etkilerin oluşumunda; maruziyet süresi, kaynağa olan uzaklık ve soğurma gibi etkenlerin önemli rolleri olduğu da, bilinen bir gerçektir.

Sözlü, yazılı ve görsel iletişimin günlük yaşamın vazgeçilmezleri arasına girmesi nedeniyle, cep telefonu kullanıcı sayısı ve maruziyet süresi her geçen gün, büyük bir hızla artmaktadır.Cep telefonu kaynaklı radyofrekanslara birebir maruz kalan organların kulak ve beyin olduğu da, unutulmamalıdır.

Son yıllarda yapılan in vitro ve in vivo çalışmalarda, radyo frekans radyasyonların (RFR) canlı dokularda DNA hasarına neden olabileceği belirtilmektedir. Buna karşın, insan doku örnekleriyle yapılmış çalışma sayısı ise oldukça sınırlıdır. İnsana zarar vermeyen, etik açıdan sorun oluşturmayan, kolay elde edilebilen en iyi biyolojik insan materyallerinden biri de, kulak kıllarıdır. Cep telefonu kullanımı sırasında, radyofrekanslara en çok maruz kalan organın kulak olduğu düşünülürse, cep telefonu kaynaklı radyofrekansların, herhangi bir DNA hasarına neden olup olmadığının ortaya konması için, kulak kılları iyi bir biyolojik örnektir. Bu nedenle bu çalışmanın amacı, cep telefonu kaynaklı RFR'ların, "Canlı

insan kulak kıl folikülü hücre DNA'larını" etkileyip, etkilemediğini ortaya koymaktır.

Bu nedenle; cep telefonu kullanımından kaynaklanan RFR'larincanlı insan kulak kıl folikülü hücrelerindeki DNA üzerine etkileri Comet Assay metodu ile araştırmak olmuştur.

Bu çalışma toplam dört gruptan oluşmaktadır (n:120). Kontrol grubunda yer alan denekler(n=30), hiç cep telefonu kullanmayanlardan oluşmaktadır. 2. Grupta(n=30) yer alanlar günde 30 dakika, üçüncü grupta(n=30) olanlar günde 30-60 dakika arası, 4. grupta(n=30) yer alanlar ise, günde bir saatten fazla cep telefonu kullananlardan oluşturuldu. Ancak her grupta 114 kulak kıl folikül hücresi izole edilebildi. Dolayısıyla bu çalışmada toplam 456 adet hücre izole edilmiş oldu.

Bu araştırmada DNA' nın baş uzunluğu, kuyruk uzunluğu, comet uzunluğu, baştaki DNAoranı, kuyruktaki DNA oranı, kuyruk momenti ve Olive kuyruk momentleri değerlendirildi. Elde edilen veriler, cep telefonu kaynaklı RF radyasyonların, kulak kıllarındaki DNA yapılarını değiştirebilecek bir potansiyele sahip olduğunu gösterdi. Gruplar arası yapılan karşılaştırmalar da, istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p<.01$).

Sonuç olarak, cep telefonu kaynaklı RF radyasyonların, kulak kıl folikül hücre DNA'larında, tek zincir kırıklarına neden olduğu ortaya konuldu.

AnahtarKelimeler: Cep telefonu, radyo frekanslar, kulak kıl folikül hücresi, DNA, Comet assay

ABSTRACT

DETERMINATION OF DNA DAMAGE IN EAR HAIR FOLLICLES CAUSED BY MOBILE PHONE USAGE AT VARYING DURATIONS

(AKDAĞ M.Doctorate Dissertation, Page: 58, Diyarbakir, 2017)

Electromagnetic waves are used in numerous fields of the dailyincluding communication, correspondence, security, and medical treatment. Although they make human life easier, it is a common fact that these waves also lead to numerous adverse effects on human health. These evidential data lead to public concern.

Exposure to electromagnetic waves have been shown to cause life-threatening problems including cancer, particularly caused by insomnia, attention deficit, tinnitus, and neurovegetative diseases. In the formation of these effects, there are a number of risk factors including length of exposure, distance between the source transmitter and the person exposed, and the rate at which the waves are absorbed by the recipient organ.

Ever since oral, visual, written, and visual communication have become indispensable elements of daily human life, the number of mobile phone users and exposure to mobile phones have grown remarkably and rapidly. It should be noted that the ears and the brain are the most commonly exposed organs to electromagnetic waves transmitted from mobile phones.

Recently, both in vitro and in vivo studies have indicated that radiofrequency radiation (RFR) may cause DNA damage in living tissues. However, the number of studies investigating the effect of RFR on human tissues is highly rare. Ear hair follicles are one of the most easily accessible biological human materials that have no harm on human beings and cause no ethical problems. Accordingly, using ear hair follicles to investigate the presence of DNA damage caused by the RFR induced by mobile phone usage could be a good idea. To this end, the aim of this study was to investigate whether the RFR induced by mobile phone usage leads to DNA damage in human ear hair follicles by using Comet Assay.

The study was carried out on 120 participants. The sample size of eachgroup was 30. However, the number of isolated ear hair follicles cells was 114 in each group. It means that456 cells has been totally isolated. The groups designed in this study included a control group of non-mobile-phone-users and a group of mobile-phone-users which was further divided into three groups depending on the frequency mobile phone usage (n=30, each): (I) 0-30 min/day, (II) 30-60 min/day, and (III) >60 min/day. In the DNA sections, head length, tail length, comet length, rate of head DNA, rate of tail DNA, tail moment, and Olive tail moment were investigated.

The results indicated that the RFR induced by mobile phone usage has a potential to change the DNA structures in the ear hair follicles. The mean differences between the study groups and the control group were found statistically significant($p<.01$).

In conclusion, the result of this study indicated that RFR emitted from mobile phones has a potential to cause DNA single-strand breaks inhuman ear hair follicles.

Key words: Mobile Phone, Radiofrequency radiation, Ear hair follicle, DNA Damage, Comet assay

3.1.GİRİŞ ve AMAÇ

Elektromanyetik radyasyonun biyolojik etkileri ile ilgili gelişmeler, hem bilimsel alanda hem de farkındalık anlamında gün geçtikçe heyecanlı, ancak endişe verici bir tartışma halinde, tüm dünyayı meşgul etmektedir. Doğal elektrik ve elektromanyetik alanların yanı sıra, insan yapımı kaynaklardan yayılan elektromanyetik alanlar da günlük hayatımızda tüm çevremizi sarmış bulunmaktadır.

Elektromanyetik dalgalar; doğadaki bir takım yeryüzü olayları sonucundaoluşan doğal elektrik, manyetik ve elektromanyetik alanlar, dünyamızın kendi yapısından kaynaklanan, güneşten veya uzaydan yeryüzüne ulaşan enerji yüklüdalgalardır. Doğal manyetik alanlara verilebilecek en iyi örnek, dünyamızın sahip olduğu manyetik alandır. Bu doğal manyetik alanın meydana gelmesinin ana nedeni dünyayı meydana getiren ic tabakaların ve dünyanın kendi etrafında dönmesidir. Dünyamız iki kutuplu ve kutupları arasında da mesafe olduğu için, bir dipole benzemektedir. Bu nedenle hem dünyanın hem de yerküreyi oluşturan katmanların birer dipol gibi davranıp, dönmeleri sonucu, bir manyetik alan meydana gelir. Dünyanın iç ve dış yapısındaki değişimler, manyetik fırtınalar, ay-dünya-güneş etkileşimleri, atmosferdeki şimşek ve yıldırımlar, dünyanın manyetik alanını etkileyebir. Başta kuşlar ve balıklar olmak üzere canlıların yön bulmalarının dünyanın manyetik alanı sayesinde olduğu bilinmektedir. Sanayi devrimi ve teknolojik gelişmelerin inanılmaz bir şekilde günlük hayata yansıması dünyanın elektromanyetik açıdan kirlenmesine yol açmıştır. Günümüz dünyasında, bu kirlenmenin baş aktörlerinden biri de radyofrekanslar ve mikrodalgalardır. Elektromanyetik kirlilik kaynakları genel olarak değerlendirdiğinizde, sağlık ve güvenlik alanlarında kullanılan iyonlaştırıcı radyasyonlar(X ışınları, Gama uygulamaları vb), insan yapımı ultraviyole, infrared ve lazer üreteçleri, mikrodalga ve radyofrekans kaynakları(cep telefonları,baz istasyonları ve diğer kablosuz iletişim araçları), yüksek gerilim hatları ve elektrikle çalışan tüm araçların yaydığı çok çok düşük frekanslı manyetik alanlar ilk göze çarpanlardır(1-3). Radyofrekans ve mikrodalgalar; hem doğal kaynaklar hemde insan yapımı araç ve gereçler tarafından oluşturulmaktadır.

Kablosuz iletişim teknolojileri; günlük yaşamda önemli kolaylıklar sağlamakla birlikte çeşitli sağlık sorunlarına yol açabilme potansiyeline sahiptir. Özellikle son on yılda, inanılmaz bir şekilde yaygınlaşan kablosuz iletişim teknolojileri, çevreyi ve içinde barındırdığıcanlı, cansız tüm elemanlarınelektromanyetik alan maruziyetlerini ciddi bir şekilde artırmaktadır(2). Dolayısıyla başta insanlar olmak üzeretüm canlılar ciddi bir risk ile karşı karşıya kalmaktadır.

Günümüzün en hızlı gelişen teknolojilerden biri olan cep telefonları önemli iletişim araçlarından biri olmanın yanısıra, eklenen teknolojilerle hem modem hemde bilgisayar gibi kullanılır hale gelmiştir. Teknolojinin ilerlemesiyle birlikte, eski cep telefonları, yerini akıllı telefonlara bırakmıştır. Akıllı telefonların en önemli özelliği ise internete erişim imkânını sağlamalarıdır. Akıllı telefonların bir diğer özelliği ise çok yönlü iletişimi sağlayan (Bluetooth, Wi- Fi vb) birden fazla anten barındırıyor olmasıdır ki, bu da bu tür cihazların ortama daha fazla radyasyon yayması anlamına gelir. Akıllı telefonların SAR (Specific Absorption Rate; özgün soğurma oranı) değerlerinin eski, tek antenli cep telefonlarına göre yüksek olmasının nedenlerinden biri de budur. Google Play, Chrome, Twitter, Facebook, Youtube gibi online servisler ve sosyal ağlar ile GPRS, Wi-Fi, UMTS, Bluetoothteknolojiler mobil iletişim sistemlerini daha da sık kullanır hale getirmiştir.(4). Haberleşme sistemlerinin ucuzlayarak yaygınlaşması ile beraber insanlar; evde, işyerlerinde, toplu yaşamalanları vb yerlerde, zamanlarının büyük bir bölümünü, cep telefonlarını kullanarak geçirmektedirler. Özellikle akıllı telefonlarda oyun, görüntülü iletişim ve diğer eğlence programlarının kullanır hale gelmesi ile çocuklar ve gelişme çağındakilerin için radyofrekans radyasyona maruziyetlerini riskli denecek düzeyde artırmıştır(5,6). Nitekim uluslararası telekomünikasyon birliği telefon kullanımının 5ila 14 yaş ve 74 yaş üstü gruplarda kullanım sınırlarını aştığınıbelirtmektedir(7).

Cep telefonları çalışırken; iyonize olmayan elektromanyetik dalgaların bir türü olan radyofrekans dalgaları yayarlar. Dünya sağlık örgütü(DSÖ); cep telefonlarının çalışma frekansları 450-2700 MHz aralığında olan ve çıkış gücü 0,1 ila 2 watt aralığında değişen düşük güç yoğunluklu vericiler olarak tanımlanmaktadır (3). Özellikle mobil frekans aralığına düşen EMR ‘nin biyolojik etkileri insanları endişelendiren bir konu olmaya devam etmektedir. Dünyada dört milyara yakın insan

elektromanyetik alanlara (EMA) bilinçli olarak maruz kalmaktadır. Yeni veriler insanların yüzde 84'unun mobil geniş bant telefon servislerini; yüzde 47'sinin ise internet kullandığını göstermektedir (7). Dolayısıyla konu ciddi bir öneme sahiptir. Örneğin günde bir saat olmak üzere, on yıl veya daha fazla süre fazla cep telefonu kullanımı ile beyin tümörleri arasında ilişki kurulmaktadır (8). Elektromanyetik alan kirliliği, özellikle cep telefonlarının günlük hayatımıza girmesi ve Amerika'da bir televizyon programında " Eşimin beyninde tümör oluşmasının nedeni kullandığı cep telefonudur" şeklinde konuşanbir katılımcının iddiası (2) bilim dünyasının konuya odaklanmasını sağlamıştır. Böylece radyo frekans radyasyonun muhtemel zararlı etkileri, kamuoyunda endişelendiren ciddi endişelere yol açmıştır. Özellikle son on yılda cep telefonlarından yayılan radyofrekans radyasyonun (RFR) biyolojik sistemler üzerindeki zararlı etkilerine ile ilişkili çok sayıda in-vivo ve in-vitro çalışma yapılmıştır. Yapılançalışmalara baktığımızda RFR'ların; DNA hasarı ve kırıklarına, oksidatif strese, lipit peroksidasyonuna, serbest radikallerin artışına, başta beyin tümörü olmak üzere değişik doku kanserlerine, kromozomlarda anormalliklere, beyin nöronlarının ölümüne ve zamansız yaşlanma gibi birçok değişik biyolojik etkilere neden olabileceği gösterilmiştir (9-11). Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ)'nün önemli bir kolu olan, Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı (IARC), RFR ları 2B yani ''Kanserojen olabilir'' etkenler arasına almıştır (10,11). Yine Dünya sağlık örgütü (DSÖ: WHO)'nün İstanbul'da 2004 senesinde düzenlediği bir toplantıda, çocukların elektromanyetik alanlara karşı duyarlılılıkları masaya yatırıldı ve bu konuya ilişkin araştırmaların artırılması gerektiği sonucuna varıldı(12). Ancak DSÖ' nün bu yaklaşımına rağmen konunun aydınlatılması için özellikle ciddi insan çalışmalarına gereksinim vardır. DSÖ'nün, " Hayvan çalışmalarından elde edilen sonuçların insanlar için de birebir geçerli olmadığı yönündeki yaklaşımı" daha çok insan çalışmaları yapmayı elzem hale getirmiştir. Örneğin RFR ların, DNA zincirlerini kırabilecek düzeyde bir enerjiye sahip olmadığı (iyonlaştırıcı radyasyonlar kadar) gibi yayınlar olmakla beraber(11, 13,14) RFR' ların farklı yollarla DNA kırıklarına neden olabileceğini gösteren yayınlar da vardır (11, 15,16). Yukarıda sözü edilen toplantının üzerinden on üç yıl geçmesine rağmen, yapılan araştırmaların ezici bir çoğunluğu hayvan deneylerine dayanmakta ve DSÖ uzmanları, bu sonuçların insanlar için geçerli olma olasılığının, en azından detaylı

insan çalışma sonuçları elde edilinceye kadar, kabul edilebilir olmadığını öne sürmektedirler. Yine RFR'nin non- termal etkileri araştırılmakla birlikte, moleküler mekanizmalar hakkında hala çok az şey bilinmektedir.

Yukarıda belirtildiği gibi elde edilen verilerin çoğunun hayvan deneylerine dayanıyor olması bizi insan sağlığı konusunda, bilimsel katma değeri olan, insan kaynaklı bir çalışma planlamaya yöneltmiştir. Diğer bir neden ise cep telefonlarının yaydığı EMD'ın başta kulaklarla etkileşmesi ve dolayısıyla bu organın RF maruziyetinin daha yüksek olmasıdır. İnsanların berber veya kuaförlerde estetik kaygılar nedeniylegönüllü olarak kulak kıllarını aldırması, kulak kıllarının araştırma için iyi birbiyolojk örnekolmasını mümkün kılmıştırDolayısıyla cep telefonlarından yayılan RFR'ların biyolojik etkilerinibelirlemek içinkulak kılları kolay elde edilebilir, insan dokusu olarak değerlendirilebilir. Ayrıca alınacak materyalin hem etik açıdan sorun oluşturmaması, hem de non invaziv (insan dokusunda cerrahi bir işlem yapılmadan ve doku hasarı oluşturmadan) bir biyolojik örnek olması, araştırmanın gerçekleştirmesi bakımından önemli bir kolaylık sağlamıştır.

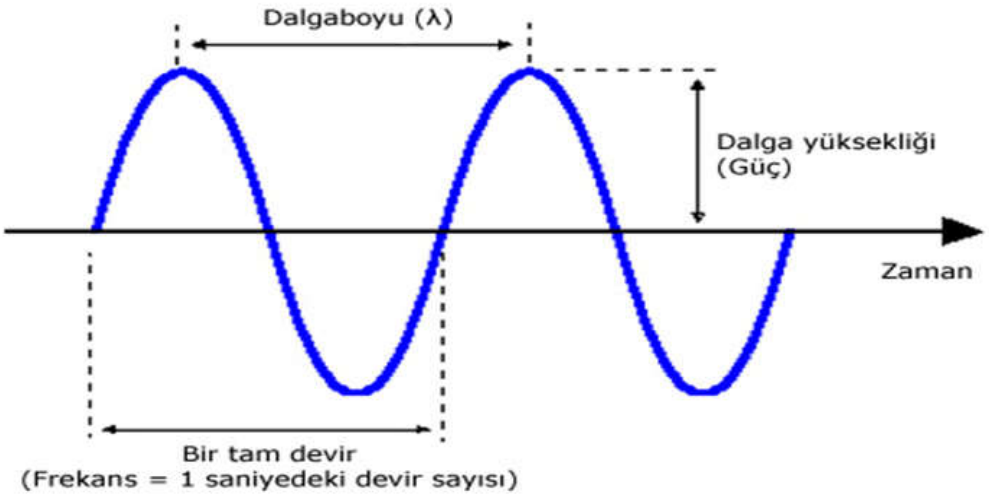
Çalışmanın en önemli ayırt edici ve orijinal olma özelliği ise, daha önce kulak kıl folikül hücrelerinde RFR etkilerinin araştırılmamış olmasıdır. Bu nedenle bu çalışma, RFR'ların insan dokuları üzerinde moleküler etkilerinin ortaya konması açısından, oldukça önemli ve orjinaldır.

Sonuç olarak, bu çalışmanın amacı, cep telefonu kullanımı alışkanlıklarındaki farklılıklar nedeniyle, farklı sürelerde RFR'lara maruz kalan kişilerin, kulak kıl folikül hücrelerinde, herhangi bir DNA hasarı oluşturup oluşturmadığını ortaya koymaktır.

3.2.GENEL BİLGİLER

3.2.1.Elektromanyetik dalga ve Alanlar

Elektromanyetik dalgalar(EMD); sinüsoidal bir şekilde değişen manyetik ve elektrik alanların oluştuğu, düzleme dik doğrultuda ışık hızında yayılan, boşlukta ilerleyen ve gözle görülemeyen dalgalardır. Bir ipin bir ucunu ritmik bir şekilde yukarı ve aşağıya doğru hareket ettirirsek, bu ip boyunca dalgasal bir hareketin yayıldığını görürüz. Ses gibi birçok dalganın yayılması için su, hava gibi bir ortama ihtiyaç varken, EMD'ların yayılması için bunlara gereksinim yoktur. Her dalganın bir dalga boyu ve frekansı vardır(17).Sinus ritmi şeklindeki dalgalarda birbirini izleyen iki tepe noktası arasındaki uzaklık '**dalga boyu'** olarak tanımlanır ve Yunancada uzunluk sözcüğünün ilk harfi olan lambda(λ) ile gösterilir. Bir noktadan belli süreden geçen dalga sayısı ise; '**frekans**' ı gösterir. Hız ile frekans arasındaki ilişki Hız=frekans× dalga boyu olarak ifade edilir. Frekansın birimi Hertz (Hz)'tir. Dalga boyu ise bir titreşim sırasında dalganın aldığı mesafedir ve birimi metredir (m) (Şekil1)(18).



Şekil 1: Elektromanyetik dalga boyu ve frekansını gösteren şekil

Tüm EMD boşlukta aynı hızla yayılırlar. Bu hız ışığın hızına eşit olup saniyede 300.000 kilometredir(3×10^{8} metre/saniye). Bu nedenle hız dalga boyu ve frekans arasındaki ilişki: $c= \lambda.f$ 'dir. Bu formüle göre tüm EMR tiplerinde hız aynı olduğundan, bu ışınların frekansları dalga boyları ile ters orantılıdır. Dolayısıyla tüm EMD spektrumundaki ışınlar birbirinden dalga boyları ile ayrılır. Ortamdaki enerjinin elektrik ve manyetik dalgalar biçiminde boşlukta ilerlediğini ilk olarak Maxwell açıklamışve bağıntılarMaxwell denklemleri olarak adlandırılmıştır. Maxwell denklemleri elektromanyetik dalgaların varlığını ve bunların özelliklerini açıklayabilen denklemler olarak bilinir. EMD şeklinde yayılan enerjiye elektromanyetik radyasyon denir. (19,22). Birimi Joule veya eV (Elektronvolt) tur. Gauss, Amper ve Faraday yasalarına göre yazılabilen Maxwell denklemleri;

$$\varepsilon_0 \oint E.ds = q \quad , \quad \oint B.ds = 0 \; , \; \oint B.dl = \mu_0 \left(i + \varepsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt} \right) \quad , \quad \oint B.dl = -\frac{d\Phi_E}{dt}$$

Şeklinde olmak üzere dört tanedir.

Elektromanyetik alan(EMA) teorisine göre boşlukta manyetik ve elektrik alan bileşenleri birbirine dik olup, elektrik ve manyetik alanlar birbirlerine dik düzlemlerde dalga şeklinde yayılırken, bu düzlemlerin ara kesiti boyunca ışık hızı ($c = 3x10^{8}$ m/sn) ile hareket ederler (18). Frekans dalga boyu ile ters, dalganın enerjisiyle doğru orantılıdır. Bu yüzden frekans artıkça dalga boyu kısalır fakat alanda salınan enerji artar (Şekil 1) (19). Bu ilişkiler aşağıdaki denklemlerle ifade edilir;

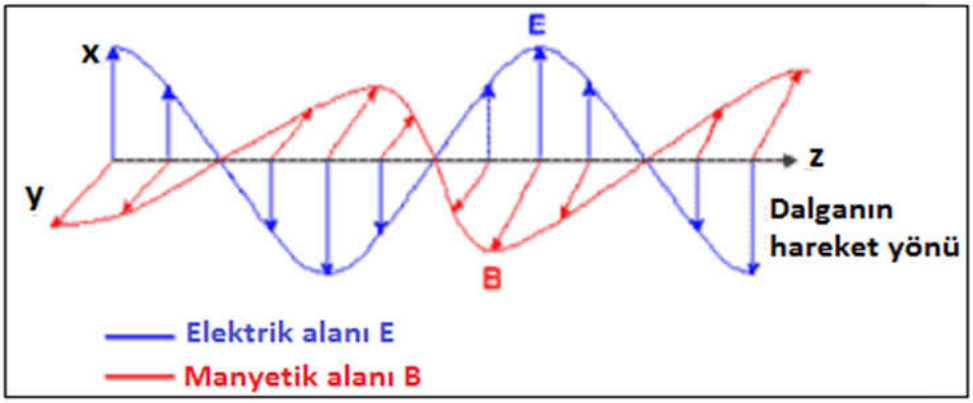
$$C(\text{hız}) = \lambda x\ f, \quad f=E/h \text{ veya } E= (hxc) / \lambda$$

c = 299792458 m/s (vakum içindeki ışık hızı),

h = Plank sabiti $6.62606896(33)\times10^{-34}$ J·s veya $4.13566733(10)\times10^{-15}$ eV·s) (18,19)

λ = dalga boyunu gösteriyor

EMA kavramı; belli bir yerdeki elektromanyetik enerjinin varlığını belirtmek için kullanılır. Dolayısıyla elektrik ve manyetik alan kombinasyonuolan dalgaların meydana getirdiği alanlara denir (20). Statik elektrik yükler(pozitif ve negatif yükler) birbirine elektriksel dipol oluşturup elektrik alanı oluştururlar ve Newton/Coulomb (N/C) veya Volt /metre (V/m) ile ifade edilir. Elektrik alanı ise E ile gösterilir. EMA'lar; elektrik akımı esnasında ve bu akımı oluşturan yüklerin hareketi sırasında oluşur(21). Dolayısıyla elektrik yüklerinin hareketi sonucu ortaya çıkan elektrik akımı, elektrik alanına dik bir manyetik alanın oluşmasına neden olur. Böylece elektrik alanını birim elektrik yük üzerine etkiyen kuvvet olarak tanımlarsak, manyetik alanı ise hareket halindeki birim yük üzerine etkiyen kuvvet olarak ifade edilebilir (2). Elektrik akımının olduğu yerde mutlaka bir manyetik alan meydana gelir. Bu fiziksel prensip gereği, gerek doğal yollarla karşılaştığımız ve gerekse insan yapımı kaynaklar ile elektriğin taşınması veya araç gereçlerin elektrik enerjisi ile çalışması sırasında, çevrede bir manyetik alan oluşmaktadır. Manyetik alan B harfi ile gösterilir ve birimi ise T (Tesla) veya G (Gauss) olarak ifade edilir. (1 Tesla=10^4 Gauss).Elektrik alanlar, elektrik yüklerinin hareketinden bağımsız ya da bağımlı olarak meydana gelebilirler. Herhangi bir noktadaki elektrik yükü, tüm yönlerde elektrik alan oluşturur. Manyetik alanlar elektrik yüklerinin hareketinden kaynaklanır. Yani elektrik akımındaki herhangi bir artış, çevrede oluşacak manyetik alanların da artışı anlamına gelir. Kozmik ışınlar, x ışınları, gama, mikrodalga, morötesi, görünür bölge, kızılötesi, radyo ve iletişim gibi sistemlerinde kullanılan dalgalar elektromanyetik dalgalardır. EMD'lar foton olarak tanımlanan enerji taşıyan paketler veya küçük demetlerdir(4,22).



Şekil 2: Elektromanyetik dalganın yayılım doğrultuları (23).

Vücudumuzun dışındaki elektrik alanlar vücut yüzeyinde hareket eder ve vücudun içindeki elektrik akım ve alanları etkilerler. Bunun nedeni, insan veya diğer canlıların birer iletken olmasıdır. Manyetik alan, elektrik yüklerinin hareketi sonucu ortaya çıkan elektrik akımının meydana getirdiği bir alandır. Elektrik akımının neden olduğu manyetik alanlarda manyetik kuvvetler meydana gelir. Dolayısıyla, herhangi bir yerde oluşan manyetik alan içinde bulunan canlı veya cansız her cisim, bir kuvvet etkisi altında kalır. Bu nedenle manyetik alan ortamında bulunan cisimler veya kişiler, bilinen veya bilinmeyen risklerle karşı karşıya kalırlar.

3.2.2.Elektromanyetik Spektrum

Elektromanyetik dalgaların frekanslarına veya enerjilerine göre küçükten büyüğe (dalga boylarına göre ise büyükten küçüğe) doğru düzenlenmesine "Elektromanyetik spektrum **(**EMS)" denir. Resim 3'teki elektromanyetik spektrum örneğinde görüldüğü gibi bölgeleri birbirinden ayıran, her radyasyonun kendi kaynağı, frekansı veya dalga boyudur (resim 3ve 4). Bunlar sırasıyla:

a) Çok düşük frekanslar (VLF)

b) Radyo Dalgalar

c) Mikrodalgalar

d) Kızıl ötesi ışınlar (İnfrared olarak da bilinmektedirler)

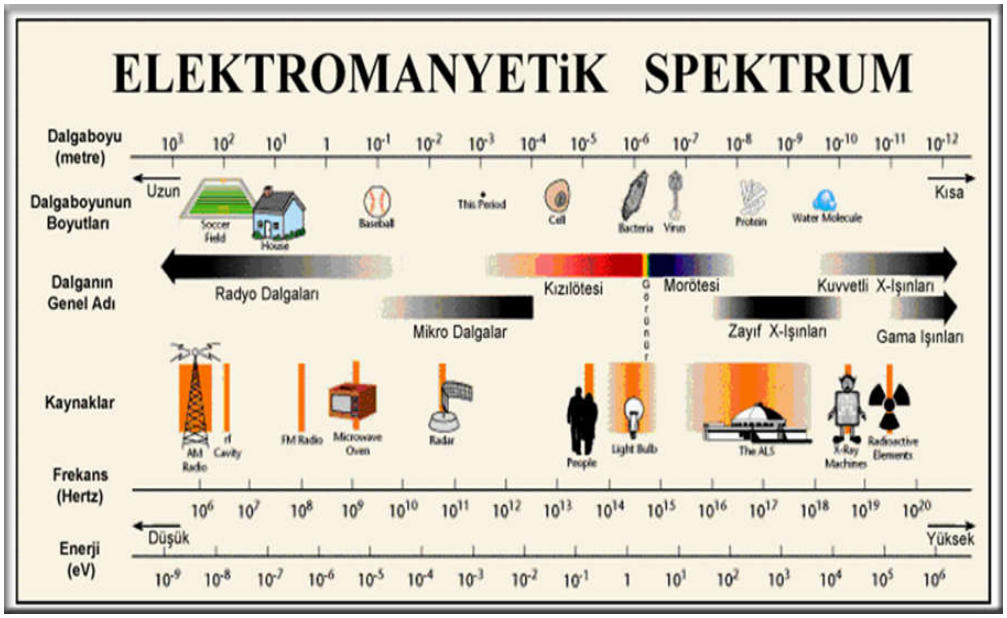
e) Görünür ışık

f) Mor ötesi ışınlar (Ultraviyole ışınları olarak da bilinmektedirler)

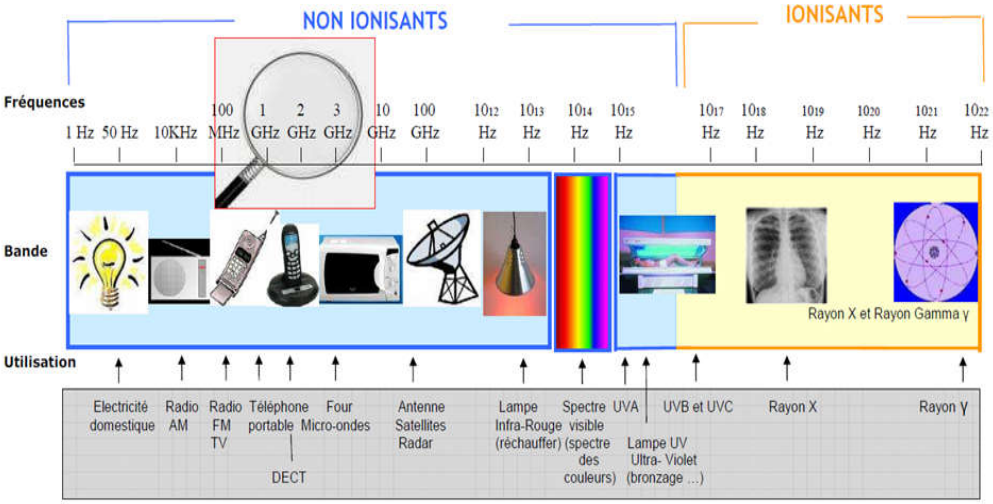
g) X- ışınları

h) Gama ışınları

i) Kozmik ışınlar (2)



Resim 1: Elektromanyetik dalga spektrumu



Resim2: Dalga boyu ve frekans aralığına göre elektromanyetik dalga spektrumu (22).

Resim 1 ve 2' de görüldüğü üzere elektromanyetik spektrum, frekansı düşük doğru akımlardan (50Hz; ELF: Çok çok düşük frekanslı manyetik alanlar) başlayıp gama ışınları ve ötesine kadar, geniş bir alanı kapsamaktadır. ELF' den sonra amatör radyoculukta yaygın olarak kullanılan düşük frekanslar (LF) gelir. RF'lar (radyo dalgaları) ise radyo ve televizyon yayıncılığında, kablosuz ağlarda, cep telefonunda, amatör telsizlerde, baz istasyonlarında, radar sistemlerinde ve bazı tıbbi uygulamalarda kullanılmaktadır**.** Cep telefonu ve baz istasyonlarının yanısıra, mikrodalga fırınlarda (termal ısıtmada), Wi-Fi' de, uydu haberleşmeciliğinde ve hava

tahminlerinde kullanılan doppler radar gibi sistemlerde ise mikrodalgalardan yararlanılmaktadır. X ve Gama ışınları ise tıpta tanı ve tedavide kullanılmaktadır. Bu ışınlar, ayrıca sterilizasyon, gıda ve tohum ışınlama vb alanlarda da kullanılmaktadır (2,3,23).

3.2.3.Radyasyon

Radyasyon; noktasal bir enerji kaynağından yarıçaplar doğrultusunda çevreye her türlü kütleli, yüklü, enerjetik tanecik veya elektromanyetik dalgasal enerji yayılmasına denir. Radyasyonların; hem dalgasal hem de tanecik özellikte olanları vardır. Radyasyonlar; herhangi bir doku veya cismioluşturanatom veya moleküllerden elektron koparabilme (iyonlaştırma) kapasitelerine göre iyonlaştırmayan ve iyonlaştırıcı radyasyonlar olmak üzere iki grupta sınıflandırılmaktadır (24).

3.2.3.1.İyonlaştırıcı Radyasyon

İyonlaşma; atomlardan veya moleküllerden elektron koparılmasına denir. İyonize radyasyon elektromanyetik spektrumun yüksek enerji ucunda bulunan ve yüksek hızda hareket eden enerji dolu atom, iyon ve atomaltı parçacıklardan oluşur. Işınım herhangi bir maddeyle karşılaştığı anda, dalga gibi davranmaktan ziyade bir enerji paketi gibi hareket eder. Bu enerji paketlerine "foton" ya da"kuantum " denir. İyonlaştırıcı EMD'ler bu enerji yüklü fotonlardan oluşurlar ve etkileştikleri maddelerden elektron koparak onların iyonlaşmalarına neden olabilirler. Madde ile etkileştiğinde elektrik yüklü parçacıklar veya iyonları oluşturarak iyonlaşma meydana getiren yüksek enerjili nötron, proton, alfa, beta, gamma ve x ışınları, iyonize edici ışımalardır (25,26). Radyoaktif parçalanma ya da nükleer reaksiyonlar sonucunda meydana gelen alfa, beta ve gama ışınları, yüksek enerjili olan x ışınları, protonlar, nötronlar ve diğer temel parçacıklar iyonlaştırmaya neden olmaktadırlar. İyonlaşma, radyasyonla etkileşen herhangi bir maddede meydana gelebildiği gibi canlıların vücudunda da meydana gelebilir. İyonize radyasyonların kanserojen etkilerinin olduğu bilinmektedir (27).

3.2.3.2.İyonlaştırıcı Olmayan Radyasyon

Girdiği ortamdaki atom veya moleküllerden elektron koparamayan (iyonlarına ayrıştırmayan) radyasyona, iyonlaştırıcı olmayan radyasyonlar denir. Bu elektromanyetik dalgaların foton enerjileri 12.4 eV'den daha düşüktür ve bu enerji düzeylerikovalent ya da iyonik bağları kırmak için yeterli değildir. Radyo dalgaları, çok düşük frekanslı elektrik ve manyetik alanlar, mikrodalgalar, kızıl ötesi ışınlar ve TV dalgaları gibi dalgalar 1 eV (1. 6 x 10^{-19} J enerji) enerjiden daha küçük enerji seviyesine sahip olup iyonizan özellik göstermemektedirler (2, 26,28).

Mobil iletişim sistemlerinin neden olduğu RF radyasyon ise işte bu elektromanyetik spektrum içinde, iyonize olmayan radyasyon bölgesi içerisinde yer almaktadır. İyonize olmayan radyasyona maruz kalma sonucunda biyolojik dokularda termal (ısıl) etki ve non- termal etki olmak üzere iki çeşit etki gözlenebilir. Termal etkiler yüksek dozlarda oluşurken, düşük dozlarda ise, uzun süre kullanıldığında biyokimyasal etkiler meydana gelebilmektedir. Uzun süreli düşük doz radyasyona maruz kalmanın kısa süreli yüksek dozlara maruz kalmaktan daha tehlikeli olduğu öne sürülmektedir (27,29).

3.2.4.RF (Radyofrekans) Alanlar

Radyofrekanslar (RF), elektromanyetik spektrumun 3 kHz ile 300 GHz aralığında yeralır. 100 kHz'in altındaki frekanslar dokuları uyarabilir. Buna karşın 100 kHz'in üzerindeki alanların oluşturabileceği ısı etkileşimleri oldukça önemlidir. Bazı kaynaklarda farklılık göstermesine rağmen, 100 kHz'in altındaki frekanslar genellikle oldukça düşük frekanslı alanlar **(**ELF**)** olarak tanımlanmaktadır. ELF alan etkilerinin ortaya çıkması için, dokularda oluşan elektrik alan ve akımların, vücudun doğal elektrik sinyal düzeyinin üzerine çıkması, yani bir eşiği aşması gerekir. Yani; canlıların etkileştikleri manyetik alanların bir etki oluşturması için, dokularda oluşan iç elektrik alanların, vücutta doğal olarak var olan elektrik sinyallerinden daha büyük olması gerekir. İletişim ve radar sinyalleri için kullanılan frekanslar da bu alanda yer alır (2,28,30,31).

3.2.4.1.RF Alan Kaynakları

Radyofrekanslar (RF), doğal ve insan yapımı (yapay) kaynaklar olmak üzere, iki gruba ayrılırlar. Atmosferik deşarjlar (şimşek gibi), güneş, bazı uzak yıldızlar ve uzay alanının derinliklerinde oluşan bazı olaylar, doğal RFA'lar oluşturabilirler (2,31). Yapay RFA kaynakları ise insanlar tarafından üretilmiş olan kaynaklardır. Cep ve telsiz telefonlar, mikrodalga fırınlar, Wi-Fi, baz istasyonları, Radyo ve TV vericileri, uzaktan kumanda cihazları, RFID (Radyo frekanslı kimlik belirleme), güvenlik sistemleri, tıbbi görüntüleme yöntemleri (Manyetik rezonans, radyolojik görüntüleme, radyofreknas ile çalışan diyatermi üniteleri), radar uygulamaları ve sanayide kullanılan eritme fırınları başlıca RFA kaynaklarıdır (32, 33). Yapay RF alan düzeyleri günümüz dünyasında doğal alanlardan çok daha yüksektir ve teknolojik gelişmelere paralel, bu dalga ve alanların düzeyi her geçen gün daha da artmaktadır. Dolayısıyla yapay RF maruziyeti günlük yaşamı daha da etkilet düzeyine ulaşmaktadır (26). RFA'ların; canlılar üzerindeki etkileri; dalganın frekansına, kaynaktan olan uzaklığına, canlının maruz kalma süresine, vücut boyutlarına, dalganın polarizasyon ve güç yoğunluğu gibi etkenlere bağlı olarak değişmektedir (4). Elektrik alan vektörü vücuda paralel olursa RF emilim düzeyininarttığı bilinmektedir(33). Güncel hayatımızda daha yaygın kullanıma sahip yapay radyo frekans alan kaynaklarından bir tanesi de, cep telefonlarıdır.

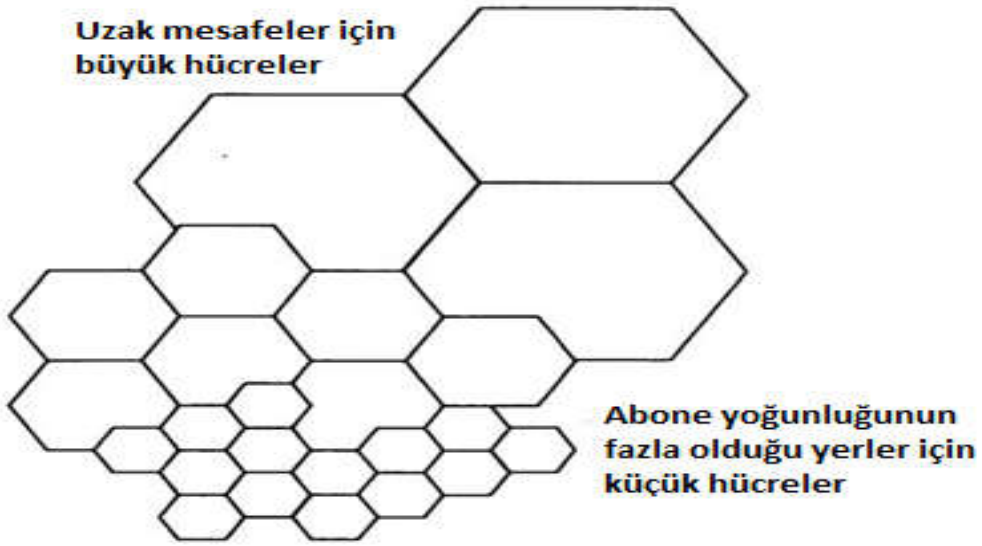
3.2.4.2Mobil Telefon ve Baz İstasyonları



Resim 3: Farklı tipteki mobil telefon ve baz istasyonları gösteren örnek resimler.

Cep telefonları; isminden de anlaşılacağı üzere, çoğu kez cepte taşınabilir kadar küçük, taşınması kolay, insanlar arasındaki konuşma, mesaj, posta, görüntülü konuşma, fotoğraf ve video çekimi, internet gibi telefon fonksiyonları dışında, bilgisayar ve fotoğraf makineleri gibi cihazların fonksiyonlarını da içeren, elektrikle şarj edilen, ancak radyofrekans sinyalleri alıp- gönderebilen SİM kartlara sahip elektronik cihazlarıdır. Bu cihazlar; EMD spektrumunda yer alan radyo dalgaları aracılığı ile bigi aktarımında bulunurlar. Cep telefonları arasındaki iletişim

birbirleriyle direkt değilbaz istasyonları aracılığıyla gerçekleşmektedir. Tüm mobil şebeke kapsama alanı "hücre" denilen küçük alanlara bölünmüştür. Her bir hücrenin kendi alıcı/vericisi ve tanımlı frekansları bulunmaktadır. Baz istasyonları, kablolar aracılığıyla veya kablo kullanılmayan EMD gibi teknolojilerle birbirlerine bağlanarak bir ağ yapısı oluştururlar (4,34). Cep telefonu kullanıcıları arasındaki haberleşme, bu ağ yapısı tarafından gerçekleştirilir (Şekil 6) (34).



Şekil 3: Baz istasyonlarının hücresel ağ yapısı ve cep telefonu ile etkileşim (34).

Bu iletişim sisteminde; telefon, konuşma süresince ve açık durumda iken belirli aralıklarla; baz istasyonları ise sürekli olarak EMD yaymakta olup, iletişimi sağlayan güçlü radyo antenleri ile düşey doğrıultuda çok dar; yatay doğrultuda ise geniş alanı kapsayan RF dalgaları yayarlar. Dolayısıyla baz istasyonu antenlerinin altındaki radyasyon düzeyi görme alanına göre, arkasındaki radyasyon düzeyi de öne göre, çok düşüktür. Baz istasyonlarının ürettiği güç düzeyi, kapsama alanının büyüklüğüne bağlı olarak birkaç wattan, 100 W ve üzeri güç düzeylerine ulaşabilmektedir. Kapsama alanı,'' hücre ''adı verilen, küçük bölgelerin bir araya gelmesiyle oluşan dev bir ağdır (3). Baz istasyonlarının kapsama alanı büyük bir bal peteğine benzer ve cep telefonu kullanıcısı, bulunduğu hücredeki baz istasyonu yardımı ile iletişimi sağlar. Konuşmalar veya görüntüler her hücrenin bağlı olduğu baz istasyonuna, oradan ana merkeze, ana merkezden iletişim kurulan kişinin bulunduğu hücredeki baz istasyonuna ve sonuçta ulaşılmak istenen şahıs veya kişinin cep telefonuna iletilir. Cep telefon kullanımı ve sayısı arttıkça hücre ve böylece baz

istasyonu sayısı da artmaktadır. Cep telefonlarının yaydığı radyasyon, bağlantı kuruluncaya kadar en yüksek seviyelere ulaşır. Bağlantı kurulduktan sonra bu güç düzeyi düşer. Dolayısıyla cep telefonları ile arama yapıldığında, bağlantı kurulduktan sonra cep telefonu ile konuşulması, yani telefonun kulağa tutulması, kullanıcıları radyasyon risklerinden kısmen koruyacaktır. Cep telefonu kullanırken hoparlör, kulaklık vb cihazların kullanılması da sağlığa ilişkin riskleri önemli ölçüde düşürecektir.

Elektromanyetik dalga veya alanların geçtikleri ortamda ısı oluşturdukları dikkate alınırsa, cep telefonlarının kulak ve etrafındaki bölgelerde ısı artışına neden olması beklenir. Cep telefonlarından kaynaklanan ışınların SAR olarak adlandırılan, biyolojik dokular tarafından emilim düzeyini belirleyen birim " Özgül soğurma oranı" dır. Yani SAR olarak adlandırılan birim, biyolojik sistem veya dokularda depolanan enerji miktarının bir ölçüsüdür. Bir kg doku tarafından emilen elektromanyetik enerjinin watt cinsinden ifadesi olan SAR'ın birimi W/kg'dır (35,36).

Biyolojik dokular tarafından emilen elektromanyetik radyasyon vucutta veya dokuda sıcaklık artışına neden olabilir. Radyo frekans enerjisini soğuran insan vücudunun bir kilogramının sıcaklığını 1°C arttıran RF enerji miktarı 4W olarak belirlenmiştir. Bundan dolayı standartların oluşturulmasında 4W/kg'lık SAR değeri zararlı biyolojik etki gözlenebilecek doz miktarı olarak kabul edilmektedir (36). Dokuların soğurduğu EMD miktarı olan SAR değeri, direkt olarak dokunun iletkenliği ile ilgilidir ve iletken dokunun su içeriği ile doğru orantılıdır.

Amerikada baş bölgesi SAR limit değeri maksimum 1,6W/kg iken bu değer Avrupa ülkelerinde'da 2,0 W/kg olarak kabul edilmektedir. Bacak ve kolbölgeleri için ise SAR üst limit değeri kg başına 4W olarak belirlenmiştir. Dolayısyla dokuların soğurabileceği en fazla enerji güç miktarı 4W/kg 'dır. SAR değerleri tüm vücudun 6 dakikalık (0,1 saat) etkilenme süresi için verilen değerlerdir. İnsan sağlığıyla ilgili EMD'ların etkileri konusunda birçok ülkede standartlar oluşturulmuş ve sınır SAR değerleri belirlenmiştir. Bununla birlikte uluslararası standartlar ve sınır değerler de mevcuttur (37). Değişik marka cep telefonlarının modellerinin SAR değerlerinebazı internet adreslerinden ulaşmak mümkündür. www.sarvalues.com

web adresinden ulaşılabilir (38). RFR'nun 100 kHz ile10 GHz aralığındaki biyolojik etkilerinin belirlemesinde genellikle SAR değerleri kullanılır.

3.2.5. Elektromanyetik Dalgaların Termal (Isıl) Etkileri

Termal (ısıl) etkiler; vücut tarafından alınan veya soğurulan elektromanyetik enerjinin dokuyla etkileşmesi sonucu, moleküler hareketlerden kaynaklanan sürtünmelerin artması sonucu ısı artışı meydana gelir. Genel olarak sıcaklık artışı, gelen RF dalgasının şiddetine, frekansına, geliş açısına, dielektriksel özelliğine, biyolojik dokunun su içeriği ve elektriksel iletkenliğine bağlı olarak değişir. Buna bağlı olarak tüm vücutta veya dokularda sıcaklık artabilir ve bir takım istenmeyen biyolojik etkiler ortaya çıkabilir. Biyokimyasal reaksiyonlar sürecinde enzim aktiviteleindeki değişikliklerin sıcaklığa bağlı olması konunun anlaşılması için iyi bir örnek olabilir.

Bilindiği gibi dokular ve dolayısıyla hücrelerin içinde su molekülleri bulunmaktadır. Manyetik alan gibi herhangi bir dış etkenin olmadığı durumlarda, moleküllerin dipol momentleri rastgele yönelirler. Fakat elektrik veya manyetik alanlara maruz kalma durumunda, dipoller elektrik alan yönünde yönelmeye zorlanırlar. Elektrik alan tarafından dipollere uygulanan tork ile dokulara ısı enerjisi transfer edililir ve böylece dokularda sıcaklık artışı olur (39). Bu mekanizmanın en çok etkin olduğu frekans aralığı, RF aralığı mobil haberleşme aralığıdır (26). TD (Termal Doz);

$TD = \frac{1}{6}\int_0 R^{T(t)}dt$Bağıntısıyla belirlenir.

Dokulardaki ısı artışı(Termal doz); farklı elektriksel iletkenliğe sahip olduklarından dolayı, RF enerjisinin soğurulması ile dokularda farklı termal etkiler gözlenebilir. Sıcaklık artışına bağlı olarak hücrelerde ölüm veya mutasyon görülebilir. Beyin, böbrek, göz, sinir dokusu, kas, kan ve deri gibi su içeriği fazla olan dokular, ısı artışından en fazla etkilenen dokulardır. Dokularda 1°C' lık ısı artışının ısıl etkilere neden olabileceği öne sürülmektedir.

3.2.6.Elektromanyetik Dalgaların Termal Olmayan Etkileri

EMA'ların ısı ile ilgili olmayan etkilerin insan sağlığı açısından ciddi sorunlar doğurabileceği de iddalar arasındadır. Vücutta tahribat meydana getirecek kadar ısı artışı yapmadan, biyolojik değişikliklere neden olan non-termal etkiler, genellikle uzun süreli, düşük doz enerji seviyeli RF elektromanyetik radyasyonun soğrulması sonucu ortaya çıkarlar. Nöronların elektrik aktivitesi ve Ca-ATPaz - Na-K-ATPaz enzim aktivitelerinde bozulma, EEG dalgalarının değişimi, Alzheimer ve Parkinson hastalığı, uykusuzluk, sinirlilik, enerji metabolizması, genomik yanıtlar, sperm hücrelerinde kromozomal değişimler ve kan beyin bariyerinin geçirgenliginin değişmesi gibi olumsuz etkiler, RF dalgalarınnın non –termal etkilerineörnek olarak verilebilir (40). RF'ların non-termal etkilerinin dokularda serbest oksijen radikallerini artırdığı gösterilmiştir (41). Serbest oksijen radikal konsantrasyonuve birçok hastalık (DNA kırıklıkları, oksidatif stres vb.) arasında açık bir ilişki olduğu da araştırıcılar tarafından ortaya konmuştur. (26). Non-termal etkiler RF kuantum enerjisinin büyüklüğüne, membran potansiyelindeki değişimlere, moleküler titreşimdeki değişimlere bağlı olarakfarklılık gösterebilir(42).

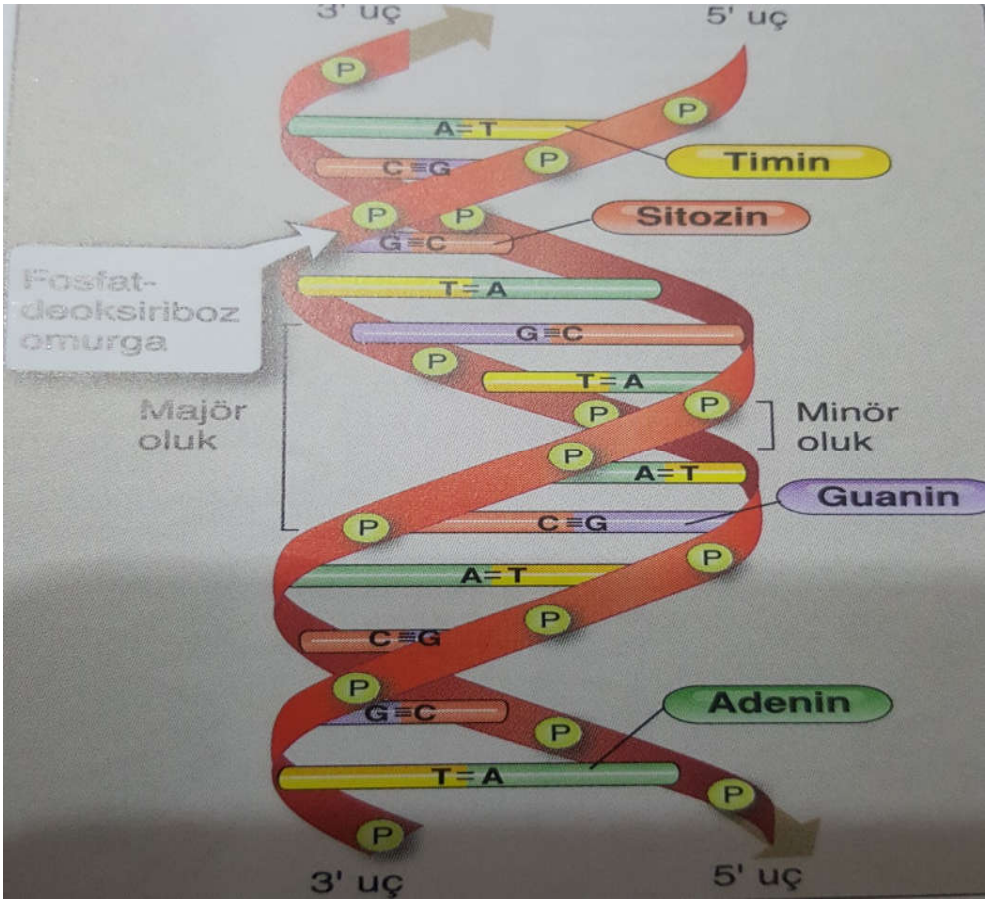
3.2.7.DNA Yapısı

Deoksiribonükleik asit(DNA), tüm organizmaların gelişimi ve fonksiyonları için gerekli bilgileri içerir. Hücre çekirdeğinde DNA ve kromatin olarak bilinen protein kompleksleri birlikte kromozomları meydana getirir. DNA'nın çift sarmal yapısı, ilk olarak, 1953 yılında James Watson ve Francis Crick tarafından bulunmuştur (43).DNA 'nın çift sarmal yapısını oluşturan helikal zincir,bazların bağlı olduğu şeker fosfat omurgadan meydana gelmektedir. Aradaki bağlantı, hidrojen bağları aracılığıyla sağlanır. DNA'daki şeker deoksiriboz'dur. Nükleotidbazların eşleşmeleri, adenin(A) ile timin(T) ve guanin(G) ile sitozin(C) bağlanması biçiminde oluşur(43).DNA; kovalent fosfodiester bağları ile birbirine bağlı, yüksek moleküler ağırlıkta çift sarmal yapıya sahip bir deoksiribonükleik asit polimeridir(>10^{8}). Fostodiester bağları, bir nükleotid üzerindeki deoksiriboz şeker'in 3'-OH grupları ile komşu nükleotid üzerindeki 5' fosfat grupları arasında oluşan bağlardır. Bir zincir üzerindeki nükleotid bazları, zıt zincir üzerindeki nükleotid bazları ile bağlaroluşturur. Adenin ile timin iki hidrojen bağı ile bağlanırken, guanin ile sitozin üç hidrojen bağı ile bağlanır. Sarmalın iç kısmındaki bu baz eşleşme tipi, çift sarmal DNA'nın iç bölgesini kararlı hale getirir; çünkü kümelenmiş bazlar,

hidrofobik özellikleri nedeniyle birbirlerini iterler. Bazlar arasındaki hidrojen bağları, kolayca yapılıp kırılabilir ki bu özellik, DNA'nın kusursuz bir şekilde kendini eşlemesi ve tamir etmesine olanak sağlar.

Çok sayıda çevresel ve endojen (bazal mutasyon oranı) etken, DNA'da mutasyona neden olabilir. Çevresel mutajenlerin yokluğunda gözlenen mutasyonlar, DNA replikasyonu sırasındaki hatalardan kaynaklanır. Bazlarda, kendiliğinden meydana gelen, bir doğal yapıdan diğerine dönüşüm şeklinde tanımlanan tautomerik kaymalar, bu hataların oluşumuna katkıda bulunur. Ancak bu hataların oluşması seyrek görülür.

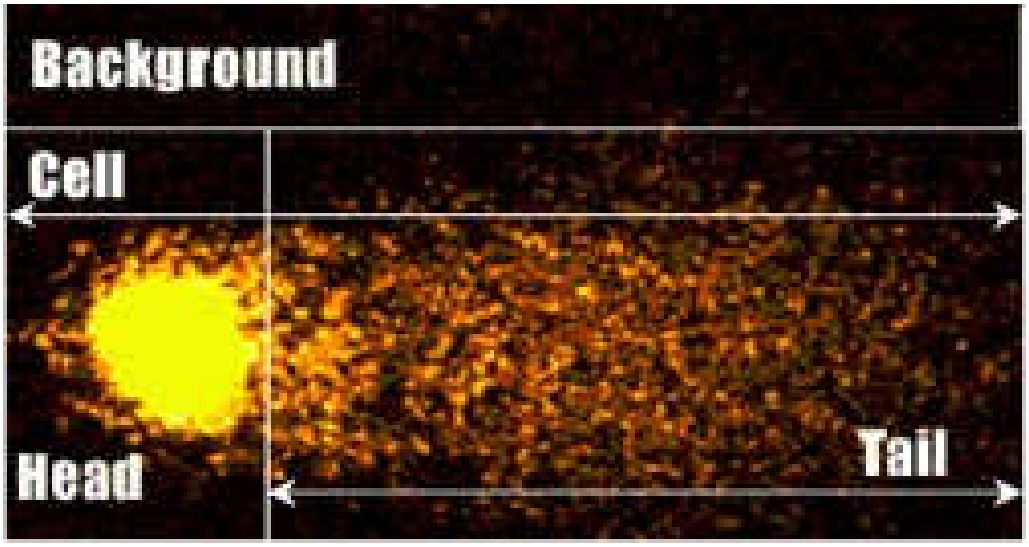
İyonize ve non - iyonize radyasyonların bazılarının da DNA mutasyonuna neden olduğu bilinmektedir. Ancak bütün mutajenik faktörlere rağmen, DNA'nın tamir mekanizmaları hasarın türüne bağlı olarak, farklı enzimlerle bu onarımı gerçekleştirebilir. Bu tamir mekanizmalarının önemli bir kısmı; bozulmamış tam ve eksiksiz bir bütünleyici DNA dizisinin varlığına ihtiyaç duyar(44).



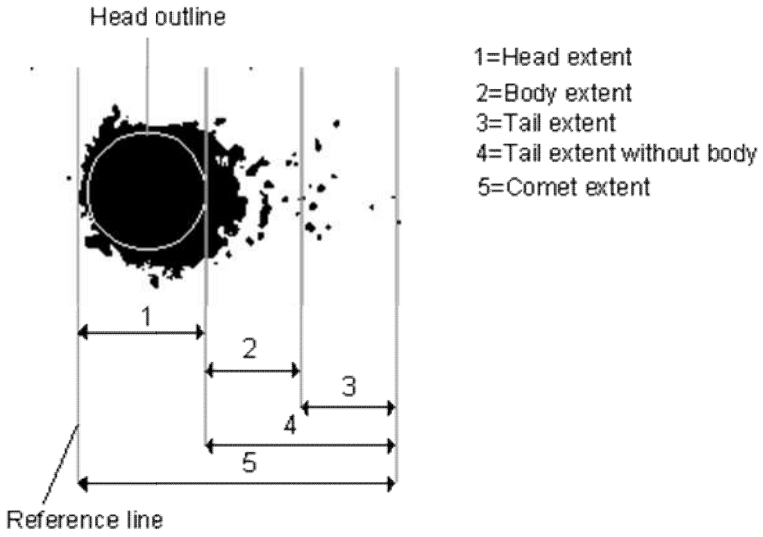
Resim 4. DNA'nın sarmal yapısı(43).

Comet Analizi (Tek Hücre Jel Elektroforez Yöntemi):

Comet assay; tek hücre elektroforezi olarak ta bilinir ve tek hücredeki DNA zincir kırıklarını belirler. Düşük voltaj altında agaroz emdirilmiş hücreler lize edilerek(elektroforez yoluyla)hasarlı DNA migrasyonu sağlanır. DNA boyanır ve sonrasında epifluorescent mikroskopi ile gözlenir. DNA hasarı oluşmuşsa, kırık DNA parçaları (hasar gören DNA) hasar seviyesine göre farklı elektrik yüklerine (kırık DNA iplikçikleri negatif yüklü) ve farklı molekül ağırlıklarına sahip olacaklarından ötürü, elektriksel alanda farklı hızlarda hareket ederek, kuyruk (Comet) şeklinde bir görüntü meydana getirirler. DNAfragmanlarıgörünür halde büyük veya diffuz bir nükleus ile birlikteuzun bir kuyruk oluşturur ki, buna comet (rozet) adı verilir(45). Non invazif bir tekniktir. Tek hücre seviyesinde veri toplar ve daha sağlam istatistiksel analiz türleri sağlar. Hemen hemen her ökaryotik hücre popülâsyonunun analiz edilmesine müsaede eden bir metoddur. Her kişiden veya dokudan 50 ila 100 hücre sayılıp bilgisayardaki görüntülerdesoftware analiz imkanı verir. DNA hasarının tespit ve onarımına ilişkin hassas bilgiler veren bir yöntemdir. (1010 daltonluk bir kopukluğu tespit edebilir). Diğer geleneksel sitogenetik tekniklerle karşılaştırıldığında, Comet Assay ile sonuçlar birkaç saat içinde elde edilir. Birkaç mikrolitre kan (5-10 µl), burun ve bukkal mukozal hücreler, epitel hücreleri, erkek germ hücreleri, ince iğne biyopsisi gibi doku örnekleri ile insan çalışmaları yapılabilir(46).Comet Assay de işleyiş şu şekildedir. Hücreler ince bir agaroz jel içinde bir mikroskop lamı üzerine yerleştirilir. Tüm hücresel proteinleri uzaklaştırmak için parçalanır (lizis) ve DNA'nın alkalin koşullar altında çözülmesine izin verilir. Çözülmeden sonra, DNA elektroforeze tabi tutulur ve elektroforez sırasındaki DNA hasarı, Comet' in başından ayrılan DNA miktarıyla doğru orantılıdır. Elektroforezden sonra, DNA molekülleri, ethidium bromid gibi DNA özel boyalarla boyanıp floresan mikroskop altında incelendiğinde, hasarın derecesine göre, DNA' lar daireselden, kuyruklu yıldıza benzer şekle kadar, farklı görüntüler oluştururlar (46). Bu görüntüler floresan mikroskop altında değerlendirilir.



Resim 5: Comet Assay metodu ile normal DNA'nın mikroskopik görüntü



Resim 6: Comet assay'daki DNA 'nın baş, kuyruk, gövde, gövdesiz kuyruk ve rozet ve uzunluklarını gösteren şekilsel görüntüsü(45).

Head extent: Baş boyutu **Body extent**: cisim boyutu **Tail Extent:** Kuyruk boyutu

Tail without body: cisim hariç kuyruk boyutu **Comet extent**: Rozet boyutu

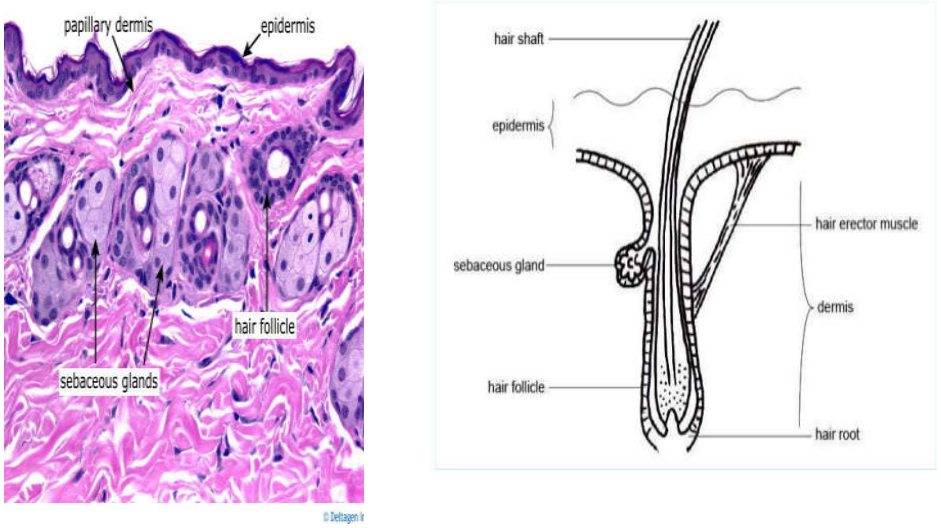
Günümüzde çoğu bilgisayar eklenmiş sistem analizleri ile comet görünümlü DNA hasarı ölçülebilir**.** Bu metodun alkali versiyonu ile DNA'nın tek sarmal yapıda olan

hasarları ölçülürken (46,47) nötral koşullar altında kullanılması durumunda ise, çift zincir kırıkları da gözlenebilir (48,49).

Kıl ve Folikül hücresi

Kıl; yağ ve ter bezleri ile tırnak gibi deri eklerinden önemli bir komponentini oluşturur. Kıl follikülü embriyoda epidermal invaginasyon ile oluşup, epidermisin dermis içine doğru adeta bir eldiven parmağı gibi bütün katları ile itilmesi şeklindedir. Kıl ve onun bağlı bulunduğu kıl folikülü, dermisten köken alan bir dış bağ dokusu kılıfı (dermal kök kılıfı) ve epidermal kökenli bir iç epitelyal kök kılıfından oluşur. Epitelyal kök kılıfı da en iç ve en dış olarak ikiye ayrılır. En derin son kısmına doğru follikül bir ampülü andıracak şeklinde kalınlaşır. Burada kıl kökü ve onun kılıfı primitif hücreler yığını (matriks) içerisinde birbiri ile kaynaşır. Matrix prolifere olup kıl şaftını oluşturan hücreleri içerir. Hücreler bulbun tepesinde farklılaşmaya başlar ve sonunda keratinöz kıl şaftını oluştururlar.

İnsan derisinde yaklaşık 5 milyon kıl folikülü bulunur. Kıl folikülü memeli vücudundaki en periferal yapılardan biri olmasına karşın zengin bir damar ağına sahiptir (Ekler kısmında ek referanslar 50-51).



Resim 7-8: Deri içerisinde Kıl ve Kıl folikül histolojik görüntü (Ekler kısmında ek referans 52 ve 53)

3.3.GEREÇ VE YÖNTEM

3.3.1.Gereç

3.3.1.1 Kimyasallar: Hanks' Balanced Salt Solution Sigma, %0,05 Tripsin-EDTA Gibco, lize çözeltisinde (2.5M NaCl, 100mM EDTA, 10mM Tris, %1 Triton X-100, %10 DMSO, pH:10), nötralizasyon çözeltisi (0.4M Tris-HCI, pH 7.5) ethidium bromide (1µg/ml) ve Merkc' di. Tüm tamponların hazırlanmasında ultrapure saf su kullanıldı.

3.3.1.2 Kullanılan alet ve malzemeler: Foresan mikroskop (Olympus, Japan) Comet Assay Software Project (CASP 1.2.2, Windows 2010),ependorf tüpü, derin dondurucu

3.3.2.Yöntem

3.3.2.1 Araştırmanın Yeri ve Zamanı

Bu araştırma,farklı sürelerde cep telefonu kullanan ve kullanmayan denekler üzerinde gerçekleştirildi. Çalışma İstanbul Medeniyet Üniversitesi Biofizik Ana Bilim Dalı, Dicle üniversitesi Tıp Fakültesi Biyofizik Anabilim Dalı, Dicle üniversitesi Tıp Fakültesi Kulak Burun Boğaz Hastalıkları Anabilim Dalı ve Erciyes Üniversitesi Tıp Fakültesi Biyofizik Anabilim Dal'ları tarafından ortaklaşa yürütüldü. Araştırma 1 Mart 2016- 1 Mayıs 2017 tarihleri arasında tamamlandı.

3.3.2.2 Araştırmanın Tipi

Bu araştırma original, özgün ve insan üzerinde gerçekleştirilen bir doktora tez açalışmasıdır.

3.3.2.3 Araştırmada Kullanılan Bireylerin sınıflandırılması ve Araştırma Yöntemi

Bu çalışma İstanbul Medeniyet Üniversitesi Tıp fakültesi etik kurulu tarafından onaylanmıştır (22.03.2016 tarih ve 2016/0044 sayılı karar ile). Araştırmada herhangi bir işitme problemi olmayan ve kulak ameliyatı geçirmemiş, meslekleri gereği radyofrekans radyasyonuna maruz kalmayan ve yaşları 30-60 arasında değişen kişiler yer almıştır. Araştırmanın kontrol dışındaki gruplarda yeralan katılımcılar, enaz on yıldır akıllı cep telefonu kullananlardan oluşturuldu. Her gruptaki örnek hacmi 30 ile sınırlandırılmıştır. Ancak her grupta yeralan

deneklerden elde edilen kulak kıl folikül hücre sayısı 114'dür.Böylece toplamda 456 kulak kıl folikül hücresi incelemeye alındı.

Araştırmanın ilk aşamasında, çalışmaya katılan bireylerin cep telefonu veya diğer kablosuz iletişim araçlarını kullanım alışkanlıkları, gönüllülük onam formu alındıktan sonra bir anket yardımı ile belirlendi. Araştırmada yeralan kişilerin akıllı telefon kullanım süreleri de dikkate alındı. Bu çalışmadaki gruplar;

-Birinci grup: Günlük yaşamında cep telefonu kullanmayan kişilerden oluşan kontrol grubu.

-İkinci grup: Günlük yaşamında cep telefonunu günde 0-30 dakika kullanan kişiler

-Üçüncü grup: Günlük yaşamında cep telefonunu günde 30-60 dakika kullanan kişiler

-Dördüncü grup ise günlük yaşamında cep telefonunu günde 60 dakika ve üzeri sürelerde kullanan kişilerden oluşturuldu.

Kulak muayenesi normal kabul edilen kişilerin kıl numuneleri standardizasyonun sağlanabilmesi için aynı kişi tarafından alındı.

3.3.2.4.Dokuların Alınması ve Takip İşlemleri

Deney ve kontrol grubundan penset ile alınan kulak kıllarından 6-7 adet ependorf tüplerine yerleştirildi ve hızlıca -80 ^{0}C deki soğutucuya taşındı ve analiz gününe kadar -80 ^{0}C de saklandı. Daha sonra kıl dokularındaki DNA hasarı Comet Assay tekniği kullanılarak saptandı.

3.3.2.5.Hücre süspansiyonunun ve kulak kıl hücrelerinin hazırlanması:

1.5 ml ependorf tüpüne alınan 6-7 adet kulak kıl örneğine 50 µl Hanks solüsyon (1x Hanks' Balanced Salt Solution, 20 mM EDTA ve %10 DMSO) eklenerek bir gece +4^{o}C' de inkübe edildi. Hanks solüsyon tüplerden boşaltıldı. 50 µl %0,05 Tripsin-EDTA eklenen kıl örneklerine 45 dakika oda sıcaklığında enzimatik digestion yapıldı. 50 µl PBS (fosfat buffer saline) eklenerek reaksiyon durduruldu ve 5 dakika vortex yapılarak kıl köklerinden hücreler ayrıldı. Hücre süspansiyonu farklı tip kıl kök hücrelerinden oluştu.

3.3.2.6.DNA Hasar Tayini (Comet Assay)

DNA comet assay ya da tek hücre jel elektroforezi (SCGE) canlı popülasyonlarında, hücre düzeyinde DNA hasar tespitinde kullanılan, hızlı, basit ve çok hassas floresan mikroskobik yöntemdir. Kulak kıl hücrelerinde DNA hasarı yüksek alkali şartlarda tek hücre jel elektroforez (comet) yönteminde bazı modifikasyonlar yapılarak araştırıldı (54). Her bir mikroskop lamı distile suda hazırlanmış % 1 lik normal erime noktalı agarozla kaplandı ve oda sıcaklığında kurutuldu. Daha sonra, PBS ile hazırlanmış % 0,5 lik düşük erime noktalı agarozun 200 µl ile 50 µl hücre süspansiyonu karıştırıldı ve birinci katın üzerine yayıldı. Lamların üzeri lamelle kapatılarak hücrelerin yayılması sağlandı ve 4^0C 'de buz aküsünün üzerinde 15 dakika katılaşmaya bırakıldı. Lameller lamlardan kaldırılarak taze hazırlanmış soğuk lize çözeltisinde (2.5M NaCl, 100mM EDTA, 10mM Tris, %1 Triton X-100, %10 DMSO, pH:10) 1 saat 4^0C'da lize edildi. Lamlar lize çözeltisinden alındı, yatay elektroforez tankı taze hazırlanmış elektroforez tamponu (300mM NaOH ve 1mM EDTA, pH: 13) ile doldurulduktan ve lamlar yerleştirildi. DNA sarmalının çözülmesi için 20 dakika oda sıcaklığında bekletilerek, 8^0C' da 25 V-300 mA' de 30 dakika elektroforez uygulandı. Daha sonra lamlar alkali iyon ve deterjanların uzaklaştırılması için nötralizasyon çözeltisi (0.4M Tris-HCI, pH 7.5) ile yıkandı, oda sıcaklığında, havada lamlar kuruduktan sonra 50µl ethidium bromide (1µg/ml) le boyandı ve lamelle kapatıldı. Bütün işlemler DNA hasarını önlemek için karanlıkta uygulandı (55,56).

3.3.2.7.DNA Hasarının Değerlendirilmesi

Görüntüler floresan mikroskop (Olympus, Japan) kullanılarak x200 büyütmeyle çekildi. Her bir lamdan rastgele seçilmiş 100 hücre görüntüsü Comet Assay Software Project (CASP 1.2.2, Windows 2010)'le analiz edildi (57).Baş uzunluğu (length head), kuyruk uzunluğu (length tail), comet uzunluğu (length comet), başda %DNA (head DNA), kuyrukta %DNA (tail DNA), kuyruk momenti (tail moment) ve olive tail moment (OTM) parametreleri CASP kullanılarak analiz edildi. Hasar hücre başından göç etmiş, comete neden olan kırılmış DNA kuyrukları esas alınarak kuyruklu hasarlı, kuyruksuz hasar görmemiş olarak sınıflandırıldı (58).

Çalışmada da alkali versiyonu kullanılmıştır. Comet parametrelerinde baş uzunluğu (length head), kuyruk uzunluğu (length tail), comet uzunluğu (length comet), başda %DNA (head DNA), kuyrukta %DNA (tail DNA), kuyruk momenti (tail moment) ve olive tail moment (OTM) gibi tüm parametreler değerlendirdi.

3.3.2.8.İstatistiksel yöntem:

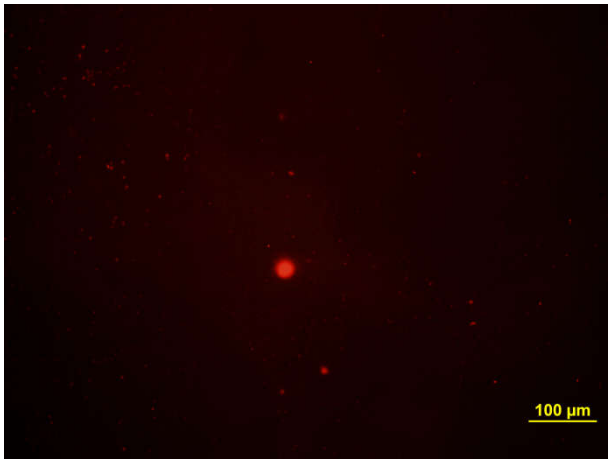
Veriler ortalama ve standart sapma olarak özetlendi. Normal dağılıma uyum kontrolü Shapiro-Wilks testi kullanılarak yapıldı. Daha sonra tüm parametrelerin logaritması alınarak varyans analizi (ANOVA) ve post-hoc Tukey testi yapıldı. İstatistiksel anlamlılık sınırı $p<0,05$ olarak alındı. Veri analizi STATA MP/11 paket programı kullanılarak yapıldı.

3.3.2.9.AraştırmanınBütçesi

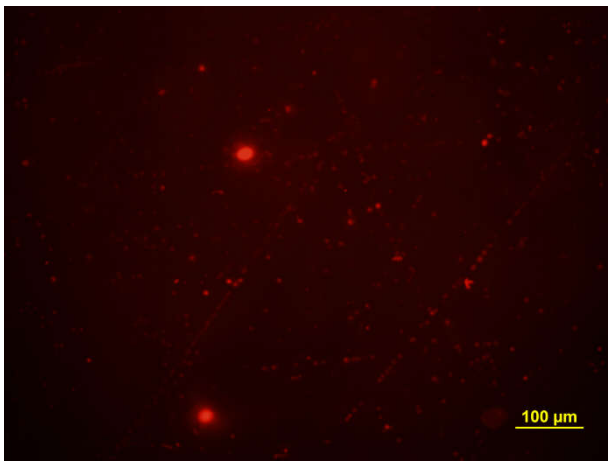
Araştırma bütçesi için tez öğrencisi ve diğer araştırıcılar tarafından karşılanmıştır.

3.4.BULGULAR

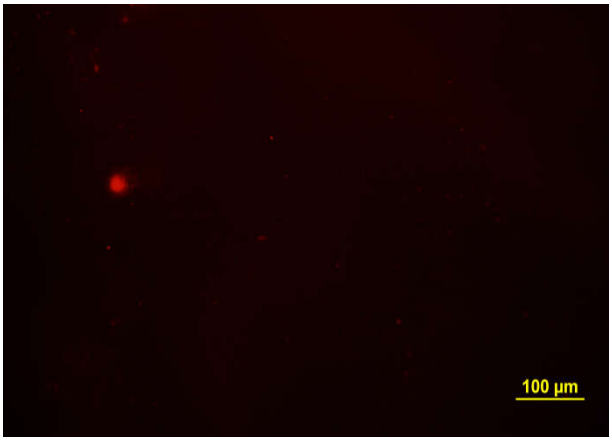
Ortalama olarak 10 yıl ve üzeri cep telefonu kullanan ve günlük konuşma süreleri farklı deneklerin kıl folikül hücrelerinde saptanan DNA hasar parametreleri baş uzunluğu, kuyruk uzunluğu, comet uzunluğu, baş DNA yüzdesi, kuyruk DNA yüzdesi, kuyruk momenti, olive kuyruk momenti şeklinde sınıflandırıldı. DNA hasarını gösteren bulgular aşağıdaki resimlerde görülmektedir (Resim 9-12).



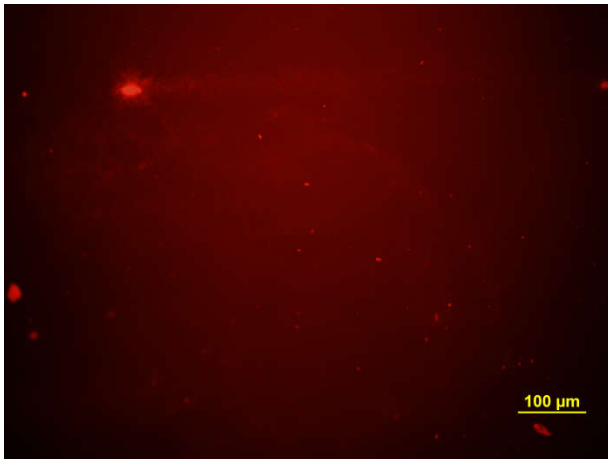
Resim 9: Kontrol grubu; tail DNA % 2.52, şekil DNA hasarsız kulak kıl hücrelerini göstermektedir (Ethidium bromide boyama x200, Olympus, Japan)



Resim 10: 0-30 dakika grubu; tail DNA %8.77, şekil DNA hasarlı kulak kıl hücrelerini göstermektedir (Ethidium bromide boyama x200, Olympus, Japan)



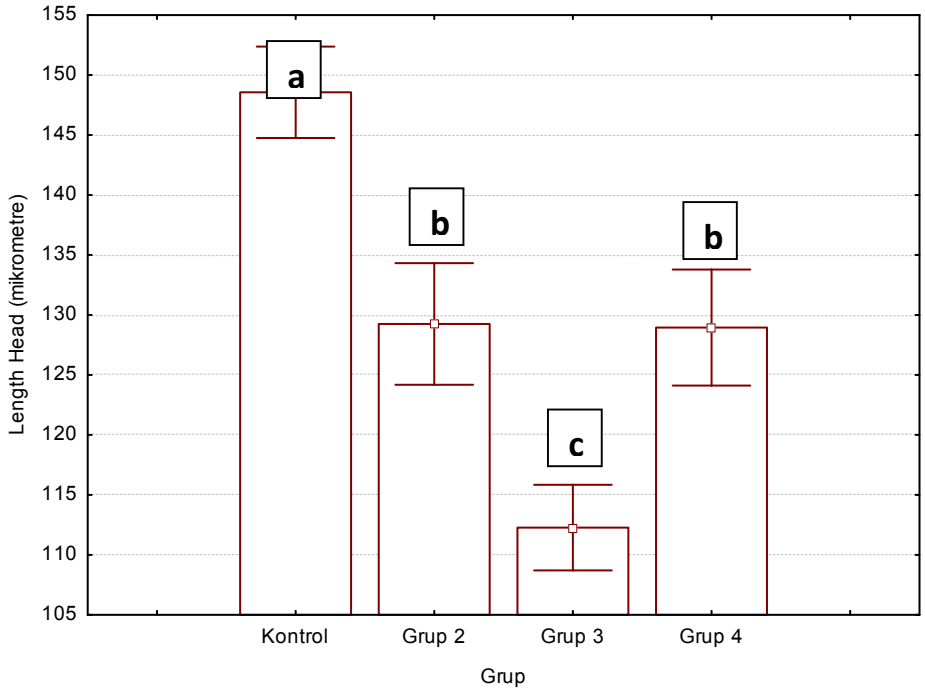
Resim 11: 30-60 dakika grubu; tail DNA %11.84, şekil DNA hasarlı kulak kıl hücrelerini göstermektedir (Ethidium bromide boyama x200, Olympus, Japan)



Resim 12: 60-120 dakika grubu; tail DNA %15.59, şekil DNA hasarlı kulak kıl hücrelerini göstermektedir (Ethidium bromide boyama x200, Olympus, Japan)

3.4.1.Baş Uzunluğu

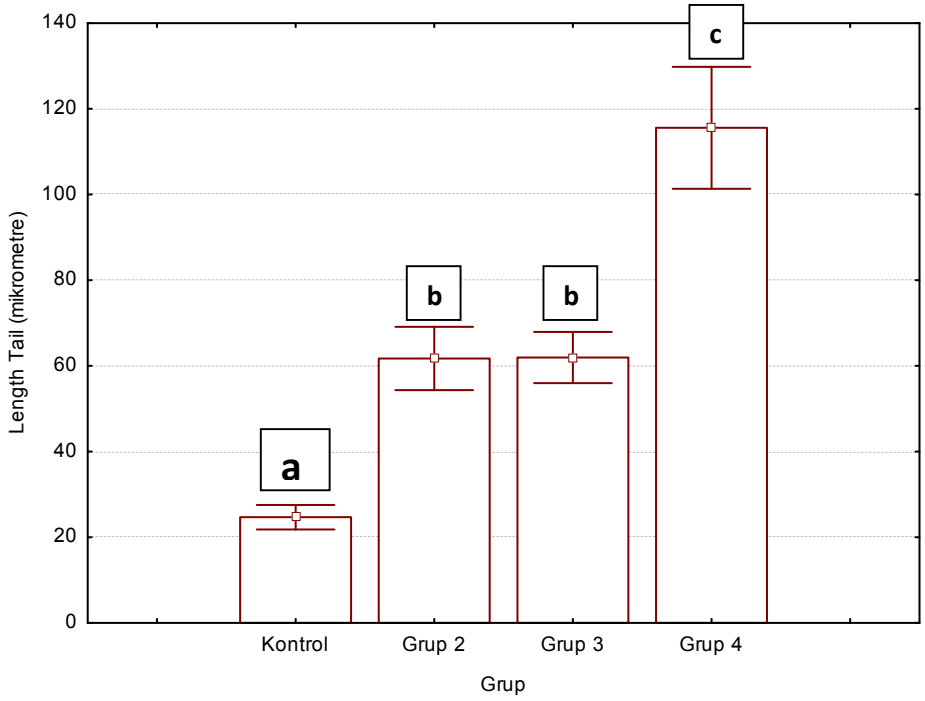
Baş uzunluğu ile ilgili olarak yapılan istatistiksel karşılaştırmada tüm grupların kontrol grubuna göre anlamlı bir şekilde azaldığı saptandı ($p<0.05$). Ancak 2. ve 4. gruplar arasındaki karşılaştırmada, anlamlı bir değişimin olmadığı gözlendi ($p>0.05$)(Grafik 1, Tablo 1).



Grafik 1: Çalışmada analiz edilen baş uzunluğu (length head) değerlerinin istatistiksel olarak karşılaştırılması (Aynı harf indislerini ifade eden gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık gözlenmezken ($p>0.05$), farklı harf indislerini ifade eden gruplar arasında anlamlı farklılık saptanmıştır ($p<005$).

3.4.2.Kuyruk Uzunluğu

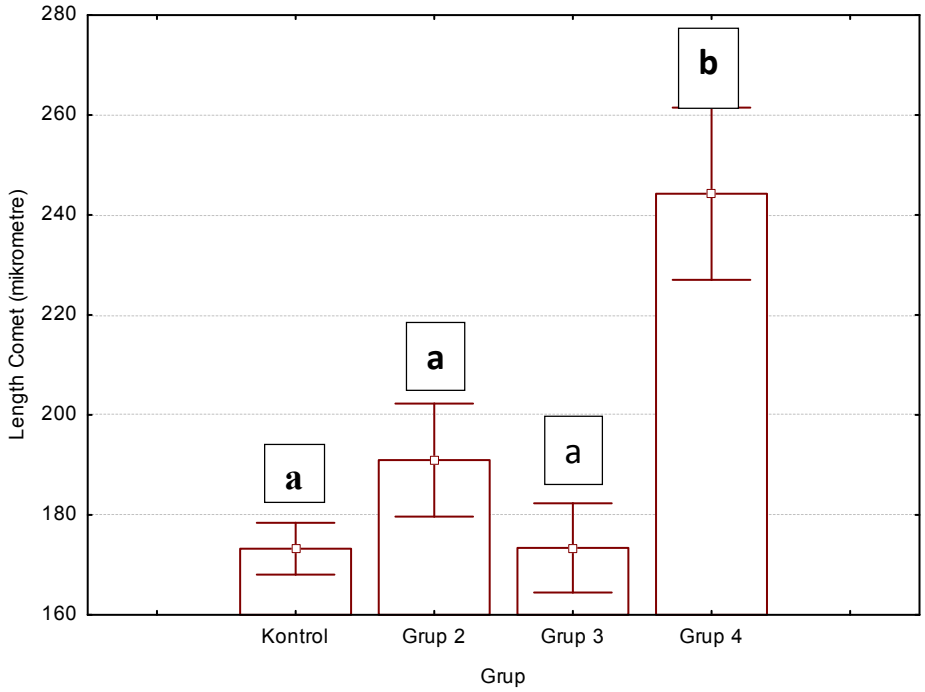
Kuyruk uzunluğu ile ilgili olarak yapılan istatistiksel değerlendirmede kontrol grubuna göre tüm gruplarda anlamlı bir artış saptandı ($p<0.05$). Ancak buradaki en belirgin artışın 4. grupta olduğu görülmektedir. Gruplar arasında yapılan karşılaştırma da ise grup 2 ile grup 3 arasındaki değişimin anlamlı olmadığı belirlendi ($p>0.05$)(Grafik 2, Tablo 1).



Grafik 2: Çalışmada analiz edilen kuyruk uzunluğu (length tail) değerlerinin istatistiksel olarak karşılaştırılması (Aynı harf indislerini ifade eden gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık gözlenmezken ($p>0.05$), farklı harf indislerini ifade eden gruplar arasında anlamlı farklılık saptanmıştır ($p<005$).

3.4.3.Comet Uzunluğu

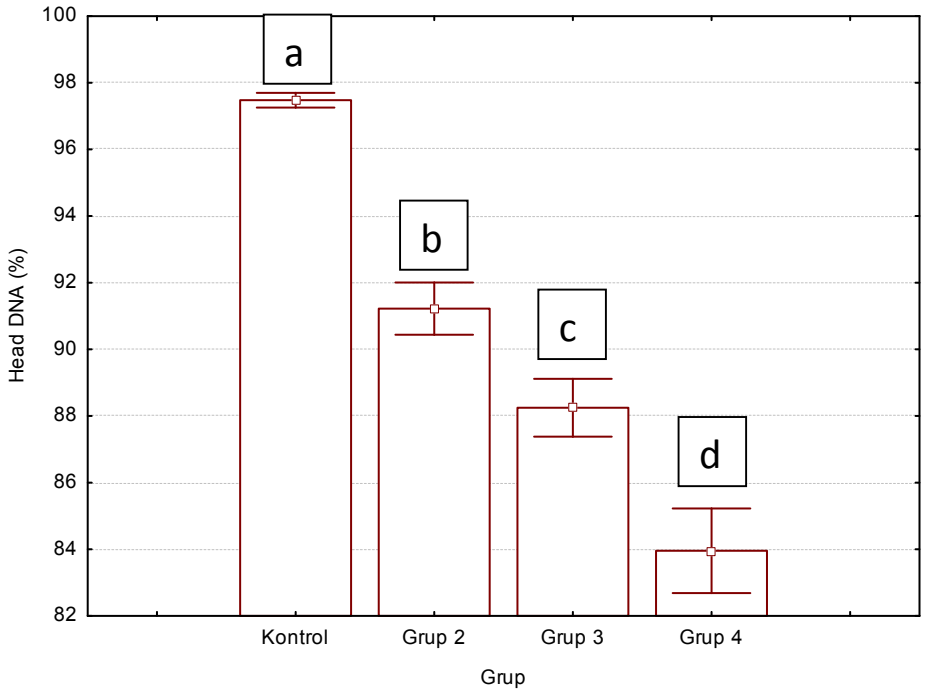
Comet uzunluğu (length comet) ile ilgili olarak yapılan değerlendirmede kontrol grubuna göre belirli bir artış olduğu, ancak bu artışın 2. ve 4. grupta daha belirginolduğu gözlendi. Gruplar arasında yapılan istatistiksel analizde ise 4. gruptaki artışın istatistiksel olarak anlamlı olduğu saptandı ($p<0.05$)(Grafik 3, Tablo 1).



Grafik 3: Çalışmada analiz edilen comet uzunluğu (length comet) değerlerinin istatistiksel olarak karşılaştırılması (Aynı harf indislerini ifade eden gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık gözlenmezken ($p>0.05$), farklı harf indislerini ifade eden gruplar arasında anlamlı farklılık saptanmıştır ($p<005$) .

3.4.4.Baştaki DNA yüzdesi

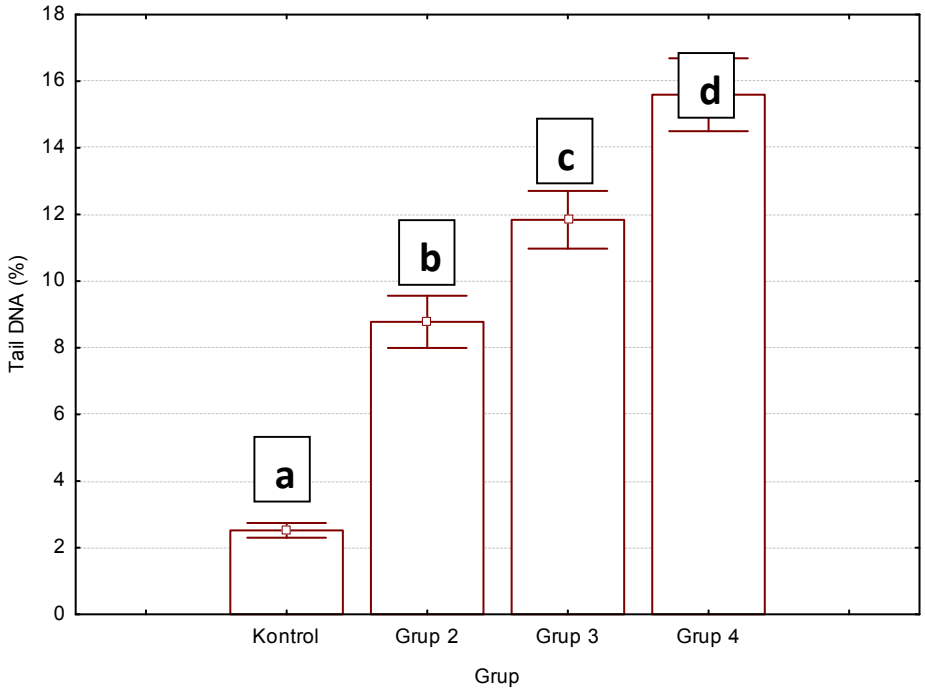
Baştaki DNA yüzdesi (Head DNA) değerleri analiz edildiğinde DNA yüzdesinde önemli bir azalma eğilimi olduğu görüldü. Bu belirgin azalma eğilimi ile ilgili olarak yapılan istatistisel analizde tüm grupların kontrol (grup 1) grubuna göreanlamlı bir şekilde azaldığı ve gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılığın olduğu belirlendi ($p<0.05$) (Grafik 4, Tablo 1).



Grafik 4: Çalışmada analiz edilen baştaki DNA yüzdesi (Head DNA) değerlerinin istatistiksel olarak karşılaştırılması (Aynı harf indislerini ifade eden gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık gözlenmezken ($p>0.05$), farklı harf indislerini ifade eden gruplar arasında anlamlı farklılık saptanmıştır ($p<005$).

3.4.5.Kuyruktaki DNA yüzdesi

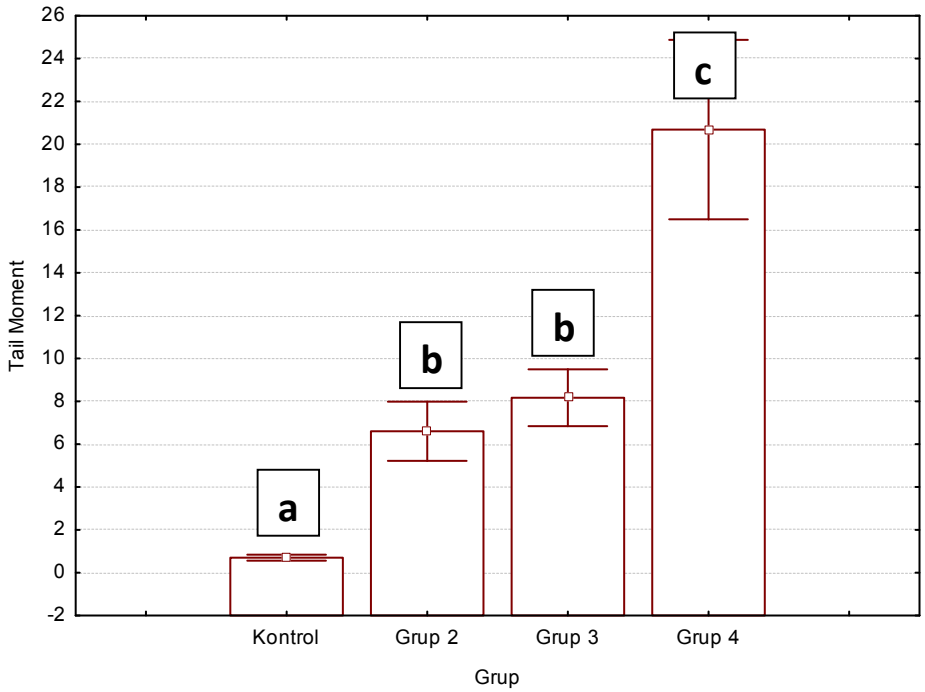
Kuyruktaki DNA yüzdeleri (Tail DNA) analiz edildiğinde DNA yüzdesinde belirgin bir artış olduğu görüldü. Bu belirgin artışa ilişkin yapılan istatistisel analizde tüm grupların kontrol (grup 1) grubuna göreanlamlı bir şekilde arttığı ve gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılığın olduğu belirlendi ($p<0.05$) (Grafik 5, Tablo 1).



Grafik5: Çalışmada analiz edilen kuyruktaki DNA yüzdesi (Tail DNA) değerlerinin istatistiksel olarak karşılaştırılması (Aynı harf indislerini ifade eden gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık gözlenmezken ($p>0.05$), farklı harf indislerini ifade eden gruplar arasında anlamlı farklılık saptanmıştır ($p<005$).

3.4.6.Kuyruk Momenti

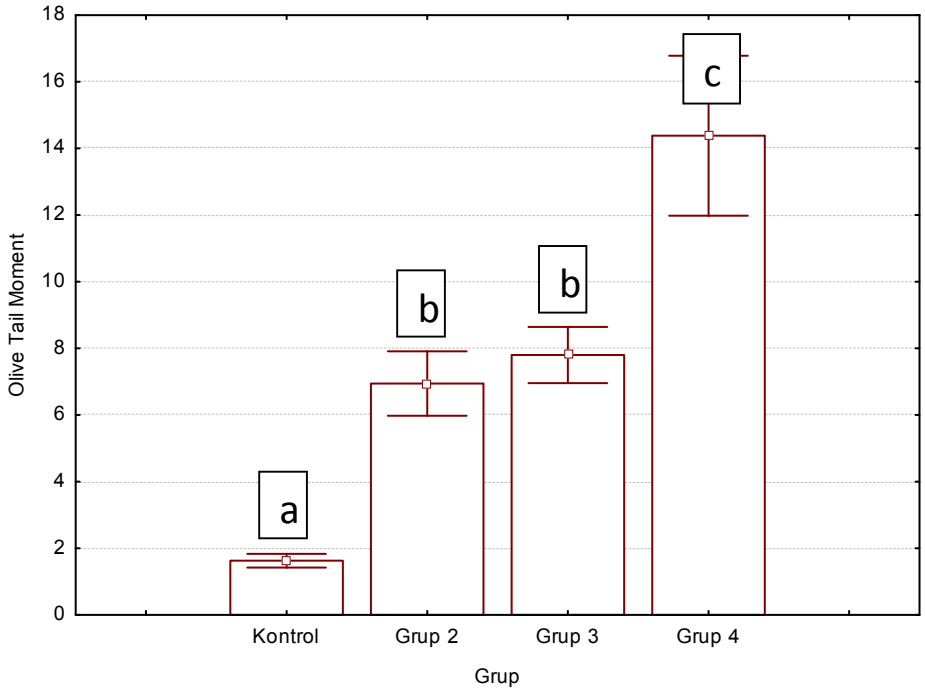
Kuyruk momenti (Tail Moment) değerleri analiz edildiğinde kontrol grubuna göre diğer grupların kuyruk momenti değerlerinde anlamlı artış olduğu saptandı. ($p<0.05$). Ancak, gruplar arasında yapılan karşılaştırmada 2. ve 3. Grup arasında anlamlı bir değişim olmadığı belirlendi ($p>005$)(Grafik 6, Tablo 1).



Grafik 6: Çalışmada analiz edilen kuyruk Momenti (Tail Moment) değerlerinin istatistiksel olarak karşılaştırılması (Aynı harf indislerini ifade eden gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık gözlenmezken ($p>0.05$), farklı harf indislerini ifade eden gruplar arasında anlamlı farklılık saptanmıştır ($p<005$).

3.4.7.Olive Kuyruk Momenti (OTM)

Olive kuyruk momenti (OTM) değerleri analiz edildiğinde tüm grupların Olive kuyruk momenti değerlerinin kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde arttığı gözlendi ($p<0.05$)(Grafik 7). Ancak yapılan gruplar arası karşılaştırmada, 2. ve 3. gruplar arasında anlamlı bir değişim olmadığı belirlendi ($p>0.05$) (Şekil 7, Tablo 1).



Grafik 7: Çalışmada analiz edilen Olive kuyruk Momenti (Olive Tail Moment) değerlerinin istatistiksel olarak karşılaştırılması (Aynı harf indislerini ifade eden gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık gözlenmezken ($p>0.05$), farklı harf indislerini ifade eden gruplar arasında anlamlı farklılık saptanmıştır ($p<005$).

DNA hasarlarına ait istastiksel veriler ve istatistiksel analiz bir bütün olarak Tablo 1'de verilmiştir

Parametreler	**Kontrol (Grup 1) Ort±S.D (n*=114)**	**Grup 2 Ort±S.D (n*=114)**	**Grup 3 Ort±S.D (n*=114)**	**Grup 4 Ort±S.D (n*=114)**
Baş Uzunluğu(µm)	148,558±20,4306[a]	129,248±27,1874[b]	112,274±19,1611[b]	128,947±25,9498[c]
Kuyruk Uzunluğu(µm)	24,6814±15,32404[a]	61,7168±39,63775[b]	61,9469±32,02311[b]	115,5664±76,32530[c]
Komet Uzunluğu(µm)	173,2389±27,81677[a]	190,9646±60,65814[a]	173,3894±47,87454[a]	244,2478±92,40763[b]
Baştaki DNA %	97,4761±1,18948[a]	91,2221±4,20048[b]	88,2478 ±4,64745[c]	83,9558±6,80912[d]
Kuyruktaki DNA %	2,5212±1,18717[a]	8,7779±4,20048[b]	11,8407±4,65136[c]	15,5929±5,87616[d]
Kuyruk Momenti	,70151±,753500[a]	6,60265±7,411061[b]	8,16637±7,121993[b]	20,68584±22,469244[c]
Olive Kuyruk Momenti	1,6277±1,10485[a]	6,9451±5,18700[b]	7,8000±4,52112[b]	14,3805±12,87877[c]

Tablo 1:Tüm grupların DNA hasar parametrelerinin istatistiksel analizi. Veriler ortalama± Standart sapma (S.D) şeklinde verilmiş olup, çalışmada tek yönlü varyans analizi kullanılarak Tukey HSD testi uygulanmıştır. Aynı harf indislerini ifade eden gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık gözlenmezken ($p>0.05$), farklı harf indislerini ifade eden gruplar arasında anlamlı farklılık saptanmıştır ($p<005$).

3.5.TARTIŞMA

Modern yaşamın vazgeçilmezi haline gelen mobil telefonların ilk üretilip kullanır hale gelmesi 1981'de İsveç'te Nordic Mobile Telphone System olarak (analog 450 MHz, birinci jenerasyonveya 1G) piyasaya sürülmüştür. 1991 yılında "GloballySystem for Mobile Communication" olarak adlandırılan ikinci nesil (GSM, 2G) telefonlar günlük yaşamda yer aldı. Daha sonra CDMA ve TDMA gibi görüntü ve internet ağ gibi özelliklerin de eklenmesiyle, (800, 900, 1900, 1900,2100 MHz; 3G) ve son olarakta daha hızlı iletişim, daha fazla veri kapasiteli ve düşük gecikme süresine sahip(4-4.5 G) piyasaya sürüldü (59). GSM RF dalgaların gücü 1-2W aralığındadır. Cep telefonlarının maksimum çıkış gücü, telefon kullanıcısı ile bazistasyonu arasındaki mesafe değişikliğine ve bulunan konuma göre azalıp artabilir. Telefonlar, dinlenme veya uyku modunda bile belirli aralıklarla baz istasyonları ile sinyal alışverişi yaparlar. Bu yolla, telefonun coğrafik yeri belirlenir (59).

Teorik olarak hücresel telefon sistemlerinde kullanılan RF'ların enerjileri biyomoleküller arasındaki bağları koparmaya yetmez. Ancak bu ışınların neden olduğu oksidatif stres yoluyla biyolojik sistemlerde, özellikle DNA'da hasar oluşturabileceği öne sürülmektedir. Cep telefonu kaynaklı RF maruziyeti telefon tipi(akıllı olup olmaması), telefon anteninin pozisyonuna vedokunun türüne göre değişiklik gösterir (60). Telefon kullanımına bağlı RFR'nun termal ve non termal biyolojik etkilerinin bilinmesi, hem koruyucu sağlık açısından farkındalık oluşturma ve hemde kullanım açısından farklı yaklaşımlar belirleme açısından önem kazanmaktadır. Son yıllarda cep telefonlarından yayılan RFR'ların biyolojik sistemler üzerindeki zararlı etkileri ile ilgili çok sayıda in-vivo ve in-vitro çalışmalar yapılmıştır. Fakat yukarıda da değinildiği gibi çalışmaların ezici çoğunluğunun hayvan veya invitro araştırmalara dayanması, cep telefonlarının zararlı etkileri konusunda tam bir fikir birliğine varılmayı engelemiştir. Ayrıca cep telefonu teknolojilerinin hızlı bir şekilde gelişmesi, ucuzlayarak yaygınlaşması yetişkinlere göreRFR'lara daha duyarlı olan çocuklar ile genç kesim tarafından daha fazla kullanılması, olası zararlı etkiler konusunda insanları endişelendirmektedir (61).

Cep telefonu veya baz istasyonu kaynaklı RFR'laringenotoksik ve non-genotoksik etkileri invitro olarak gösterilmiştir. Genotoksik özellikler; DNA zincir

kırıkları, mikronükleus formasyonu, mutasyon, DNA hasarı vb transformatif değişikliklerdir. Nongenotoksik etkiler ise hücre proliferasyonu, DNA sentezi, iyon kanalları, hücre differansiasyonu, apoptozis, immun sistem, reaktif oksijen ürünleri, sinyal iletimi ve mRNA ve proteinleri içeren gen ekspresyonlarını kapsamaktadır. Diğer çalışmalar ise; invivo hayvan ve sınırlı insan çalışmalardır. İnsan çalışmaları ise genellikle epidemiyolojik çalışmalara dayanmaktadır. Kansere bağlı ölümler(beyin tümörleri, çocukluk çağı lösemi ve lenfomaları, meme kanseri ve melanoma), spontan düşük, alzeimer hastalığı gibi hastalıklarla RFR maruziyeti arasında ilişki olduğunu öne sürenRetro-spektif çalışmalar mevcuttur. Fizyolojik ve psikolojik sorunlar (kilo, başağrısı, uyku bozuklukları, anksiyete, beyin dalgaları ve elektrokardiyogram), melatonin ve immun sistem değişiklikleri ile RFR maruziyetini ilişkilendiren çalışmalar da bulunmaktadır (62).

RFR'ların DNA'da hasar oluşturduğunu iddia eden yayınların yanısıra, aksini iddia eden çalışmalar da mevcuttur. Dünyada 1990'lardan itibaren EMA maruziyeti artmaya başlamış. Çok çok düşük frekanslı EMA maruziyeti ile çocukluk çağı lösemileri arasında bir ilişki olabileceği de, iddialar arasındadır (63). Cep telefonlarınınyaygın kullanmasının ardından RFR maruziyeti ilebeyin tümörü arasında ilişki olabileceğini iddia eden çalışmalar daher geçen gün artmaktadır. Düşük frekanslı (100 kHz) EMA'ların uyarıcı etkilerinin olduğu; buna karşın yüksek frekanslı EMA'ların (100kHz'dan büyük) ise termal etkilere neden olduğu belirtilmiştir (64). 2011 yılında Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı'nın (UKAA) RFR'ları "muhtemel kanserojen" yani 2B grubuna alması konuya ilgiyi daha da artırmıştır. Buna rağmen konu hala tartışmalı ve netlik kazanmamıştır (13).Bu nedenle konuya katkı sağlamak açısından, DNA hasarını esas alan bu çalışma planlanmıştır.

Cep telefonlarının zararına ilişkin endişeler bilim adamlarını bu ışınlara en fazla maruz kalan kulak ve beyin gibiorganlar üzerinde yoğun araştırmalara yöneltmiştir. Yapıla bazı çalışmalarda mobil telefon kaynaklı RFR maruziyetinin kanser insidansını ve beyin hücrelerinde DNA hasarını artırabileceği gösterilmiştir (12,65). Bu hasarlar onarılamayacak düzeylerde olduğunda yada yanlış onarıldığında mutasyon ve hücre ölümü gerçekleşebilir. İnsan vücudunun her bir hücresinde günde

yaklaşık olarak $2x10^4$ DNA hasarı meydana geldiği tahmin edilmektedir (66). Değişikliğe uğramış bazı DNA bazlarının, genomun bütünlüğü açısından zararlı olabileceği düşünülmektedir. J.L phillips ve ark'ları DNA'nın devamlı bir şekilde endojen ve eksojen faktörlerce hasara uğradığı, ancak bu hasarın DNA tamir enzimlerince onarıldığını belirtmişlerdir. Eğer bu hasar ve tamir dengesi bozulursa, DNA hasar birikmesine yol açacağı, bu birikimin hücre ölümü, yaşlılık ve kansere yol açabileceği aynı araştırıcılarca ifade edilmiştir. (67).

Nitekim Diem. ark.'ları yaptıkları çalışmada16 ve 24 saatlik pulslu ve sürekli RF maruziyetinin genotoxik etkilerinin olabileceğini belirtmişlerdir(68). Liu ve ark.'larının yaptığı çalışmada ise günde 5 ve 10 dk sürelerle mobil telefonların konuşma modunda ve 1800 Hz frekanslı ve 1w/kg, 2w/kg ve 4 w/kg lık SAR değerli RF maruziyetininmouse'ların spermatosit derivelerinden GC2-cell üzerine etkileri incelenmiştir. DNA migrasyon uzanımının 4 w/kg da etkili olduğu bulundu. Aynı SAR değerinin (4w/kg olan ortamda) 8 oxoguanin seviyesinin artırdığı gözlendi. Ayrıca bu artışlarla beraber reaktif oksijen değerinde de artış gözlendi. Buna karşın DNA halkasında kopmalara rastlanmadığı, dolayısıyla RFR'larin DNA üzerinde genotoksik etkilerinin olmadığı ancak DNA'da oksidatif hasara yol açabileceği aynı araştırıcılar tarafından önesürülmüştür.(69). Dasdağ ve ark'ları yaptıkları çalışmada2.4 GHz'lik (Wi-Fi) RFR'ların bir yıllık maruziyetinin testisler ve spermlerde değişikliklere neden olabiceğini gösterdiler (70). 2.4GHz'lik (Wi-Fi) RFRmaruziyetininbeyin hücrelerindeki bazı miRNA (miR-106b-5p and miR-107)düzeylerini değiştirebileceği de öne sürülmüştür (71)**.** Daşdağ ve Akdağ'ın bir makalesinde kablosuz iletişim araçlarından kaynaklanan RFR'ların oksidatif strese yol açtığı belirtilmektedir. Aynı makalede konunun aydınlatılması için, insan çalışmalarının gerekliliğine, vurgu yapılmıştır (72). Gandhi ve ark'ları baz istasyonu yakınında ikamet eden bireylerde, RFR maruziyetinin genetik etkilerini belirlemek için, lökositler incelendi. Baz istasyonunun 300 metre mesafede yaşayan 63 kişiden kan örnekleri alındı ve Comet analizi ile DNA'lar incelendi. Çalışmada DNA migrasyon uzunluğu, hasar frekansı ve hasar indeksleri değerlendirildi. Baz istasyonunun yakınında yaşıyanların DNA migrasyon uzunluğu, hasar frekansı ve indeksinin kontrol grubuna göre arttığı gözlendi ($p = 0.000$). Gözlenen hasar düzeyi çalışmada yer alan kadınlarda (n=25) erkeklere göre (n=38) daha yüksek bulundu

(p = 0.004).Sonuç olarak, baz istasyonlara 300 metre mesafede yaşayanlarda DNA hasar düzeyinin yüksek olduğu saptandı (p = 0.000). Ayrıca günlük cep telefon kullanım süresi, ikamet yerinin uzaklığı ve göç yoğunluğunun hasar oluşumunda önemli olduğu belirtilmektedir (73).

Gandi ve ark.'larının yaptığı çalışmada elde edilen veriler bizim çalışmamızda elde edilen sonuçları destekler niteliktedir. Çünkü bizim çalışmamızda da maruziyet süresi ve DNA hasarı arasında doğrusal bir ilişki olduğu ortaya konmuştur.

Garaj ve ark.'ları yaptıkları çalışmada radarlarda çalışanların (10 mW/ cm^2 ila 50 mW/ cm^2) periferal kan lökositlerinde hem kromozomal sapmalar (disentrik, ring ve polisentrik kromozomlar) hem de mikronükleusta artışlar olduğunu gözlediler (74).

Bu araştırmada elde ettiği sonuçlar da bizim çalışmamızda elde edilen verileri destekler niteliktedir.

Gandhi ve ark.'ları yaptıkları çalışmada; 2 yıl boyunca günde 4-5 saat ceptelefonukullananlarda kromozom sapmalarının arttığını, özellikle sigara ve alkol kullananlarda bu değişikliklerin dahada arttığını ifade etmişledir(75).

Gandi ve ark.'larını yaptıkları bu çalışmada elde edilen veriler de bizim verilerimizle uyumludur.

Yukarıdaki çalışmalara rağmen RFR maruziyetinin herhangi bir sağlık sorunu oluşturmadığını iddia eden çalışmalar da mevcuttur. Örneğin Zani ve ark'larının yaptığı insan lökosit hücre kültürü çalışmasında,güvenlik sınırlarındaki RFR maruziyetinin hücre siklusunun belirli evrelerinde herhangi bir sitotoksik ve genotoksik etkiye neden olmadığı iddia edilmektedir (76).

Zani ve ark.'larının elde ettiği sonuçlar bizim çalışmamızdaki sonuçlarla uyumlu değildir. Farklılığın kullanılan biyolojik materyallerin farklı olmasından kaynaklandığını düşünmekteyiz. Bizim çalışmamızda RFR kaynağına olan uzaklık sıfır düzeyindedir. Yani cep telefonları genellikle kulağa temas halindedir. Bu da

kulak kıllarının maruziyetinin hücre kültürü çalışmasındakine nazaran çok daha yüksek olduğunu göstermektedir.

Luc Verschave ‘un(77) bir makalesinde DNA hasarı ile ilgili yapılan çalışmalarda kişilerin soğurduğu radyasyon miktarını ölçen dozimetrelerin kullanılmadan sonuçların gerçeği yansıtmayacağı öne sürülmektedir. Ayrıca makalede incelenen 16 çalışmanın sadece 3’ü, RFR’ların DNA hasarına neden olmadığını iddia etmektedir. Buna karşın aynı makalede yer alan 13 çalışma ise aksi yönde sonuçlara işaret etmektedir. Yani RFR ile DNA hasarı arasında bir ilişki olduğu belirtilmektedir. Dolayısıyla söz konusu 13 araştırmadan elde edilen veriler bizim sonuçlarımızı desteklemektedir.

Lixia ve ark.’larının (78) 1.8GHz’lik (3w/kg) RFR’ların insan göz lens epitelyal hücreleriüzerine etkilerini inceledikleri çalışmada; RFR’ların DNA kırıklarına neden olduğu gösterilmiştir. Araştırıcı grup, bu sonuçların maruziyetin ilk 30 dakikasında gerçekleştiğini belirtmektedirler (78).

Bu maruziyet süresi dikkate alındığında elde edilen verilerin, bizim sonuçlarımızla uyumlu olduğu anlaşılmaktadır.

Kesari ve arkadaşları (79) 3G (2100 MHz) mobil telefonlardan yayılan RFR’ların beyinde önemli düzeylerde DNA zincir kırıklıkları oluşmasını tetiklediğini iddia etmektedirler. Yao ve arkadaşları (80) 1800 MHz RFR’ların insan lens epitel hücrelerinde DNA hasarına neden olup olmadığını inceledikleri çalışmada, 1800 MHz (3w / kg ve 4w / kg) RFR’larınDNA hasarını tetiklediği gösterildi.

Yaho ve ark.’larının elde ettiği sonuçlar da bizim elde ettiğmiz verileri destekler niteliktedir.

Esmekaya ve ark.’ları 1,8 MHz ‘lik RFR’ların 6, 8, 24 ve 48 saatlik maruziyetlerinin insan lenfositlerinde nükleus, kromatin ve mitokondrial krista değişiklikleri gibi hücresel hasara ve morfolojik değişikliklere neden olduğunu ifade etmişlerdir (81).Deshmukh ve ark.’ları (82)ise 900 (SAR:$5.953x10^{-4}$w/kg), 1800 (SAR: $5.835x10^{-4}$w/kg) ve 2450 (SAR: $6.672\ x10^{-4}$w/kg) MHz’ lik 30 günlük maruziyetin etkilerini inceledikleri çalışmada, RFR’ların sıçan beyin dokusunda DNA

zincir kırıklarına neden olduğu rapor edilmiştir. Nikolova ve ark.'ları (83) altı saatlik kısa süreli RF maruziyetinin, çift sarmal kırılmalarında geçici bir artışa neden olduğunu rapor etmişlerdir. Görüldüğü gibi kısa süreli RFR maruziyetinin dahi DNA kırılmalarına neden olabileceği belirtilmektedir.

Yukarıdaki her iki çalışmanın sonuçları da bizim verilerimizi açık bir şekilde desteklemektedir. Tüm bu verilere rağmen, RFR'ların DNA hasarına yol açan mekanizmaları hala tam anlaşılamamıştır. Oluşan hasara ilişkin farklı mekanizmalar öne sürülmektedir. Örneğin bazı araştırıcılar, bu hasarın serbest oksijen radikalleri ile ilişkili olduğunu ifade etmektedirler(15,16).Bazı araştırıcılar ise RFR'un DNA üzerindeki etkilerinin non termal etkilerden kaynaklandığını ve bu etkilerinprotein yapı ve fonksiyonlarında değişikliklere yol açabileceğini belirtmektedirler(84,85). Bu araştırıcılar, RFR'larınbir enerji olduğunu, protein reseptör etkileşimini değiştirebileceğini ve dolayısıyla sinyal iletiminin etkilenebileceğini belirtmektedirler. Bu nedenlerden dolayıprotein konfurmasyonlarında değişiklikler olabileceği de, aynı araştırıcılar tarafından vurgulanmıştır.

Çam ve ark'ları (86) yaptıkları çalışmada, cep telefonundan kaynaklanan kısa süreli (15 ve 30 dk) 900 MHz RFR' a maruziyetinin kulak çevresinde bulunan saç kılköklerinde DNA tek zincir kırıklarına neden olduğunu gösterdiler. 2005 yılında Diem ve arkadaşları (87) ile Paulraj ve Behari (88) yaptıkları çalışmalarda, kronik RFR maruziyetinin sıçanların beyin hücrelerinde DNA zincir kırılmalarına artışa neden olduğunu rapor etmişlerdir. Buna karşın, Stronati ve ark.'larının (89) invitro olarak, 1 veya 2 w/kg SAR ve 935 MHz RFR' ların 24 saatlik maruziyetinin insan lenfosit hücrelerinde DNA zincir kırılmalarına neden olmadığını göstermişlerdir. Farklı zaman periyotlarında kültürlenmiş insan lenfositleri ile yapılan bir dizi çalışmada, 900 MHz (SAR; 0.2 – 10w/kg) RFR maruziyetinden sonra kromozom sapmaları, mikronukleus veya kardeş kromatid değişimlerinin tespit edilmediği de rapor edilmiştir (90-91). Vershaeve ve ark'ları (92), 0.3 ve 0.9 W / kg SAR değerindeki 900 MHz RFR'lara uzun süreli maruziyetin (2 saat / gün, 5 gün / hafta, 2 yıl), ratlarda DNA zincir kırıklarında anlamlı bir artışın olmadığını bildirmişlerdir. Takahashi ve ark.'ları (93) ise, sıçanları 2.0, 0.67 ve 0 W / kg SAR değerinde 1500 MHz RFR'lara, 4 hafta boyunca haftada 5 gün ve günde 90 dakika

olacak şekilde maruz bırakmış ve beyin hücrelerinde mutajenik etki saptamamışlardır. Akdağ ve ark.'ları (94) uzun süreli (12 ay) 2.4 GHz RFR uygulamasının ratların testis dokusunda anlamlı derecede DNA hasarına neden olduğunu, buna karşın beyin, böbrek, karaciğer ve cilt dokusunda DNA hasarını önemli gözlenmediğini bildirmişlerdir. Bu çalışma da belirtildiği gibi aynı RFR maruziyetinin her dokudaaynı etkiyi oluşturamayacağı görülmektedir.

Bu tez çalışmasında cep telefon kaynaklı RFR maruziyetinin kulak kıl folikül hücrelerinde DNA hasarlarına neden olup olmadığını ortaya koymak için, Comet analizi uygulandı. Baş uzunluğu (length head), kuyruk uzunluğu (length tail), Comet uzunluğu (length comet), başta %DNA (head DNA), kuyrukta %DNA (tail DNA), kuyruk momenti (tail moment) ve olive tail momenti (OTM) gibi parametreler incelendi ve 3 RFR grubundan elde edilen sonuçlar hem kontrol hem de birbirleriyle karşılaştırıldı. RFR'lara maruz kalan üç grupta gözlenen DNA hasarlarıkontrol grubuna göre, istatiksel açıdan anlamlı olduğu gözlendi($p<0,05$). Elde ettiğimiz sonuçlar, Liu ve ark(69), Dasdağ ve ark'ları(70, 71, 72), Gandhi ve ark'ları (73), Lixia ve ark.'ları (78), Deshmukh ve ark.'ları (82), Nikolova ve ark.'ları (83), Çam ve ark.'ları (86), Diem ve ark.'ları (87) Paulraj ve Behari (88) ve Akdağ ve ark.'larının (94) çalışmalarında elde edilen bulgularla paralellik göstermektedir. Ayrıca bizim çalışmamızda DNA'nın sadece bazı parametreleri değil, baş uzunluğu (length head), kuyruk uzunluğu (length tail), comet uzunluğu (length comet), başta %DNA (head DNA), kuyrukta %DNA (tail DNA), kuyruk momenti (tail moment) ve olive tail moment (OTM) gibi tüm parametreleri kontrol grubuna anlamlı bulundu. Gözlenen bu hasarlar deneklerin ortalama 10 yıldan fazla cep telefonu ile ilişkili olabilir. Trosic ve ark.'ları (95) 915 MHz RFR maruziyetinin, (2.4 w/m^2, 0.6 w/kg; günde 1 saat/2 hafta) sıçanböbrek ve karaciğer DNA kuyruk(tail length) uzunluklarında belirgin bir artışa neden olduğunu, fakat bu durumun beyin hücrelerinde söz konusu olmadığını belirtmektedir.

Sonuç olarak, bu tez çalışmasında elde edilen veriler dikkate alındığında, cep telefonu kaynaklı RFR maruziyetinin DNA tek sarmal kırıklarına ve dolayısıyla DNA hasarına neden olabileceği görülmektedir. Bu araştırmanın sonuçları, uzun süreli RFR maruziyetleri ile DNA hasarları ve dolayısıyla genotoksik etkiler

arasında, bir ilişki olduğuna işaret etmektedir. Bulgular kısmında verilen şekil ve grafiklerde, araştırma sonuçları belirgin bir şekilde görülmektedir. Konuya ilişkin ileri insan çalışmalarına gereksinim vardır.

3.6.SONUÇve ÖNERİLER

Bu çalışmada, on yıl ve üzeriakıllı cep telefonukullananların kulak kıl folikül hücrelerinde herhangi bir DNA hasarının olup olmadığı, Comet analizi ile belirlendi. Elde edilen veriler, ortalama on yıl cep telefonu kullananların kulak kıl folikül hücre DNA larında hasar oluştuğunu gösterdi. Oluşan DNA hasarı ile cep telefonu kullanım süresi arasında doğrusal bir ilişki olduğu da saptandı ($p<.01$). Dolayısıyla, günde 30 dakika ve üzeri, en az on yıl süreyle cep telefonu kullananların, DNA hasarı açısından, riskli gruplar arasında yer aldığı söylenebilir.

Kablosuz iletişim teknolojilerindeki baş döndürücü gelişmeler, toplumların daha fazla RFR maruziyetiyle sonuçlanmaktadır. Daha sağlıklı bir gelecek için toplumun, özellikle de gelişme çağındaki çocukların, RFR ların riskleri hakkında eğitilmesi gerekmektedir. Bu konuda ortaya konacak tedbirler, ülkelerin RFR kaynaklı sağlık harcamalarının azalmasına ve dolayısıyla, ülke ekonomilerine önemli katkılar sunacaktır. RFR' ların en basitinden baş ağrısı, gerginlik, stress, yorgunluk, halsizlik, işitme kaybı vb sorunlara neden olduğu düşünüldüğünde, konu daha iyi anlaşılabilir. Cep telefonları ile beyin tümörleri arasındaki ilişkiden ötürü, bu radyasyonların, Dünya Sağlık Örgütü tarafından 2B grubuna (Muhtemel kanserojen) alınması da, gözardı edilmemelidir. Elektromanyetik dalga veya alanların etkilerinden korunmadaki en önemli kurallardan ikisi; süre ve mesafedir. Yani, risklerden korunmak için, RFR larla olan etkileşim süresi olabildiğince düşürülmeli ve"Ne kadar az etkileşim o kadar az zarar" ve "RFR kaynağından ne kadar uzaktaysan o kadar düşük risk" sloganları, göz ardı edilmemelidir. Genel radyasyon korunma kurallarının, iyonlaştırmayan bir elektromanyetik dalga olan RFR' lar içinde büyük ölçüde geçerli olduğu, unutulmamalıdır.

4.KAYNAKLAR

1. Özgüner F., Mollaoğu H., Manyetik Alanın Organizma Üzerindeki Biyolojik Etkileri. S.D.Ü. Tıp Fak. Derg. 13(1): 38-41, 2006.

2. Daşdağ S., Elektromanyetik kirlilik ve sağlık (Sorular ve Cevaplar).Dicle Üniversitesi yayınları, 2015.

3. Daşdağ S., Dalga dalga geliyorlar! Ve siz farkında değilsiniz. Hayy Kitap İstanbul 2011.

4.Alkış E. Cep telefonlarından yayınlanan farklı frekanslı radyo frekans radyasyonun ratların beyin dokusundaki DNA hasarı, bazı oksidan ve antioksidan enzimler üzerindeki etkilerinin araştırılması adlı tez; 2017.

5. Hardell L. and Carlberg M., Mobile Phones, Cordless Phones and the Risk for Brain Tumours, Int J Oncol 35: 5-17, 2009.

6. Hardell L,Carlberg M. and Hansson Mild K. Pooled Analysis of Two Case-control Studies on the Use of Cellular and Cordless Telephones and the Risk of Benign Brain Tumours Diagnosed During 1997-2003, Int J Oncol 28: 509-518, 2006.

7. Kesari KK, Kumar S, Behari J., 900-MHz Microwave Radiation Promotes Oxidation in Rat Brain, Electromagnetic Biology and Medicine, 30(4): 219–234, 2011.

8. Daşdağ S, Akdağ M.Z, Aksen F, et al., Does 900 MHz GSM Mobile Phone Exposure Affect Rat Brain? Electromagn Biol Med; 23: 201-14, 2004

9. Henry Lai. Bioinitiative Report. Radiofrequency Radiation (RFR) and DNA Damage. BioInitiative Working Group USA, Santa Barbara, Section 6; CA, pp. 1–14, www.bioinitiative.org,2012.

10.IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Non-ionizing Radiation, Part II: Radiofrequency Electromagnetic Fields, Lyon: International Agency for Research on Cancer, 2011.

11. G. Speit, P. Schultz, and H. Hoffmann, ‘‘Genotoxic effects of exposure to radiofrequency electromagnetic fields (RF-EMF) in cultured mammalian cells are not independently reproducible,’’ Mutation Res., vol. 626, pp. 42–47, 2007.

12. IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Non-ionizing Radiation, Part II: Radiofrequency Electromagnetic Fields, İstanbul: International Agency for Research on Cancer, 2004.

13. E. Diem, C. Schwarz, F. Adlkofer, O. Jahn, and H. Ru¨diger, ‘‘Non-thermal DNA breakage by mobile-phone radiation (1800 MHz) in human fibroblasts and in transformed GFSH-R17 rat granulosa cells in vitro,’’ Mutation Res., vol. 583, pp. 178–183, 2005.

14. M. B. Zhang, J. L. He, L. F. Jin, and D. Q. Lu, ‘‘Study of low-intensity 2450-MHz microwave exposure enhancing the genotoxic effects of mitomycin C using micronucleus test and comet assay in vitro,’’ Biomed. Environ. Sci., vol. 15, pp. 283–290, 2002.

15.Phillips J.L, N.P Singh, H Lai. Electromagnetic Fields and DNA Damage. Pathophysiology;16:79-88,2009.

16.H. Lai, N.P Singh. Magnetic –fields- induced DNA strand breaks in brain cells of the rat, Environ. Health Perspect.112;687-694,2004.

17. Şeker S ve Çerezci O.Elektromanyetik dalga özellikleri. Çevremizdeki radyasyon ve korunma yöntemleri:22-23 1997.

18. Kalkan H., Aslantürk A., Elektromanyetik Spektrum- The Elektromanyetic Spectrum, NASA http://science.hq.nasa.gov/kids/imagers/ems/index.html’den çeviri, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Gözlem Evi http://gozlemevi.omu.edu.tr/depo/ elektromanyetik_spektrum.pdf, 2012.

19. Mohr Peter J., Taylor Barry N., Newell David B., CODATA Recommended Values of the Fundamental Physical Constants: Rev. Mod. Phys., 80 (2): 633–730,2006.

20.Magnetic Fields, Geneva, World Health Organization, (Environmental Health Criteria 69),1987.

21. Giancoli DC., Elements of Physics, New Jersey, Prentice Hall Inc, 1985.

22. http://www.zamandayolculuk.com/html-3/em_spektrum.htm.(Erişim zamanı03. 06.2017).

23.Verschaeve L. , Maes A., Genetic, Cacinogenic and Teratogenetic Effects of Radio Frequency Fields, Mutation Research 410:141- 65,1998.

24. Pehlivan F. Biyofizik Kitabı, 5. Baskı. Radyasyon Biofiziği. sayfa 343-344,2011.

25. Definition of Radio Frequency, Merriam-Webster. Encyclopædia Britannica. n.d. Retrieved 6, August 2015.

26.Challis L.J., Mechanism for Interaction between RF Fields and Biological Tissue, Bioelectromagnetics Supplement, 7: 98-106,2005

27. Özen S. Mikrodalga Frekanslı EM Radyasyona Maruz Kalan Biyolojik Dokularda Oluşan Isıl Etkinin Teorik ve Deneysel İncelenmesi, Doktora Tezi, Sakarya Üniveristesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 2003.

28. Limits of Human Exposure to Radiofrequency Electromagnetic Fields in the Frequency Range from 3 kHz to 300 GHz, Canada Safety Code 6,page 62.

29. Matthes R., Non-Ionizing Radiation, Austria, ICNIRP–1/96, 1996.

30. Keller F.J., Gettys W.E., Skove M.J., Physics, New York, McGraw-Hill Inc, 1995.

31. Firengiz A., Kavas A., Cep Telefonlarından Yayınlanan Elektromagnetik Radyasyon Ölçümleri ve Maruz Kalma Standartlarının Değerlendirilmesi. İletişim Teknolojileri Ulusal Sempozyumu, ITUSEM, Adana, pp-65-70. 17-19 Kasım 2005.

32. Atakan Y. Cep Telefonlarından Yayılan Elektromanyetik Dalgalar Vücudumuzu Nasıl Etkiliyor, Bilim ve Teknik, 58-61,Mart, 2010.

33. Doğan H., Cep Telefonlarının Faydaları ile Zararları, KTMMOB, Elektrik Mühendisleri Odası Semineri, Ankara, 23 Kasım 2001.

34. Doğan H. Cep Telefonlarının Faydaları ile Zararları, KTMMOB, Elektrik Mühendisleri Odası Semineri, Ankara, 23 Kasım 2001.

35. Lai H., Neurological Effects of Radiofrequency Electromagnetic Radiation. Paper Presented to the Workshop on Possible Biological and Health Effects of RF Electromagnetic Fields, Project Team: Mobil Phone and Health, Symposium, October,25–28, University of Vienna, Austria;1998.

36. Şeker S., Çerezci O., Radyasyon Kuşatması, Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul, 2000.

37. Özgüner F., Mollaoğu H., Manyetik Alanın Organizma Üzerindeki Biyolojik Etkileri. S.D.Ü. Tıp Fak. Derg. 13(1): 38-41,2006.

38. http://sarvalues.com (Erişim tarihi: 01 Haziran 2017).

39. Eşmekaya MA., RadyoFrekans Radyasyonun Tiroid Bezi Fonksiyonlarına Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2009.

40. Aslan A. Elektromanyetik Alanın Kırık İyileşmesine Etkisi Ratlarda Deneysel Çalışma, Tıpta Uzmanlık Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Tıp Fakültesi, 2008.

41. Woodward J. R., Timmel C. R., McLaughlan K. A., et al., Radio frequency Magnetic Field Effects on Electron-Hole Recombination. Physical Review Letters; 87: 077602 1–4, 2001.

42. Challis, L. J., Mechanism for Interaction between RF Fields and Biological Tissue, Bioelectromagnetics Supplement; 7: 98-106, 2005.

43. Hücre ve Moleküler Biyoloji. Richard A.Harvey. Sayfa 69-71Nobel tıp kitabevleri, 2012.

44. Bowden RD1, Buckwalter MR, McBride JF, Johnson DA, Murray BK, O'Neill KLMutat Res 9;537(1):1-9. Tail profile: a more accurate system for analyzing DNA damage using the Comet assay, May,2003.

45. http://www.cometassayindia.org/definitions.html (Erişim Tarihi: 02.06.2017).
46. Singh NP., McCoy MT., Tice RR., Schneider EL., A Simple Technique for Quantization of Low Levels of DNA Damage in İndividual Cells. Experimental Cell Research 175:184 – 191,1988.

47. Çam S.T., Seyhan N., Single-strand DNA Breaks in Human Hair Root Cells Exposed to Mobile Phone Radiation. Int. J. Radiat. Biol. 88, 420–424, 2012.

48. Marı´n-Huachaca N., Delince´e H., Mancini-Filho J., Villavicencio A.L.C.H., Use of the DNA Comet Assay to Detect Beef Meat Treated by İonizing Radiation, Meat Sci., 71, 446–450,2005.

49. Erel Y., Yazici N.,Özvatan S., et al., Detection of İrradiated Quail Meat by Using DNA Comet Assay and Evaluation of Comets by İmage Analysis, Radiation Physics and Chemistry 78, 776–781,2009

50. http://www.dicle.edu.tr/Contents/5b682db4-a2bf-456e-ad8b-8b8eb31572c6.pdf

51.Türkderm 2014; 48: Özel Sayı 1: 2-5 Çiler Çelik Özenci Mini karmaşık organ: Kıl folikülü

52. http://www.cilginbiyologlar.com/photogallery.php. photo_id=269 /Histoloji atlası.(Erişim tarihi: 12.7.2017)

53.https://www.slideshare.net/prennievidiera/skin-histology-44668801.(Erişim tarihi:16.07.2017)

54. Singh NP. 1996. Microgel electrophoresis of DNA from individual cells: Principles and methodology. In: Pfeifer J, editor. Technology for detection of DNA damage and mutation. New York: Plenum Press. pp 3 – 24).

55.G. Haines, B. Marples, P. Daniel, I. Morris, DNA damage in human and Mouse spermatozoa after in vitro-irradiation assessed by the comet assay, Adv. Exp. Med. Biol. 444 (1998) 789–791.

56.N.P. Singh, R.E. Stephens, X-ray induced DNA double-strand breaks in human sperm, Mutagenesis 13,75–79,1998.

57.Sarıozkan S, Canturk F, Yay A, Akcay A. The effect of different storage temperature on sperm parameters and DNA damage in liquid stored new zealand rabbit spermatozoa, Kafkas Univ. Vet. Fak. Derg. 18,475–480,2012.

58. Verit FF, Verit AA, Kocyigit A, Ciftci H, Celik H, Koksal M, No increase in sperm DNA damage and seminal oxidative stress in patients with idiopathic infertility, Arch. Gynecol. Obstet. 274; 339–344,2006.

59. K Makker et al. Cell phones: modern man's nemesis? Review: RBM Online. Volum 18 No 1.148-157.2008.

60. Cardis E,Deltour I,Mann S et all. Distribution of RF energy emitted by mobile phones in anatomical structures of brain. Phys Med Biol, 53: 2771-2783;2008.

61. Şahin D., Özgür E., Güler G., Tomruk A., et al., The 2100 MHz Radiofrequency Radiation of a 3G-mobile Phone and the DNA Oxidative Damage in Brain, J. Chem. Neuroanat,1378 No. of Pages 5, 2016.

62. Junji Miyakoshi. Cellular and Molecular Responses to Radio-Frequency Electromagnetic Fields. The human exposure to nonionized EMF in connection with WPT applications is examined in this paper, highlighting various biological and biomedical aspects in connection with DNA, mutation, cell, and gene. Proceedings of the IEEE; Vol. 101, No. 6, June 2013.

63. N. Wertheimer and E. Leeper, ''Electrical wiring configurations and childhood cancer,'' Amer. J. Epidemiol., vol. 109, pp. 273–284, 1979.

64. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, ''Guidelines for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields (1 Hz–100 kHz),'' Health Phys., vol. 99, pp. 818–836, [Online]. Available: http://www.icnirp.de/documents/ LFgdl.pdf. 2010.

65. Kesari KK., Siddiqui MH., Ramovatar M., et al., Cell phone Radiation Exposure on Brain and Associated Biological Systems. Indian J Exp Biol March, 51: 187–200. 89,2013.

66. http://www.oksante.com.tr/oksantest.pdf (Erişim tarihi: 27.05.2017).

67. J.L. Phillipsa, N.P. Singhb, H. Laib. Electromagnetic fields and DNA damage. Pathophysiology 16 79–88,2009.

68. E Diem. C. Schwarz, F.Adlkof, O.Jahn, H.Rudiger. Mutat. Reses, 583, 178-183,2005.

69. Liu C, Duan W, Xu S, Chen C, He M, Zhang L, Yu Z, Zhou Z. Exposure to 1800 MHz Radiofrequency electromanyetic radiation induces oxidative DNA base damage in a Mouse spermatocyte-derived cell line. Toxicol Lett.27;218(1):2-9,2013.

70. Dasdag S, Taş M, Akdag MZ, and Yegin K. Effect of long-term exposure of 2.4GHz radiofrequency radiation emitted from Wi-Fi equipment on testes functions. Electromagn Biol Med, 34(1): 37–42,2015.

71. Dasdag S, Akdag MZ, Erdal ME, Erdal N, Ay I, AyME ,Yilmaz SG , Tasdelen B &Yegin K. Effects of 2. 4 GHz radiofrequency radiation emitted from Wi-Fi equipment on microRNA expression in brain tissue. International Journal of Radiation Biology,91(7): 555–561,2015.

72. S. Dasdag, M.Z. Akdag. Journal of Chemical Neuroanatomy. The link between radiofrequencies emitted from wireless Technologies and oxidative stress, 75, 85–93,2016.

73. Gursatej Gandhi, Gurpreet Kaur, and Uzma Nisar. A cross-sectional case control study on genetic damage in individuals residing in the vicinity of a mobile phone base stationElectromagn Biol Med, Early Online: 1–11,2015.

74. V.Garaj-Vrhovac, M.Skara, B.Dimitrovic. Xrays, microwavesand winyl chloride monomer: their clastogenetic and aneugenic activity, using the micronucleus assay on humanlymphocytes, Mutat. Res.282, 265-271,1992.

75. Gandhi and Prabhjot Singh. Int J Hum Genet. Cytogenetic Damage in Mobile Phone Users: Preliminary Data Gursatej5(4): 259-265, 2005.

76. O. Zeni, A.Schiavoni, A.Perrotta, D.Forigo, M.Deplano, and M.R. Scarf Evaluation of Genotoxic EffectsinHuman Leukocytes after InVitro Exposure to 1950MHz UMTS Radiofrequency Field. Bioelectromagnetics29:177-184, 2008.

77. Luc Verschave. Genetik Damage in Subjects exposed to radiofrequency radiation. Mutation Research 681.;259-270,2009.

78. Sun Lixia, Wang Kaujin, Lu Deqiang, Hu Huajon, Gao Xiangwei, WangBaohong, ZhengWei, Lou Jianling, Wu Wei. Mutation Research. Effects of 1.8 GHz radiofrequency field on DNA damage and expression of heat schock protein 70 in human lens epithelial lens cells. 602,135-142,2006.

79. Kesari K.K., Meena R., Nirala J., et al., Effect of 3G Cell Phone Exposure with Computer Controlled 2-D Stepper Motor on Non-thermal Activation of the hsp27/p38MAPK Stress Pathway in Rat Brain. Cell Biochem. Biophys. 68, 347–358,2014.

80. Yao K., Wu W., Wang K., et al., Electromagnetic Noise İnhibits Radiofrequency Radiation-induced DNA Damage and Reactive Oxygen Species İncrease in Human Lens Epithelial Cells, Mol. Vis. 14, 964–969, 2008.

81. Esmekaya MA, Aytekin E, Ozgur E, Güler G, Ergun MA, Ömeroğlu S, Seyhan N. Mutagenic ve Morphologic impacts of 1.8 GHz radiofrequency radiation on human peripheral blood lymphocytes(hPBLs) and possible protective role of pre-treatment with Ginkgo biloba(EGb71)..Science of Total Environment;410-411,59-64,2011.

82. Deshmuck P.S., Megha K., Banerjee B.D., et al., Detection of Low Level Microwave Radiation Induced Deoxyribonucleic Acid Damage Vis‑a‑vis Genotoxicity in Brain of Fischer Rats, Toxicology International Vol-20 / Issue-1,2013.

83. Nikolova T., Czyz J., Rolletschek A., Blyszczuk P., et al., Electromagnetic Fields Affect Transcript Levels of Apoptosis-related Genes in Embryonic Stem Cell-Derived Neural Progenitor Cells, FASEB J. 19, 1686–1688, 2005.

84. Ongel K., Gumral N., Ozguner F. The Potential Effects of Electromagnetic Field: A Review, Cell Membranes And Free Radical Research,Volume 1 – Number 3-1, 85-89,2009.

85. Güler G.,Özgür E., Keleş H., et al., The Neurodegenerative Changes and Apoptosis İnduced by İntrauterine and Extrauterine Exposure of Radiofrequency Radiation, J. Chem. Neuroanat. CHENEU-1345; No. of Pages 6,2015.

86. Çam S.T., Seyhan N., Single-strand DNA Breaks in Human Hair Root Cells Exposed to Mobile Phone Radiation. Int. J. Radiat. Biol. 88, 420–424, 2012.

87. Dieme E., Schwarz C., Aldkofer F., et al., Non-thermal DNA Breakage by Mobile-Phone Radiation (1800 MHz) in Human Fibroblasts and in Transformed GFSH-R17 Rat Granulosa Cells in Vitro, Mutat Res. 6;583(2):178-83,2005.

88. Paulraj R., Behari J., Single Strand DNA Breaks in Rat Brain Cells Exposed to Microwave Radiation. Mutat Res, 11; 596(1-2):76-80,2006.

89. Stronati L., Testa A., Moquet J., et al., 935 MHz Cellular Phone Radiation: An in Vitro Study of Genotoxicity in Human Lymphocytes. International Journal of Radiation Biology 82.339 – 346, 2006.

90. Scarfi MR., Fresegna AM., Villani P., et al., Exposure to Radiofrequency Radiation (900 MHz, GSM signal) Does not Affect Micronucleus Frequency and Cell Proliferation in Human Peripheral Blood Lymphocytes: An interlaboratory study. Radiation Research 165:655 – 663, 2006.

91. Zeni O., Chiavoni A.S., Sannino A., Antolini A., Forigo D., Bersani F., Scarfi MR., Lack of Genotoxic Effects (micronucleus induction) in Human Lymphocytes Exposed in Vitro to 900 MHz Electromagnetic Fields. Radiation Research 160:152 – 158, 2003.

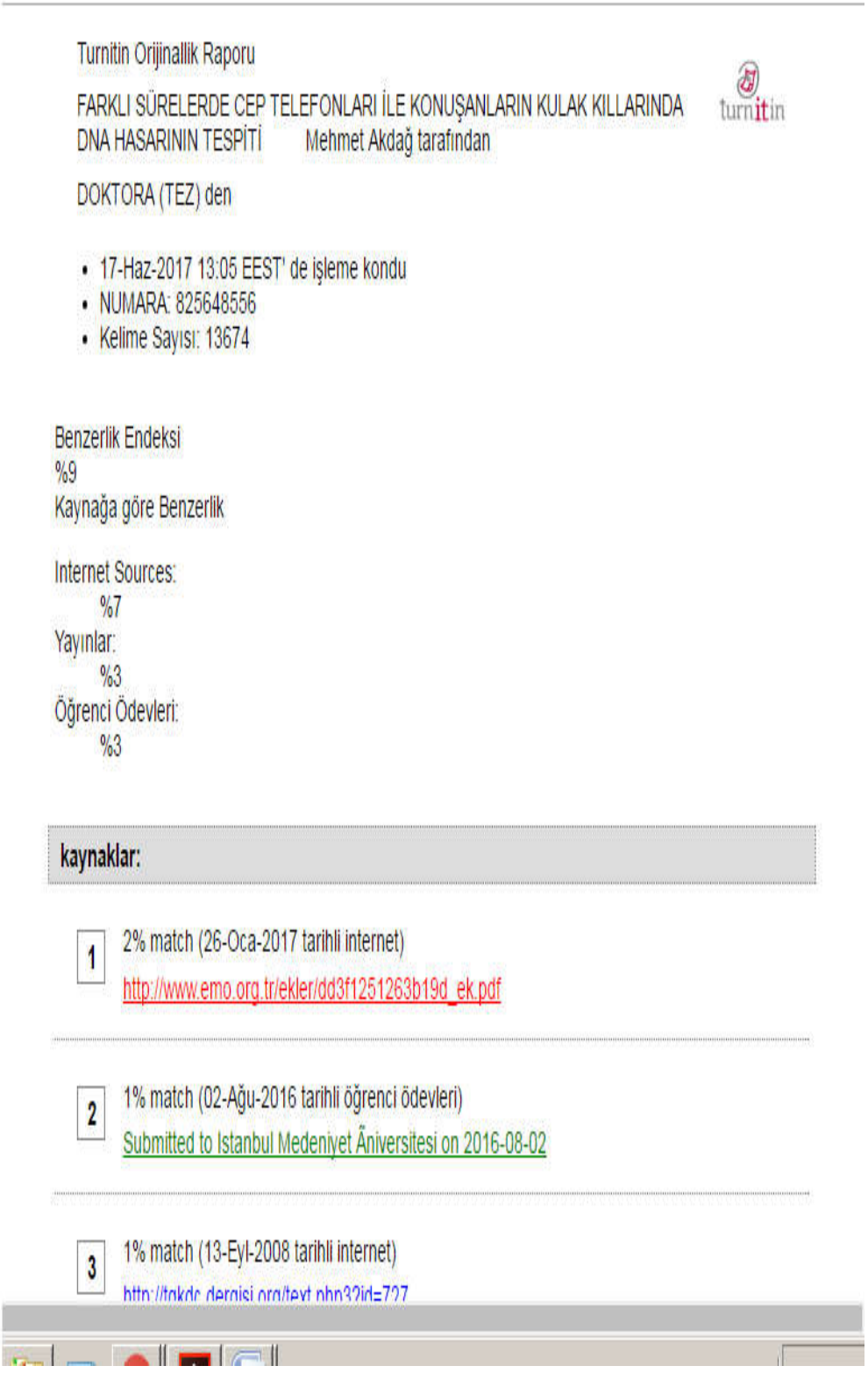
92. Verschaeve L., Heikkinen P., Verheyen G., et al., Investigation of Co-genotoxic Effects of Radiofrequency Electromagnetic Fields In Vivo. Radiat. Res. 165, 598-607, 2006.

93. Takahashi S., Inaguma S., Cho Y-M., et al., Lack of Mutation Induction with Exposure to 1.5 GHz Electromagnetic Near Fields Used for Cellular Phones in Brains of Big Blue Mice. Cancer Res 62: 1956-1960, 2002.

94. Akdağ M.Z., Daşdağ S., Cantürk F., et al., Does Prolonged Radiofrequency Radiation Emitted from Wi-Fi Devices İnduce DNA Damage in Various Tissues of Rats?, Journal of Chemical Neuroanatomy 75 116–122,2016.

95. Trosic I. Pavicic I., Milkovic-Kraus S., et al., Effect of Electromagnetic Radiofrequency Radiation on the Rats' Brain, Liver and Kidney Cells Measured by Comet Assay Coll. Antropol, 35,4: 1259–1264,2011.

5. EKLER



Turnitin Orijinallik Raporu

FARKLI SÜRELERDE CEP TELEFONLARI İLE KONUŞANLARIN KULAK KILLARINDA DNA HASARININ TESPİTİ Mehmet Akdağ tarafından

DOKTORA (TEZ) den

- 17-Haz-2017 13:05 EEST' de işleme kondu
- NUMARA: 825648556
- Kelime Sayısı: 13674

Benzerlik Endeksi
%9
Kaynağa göre Benzerlik

Internet Sources:
%7
Yayınlar:
%3
Öğrenci Ödevleri:
%3

kaynaklar:

1 2% match (26-Oca-2017 tarihli internet)
http://www.emo.org.tr/ekler/dd3f1251263b19d_ek.pdf

2 1% match (02-Ağu-2016 tarihli öğrenci ödevleri)
Submitted to Istanbul Medeniyet Üniversitesi on 2016-08-02

3 1% match (13-Eyl-2008 tarihli internet)
http://tpkdc.dergisi.org/text.php3?id=727

SAYI: Tarih: 22.03.2016

KONU: Etik Kurulu Kararı

ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI	Radyofrekans Radyasyonlara Maruz Kalan Cep Telefonu Kullanıcılarının Kulak Kılı ve Kulak Kirinde DNA Hasarı ve İçeriğinin Araştırılması
VARSA ARAŞTIRMANIN PROTOKOL KODU	

KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU	
ETİK KURULUN ÇALIŞMA ESASI	İlaç ve Biyolojik Ürünlerin Klinik Araştırmaları Hakkında Yönetmelik, İyi Klinik Uygulamaları Kılavuzu
BAŞKANIN UNVANI / ADI / SOYADI:	

Unvanı/Adı/Soyadı	Uzmanlık Alanı	Kurumu	Cinsiyet		Araştırma ile ilişki		Katılım *		İmza
Doç. Dr. Fatih Yağmur	Adli Tıp Anabilim Dalı	S.B. İstanbul Medeniyet Üniversitesi Göztepe Eğitim ve Araştırma Hastanesi	E ☒	K ☐	E ☐	H ☒	E ☒	H ☐	
Prof. Dr. Aytekin OĞUZ	İç Hastalıkları Anabilim Dalı	S.B. İstanbul Medeniyet Üniversitesi Göztepe Eğitim ve Araştırma Hastanesi	E ☒	K ☐	E ☐	H ☒	E ☐	H ☒	
Prof. Dr. Zafer ÇETİNKAYA	Tıbbi Mikrobiyoloji	S.B. İstanbul Medeniyet Üniversitesi Göztepe Eğitim ve Araştırma Hastanesi	E ☒	K ☐	E ☐	H ☒	E ☒	H ☐	
Prof. Dr. Işıl MARAL	Halk Sağlığı Anabilim Dalı	S.B. İstanbul Medeniyet Üniversitesi Göztepe Eğitim ve Araştırma Hastanesi	E ☐	K ☒	E ☐	H ☒	E ☒	H ☐	
Doç. Dr. Asiye KANBAY	Göğüs Hastalıkları Anabilim Dalı	S.B. İstanbul Medeniyet Üniversitesi Göztepe Eğitim ve Araştırma Hastanesi	E ☐	K ☒	E ☐	H ☒	E ☒	H ☐	
Doç. Dr. Derya Büyükkayhan	Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı	S.B. İstanbul Medeniyet Üniversitesi Göztepe Eğitim ve Araştırma Hastanesi	E ☐	K ☒	E ☐	H ☒	E ☒	H ☐	
Doç. Dr. Seda ARTIŞ	Temel Tıp Bilimleri Fizyoloji Anabilim Dalı	S.B. İstanbul Medeniyet Üniversitesi Göztepe Eğitim ve Araştırma Hastanesi	E ☐	K ☒	E ☐	H ☒	E ☒	H ☐	
Doç. Dr. Şükrü Sadık ÖNER	Tıbbi Farmakoloji	S.B. İstanbul Medeniyet Üniversitesi Göztepe Eğitim ve Araştırma Hastanesi	E ☒	K ☐	E ☐	H ☒	E ☒	H ☐	
Yrd. Doç.Dr. Sıdıka Şeyma ÖZKANLI	Tıbbi Patoloji	S.B. İstanbul Medeniyet Üniversitesi Göztepe Eğitim ve Araştırma Hastanesi	E ☐	K ☒	E ☐	H ☒	E ☒	H ☐	
Avukat Mahmut ÇELİK	Avukat	Çelik Gönen Hukuk Bürosu	E ☒	K ☐	E ☐	H ☒	E ☐	H ☐	
Saliha Şahin	İşçi		E ☐	K ☒	E ☐	H ☒	E ☒	H ☐	

*:Toplantıda Bulunma

Karar: ☒ Onaylandı ☐ Reddedildi

Etik Kurul Başkanı
Unvanı/Adı/Soyadı: Doç. Dr. Fatih Yağmur
İmza:

KARAR FORMU

SAYI: Tarih: 22.03.2016

KONU: Etik Kurulu Kararı

ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI	Radyofrekans Radyasyonlara Maruz Kalan Cep Telefonu Kullanıcılarının Kulak Kılı ve Kulak Kirinde DNA Hasarı ve İçeriğinin Araştırılması
VARSA ARAŞTIRMANIN PROTOKOL KODU	

KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU	
ETİK KURULUN ÇALIŞMA ESASI	İlaç ve Biyolojik Ürünlerin Klinik Araştırmaları Hakkında Yönetmelik, İyi Klinik Uygulamaları Kılavuzu
BAŞKANIN UNVANI / ADI / SOYADI:	

Unvanı/Adı/Soyadı	Uzmanlık Alanı	Kurumu	Cinsiyet		Araştırma ile ilişki		Katılım *		İmza
Doç. Dr. Fatih Yağmur	Adli Tıp Anabilim Dalı	S.B. İstanbul Medeniyet Üniversitesi Göztepe Eğitim ve Araştırma Hastanesi	E ☒	K ☐	E ☐	H ☒	E ☒	H ☐	
Prof. Dr. Aytekin OĞUZ	İç Hastalıkları Anabilim Dalı	S.B. İstanbul Medeniyet Üniversitesi Göztepe Eğitim ve Araştırma Hastanesi	E ☒	K ☐	E ☐	H ☒	E ☐	H ☒	
Prof. Dr. Zafer ÇETİNKAYA	Tıbbi Mikrobiyoloji	S.B. İstanbul Medeniyet Üniversitesi Göztepe Eğitim ve Araştırma Hastanesi	E ☒	K ☐	E ☐	H ☒	E ☒	H ☐	
Prof. Dr. Işıl MARAL	Halk Sağlığı Anabilim Dalı	S.B. İstanbul Medeniyet Üniversitesi Göztepe Eğitim ve Araştırma Hastanesi	E ☐	K ☒	E ☐	H ☒	E ☒	H ☐	
Doç. Dr. Asiye KANBAY	Göğüs Hastalıkları Anabilim Dalı	S.B. İstanbul Medeniyet Üniversitesi Göztepe Eğitim ve Araştırma Hastanesi	E ☐	K ☒	E ☐	H ☒	E ☒	H ☐	
Doç. Dr. Derya Büyükkayhan	Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı	S.B. İstanbul Medeniyet Üniversitesi Göztepe Eğitim ve Araştırma Hastanesi	E ☐	K ☒	E ☐	H ☒	E ☒	H ☐	
Doç. Dr. Seda ARTIŞ	Temel Tıp Bilimleri Fizyoloji Anabilim Dalı	S.B. İstanbul Medeniyet Üniversitesi Göztepe Eğitim ve Araştırma Hastanesi	E ☐	K ☒	E ☐	H ☒	E ☒	H ☐	
Doç. Dr. Şükrü Sadık ÖNER	Tıbbi Farmakoloji	S.B. İstanbul Medeniyet Üniversitesi Göztepe Eğitim ve Araştırma Hastanesi	E ☒	K ☐	E ☐	H ☒	E ☒	H ☐	
Yrd. Doç.Dr. Sıdıka Şeyma ÖZKANLI	Tıbbi Patoloji	S.B. İstanbul Medeniyet Üniversitesi Göztepe Eğitim ve Araştırma Hastanesi	E ☐	K ☒	E ☐	H ☒	E ☒	H ☐	
Avukat Mahmut ÇELİK	Avukat	Çelik Gönen Hukuk Bürosu	E ☒	K ☐	E ☐	H ☒	E ☐	H ☐	
Saliha Şahin	İşçi		E ☐	K ☒	E ☐	H ☒	E ☒	H ☐	

*:Toplantıda Bulunma

Karar: ☒ Onaylandı ☐ Reddedildi

6.ÖZGEÇMİŞ

1967 yılında Diyarbakır Dicle de doğdum. İlkokul, ortaokul ve liseyi Diyarbakırda okudum.1987-1993 yılları arasında Diyarbakır Dicle Üniversitesi Tıp Fakültesinde okudum. Kulak Burun Boğaz ihtisasımı 1994-1998 yılları arasında Cumhuriyet Üniversitesi Tıp Fakültesi Kulak Burun Boğaz Anabilim Dalında tamamladım. 2013 yılında Doktora öğrenimime Dicle Üniversitesi Tıp Fakültesi Biyofizik Anabilim Dalında başladım ve doktora eğitimim devam etmektedir. 1998-2012 yılları arasında uzman olarak çalıştım. 2012 Mayıs ayından itibaren Dicle Üniversitesi Tıp Fakültesi KBB anabilimde öğretim üyesi olarak çalışmaktayım. 2015 yılı Nisan ayında Kulak Burun Boğaz doçentlik ünvanını aldım ve halen üniversitede hizmet vermeye devam etmekteyim. Evli 3 çocuk babasıyım.