

Mobil Cep Telefonu Baz İstasyonunun Oluşturduğu Elektromanyetik Alanın İşitme Üzerine Etkisi

The Effects of Base Station Electromagnetic Fields of Mobile Phones on Hearing Levels

Dr. Hasan ÇETİNER, Dr. İrfan KAYGUSUZ, Dr. Erol KELEŞ,
Dr. Turgut KARLIDAĞ, Dr. Hayrettin Cengiz ALPAY, Dr. Şinasi YALÇIN

Fırat Üniversitesi Tıp Fakültesi, KBB ve Baş Boyun Cerrahisi AD, Elazığ

ÖZET

Amaç: Bu çalışmanın amacı insan yaşamıyla iç içe olan cep telefonu baz istasyonlarının işitme üzerine olan etkilerini değerlendirmektir.

Gereç ve Yöntemler: Çalışma, ağırlıkları 250-300 gr olan 20 adet erkek rat üzerinde yapıldı. Öncelikle tüm ratların işitme düzeyleri işitsel beyin sapı cevap odyometrisi ile değerlendirildi. Takibinde ratlar kullanıcı yoğunluğunun en fazla olduğu zamanlarda, günde 1 saat GSM baz istasyonunun önünde tutuldu. Ratlara birinci hafta sonunda ve ikinci hafta sonunda tekrar işitsel beyin sapı cevap odyometrisi yapıldı.

Bulgular: İşitsel beyin sapı cevap odyometrisinde elde edilen III. ve V. dalga latensi süreleri ayrıca III.-V. dalgalar arası latent süreleri karşılaştırıldı. III. dalga latensi süresinde birinci ve ikinci hafta sonunda anlamlı bir değişiklik söz konusu değildi. V. dalga latensi süresinde birinci hafta sonunda anlamlı bir değişiklik elde edilemezken, ikinci hafta sonunda bu dalganın latensi süresinde anlamlı bir uzama saptandı ($p=0.019$). Birinci hafta sonunda ve ikinci hafta sonunda elde edilen V. dalga latensi süreleri birbirleriyle karşılaştırıldığında, ikinci hafta sonunda V. dalganın uzadığı görüldü ($p=0.021$). III.-V. dalgalar arası latent süreler bakıldığında birinci ($p=0.04$) ve ikinci hafta ($p=0.00$) sonunda başlangıca göre anlamlı bir uzama vardı. Birinci hafta ile ikinci hafta sonunda elde edilen değerler birbirleriyle karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunamadı. V. dalganın elde edilebildiği en düşük ses şiddetinde birinci ve ikinci hafta sonunda değişiklik saptanmadı.

Sonuç: Bu bulgularla Global Sistem Mobile Telefon (GSM) baz istasyonlarının özellikle uzun dönemde işitme sistemi üzerine olumsuz etkilerinin olabileceği söylenebilir. Bu çalışma bu konuda bir başlangıç olmalı ve baz istasyonlarının etkileri daha geniş çalışmalarla araştırılmalıdır.

Anahtar Sözcükler

ABR; baz istasyonu; cep telefonu; elektromanyetik alan; işitme kaybı

ABSTRACT

Objective: The aim of this study was to evaluate the effects of base station of mobile phones on hearing levels.

Material and Methods: This study included 20 male rats weighting 250 gr. Hearing levels of all rats were investigated using Auditory Brainstem Response (ABR) before experiment. Then, the rats were put in front of a base station for one hour daily. ABRs were measured after first and second weeks of experiment.

Results: Latencies of III. and V. waves and interlatency times of III.-V. waves were compared. There was no significant difference between end of the first and second week ABR for latency of wave III. Although there was no significant change in latency times of wave V. after the first week, there was a significant increase in latency times of wave V. after second week ($p=0.019$). When the first week latency times of wave V. were compared with second week levels, increased latency times of wave V. were determined were measured after the end of second week ($p=0.021$). There was a significant increase in interlatency times of III.-V. waves measured at end of the first week ($p=0.04$) and second week ($p=0.00$) when compared to initial values. There was no significant difference in interlatency times of III.-V. waves between the end of first and second weeks. There was no change in the threshold of V. wave measured at the end of the first week and second week.

Conclusion: Our data suggest that GSM base station, especially in long term, may have negative effects on hearing. This study is a preliminary study about mentioned subject, and the effects of Global System for Mobile Telephone stations should be investigated with detailed studies.

Keywords

ABR; base station; mobile telephone; electromagnetic field; hearing loss

Çalışmanın Dergiye Ulaştığı Tarih: 26.04.2011

Çalışmanın Basıma Kabul Edildiği Tarih: 26.08.2011



Yazışma Adresi

Dr. İrfan KAYGUSUZ

Fırat Üniversitesi Tıp Fakültesi,
KBB ve Baş Boyun Cerrahisi AD, Elazığ
E-posta: ikaygusuz@firat.edu.tr

GİRİŞ

Günümüzde teknolojinin hızla gelişmesiyle birlikte insanların çoğu doğal olaylardan kaynaklananların çok üstünde elektromanyetik alan ve dalgalara maruz kalmaktadır. Dalgaların yüksek şiddet veya güç düzeylerinde insan sağlığına zararlı olduklarına kuşku yoktur. Ancak insanların günlük hayatta karşılaştıkları daha düşük düzeydeki elektromanyetik alan ve dalgaların uzun vadede insan sağlığı üzerinde olumsuz etkileri olup olmadığı tartışma konusu olmaya devam etmektedir.¹⁻⁴

Dünya genelinde, elektrik üretim ve dağıtım şirketleri ile elektrikli aygıtların üreticileri günlük hayatta kullanılan aletlerin yaydığı elektromanyetik alan ve dalgaların çoğunlukla insan sağlığı açısından bir tehdit oluşturmadığını savunmaktadırlar. Bununla birlikte bu konuda araştırma yapan bilim adamları ve elektromanyetik alan ve dalgalardan korunmak için çeşitli ürün ve hizmet satan kuruluşlar, çoğunlukla olası veya gerçekleşen zararların inkâr edilemeyeceğini ve ciddi boyutlarda olabileceğini iddia etmektedirler. Bugüne kadar yapılan bilimsel araştırmalar, elektromanyetik alan ve dalgaların çok küçük şiddet ve güçlerde bile çeşitli biyolojik etkileri olduğunu göstermiştir.^{2,3,5-7}

Son yıllarda çevremizdeki en önemli elektromanyetik alan kaynağı cep telefonları ve baz istasyonlarıdır. Cep telefonları kendi aralarında ve sabit ağ telefonlarıyla baz istasyonları üzerinden görüşme yapılmasını sağlamaktadırlar. Baz istasyonlarında genelde yönlü antenler kullanılmakta ve bu antenlerden yayılan manyetik alan değeri istasyondaki kullanıcı yoğunluğuna göre farklılıklar göstermektedir.^{3,8,9} Günümüzde elektromanyetik alan için cep telefonlarına ve baz istasyonlarına yönelik bazı sınırlamalar getirilmiştir. Uluslararası alanda-Uluslar Arası İyonlaştırıcı Olmayan Radyasyondan Korunma Komitesi (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection= ICNIRP) tarafından belirlenen sınır değerler birçok Avrupa ülkesinde ve dünyanın farklı ülkelerinde en yaygın kabul gören değerler arasındadır. Elektrik alan için ICNIRP'nin belirlediği sınır değer 42 V/m'dir. Specific Absorption Rate (SAR), elektromanyetik enerjinin vücut dokuları tarafından soğurulma hızıdır. Kişisel seçime bağlı cep telefonunda sınır değer 1.6 W/kg SAR, baz istasyonları için sınır değer 0.08 W/kg SAR'dır.¹⁰

Bizim çalışmamızın amacı Global Sistem Mobil Telefon (GSM) baz istasyonlarının ışıma üzerine olan

etkilerini değerlendirmek ve evlerimize, iş yerlerimize çok yakın olarak kurulan bu istasyonlara dikkati çekmektir.

GEREÇ VE YÖNTEMLER

Çalışma Fırat Üniversitesi Tıp Fakültesi Deneysel Cerrahi Laboratuvar'ından temin edilen 250-300 gr ağırlığında 20 adet erkek rat üzerinde, Fırat Üniversitesi Tıp Fakültesi Etik Kurulu'ndan izin alınarak gerçekleştirildi. Fırat Üniversitesi Tıp Fakültesi Etik Kurulu daha fazla zararı vermemek için çalışmamızda kullanılan istatistiksel yöntemlere uygun en düşük sayıda ratın kullanımına izin verdiği için çalışmamız 20 rat üzerinde gerçekleştirildi. Ratlar, özel yemlere ve suya limitsiz olarak ulaşabilecekleri düzeneklerle standart olarak beslenebilecekleri, çalışma süresince yeterli derecede havalandırılan ve elektromanyetik alana engel teşkil etmeyen bir kutuda tutuldu. Ratların elektromanyetik saha için baz istasyonunda ve beyinsapı uyarılmış cevap odyometri (BERA) için laboratuvarında tutulduğu sürece, ortam sıcaklığının stabil olması sağlandı. Ratların dış kulak yollarına (DKY) en küçük kulak spekulumu yerleştirilerek DKY ve timpanik membranları muayene edildi ve herhangi bir patoloji saptananlar çalışmaya alınmadı.

Çalışmamızda maksimum gücü 10 W olan ve açılabilir yayın yapan 900 MHz'lik bir GSM baz istasyonu kullanıldı. Baz istasyonu bitişiğinde yapılan ölçümlerde kullanıcı yoğunluğuna bağlı olarak değişmekle beraber ortalama 4000 V/m'lik elektrik alan tespit edildi.

Yüksek frekanslı sinyallerin elektrik alanını ölçen Electron marka (İtalya) Elektrik Alan Prob'u ve Maxom MX-210 marka (İtalya) amper-voltaj-omaj metre (AVO-metre) kullanılarak baz istasyonu bitişiğindeki elektrik alan ölçüldü. AVOmetre teknik olarak 200 milivolt (mV) ile 1000 volt (V) arasında doğru gerilimi, 200 V ile 750 V arasında alternatif gerilimi, 200 mikroamper (mA) ile 10 amper (A) arasında doğru akımı, 200 Ohm ile 2000 kiloOhm (kOhm) arasında direnci ölçebilmekteydi.

En yüksek elektrik alanın (4000 V/m) gün içinde 18.⁰⁰-21.⁰⁰ saatleri arasında olduğu görüldü ve ratlar her gün bu saatler arasında bir saat boyunca baz istasyonuna 5 metre mesafeye konuldu.

Ratların, baz istasyonuna (manyetik alan) konmadan önce BERA yapılarak ışıtmeleri değerlendirildi. Daha sonra ratlar iki hafta boyunca baz istasyonunun en yoğun olduğu saatte (18.⁰⁰-21.⁰⁰), birer saat istasyona bi-

rakılarak elektromanyetik dalgalara maruz bırakıldı. Elektromanyetik dalgalara maruz kalan ratların işitme-leri çalışmanın başlangıcından bir ve iki hafta sonra BERA yapılarak yeniden değerlendirildi.

Ratlara BERA yapabilmek için 87 mg/kg ketamin hidroklorid (Ketalar, Eczacıbaşı, Türkiye) ve 13 mg/kg xylazin hidroklorid (Rompun, Bayer, Türkiye) intraperitoneal olarak enjekte edilerek anestezi sağlandı.

BERA'da 300-3000 Hz frekanslarını kapsayan geniş band klik kullanıldı. Yine uyarının şiddeti 110 dB'den başlayarak V. dalganın elde edilemediği ses şiddetine kadar inildi. Test edilmeyen kulak, test edilen kulaktan verilen sinyalin test edilmeyen kulakta duyulmasını engellemek için test edilen kulağa verilen ses şiddetinin 40 dB azıyla maskelendi. Klik sesi kulaklık kullanılarak ratlara verildi. Ölçümlerde üç adet iğne elektrot kullanıldı; bunlardan birincisi vertekse, ikincisi sağ mastoid, üçüncüsü ise sol mastoid bölgeye yerleştirildi. Elde edilen dalgaların latensi süreleri belirlendi. Ratların elektromanyetik alana konmadan önce ve elektromanyetik alana konduktan bir ve iki hafta sonra yapılan BERA ölçümlerinde saptanan latensi süreleri birbirleriyle karşılaştırıldı.

İstatistiksel karşılaştırmalar SPSS 10.0 bilgisayar programı kullanılarak eşleştirilmiş t testi ile yapıldı. 'P' değerinin 0.05'ten küçük olması anlamlı olarak kabul edildi.

BULGULAR

Yapılan BERA'larda III. ile V. dalgalar en belirgin dalgalar (Resim 1). Normal işitme eşliğinin 5-15 dB üzerinde V. dalga alındığı için eşik değerlendirmesinde bu dalga kullanıldı.

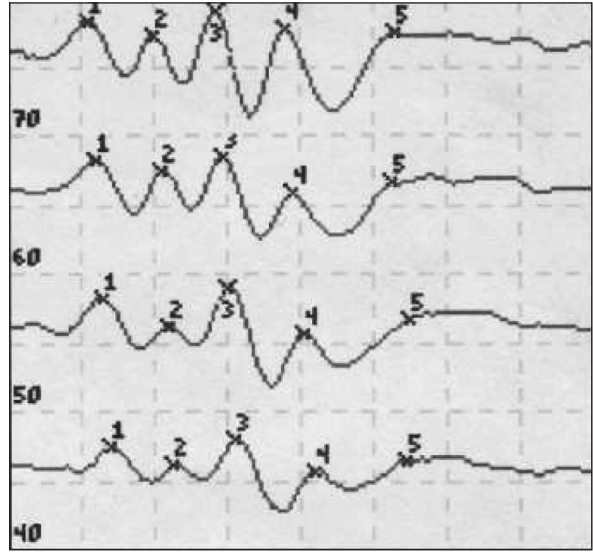
Ratların III. ve V.dalgaları ile III-V. dalgalar arası latens ortalamaları, standart sapmaları ve istatistiksel karşılaştırmaları Tablo 1'de verildi.

III. dalga latenslerinde başlangıca göre birinci ve ikinci hafta sonunda elde edilen latens değerleri arasında anlamlı bir değişiklik söz konusu değildi ($p=0.367$, $p=0.10$).

V. dalga latenslerinde birinci hafta sonunda anlamlı bir değişiklik elde edilemezken ($p=0.310$), ikinci hafta sonunda başlangıca göre V. dalga latenslerinde istatistiksel olarak anlamlı uzama vardı ($p=0.019$). Aynı şekilde birinci hafta ile ikinci hafta V. dalga latens değerleri açısından karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı uzama saptandı ($p=0.021$).

V. dalganın elde edilebildiği en düşük ses şiddetinde başlangıca göre birinci hafta ve ikinci hafta sonunda değişiklik olmadı. Ortalama olarak V. dalganın görüldüğü en düşük ses şiddeti 40 dB'di. III. ve V. dalga latensleri belirlenirken bu dalgaların görüldüğü en düşük şiddet seviyesi ölçü alındı.

III.-V. dalgalar arası latent süreler bakıldığında birinci hafta ($p=0.04$) ve ikinci hafta ($p=0.00$) sonunda başlangıca göre istatistiksel olarak anlamlı bir uzama



Resim 1. Elektromanyetik alana bırakılmadan önce rattan elde edilen BERA.

Tablo 1. Ratların BERA'sından elde edilen dalgaların latens sürelerinin karşılaştırılması.

Dalgalar	Latens Süreleri Ortalaması (ms)			p
	Başlangıç (n= 20)	1. Hafta (n= 20)	2. Hafta (n= 20)	
III.	2.98 ± 0.14	3.00 ± 0.10	3.05 ± 0.11	$p > 0.05$
V.	4.96 ± 0.51 ^a	5.11 ± 0.24 ^b	5.20 ± 0.04 ^{a,b}	$p^{a,b} < 0.05$
III-V. dalga arası	2.16 ± 0.15 ^c	2.19 ± 0.16 ^c	2.26 ± 0.15 ^c	$p^c < 0.05$

^a: V. Dalga latensinin başlangıçla, 2. haftanın karşılaştırılması,

^b: V. Dalga latensinin 1. haftayla, 2. haftanın karşılaştırılması,

^c: III-V dalgalar arası latensinin başlangıçla 1. ve 2. haftanın karşılaştırılması.

vardı. Birinci hafta ile ikinci hafta sonunda elde edilen değerler birbirleriyle karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunamadı ($p=0.20$).

TARTIŞMA

Haberleşme sistemlerinin oldukça gelişmiş olduğu günümüzde baz istasyonları, hücresel haberleşme sistemlerinde merkezi istasyon olarak görev yapmaktadırlar. Mobil telefonlar, diğer mobil telefonlarla ve sabit ağ telefonlarıyla baz istasyonlar üzerinden görüşme sağlamaktadırlar. Baz istasyonlarının neden olduğu toplam elektromanyetik enerji sabit bir değerde değildir; kullanıcı yoğunluğuna göre değişir. Hücredeki mobil telefon sayısı ve aynı anda yapılan görüşme sayısı arttıkça, baz istasyonu anteninden yayılan elektromanyetik enerji de artar.^{8,11,12} GSM telefonları bağlantının başlangıcında çok yüksek bir enerjiyle çalışırlar, daha sonra ise bu enerji seviyesi bağlantının devam edebileceği minimum düzeye iner. Mobil telefon ile baz istasyonu arasındaki uzaklık arttıkça daha yüksek çıkış güçlerinde haberleşme yapılması gerekir.¹⁰ Çalışmamızda uygulanan elektrik alan şiddeti belirlenirken, baz istasyonlarındaki kullanıcı yoğunluğunun en fazla olduğu akşam saatleri (18.⁰⁰-21.⁰⁰) alındı. Bu saatlerde baz istasyonundaki ortalama elektrik alan şiddeti 4000 V/m idi.

Yaptığımız çalışmanın önemini vurgulamak için iyonize olmayan radyofrekans (RF) dalgalarının canlılar üzerindeki etkilerini tartışmak gereklidir. RF dalgalarının yan etkileri termal özelliklerine dayanılarak ortaya konulmuştur yine risk sınırlamaları da elektromanyetik dalgaların termal etkilerine dayanılarak yapılmıştır.¹³ Cep telefonlarında izin verilen SAR sınırlarında termal hasar oluşma riski azdır ama çok daha yüksek güçlü baz istasyonlarında durum biraz değişiktir. Elektromanyetik alana maruz kalmanın sınırları bilimsel olarak ortaya konarak periyodik olarak gözden geçirilmektedir.¹⁴ Cep telefonu kullanıcılarında birim kitleye absorbe edilen enerji miktarı spesifik absorpsiyon oranı (W/kg) ile tanımlanmıştır.^{8,10} Mobil telefonların ürettiği radyofrekans dalgaları SAR sınırlarının üzerinde değildir. Çünkü tüm modern GSM mobil telefonların baş bölgesinde ürettiği SAR değeri 1 W/kg'dan daha azdır. Ülkeler kendi SAR standartlarını belirlemektedirler örneğin İngiltere'de National Radiological Protection Board SAR sınırını 10 W/kg olarak söylemiştir.¹⁵ Evlerimizin yakınına konulan baz istasyonları SAR değerinin yükselmesine neden olabilirler. Bu düşünce çalışmamızın temelini oluşturmaktadır.

Cep telefonlarının kullanımıyla ilgili olan en güncel tartışmalar kanser riski ile ilgili olanlardır. Bazı raporlarda cep telefonu kullanımının artmış beyin kanserine neden olabileceği belirtilirken, bazılarında da cep telefonu kullanımıyla kanserler arasında bir ilişki saptanmamıştır.¹⁶⁻²⁰ İyonlaştırıcı radyasyonun hücrelerin genetik malzemesini (DNA) etkileyerek mutasyon ve kansere yol açtığı bilinmekle birlikte, cep telefonlarının da yaydığı RF dalgaların benzer etkiler yaptığı kanıtlanmamıştır. Son yıllarda cep telefonlarının özellikle beyin tümörlerini artırıp artırmadığı konusu gündeme gelmiş, ancak bugüne kadar yapılan incelemelerde cep telefonu kullanımının kansere yol açtığını gösterecek kesin deliller bulunamamıştır. Son olarak Amerika Birleşik Devletleri ve Danimarka'da yapılan ayrıntılı çalışmalar cep telefonu kullanımının beyin tümörü riskini artırmadığını açıkça ortaya koymuştur.^{21,22} Öte yandan bugüne kadar yapılan çalışmalar, cep telefonu teknolojisiyle kanser arasında kesinlikle bir ilişki yoktur demek için yetersizdir. Örneğin Hardell ve ark.,²³ 1997 ile 2000 yılları arasında malign beyin tümörü tanısı alan yaşları 20 ile 80 arasında değişen 649 hastayı değerlendirmiş, sonuç olarak cep telefonu kullanımıyla malign beyin tümörü arasında önemli bir ilişki olduğunu rapor etmişlerdir. Yine Repacholi ve ark.nın¹⁶ yaptığı çalışmada, 900 MHz RF dalgalarının farelerde lenfoma insidansını artırdığını ortaya çıkarmıştır.

Cep telefonu kullanımının EEG aktivitesini değiştirdiği uyku paterni ve nöroendokrin fonksiyon üzerine de etkili olduğu bilinmektedir.²⁴⁻²⁶ Mann ve ark.,²⁷ elektromanyetik alan uyguladığı ratlarda REM uykusunun azaldığını ve kortizol seviyelerinde geçici yükselmeler olduğunu rapor etmiştir. Elektromanyetik alanın kan ve diğer doku hücrelerini etkileyebileceği düşünülmektedir. İsrail'de yapılan bir çalışmada 830 MHz elektromanyetik alanın lenfositler üzerine etkisi değerlendirilmiş, kromozom 17'de anöploidi gözlenmiş ve bu radyasyonun genotoksik etkisine bağlanmıştır.²⁸ Ayrıca insanlarla ilgili yapılan bir çalışmada RF alana maruz kalan bireylerin periferik yaymasında küçük nükleuslu beyaz kan hücrelerinde artış olduğu saptanmıştır.²⁹

Cep telefonlarının zararlı etkilerinin termal özelliklerinden kaynaklandığı söylenmekte ve cep telefonlarının işitme kaybına yol açıp açmadığı da araştırılmaktadır. Sinir sisteminde, nöroendokrin sistemde ve kan-beyin bariyerinde değişikliklere neden olacak cep telefonu kullanımı, işitme üzerinde de değişikliklere neden olabilir. Kokleanın yüksek dansiteli kompakt kemikle kaplanması ve derin yerleşimli ol-

ması ayrıca iç kulakta endolenf ve perilenf bulunması, onu mobil telefonların oluşturduğu manyetik alanlardan koruyabilir.³⁰ Kızılay ve ark.,³¹ iki günlük yeni doğan ratları 30 gün boyunca günde 1 saat mobil telefonun manyetik sahası içinde bırakmış, erişkin ve gelişmekte olan ratlarda cep telefonunun işitme üzerine önemli bir etkisinin olmadığını bildirmişlerdir. Bir başka çalışmada Özturan ve ark.³⁰ otoakustik emisyonla cep telefonu kullanmadan önce ve sonra işitmeyi değerlendirmiş ve mobil telefon kullanımının işitmeye olumsuz bir etkisinin olmadığını rapor etmişlerdir.

Arai ve ark.,³² 15 gönüllü bireyde 800 MHz elektromagnetik alana sahip 0.8 W gücündeki cep telefonunu 30 dakika için sağ kulakta tutmuş, daha sonra hızlı latens cevapları (ABR) ve orta latens cevapları (MLR) değerlendirmişlerdir. Sonuç olarak uygulamadan önce ve sonra anlamlı bir farklılık olmadığını rapor etmişlerdir. Biz kendi çalışmamızda sadece hızlı latens cevaplarına (ABR) baktık. Ayrıca III. ve V. dalgaların latensi sürelerinden farklı olarak III.-V. dalgalar arasındaki latensi sürelerini de değerlendirdik. Noritoshi'nin çalışmasında bizim çalışmamızda olduğu gibi en belirgin dalgalar III. ve V. dalgalarıdır. Bu çalışmada III. dalganın latensi süresi 3.75 ms, V. dalganın latensi süresi 5.73 ms'dir. Ratlara uyguladığımız BERA'da III. dalganın latensi ortalama 2.90 ms, V. dalganın latensi ise 5.20 ms'dir. Bu farklılık ratların kranial çaplarının insanların kranial çaplarından küçük olması sonucu olabilir. Hotz ve ark.,³³ 11 bireyi SAR değeri 0.1 W/kg olan iki testalık MR cihazında tuttu. Bireylere, buraya konulmadan önce ve konulduktan sonra BERA uygulanmış ancak ABR kayıtlarında anlamlı bir farklılık saptamamışlardır.

Bir başka çalışmada üçü kadın, yedisi erkek olmak üzere 10 gönüllü birey cep telefonunun magnetik alanında bırakılmış. Maksimum gücü 2 W olan cep telefonu 15 dakika kadar gönüllü bireylerin sağ kulağında tutulmuş. Uygulamadan önce ve sonra ABR yapılarak V. dalga latensine bakılmış. Uygulamadan sonra yapılan BERA'da sağ kulağın V. dalga latensi süresinde 0.207

ms, sol kulağın V. dalga latensi süresinde ise 0.029 ms uzama olduğu görülmüş. V. dalga latensinin uzaması 2 kHz üzerindeki frekanslarda 15-18 dB işitme kaybına denk geldiği düşünülürse yapılan çalışmada belirgin bir işitme kaybı olduğu sonucuna varılabilir.^{34,35} Oluşan bu işitme kaybı cep telefonunun termal etkisi sonucu kokleadaki dış tüylü hücrelerin etkilenmesine bağlanmıştır. Bizim çalışmamızda da bazı ratlarda V. dalganın latensi süresinde 0.207'den daha fazla uzama olduğu dikkati çekmektedir.

Günlük hayatta karşılaştığımız elektromanyetik alan için bazı kuruluşlar tarafından sınırlamalar getirilmiştir. Baz istasyonları için sınır değer 0.08 W/kg SAR değeridir. ICNIRP 42 V/m sınır değeri temel sınır değeri olan 0.08W/kg SAR'dan türetilmiştir.^{10,14} Çalışmamızda ratların maruz kaldığı SAR değeri yukardaki değerinden yaklaşık olarak 100 katıydı. Ratlarımızın, dalga morfolojisi ve amplitüdünde belirgin bir bozulma saptanmadı. III. dalga latens sürelerinde anlamlı bir uzama yokken V. dalga latens süresinde başlangıca göre anlamlı uzamalar vardı. V. dalgada 0.2 ms'nin üzerinde latens uzamaları göze çarptı. Yine III.-V. dalga latens sürelerinde de anlamlı uzamalar söz konusuydu. III.-V. dalgalar arasındaki farkın artması uygulanan elektromanyetik alanın etkinliğini beyin sapında göstermesinin sonucudur.

Sonuç olarak cep telefonlarının kullanımının her geçen gün hızla arttığı günümüzde, baz istasyonları yaşamımızda önemli bir sorun olmaya devam etmektedir. Genelde açılabilir olarak çalışan baz istasyonları zaman zaman evlerimizde ve işyerlerimizde hemen yanına kurulmaktadır. Çalışmamızda kısa bir süre baz istasyonu elektromanyetik alanına maruz bıraktığımız ratların işitme sisteminde dalga latensleri açısından değişiklikler olduğu görülmektedir. Uzun yıllar baz istasyonlarıyla iç içe yaşamak zorunda kalan insanların işitme sistemlerinin üzerinde baz istasyonlarının olumsuz etkilerinin olacağı unutulmamalı ve buna yönelik önlemler alınmalıdır. Bu çalışma bu konuda bir başlangıç olmalı ve baz istasyonlarının işitme üzerine olan etkileri daha geniş çalışmalarla araştırılmalıdır.

KAYNAKLAR

1. Khurana VG, Hardell L, Everaert J, Bortkiewicz A, Carlberg M, Ahonen M. Epidemiological evidence for a health risk from mobile phone base stations. *Int J Occup Environ Health* 2010; 16(3): 263-7.
2. Furubayashi T, Ushiyama A, Terao Y, Mizuno Y, Shirasawa K, Pongpaibool P, et al. Effects of short-term W-CDMA mobile phone base station exposure on women with or without mobile phone related symptoms. *Bioelectromagnetics* 2009;30(2):100-13.
3. Augner C, Florian M, Pauser G, Oberfeld G, Hacker GW. GSM base stations: short-term effects on well-being. *Bioelectromagnetics* 2009; 30 (1): 73-80.

4. Augner C, Hacker GW. Are people living next to mobile phone base stations more strained? Relationship of health concerns, self-estimated distance to base station, and psychological parameters. *Indian J Occup Environ Med* 2009; 13(3): 141-5.
5. Röööli M. Radiofrequency electromagnetic field exposure and non-specific symptoms of ill health: A systematic review. *Environ Res* 2008; 107(2):277-87.
6. Augner C, Hacker GW, Oberfeld G, Florian M, Hitzl W, Hutter J, et al. Effects of exposure to GSM mobile phone base station signals on salivary cortisol, alpha-amylase, and immunoglobulin A. *Biomed Environ Sci* 2010;23(3):199-207.
7. Danker-Hopfe H, Dorn H, Bornkessel C, Sauter C. Do mobile phone base stations affect sleep of residents? Results from an experimental double-blindsham-controlled field study. *Am J Hum Biol* 2010;22(5): 613-8.
8. Toivonen T, Toivo T, Puranen L, Jokela K. Specific absorption rate and electric field measurements in the near field of six mobile phone base station antennas. *Bioelectromagnetics* 2009; 30(4):307-12
9. Russo P, Cerri G, Vespasiani V. A numerical coefficient for evaluation of the environmental impact of electromagnetic fields radiated by base stations for mobile communications. *Bioelectromagnetics* 2010;31(8):613-21.
10. ICNIRP (International Non-Ionizing Radiation Committee of the International Radiation Protection Association) Guidelines on limits of exposure to radiofrequency electromagnetic fields in the frequency range from 100 kHz to 300 GHz. *Health Phys* 1988;54(1):115-23.
11. Viel JF, Clerc S, Barrera C, Rymzhanova R, Moissonnier M, Hours M, et al. Residential exposure to radiofrequency fields from mobile phone base stations, and broadcast transmitters: a population-based survey with personal meter. *Occup Environ Med* 2009;66(8):550-6.
12. Eltiti S, Wallace D, Ridgewell A, Zougkou K, Russo R, Sepulveda F, et al. Short-term exposure to mobile phone base station signals does not affect cognitive functioning or physiological measures in individuals who report sensitivity to electromagnetic fields and controls. *Bioelectromagnetics* 2009; 30(7):556-63.
13. Blettner M, Berg G. Are mobile phones harmful? *Acta Oncol* 2000; 39(8): 927-30.
14. ICNIRP (International Non-Ionizing Radiation Committee of the International Radiation Protection) Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic field (up to 300 GHz). *Health Phys* 1998; 74(4): 494-522.
15. Moulder JE, Erdreich LS, Malyapa RS, Merritt J, Pickard WF, Vijayalaxmi. Cell phones and cancer: what is the evidence for a connection? *Radiat Res* 1999; 151(5): 513-31.
16. Repacholi MH, Basten A, GebSKI V, Noonan D, Finnie J, Haris AW. Lymphomas in E μ -Pim1 transgenic mice exposed to pulsed 900 MHz electromagnetic fields. *Radiat Res* 1997; 147(5): 631-40.
17. Burkhardt M, Spinelli Y, Kuster N. Exposure setup to test effects of wireless communications system on the CNS. *Health Phys* 1997; 73(5): 770-8.
18. Dreyer NA, Loughlin JE, Rothman KJ. Cause-specific mortality in cellular telephone users. *JAMA* 1999;282(19):1814-6.
19. Morgan RW, Kelsh MA, Zhao K, Exuzides KA, Heringer S, Negrete W. Radiofrequency exposure and mortality from cancer of the brain and lymphatic/hematopoietic systems. *Epidemiology* 2000;11(2):118-27.
20. Eliot P, Toledano MB, Bennett J, Beale L, de Hoogh K, Best N, et al. Mobile phone base stations and early childhood cancers: case-control study. *BMJ* 2010;340:3077 (doi: 10.1136/bmj.c3077.)
21. Muscat JE, Malkin MG, Thompson S, Shore RE, Stellman SD, McRee D, et al. Handheld cellular telephone use and risk of brain cancer. *JAMA* 2000;284(23):3001-7.
22. Johansen C, Boice JD Jr, McLaughlin JK, Olsen JH. Use of cellular telephones and risk of cancer. A Danish cohort study. *Ugeskr Laeger* 2002; 164(12): 1668-73.
23. Hardell L, Mild KH, Carlberg M. Case-control study on the use of cellular and cordless phones and the risk for malignant brain tumors. *Int J Radiat Biol* 2002;78(10):931-6.
24. Repacholi MH. Low level exposure to radiofrequency electromagnetic fields: health effects and research needs. *Bioelectromagnetics* 1998; 19(1): 1-19.
25. Hyland GJ. Physics and biology of mobile telephony. *Lancet* 2000; 356(9244):1833-6.
26. Krewski D, Byus CV, Glickman BW, Lotz WG, Mandeville R, McBride ML, et al. Potential health risks of radiofrequency fields from wireless telecommunication devices. *J Toxicol Environ Health B Crit Rev* 2001; 4(1): 1-143.
27. Mann K, Wagner P, Brunn G, Hassan F, Hiemke C, Roschke J. Effects of pulsed high-frequency electromagnetic fields on the neuroendocrine system. *Clin Neuroendocrinol* 1998; 67(2):139-44.
28. Mashevich M, Folkman D, Kesar A, Barbul A, Korenstein R, Jerby E, et al. Exposure of human peripheral blood lymphocytes to electromagnetic fields associated with cellular phones leads to chromosomal instability. *Bioelectromagnetics* 2003; 24(2):82-90.
29. Verschaeve L, Maes A. Genetic, carcinogenic and teratogenic effects of radiofrequency fields. *Mutat Res* 1998; 410(2): 141-65.
30. Ozturan O, Erdem T, Miman MC, Kalcioğlu MT, Oncel S. Effects of mobile telephone's electromagnetic field on hearing. *Acta Otolaryngol* 2002; 122(3): 289-93.
31. Kizilay A, Ozturan O, Erdem T, Kalcioğlu MT, Miman MC. Effects of chronic exposure of electromagnetic fields from mobile phones on hearing in rats. *Auris Nasus Larynx* 2003; 30(3): 239-45.
32. Arai N, Enomoto H, Okabe S, Yuasa K, Kamimura Y, Ugawa Y. Thirty minutes mobile phone use has no short-term adverse effects on central auditory pathways. *Clin Neurophysiol* 2003; 114(8): 1390-4.
33. Hotz MA, Müller S, Allum JH, Pfaltz CR. Human auditory-evoked potentials before and after magnetic resonance imaging. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 1992; 249(2): 85-6.
34. Kellenyi L, Thuroczy GY, Faludy B, Lenard L. Effect of mobile GSM radiotelephone exposure on the auditory brainstem response. *Neurobiology* 1999; 78(1): 79-81.
35. Galambos R, Hecox KE. Clinical applications of the auditory brain stem response. *Otolaryngol Clin North Am* 1978; 11(3): 709-21.