

# Kablosuz ağ ve testisler

Mustafa Saygın, Sadettin Çalışkan, Halis Köylü.

Süleyman Demirel Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Fizyoloji AD, Isparta.

## Özet

Günümüzde teknolojik gelişmelerin geldiği bu noktada, iletişim araçları çeşitli ve yaygın kullanım alanlarına sahip olarak günlük yaşantımıza çeşitli kolaylıklar getirmiştir. Son yıllarda iletişim çağının inanılmaz bir hızla gelişimine paralel olarak yaşantımıza giren elektronik cihazlar; telsiz, cep telefonu, internet ağları gibi teknoloji ürünleridir. Yaşantımıza kolaylıklar sağlarken birtakım olumsuzlukları da beraberinde getirmişlerdir. Bu etkiler, çoğu kişi tarafından önemsenmeyen ve etkisini uzun zaman sonunda gösteren elektromanyetik alanın (EMA) zararlarıdır. Kablosuz yerel alan ağları (WLAN, Wireless Local Area Networks), iki yönlü geniş bant veri iletişimi sağlayan, iletim ortamı olarak fiber optik veya bakır kablo yerine telsiz frekansı (RF, Radio Frequency) veya kızılötesi ışınları kullanan ve salon bina veya kampüs gibi sınırlı bir alanda çalışan iletişim ağlarıdır. Kablosuz ağların testis dokusu ile ilişkisini incelememizde; testis dokusunun sperm üretiminin gerçekleştiği doku olması ve bu dokuda oluşabilecek olası tahribatın üreme sistemini etkileyeceği, testis dokusunun gerek iyonize gerekse noniyonize radyasyona duyarlı organ olması ve kullanıcıların dizüstü bilgisayarlarda kablosuz ağlar aracılığı ile internet bağlantısını kullanması büyük bir rol oynamıştır. Manyetik alanın etkilerinden biri olan ısı artışının testis dokusunda histopatolojik değişiklikler meydana getirmesidir.

**Anahtar Kelimeler:** Testis, manyetik alan, kablosuz ağ, Wi-Fi, Spermatogenez.

## Abstract

### Wireless network and testis

Today, by the help of technological advances; the widespread usage of communication tools in different areas at our daily life has made several facilities. In recent years the rapid development of communication, as well as an incredible era of our life; putting in electronic devices, radios, cell phones, internet networks, such as technology products. Besides providing convenience to our lives, some disadvantages have been produced. These affects are not considered important and shown in most people by the end of a long time because of the effect of electromagnetic field (EMA). Wireless local area networks (WLAN, Wireless Local Area Networks) are two-way broadband data communications allowing the transmission media by radio frequency (RF, Radio Frequency) or an infrared beam instead of fiber optic or copper wire in the limited working places such as building or campus.

When we examined carefully the relation between wireless Networks and testicular tissue in our study; we realized that testicular tissue is essential for sperm production and the potential damages in this tissue affects the reproductive system, ionize and nonionize radiation that laptop users are influenced has a large role on this subject. The most important effect of magnetic field is histopathological changes by the temperature.

**Key words:** Testis, Elektromagnetic Field, Wi-fi, Wireless Networks, Spermatogenesis.

## Giriş

Günümüzde elektromanyetik alan oluşturan kaynaklar arasında radarlar, mobil telefonlar, radyo ve televizyon vericileri, tıbbi ve endüstriyel uygulamalarda kullanılan çeşitli aletler, yüksek gerilim hatları, mikrodalga fırınlar, elektrikli ev aletleri bulunmaktadır. Radyasyon, madde içine nüfuz edip cismi oluşturan atom ya da moleküllerden elektron koparabilme yeteneklerine göre iyonlaştırıcı ve iyonlaştırıcı

**Yazışma Adresi:** Arş. Gör. Mustafa Saygın  
Süleyman Demirel Üniversitesi Tıp Fakültesi, Fizyoloji Anabilim  
Dalı, Morfoloji Binası, Çüntür, 32260 Isparta/Türkiye.  
Tel:+90 246 2113611  
Fax:+90 246 2371165  
**E-mail:** msaygin@med.sdu.edu.tr

Müracaat tarihi: 29.03.2011  
Kabul tarihi: 12.01.2010

olmayan radyasyon şeklinde sınıflanabilir (1). Elektromanyetik alan kaynakları arasında, kablosuz ağlardan yayılan radyofrekans dalgaları giderek artan ölçüde geniş kitleleri etkilemektedir. Kablosuz ağlar ve testis dokusu ile ilişkinin değerlendirilmesinin amacı; testisin erkek üreme fonksiyonlarının gerçekleştiği primer doku olması, sperm üretiminin bu dokuda gerçekleştirilmesi, bu dokuda oluşabilecek olası tahribatın üreme sistemini etkileyebilecek olmasıdır. Testis dokusunun gerek iyonize gerekse noniyonize radyasyona duyarlı organ olması ve kullanıcıların dizüstü bilgisayarlarda kablosuz ağlar (2.45 GHz Wi-Fi) aracılığı ile internet bağlantısını kullanması da konunun önemini artırmaktadır. Testislerde ısı artışı, spermatogoniumların yakınında bulunan seminifer tübül hücrelerinin çoğunda dejenarasyona yol açarak spermatogenezi engelleyebilir. Çoğu kez, testislerin skrotumda asılı durmasının vücut ısısına göre 2 °C daha düşük ısıda kalmaları bakımından yararlı olduğu söylenmektedir. Soğuk günlerde, skrotum kası refleks olarak kasılarak testisleri yukarı doğru çeker, testislerin vücuda yaklaştırılması ile 2 °C'lik farkın sürekliliği sağlanabilir. Bu şekilde, skrotum teorik olarak, testislere özgül soğutma mekanizması (ancak, kontrollü soğutma) olarak görev yapar. Bu nedenle, spermatogenezin sıcak havalarda yetersiz olabileceği belirtilmektedir (2,3). Günümüzde bu dalgaların insan sağlığı üzerine zararlı etkilerinin olduğunu bildiren çalışmalar göz önüne alındığında, bu konunun önemli bir sağlık problemi haline gelebileceği görülmektedir. Kablosuz ağ kullanımının insan sağlığına ne tür zararlarının olduğu bilimsel verilerle her yönden kanıtlanabilmesiyle bu teknolojik kolaylığın, geniş kitleler üzerinde infertilite de dâhil olmak üzere, ne gibi etkileri olduğu anlaşılacak ve bu teknolojik kolaylığın olumsuz etkilerini en aza indirmenin yolları tespit edilebilecektir. Bu konuda yapılan araştırmalar; manyetik alanın organizma üzerindeki biyolojik etkileri, bu frekansın testis dokusunda meydana getirdiği histopatolojik değişiklikler, testiküler fonksiyon ve fertilite arasındaki ilişkiler, hormonlar ve teratojenik etkiler olmak üzere bölümlere ayrılarak incelenmiştir. **Manyetik alanın organizma üzerindeki biyolojik etkileri** Wireless cihazlarının yaydığı radyofrekans dalgaları hücresel ve moleküler düzeyde birçok zararlı etkiye neden olmaktadır. Lai ve arkadaşları (4) radyofrekans dalgalarına maruz kalmanın rat beyin hücrelerinde DNA kırıkları oluşturduğunu bildirirken, buna paralel olarak Robison ve arkadaşları da (5) HL-60 ve HL-60R soylarında elektromanyetik alanın etkisi ile DNA

tamir oranında azalmanın olduğunu belirtmektedirler. Manyetik alanlar gibi elektriğin de transkripsiyonu stimüle ettiği (6,7) ve hem manyetik alan hem de elektrik alanlarının DNA ile direkt olarak etkileşime girdiği bildirilmiştir. Maes ve arkadaşları (8) insan periferik kan lenfositleri ile yaptıkları bir çalışmada 2450 MHz radyofrekans dalgalarının, mikronukleusların oluşumunda ve kromozom hatalarının sıklığında belirgin bir artışa neden olduğunu belirtmişlerdir. Manyetik alanlar, DNA üzerindeki etkilerinin dışında organel, hücre ve organ düzeyinde de birçok zararlı etkilere neden olmaktadır. Somosy (9) radyasyonun birçok hücre organelini olumsuz yönde etkilediğini belirtmektedir. Allis ve Sinha-Robinson (10) insan eritrositleri ile yapmış oldukları bir deneyde 2450 MHz mikrodalga radyasyonunun  $Na^+/K^+$  ATPaz aktivitesini inhibe ettiğini göstermişlerdir.

#### **Testislerde histopatolojik değişiklikler**

2.45 GHz (CW) mikrodalga ile ratın skrotal bölgesinin ısıtılması 36, 38, 40 ve 42 °C'lik sıcak su immersiyonu ile karşılaştırıldığında her bir sıcaklıkta karşılaştırılabilir tahribat olduğu saptanmıştır. Bununla birlikte kronik düşük düzeydeki uygulamaların küçük hayvanların testisinde ölçülebilir sıcaklık artışı olmaksızın spermatogenez ve üreme fonksiyonunda bozulmalara neden olabilir (11). Saunders ve Kowalczuk yaptıkları çalışmada 2450 MHz mikrodalga radyasyonunun ve ısının farelerin spermatogonik epitelyumuna etkisini araştırmışlardır. Gözlenen etkilerin mikrodalga uygulamasının primer etkisinin ısı tahribatı olduğu hipotezine uygun olduğu tespit edilmiştir (12). Fahim ve arkadaşları (13) yaptıkları çalışmada testiküler sıcaklığın 15 dakika için 45°C'ye 5 dakika için 65°C'ye yükseldiği şiddette 2450 MHz mikrodalga radyasyonunu farelere uygulamışlar. Her iki uygulamada en az 10 ay infertiliteye neden olmuştur. Gasinska ve Hill (14). yaptıkları çalışmada spermatogenezin farklı evrelerine ısının yanıtını, uygulamadan sonraki 14. 28. ve 35. günlerde testis tübüllerindeki hücre tiplerinin değerlendirilmesi ile saptamışlar. CBA fındık farelerinin testisi radyo frekans ekipmanı kullanılarak ısıtılmış ve diğer testis ısı pili ile kontrol edilmiştir. Elde edilen bulgular 43°C'lik sıcaklığın stem hücreleri etkilediğini ve testis bölgesinde yerleşen insan tümörlerinin tedavisinde hipertermi uygulamayı düşünen klinisyenlerin dikkatli olmalarını önermişlerdir. Saunders ve Kowalczuk (15) fare testisi üzerine 2450 MHz akut uzak alan mikrodalga uygulamasının etkisini araştırmıştır. Bu çalışmada erkek C3H fındık faresine bir özel oda içinde 2450 MHz mikrodalga

uygulaması yapılmış. Kantitatif olarak X-ışınma duyarlı hücrelerde (spermatozitler tip B) veya ısıya duyarlı hücrelerde (erken primer spermatozitler, geç primer ve sekonder spermatozitler) veya sperm miktarında anlamlı etkiler görülmemiştir. Kequn ve arkadaşları yaptıkları çalışmada 2450 MHz, 15 dakika uyguladıkları mikrodalga radyasyonunun rat testisleri üzerindeki etkisini elektron mikroskopisi düzeyinde araştırmışlar. Fareler ışınlamadan sonraki farklı intervallerde dekapite edilmiş, (1.7.14. ve 70. günlerde) tespit edilen FSH ve LH hücrelerinin hücre çapı, çekirdek çapı ve sitoplazmanın çekirdeğe oranı kontrollerle karşılaştırıldığında, istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmamıştır. Kegun ve arkadaşları (16) elektron mikroskopik düzeyde FSH ve LH hücrelerini incelediklerinde; FSH hücrelerinin mitokondrilerinin birçoğunun erimiş ve kristaları kırılmış, kristalar arasındaki mesafe büyümüştür. Fakat LH hücrelerinde kırık kristalar olmaması FSH hücrelerinin granüllü endoplazmik retikulum'u LH hücrelerinden daha fazla genişlediğini saptamışlardır.

**Testiküler fonksiyon ve fertilité arasındaki ilişki**  
Kablosuz ağların fertilitéye etkilerinin incelenebilmesi için mikrodalga'nın testiküler fonksiyonelliği üzerindeki etkilerini ve testisin ürettiği sperm miktarı parametrelerinin dikkate alınması gerekir. İn vivo olarak rat epididimisindeki spermatozoa'ya mikrodalga ışınlamasının etkisini araştıran Limin ve arkadaşları (17) 300–450 gr ağırlığındaki farelerin unilateral epididimisine 2450 MHz mikrodalga radyasyonu 30 dakika uygulamışlardır. Sonuçta epididimise uygulanan mikrodalga ışınlamasının sperm olgunlaşma işlemini ve sperm depolama ortamını değiştirebildiği ileri sürülmüştür. Saunders ve arkadaşları (18) yaptıkları çalışmada erkek C3H farelerine 2450 MHz frekansla sürekli mikrodalga radyasyonu günde 6 saat 8 hafta boyunca toplam 120 saat uygulamışlardır. Çalışmada birçok organizasyonlar tarafından zararlı biyolojik etkilerin eşiği olarak kabul edilen 4 W/kg SAR değeri kullanılmıştır. 2.45 GHz frekanslı mikrodalga radyasyonunu kronik olarak erkek fındık farelere uygulanmasının erkek germ hücrelerindeki mutajenik yanıtı indüklendiğine ilişkin bulgunun olmadığı ortaya konmuştur. Memeli germ hücreleri üzerine RF radyasyonunun direkt nontermal etkisini araştırmak için Cleary ve arkadaşları (19) in vitro metotlar uygulamışlar. Bu araştırmacılar fare spermatozoalarına izotermal koşullar ( $37\pm 0.2$  °C) altında 0 ile 90 W/kg SAR aralığında 27 ve 2450 MHz sürekli (CW) RF radyasyonu bir saat in vitro olarak uygulamışlar. 50 W/kg veya daha büyük düzeyde yapılan her iki frekanstaki RF radyasyon

uygulaması, ışınlanmış epididimal spermin in vitro olarak fare ovumunu fertilize etme yeteneğinde istatistiksel olarak anlamlı azalmalar oluşturmuştur ( $P<0.05$ ). RF radyasyonu spermatozoa morfolojisi, ultrastüktürü veya kapasitasyonunda dedekte edilebilir etkiler oluşturmamış. İn vitro fertilizasyondaki azalma, indirekt ısı etkisinden daha çok spermatozoa üzerine RF radyasyonunun direkt etkisine bağlanmıştır. Beechey ve arkadaşları (20) yaptıkları çalışmada 2450 MHz frekanslı mikrodalga radyasyonu günde 30 dakika, haftada 6 gün olmak üzere iki hafta 1.0, 100, 400 Wm<sup>-2</sup> göç yoğunluklu ve 2,45 GHz frekanslı mikrodalgaları hibrid erkek fındık farelere uygulamışlar. Uygulamadan sonraki 2. 3. ve 30. günlerde tespit edilen spermatozitlerdeki kromozom sapma frekansında anlamlı bir değişiklik olmadığı gözlemlenmiş. Uygulamadan sonraki 12 ve 13. günlerde feda edilen fındık farelerin sperm miktarında, güç yoğunluğunun artışı ile küçük fakat anlamlı bir yükselme rapor edilmiştir. 2450 MHz mikrodalga radyasyon uygulaması yapılan erkek fındık farelerdeki sperm miktarı ve sperm anormalitesini araştıran Kowalczuk ve arkadaşları (21) 2.45 GHz, 44 W/kg SAR'lık mikrodalga radyasyonu 30 dakika süreyle erişkin erkek fındık farelerin vücutlarının arka yarısına uygulamışlar ve sperm miktarındaki azalma ile anormal sperm morfolojisini incelemişlerdir. Her bir parametredeki yanıt uygulamadan sonraki 2–4 haftada maksimaldir. Azalan erkek fertilitésinin azalan hamilelik oranıyla ilişkili olduğu ve preimplantasyon canlılığıyla daha az ilişkisi olduğu sonucuna varılmıştır. Hail ve arkadaşları (22) yaptıkları bir çalışmada ise, Hindi spermlerine sıcaklığı kontrol edilebilen mikrodalga sistemiyle 2450 MHz frekanslı ve 1, 10 veya 50 mW/g SAR değerli mikrodalga radyasyonunu 30 dakika uygulamışlar. Mikrodalga uygulamasından önce ve sonra şu parametreler araştırılmış; canlı sperm yüzdesi, anormal sperm yüzdesi ve laktat dehidrogenaz (LDH) ile Glumatik Oxalik Transaminaz (GOT) enzimleri. Bu parametreler test edilen koşullar altında mikrodalga uygulamasıyla anlamlı bir şekilde değişmemiştir. Hail ve arkadaşları (23) yaptıkları bir başka çalışmada ise hindi spermlerine sıcaklığı kontrol edilebilen 2450 MHz frekanslı mikrodalga radyasyonu uygulamışlardır. Sıcaklık 25 ve 40.5 °C'de sabit tutulmuştur. Spermere, 10 ve 50 mW/g SAR düzeyinde 30 dakika süreyle mikrodalga uygulanmış. Çalışmadan elde edilen bulgular, bu deneylerde kullanılan koşullarda mikrodalga radyasyonunun Hindi sperminin fertilizasyon kapasitesinin etkilenmediğini göstermiştir. Embriyogenez boyunca uygulanan mikrodalga radyasyonunun erkek Japon bildircinlarının üremesi üzerine etkisini araştıran

Mc Ree ve arkadaşları (24) embriyogenezin ilk 12 günü boyunca Japon bildircinlarının embriyolarına 2450 MHz CW mikrodalga radyasyonunu sürekli olarak uygulamışlardır. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, embriyogenez boyunca 2.45 GHz frekanslı mikrodalgaya maruz bırakılan bildircinların üreme kapasitelerinin azaldığını göstermiştir. Testis dokusunun ısıya duyarlılığı Chowdhury ve Steinberger (25), Setchell ve Waites (26), Meistrich ve arkadaşları (27) Saunders ve Kowalczyk (12)'un çalışmalarında ileri sürdükleri ve testislerde oluşan değişikliğin mikrodalganın primer etkisinden biri olan ısı tahribatından kaynaklandığını göstermiştir. Testislerin sıcaklık değişikliklerine duyarlı olduğu, vücudun dış kısmında skrotal bölgede bulunan testisin sıcaklığının vücut sıcaklığından daha düşük olduğu ve testis sıcaklığının normal vücut sıcaklığına erişmesi durumunda bile testisteki spermatogenezin etkilenebileceği bilinmektedir. Barron ve arkadaşları (28) mikrodalgaya mesleki olarak maruz kalan insanlar arasında fertilité açısından değişiklik olduğunu belirten bulguya rastlamamışlardır. Bununla birlikte güçlü mikrodalga yayıcısına 4 yıl sürekli mesleki olarak maruz kalan 31 yaşındaki bir bireyde fertilitéde değişiklik olduğunu ve testiküler biyopside patoloji olduğunu belirten bir vaka raporu mevcuttur (29).

#### **Hormonlar ve teratojenik etkiler**

Saygın ve arkadaşlarının (30) yapmış oldukları çalışmada; 4 hafta boyunca günde 60 dakika 3.21 W/kg gücünde 2.45 GHz dalga frekansında EMA'ya maruz bırakılan sıçanların, Hematoksilen-Eozin ile boyanan testis dokuları incelendiğinde, kontrol grubuna ait testis dokularının normal yapıda olduğu gözlenmiştir. Seminifer tübül çapları ölçülüp değerlendirildiğinde gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır. Kontrol gruplarındaki sıçanlarda piknotik, karyotik ve karyolektik hücreler 2.45 GHz EMA grubundaki sıçanlara ait testis dokularındaki söz konusu hücreler ile karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamış ve 2.45 GHz EMA grubundaki sıçanlara ait testis dokularındaki Leydig hücre sayısı kontrol ve sham grubundakilerle karşılaştırıldığında, 2.45 GHz EMA grubundaki sıçanların Leydig hücre sayısında istatistiksel olarak anlamlı azalma saptanmıştır. Kontrol gruplarındaki sıçanların testis dokusunda yapılan Johnsen skorlama, 2.45 GHz EMA grubundaki sıçanların skorlaması ile karşılaştırıldığında ise istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur. Testiküler germ hücre apoptozisi immünohistokimyasal yöntemlerle araştırılmıştır ve bunun için Bcl-2 antiapoptotik gen ekspresyonu

immünohistokimyasal boyanma ile değerlendirilmiş, kontrol grupları ve manyetik alan grubu arasında anlamlı fark bulunmamış ve bu genin testis dokusunda aktive olmadığını göstermişlerdir. Bax proapoptotik geni ise kontrol grupları ve manyetik alan grupları arasında karşılaştırıldığında anlamlı bulunması, bu oranın Bax lehine bozulduğunu göstermiştir. Apoptozisin ekstrinsik yolu ise TNF- $\alpha$  ve Kaspaz-3, Kaspaz-8 enzimlerinin kontrol gruplarının manyetik alan grubu ile karşılaştırılmasıyla değerlendirilmiş ve TNF- $\alpha$  kontrol grupları ve manyetik alan grubu ile karşılaştırıldığında anlamsız bulunmuştur. Kaspaz-3 enzimi sham grubu ve manyetik alan grubu ile karşılaştırıldığında anlamlı bir fark bulunmuştur. Kaspaz-8 enzimi kontrol grupları ve manyetik alan grubu arasında karşılaştırıldığında anlamlı bulunmuştur. Tüm bu sonuçlar; TNF- $\alpha$ 'nın anlamlı olmamasından dolayı manyetik alana maruz kalan gruptaki testis dokusunda apoptozisin başlaması ekstrinsik yolla olamayabileceğini göstermektedir. İntrinsik yolak ise, mitokondri membranının bütünlüğünün bozulması ile sitokrom C'nin sitoplazmaya çıkmasına yol açması ile ve Sitokrom C'nin Apaf-1'e bağlanarak sitoplazmik kaspaz'ları aktive etmesiyle gerçekleşir. Aktive kaspaz'lar ise DNAase enzimini aktive ederek DNA'nın parçalanmasına yol açar ve DNA gerçek apoptozisin bir göstergesi olan 185 bp'lik parçalara ayrılır. Manyetik alanın başlatıcı Kaspaz-8 ve efektör Kaspaz-3 aracılığında Bax geninin ekspresyonu ile testiküler germ hücrelerini apoptozise götürdüğünü göstermektedir. Testiküler germ hücrelerinden spermatozoit seviyesinde apoptozis gerçekleşmekte olduğunu saptamışlardır. Bu hücrelerin apoptozise gitmesinin infertiliteyi etkileyen faktörlerden biri olabileceğini göstermişlerdir. Moon ve arkadaşları (31) tarafından yapılan çalışmada; 2450 MHz frekansta 1.4 W/kg SAR değerinde 8 haftalık uygulama sonunda, testosteron seviyesinde ve leydig hücrelerinde anlamlı bir fark bulmuşlardır. Seminifer tübül çapı, spermatid, sertoli ve spermatogonyum hücrelerinde, Johnsen skorlamada epididimal sperm sayısı ve sperm motilitesinde anlamlı fark bulunmamışlardır. Margonato ve arkadaşları (32) 242 erişkin rat üzerinde yapmış oldukları çalışmada, 25-100 kV/m gücünde 50 Hz frekansında elektrik alana 280, 440 ve 1240 saat süresince maruz bırakmışlardır. Deney sonunda, bu üç grubun plazma LH, FSH, testosteron hormon seviyeleri ile kontrol grubu arasında anlamlı bir fark bulunmamışlardır. Navakatikian ve arkadaşları (33) düşük yoğunluktaki



mikrodalga tarafından testosteron ve insülin sekresyonunun inhibe edildiğini göstermişlerdir. RF (Radyo Frekansı) etkilerini araştıran Marha ve arkadaşları (34) spermatogenezde azalma, doğumların cinsiyet oranında değişme, menstrual siklusta değişiklik, fetal gelişimde gecikme, yeni doğan bebeklerde konjenital defekt ve emziren annelerin laktasyonunda azalma saptanmıştır. Bu çalışmalara göre, bu tür etkiler termal mikrodalga uygulama şiddetlerinde meydana gelmiştir (100 W/m<sup>2</sup>den daha büyük). Gürültü ve genel çalışma koşulları gibi yardımcı faktörler bu raporlarda dikkate alınmamıştır. Sarkar ve arkadaşlarının (35) 2450 MHz frekansında 1 mW/cm<sup>2</sup> gücünde günde 2 saat yaptıkları uygulamada; düşük mikrodalga enerjinin potansiyel mutagenik etkisi DNA sekans düzeyi direk DNA analizi ile yapılmıştır. Beyin ve testislerden DNA örnekleri izole edilmiştir. Dansitometrik analizle manyetik alana maruz kalan hayvanlarında 7–8 kb bantlık farklı değişiklikler gözlemlenmiştir.

### Sonuçlar

Çalışmaların deney hayvanlarında yapılmış olması bize kablosuz ağların insan üzerindeki muhtemel etkileri hakkında bilgiler vermektedir. Yapılan araştırmalarda insan vücudunun 1°C sıcaklık artışını dahi tolere edemediği bilinmektedir. Kablosuz ağların yaygın kullanıma sahip olması ve insanların bunu dizüstü bilgisayarlarda, testis dokusuna yakın kullanması infertiliteye neden olabilir. Bu süreçte manyetik alan kaynağına yakınlığın ve maruz kalman süresinin dikkate alınması gerekir. Kablosuz ağın kullanımı süresince, olabildiğince kaynaktan uzak bir şekilde çalışılması ve kullanım haricinde kaynağın kapalı konumda tutulması gerekmektedir. Uzun süre manyetik alana maruz kalmayı önlemek için, çalışma süresini bölümlere ayırmak gerekmektedir. Manyetik alan kaynağına yakınlık ve kullanım süresine dikkat edilmesi ile muhtemel etkilerinden biri olan ısı artışının önlenmesi sayesinde dokuya vereceği zarar en aza indirilebilir. Bu konuda daha ileri düzeyde histopatolojik ve moleküler çalışmalara ihtiyaç vardır. Net bilimsel verilerle tam olarak etki mekanizması açıklandığında, manyetik alanın hücre ve doku düzeyinde ne gibi makroskobik ve mikroskobik etkileri olduğu anlaşılacaktır. Bu teknolojik kolaylığın zararının en aza indirilebilmesi mümkün olacaktır. Hem biyolojik dokuların etkilenmesinin önüne geçilmesi, hem de ilerleyen teknoloji sayesinde bu cihazların geliştirilerek daha kolay ve etkin kullanılabilir hale getirilerek, zararlı etkilerinin en aza indirilmesi mümkün olabilecektir.

### Kaynaklar

1. Öngel K, Gümral N, Özgüner F., The Potential Effects of Electromagnetic Field on Human Body: A Review of Turkish Literature. First Conference of Association of the GP/FM South-East Europa Abstract book, Ohrid-Macedonia, 2009; 105.
2. Guyton AC, Hall JE. Tıbbi Fizyoloji. Dokuzuncu Baskı Nobel Tıp Kitabevleri Ltd. Şti. İstanbul: 1003-1015, 1996
3. Berne RM, Levy MN, Kooppen BM, Stanton BA, Fizyoloji. Beşinci Baskı Güneş Tıp Kitabevleri Ltd. Şti. İstanbul: 834-838, 920-946, 2008
4. Lai H, Singh NP. Melatonin and a spin-trap compound block radiofrequency electromagnetic radiation-induced DNA strand breaks in rat brain cells. *Bioelectromagnetics* 1997; 18: 446–54.
5. Robison JG, Pendleton AR, Monson KO, Murray BK, O'Neill KL., Decreased DNA repair rates and protection from heat induced apoptosis mediated by electromagnetic field exposure. *Bioelectromagnetics* 2002; 23(2):106–12.
6. Blank M, Soo L, Lin H, Henderson AS, Goodman R., Changes in transcription in HL-60 cells following exposure to alternating currents from electric fields. *Bioelectrochem Bioenerg* 1992; 28.:301–9.
7. Blank M, Goodman R. Do electromagnetic fields interact directly with DNA? 1997; 18(2): 111–5.
8. Maes A, Verschave L, Arroyo A, DeWagter C, Vercruyssen L., In vitro cytogenetic effects of 2450 MHz waves on human peripheral blood lymphocytes. *Bioelectromagnetics* 1993; 14.:495–501.
9. Somosy Z. Radiation response of celi organelles. *Micron* 2000; 31:165-81.
10. Allis JW, Sinha-Robinson BL. Temperature-specific inhibition of human celi Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> ATPase by 2450 MHz microwave radiation. *Bioelectromagnetics* 1987; 8:203–7.
11. Elder J.A, Czerski P.A, Stuchly M.A, Mild K.H, Sheppard A.R. Radiofrequency Radiation in: Nonionizing Radiation Protection. Ed Sues M.J. Benvell-Morison, D.A Second Edition. WHO, Copenhagen 1989; 117–173.
12. Saunders R.D and Kowalczyk C.I. Effects of 2.45 GHz microwave radiation and heat on mouse spermatogenic epithelium, *Int. J. Radiat. Biol* 1981; 40 (6),: 623–632.
13. Fahim M.S, Failim Z, Der R, Hail D.G, Harman J. Heat in male contraception (hot water 60 °C, infrared, microwave and ultrasound). *Contraception* 1975; 11,: 549–62.
14. Gasinska A, Hill S. The effect of hyperthermia on the mouse testis, *Neoplasma* 1990; 37 (3),: 357–366.
15. Saunders R.D and Kowalczyk C.I. The effect of acute far field exposure at 2.45 GHz on the mouse testis. *Int. J. Radiat. Biol* 1981; 39 (6),: 587–596.
16. Kequn W.X.O, Wenyu C, Dehua Y, Jie Y, Guangrong

- L and Huaxun R. A morphologic study of microwave influence on male fertility. *İÜ. Light microscopic study on the influence of microwave irradiation to rat testes upon ganadotroph cells*, *Açta Acad Med Sichvan* 1985; 16 (3),: 199-203.
17. Limin Y, Zigiang L. And Bangliang Y. Effect of microwave irradiation on spermatozoa of rat epididymis in vivo, *J. West. China Univ. Med. Sci* 1988; 19 (3),: 257-260.
  18. Saunders R.D and Kowalczuk C.I, Beechey C.V, Dunford R. Studies of the induction of dominant lethals and translocations in male mice after chronic exposure to microwave radiation, *Int. J. Radiat. Biol* 1988; 53 (6),: 983-92.
  19. Cleary S.F, Liu L.M, Graham R and East. J. In vitro fertilization of mouse ova by spermatozoa Exposed Isothermally to Radio-frequency Radiation, *Bioelectromagnetics* 1989; 10,: 361-369.
  20. Beechey C.V, Brooker D, Saunders R.D, Kowalczuk C.I and Searle A.G. Cytogenetic effects of microwave irradiation of male germ cells of the mause, *Int. J. Radiat. Biol* 1986; 50 (5),: 909-918.
  21. Kowalczuk C.I, Saunders R.D, Stapleton, H.R. Sperm count and sperm abnormality in male mice after exposure to 2.45 GHz microwave radiation, *Mutat Res* 1983; 122 (2),: 155-61.
  22. Hail C.A, Galvin M.J, Thaxton J.P, Mc Ree D.I. Interaction of microwave radiation with turkey sperm, *Radiat. Environ. Biophys* 1982; 20 (2),: 145-52.
  23. Hail C.A, Mc Ree D.I, Galvin M.J, White N.B, Thaxton J.P, Christensen V.L. Influence of in vitro microwave radiation on the fertilizing capacity of turkey sperm, *Bioelectromagnetics* 1983; 4 (1),: 43-54.
  24. Mc Ree D.I, Thaxton J.P, Parkhurst C.R. Reproduction in male Japanese Quail exposed to microwave radiation during embriyogency. *Radiation Research* 1983; 96(1), 51-8.
  25. Cliowdhury A.K, and Steinberger E. Early chages in the germinal epithelium of rat testes following exposure to heat, *J.Reprod. Fert* 1970; 22,: 205-212.
  26. Setchell B.P, Waites G.M. H. The effect of local heating of the testis on the flow and composition of rete testis fluid in the rat with some observation on the effect of age and unilateral castration, *J.Reprod. Fertil* 1972; 30,: 225.
  27. Meistrich M.L, Eng V.W.S and Loir M. Temperature effects on the kinetics of spermatogenesis in the mouse, *Cell Tissue Kinet* 1970; 6,: 379-393.
  28. Barron C.I and Baraff A.A. Medical considerations of exposure to microwaves (radar). *Journal of American Medical Association* 1958; 168,: 1194.
  29. Rosenthal D.S and Beering S.C. Hypogonadism after Microwave Radiation, *Journal of the American Medicine Association (JAMA)* 1968; 205 (4),: 245-247.
  30. M. Saygın, S. Caliskan, N.Karahan, A. Koyu, N. Gumral, A.C. Uguz. Testicular apoptosis and histopathological changes induced by a 2.45 GHz electromagnetic field. *Toxicology and Industrial Health*, 2011, 10.1177/0748233710389851
  31. K.H. Moon, H.J. Shin, H.S. Ahn, J.Y. Kim, S.O. Shin, S.M. Yun, Y.D. H wang., Long-Term Exposure of Rats to 2.45 GHz Electromagnetic Field: Effects on Reproductive Function. *Korean J Urol*. Dec 2007; 48(12):1308-1314.
  32. Margonato V, Veicsteinas A, Conti R, Nicolini P, Cerretelli P. Biologic effects of prolonged exposure to ELF electromagnetic fields in rats.I. 50 Hz electric fields. *Bioelectromagnetics* 1995; 16:343-355.
  33. Navakatikian MA, Tomashevskaya. Biological effects of electric and magnetic fields. *Sources and Mechanisms*. Academic Press 1994.
  34. Marha K, Musil J. Tuha H. *Electromagnetic fields and the life Environment*, San Francisco Press, Inc, San Francisco, California 1971; 29-47.
  35. Sarkar S, Ali S, Behari J. Effect of low power microwave on the mouse genome: a direct DNA analysis. *Mutat Res*. Jan 1994; 320(1-2): 141-7.