

T.C
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ
K.B.B ANA BİLİMDALI

**CEP TELEFONU KULLANIMININ İŞİTME ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN ODYOMETRİ
İLE DEĞERLENDİRİLMESİ**

Arş. Gör. Dr. Sezgin KURT

TEZ YÖNETİCİSİ
Prof. Dr. Enver ALTAŞ

UZMANLIK TEZİ
Erzurum – 2011

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	iii
KISALTMALAR.....	iv
ŞEKİLLER ve RESİMLER LİSTESİ.....	vi
TABLolar ve GRAFİKLER LİSTESİ.....	vii
ÖZET.....	1
ABSTRACT.....	2
1. GİRİŞ ve AMAÇ.....	3
2. GENEL BİLGİLER.....	5
2.1. Kulak Embriyoloji.....	5
2.2. Kulak Anatomisi.....	7
2.3. Santral İşitme Yolları.....	18
2.4. İç Kulak Histolojisi.....	20
2.4.1. Destek Hücreler.....	21
2.4.2. Duyusal Hücreler.....	22
2.4.3. İç Sulkus.....	23
2.4.4. Spiral Limpus.....	23
2.4.5. Tektorial Membran.....	24
2.4.6. Kemiksi Spiral Lamina.....	24
2.5. İç Kulak Fizyolojisi.....	24
2.6. İşitme Fizyolojisi.....	24
2.7. Mobil Telefon.....	29
2.8. Cep Telefonu Çalışma Sistemi.....	31
2.8.1. Özgül Soğurulma Hızı, SAR (Specific Absorption Rate):.....	33
2.9. Elektro Manyetik Alanlar	33

3. MATERİYAL ve METOD.....	38
3.1. İstatistiksel Analiz.....	39
4. BULGULAR.....	40
5. TARTIŞMA.....	64
6. SONUÇLAR:	68
KAYNAKLAR.....	69

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim süresince bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, her konuda yakın ilgi ve desteğini gördüğüm, olumlu yönlendirmeleriyle bugüne gelmemde büyük emek sahibi olan Anabilim Dalı başkanımız ve tezimin yöneticiliğini de üstlenen değerli hocam Sayın Prof. Dr. Enver ALTAŞ'a en derin saygı ve şükranlarımı arz ederim.

Beceri ve bilgi birikimimde çok değerli katkı ve desteklerini gördüğüm, tecrübeleriyle eğitimime büyük katkıları bulunan kliniğimiz öğretim üyelerinden Sayın Prof. Dr. Yavuz SÜTBETAY'a, Sayın Prof. Dr. Bülent AKTAN'a, Sayın Prof. Dr. Harun ÜÇÜNCÜ'ye ve Sayın Doç. Dr. Özgür YÖRÜK'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İhtisasım süresince birlikte çalıştığım tüm asistan arkadaşlarıma, servisimizin ve ameliyathanemizin tüm hemşire ve personeline, tezimin hazırlanma sürecindeki yardım ve desteğinden dolayı Odyolog Kürşat AKKEÇE'ye ve her zaman desteğini gördüğüm sevgili aileme teşekkürü bir borç bilirim.

KISALTMALAR

GSM	Global System for Mobile Communication (Küresel Telefon Sistemi)
DCS	Digital Cellular System (Sayısal Hücresel Sistem)
W	Watt
GHz	Gigahertz (10^9 Hertz)
MHz	Megahertz (10^6 Hertz)
KHz	Kilohertz(10^3 Hertz)
Hz	Hertz
WHO	Dünya Sağlık Örgütü
SAR	Spesific Absorbtion Rate(Bağıl Soğurulma Hızı)
TM	Timpanik Membran(Kulak Zarı)
DKY	Dış Kulak Yolu
dB	Beyin Omirilik Sıvısı
İSH	İç Saçlı Hücre
DSH	Dış Saçlı Hücre
IARC	Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
Wi-Fi (WLAN)	Wireless Fidelity Cooperation In Scince And Tecnology
IEEE	Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü
WPAN	Wireless Personal Area Network
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
CDMA	Code Division Multiplex Access
EMA	Elektromanyetik alan
RF	Radyofrekans
ELF	Çok Düşük Frekans (Extremely Low Frequency)
EMD	Elektromanyetik dalga
ICNIRP	International Commission on Non Ionizing Radiation Protection
ILO	Dünya Çalışma Örgütü
VLDL	Çok Düşük Dansiteli Lipoprotein

HDL	Yüksek Dansiteli Lipoprotein
NRPB	National Radiological Protection Board
HPA	Health Protection Agency
ARPANSA	Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency
ANSI	American National Standards Institute

ŞEKİLLER ve RESİMLER LİSTESİ

Şekil 1. Kulak embriyolojisi.....	7
Şekil 2. Kulak yapıları koronal kesit.....	8
Şekil 3. İç kulak yapıları.....	12
Şekil 4. Koklea.....	14
Şekil 5. Koklea ve Korti organı.....	14
Şekil 6. Membranöz Labirent.....	15
Şekil 7. Santral işitme yolları.....	19
Şekil 8. Korti organı.....	21
Resim 1. Stereosilialar.....	23
Şekil 9. İlerleyen Dalga Modeli.....	27
Şekil 10. Hücresel yapı.....	32
Şekil 11. Baz istasyonları ağı ve sabit ağ ile etkileşimi.....	33
Şekil 12 . Elektromanyetik spektrum diagramı.....	35

TABLOLAR ve GRAFİKLER LİSTESİ

Tablo 1 Cep telefonu kullanmayan (GrupIII; Kontrol Grubu) sağ ve sol kulaklar ortalama eşik değerleri (dB)	41
Tablo 2 Cep telefonu kullanmayan (GrupIII; Kontrol Grubu) sağ ve sol kulak bütün frekans değerlerinde işitme eşik seviyeleri (dB).....	42
Tablo 3 Cep telefonunu kulaklıkla kullananlar(Grup II) Sağ ve sol kulaklar ortalama eşik değerleri (dB) ve günlük ortalama kullanım süreleri (dk).....	44
Tablo 4 Cep telefonunu kulaklıkla kullananlar (Grup II) sağ ve sol kulak bütün frekanslardaki işitme eşik seviyeleri (dB).....	48
Tablo 5 Cep telefonunu kulaklıksız olarak kullanan (Grup I) Sağ ve sol kulaklar ortalama eşik değerleri (dB) ve günlük ortalama kullanım süreleri (dk).....	51
Tablo 6 Cep telefonunu araçsız kullanan (Grup I) bütün frekanslarmsağ ve sol kulak işitme eşik seviyeleri (dB).....	55
Tablo 7. Yaş ve cinsiyetlerine göre çalışma gruplarının istatistiksel anlamı.....	58
Tablo 8. Telefon kullanımı (gün/dk)ve kullanım yönteminin işitme performansına.....	59
Tablo 9. Standart frekanslarda aynı gruptakilerin karşılaştırılması.....	59
Grafik 1. Telefonda konuşma süresinin sağ kulak işitme performansına etkisi.....	60
Grafik 2. Telefonda konuşma süresinin sol kulak işitme performansına etkisi.....	60
Grafik 3. Telefonda konuşma süresinin kullanım alışkanlığı dikkate alındığında sağ kulak işitme performansına etkisi.....	61
Grafik 4. Telefonda konuşma süresinin kullanım alışkanlığı dikkate alındığında sol kulak işitme performansına etkisi.....	61
Grafik 5. Sağ kulak için desibel. Grup, frekans ve grup x frekans etkileşiminin etkileri.....	62
Grafik 6. Sol kulak için desibel. Grup, frekans ve grup x frekans etkileşiminin etkileri.....	62

ÖZET

Cep telefonu, tüm dünyada giderek yaygınlaşan bir iletişim aracı olmuştur. Bu durum beraberinde elektromanyetik radyasyonun artışına da neden olmaktadır. Cep telefonunun işitmeye yönelik olası zararlı etkileri hakkında yeterli çalışma bulunmamaktadır.

Bu çalışmada, cep telefonu kaynaklı elektromanyetik alanın işitme üzerine potansiyel zararlı etkisinin araştırılması amaçlanmıştır. 2009-2011 yılları arasında Atatürk Üniversitesi Tıp Fakültesi Kulak Burun Boğaz polikliniğine kulak ile ilgili herhangi bir şikayeti olmayan ve başka bir nedenden ötürü başvuran hastalar çalışmaya dahil edildi. Cep telefonunu kulaklık olmadan kullanan 100 kişi (Grup I; 49 kadın, 51 erkek ve yaş ortalaması $25,34 \pm 0,49$), cep telefonunu kulaklıkla kullanan 100 kişi (Grup II; 44 kadın, 56 erkek ve yaş ortalamaları $27,48 \pm 0,49$) ve cep telefonu kullanmayan 50 kişilik kontrol grubu (Grup III; 31 kadın, 19 erkek ve yaş ortalaması $30,4 \pm 0,69$) oluşturularak sağ ve sol kulaklar ayrı ayrı odyogram ile ölçülerek değerlendirildi.

Sonuç; yaptığımız bu gruplar arası ve sağ/sol kulaklar arası karşılaştırmalı çalışmada, cep telefonunun iç kulağa zararlı etkisi olduğu hipotezimizi desteklemediği görüldü. Fakat daha fazla sayıda insanla, daha uzun süreli ve gelişen teknolojiye dayalı daha hassas yöntemlerle yapılacak çalışmalar sonucunda daha farklı bulgular elde edebilmek mümkün olabilir ve bu konudaki görüşleri değiştirebilir.

Anahtar Kelimeler: İşitme, manyetik alan, cep telefonu, odyometri

ABSTRACT

Mobile phones have now become an increasingly popular means of communication worldwide. This also implies a cause for increase in electromagnetic radiation. There are no sufficient research on potential harmful effects of mobile phones on hearing. The purpose of this study is to research the effect of mobile phone usage on hearing.

This study has been carried out on a control group consisting of individuals who applied to Otorhinolaryngology (Ear-Nose-Throat) Polyclinic, Faculty of Medicine at Ataturk University between 2009 and 2011, for various reasons. The group has included 100 people who used mobile phones without earpiece, 100 people who used mobile phones with earpiece and 50 people who did not use mobile phones. Out of the 200 hundred people who have been using mobile phones for at least 2 years; 49 females and 51 males have made up the sub-group who have been using mobile phones without earpiece, 44 females and 56 males have made up the other sub-group who have been using mobile phones with an earpiece. The last group of 50 people who have not been using mobile phones has consisted of 31 females and 19 males.

The study aims to research the potential harmful effects of mobile phone related electromagnetic field on hearing.

This comparative study we have carried out does not support the idea of harmful effects by mobile phones to inner ear. However, further studies to be carried out on larger number of people and for a longer periods of time, using more accurate techniques based on developing technology may result in different findings therefore change the views on the subject.

Keywords: Hearing, magnetic field, mobile phone, high frequency audiometry.

1. GİRİŞ ve AMAÇ

İç kulak çok çeşitli sistemik hastalıklardan, metabolik bozukluktan, dolaşım bozukluğundan, enfeksiyonlardan ve toksik maddelerden değişen oranlarda etkilenebilmekte ve çeşitli seviyelerde sensörinöral işitme kayıpları meydana gelebilmektedir. Günlük hayatta maruz kaldığımız elektromanyetik kirliliğin işitmede azalmaya sebep olup olmadığı cevap bekleyen sorular arasındadır. Bu konudaki araştırmalar devam ederken insanların bilgilendirilmesi ve alınabilecek önlemler için çaba sarf edilmesi gerekir (1).

Yüksek frekans odyometrisi çeşitli amaçlarla kullanılmış, özellikle ototoksisite, gürültü etkisi ve presbiakuziste tanı ve takipte başarılı sonuçlar vermiştir (2,3,4). Yüksek frekansa duyarlı titreşim tüylü hücreler baziller membranının bazal kısmında yer alırlar. Yapılan postmortem mikrodiseksiyon çalışmalarında da yaşlılığa bağlı koklear dejenerasyonun bu bölgeden başladığı bulunmuştur (5). Yüksek frekans odyometrisi ile koklear hasarın erken dönemde fark edilmesi mümkün olmuş ve yüksek frekans odyometrisi işitme kaybı riski taşıyan kişilerde rutin odyolojik değerlendirmede kullanılmıştır (3).

Bugüne kadar yapılmış bilimsel araştırmalar elektromanyetik alan ve dalgaların çeşitli biyolojik etkilerini göstermiştir (1). İnsan kulağının ve beyninin birkaç cm yakınında elektromanyetik alan oluşturan cep telefonları kullanılmaktadır. Doğrudan insan sağlığını etkileyip etkilemediği hemen anlaşılması zor ancak çok önemli bir sorudur. Konu şimdiden geleceğin önemli konuları arasında yer almış olup yoğun bir çalışma gerektirmektedir (6).

Cep telefonları elektromanyetik radyasyon oluşturan kaynaklardan birisidir. Mobil haberleşme; GSM (Global System for Mobile Communication- 900 MHz, 1800 MHz, 1900 MHz), DCS (Digital Cellular System-1.8GHz) hücreli mobil iletişim sistemleri ve cep telefonları yardımı ile yapılır. Bunun için de mobil telefonlarla santral arasındaki bağlantıyı kuran baz istasyonları ile telsiz ağının kurulması gerekmektedir. Telefonla baz istasyonu arasındaki mesafe ne kadar artarsa iletişim için gereken güç miktarı da o kadar artmaktadır. Cep telefonları ile konuşma sırasında elektromanyetik dalganın gücü maksimum 2W' a kadar ulaşabilmektedir (ortalama 250mW) (7,8). Cep telefonları ile arama ve aranma sırasında sinyalin

muhtemel gürültülerden ayırt edilebilmesi için dalganın gücü artar. Sonuçta arama ve aranma esnasında cep telefonunun oluşturduğu elektromanyetik alan bekleme ve konuşma esnasında oluşan elektromanyetik alandan daha büyük olmaktadır (7,8).

Elektromanyetik dalgalar canlı dokular tarafından, dalganın frekansına ve dokuya (dokuların elektriksel özellikleri birbirinden farklıdır) bağlı olarak değişen oranlarda absorbe edilirler. Dokuda oluşturduğu zarar dalganın enerjisine, doku ile yaptığı etkileşimin türüne, enerjinin ne kadarlık bölümünün doku tarafından soğurulduğuna ve süresine bağlıdır. Bu şekilde, dokunun birim kütlesinde soğurulan enerji miktarından çok, enerjinin soğurulma hızı daha önemli olabilir. Bu emilim miktarı cep telefonları için, özgül soğurma oranı olarak (SAR-W/Kg) ifade edilir ve vücudun bir kilogramının sıcaklığını bir santigrat derece yükselten elektromanyetik dalganın gücünü göstermektedir (8). Cep telefonlarının SAR değerleri birbirinden farklıdır ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından 0.1 W/Kg SAR değerinin üzerinde olan cep telefonlarının kullanılması tavsiye edilmemektedir (8).

Elektromanyetik dalga şeklinde etrafa yayılan radyasyon, biyolojik sistemleri olumsuz yönde etkilemektedir. Elektromanyetik alanlarla canlı organizmalar arasındaki etkileşim sonucu ortaya çıkan etkiler ısı ve ısı olmayan etkiler olmak üzere tanımlanırlar (9,10). Isıl olan etkiler, canlı tarafından emilen elektromanyetik enerjinin ısıya dönüşmesi ile canlı organizmaya ait hücrelerin ısısının artması ve radyasyon yoğunluğu ile ilişkilidir. Bu etki ise kan dolaşımının ısıyı dengeleme özelliği ile telafi edilebilir (11). Isıl olmayan etkiler kimyasal, biyolojik, genetik ve psikolojik etkiler olarak sayılabilir (12,13). Cep telefonlarının insan sağlığı üzerine etkileri bazı çalışmalarda incelenmiştir. Cep telefonları kulağa yakın pozisyonda konumlandırılarak kullanıldığından beyin ve kafada bulunan organlar vücudun diğer bölgelerine göre daha yüksek dozlarda radyasyona maruz kalmaktadır (7,14,15,16,17,18,19).

Bu çalışmadaki amacımız Atatürk Üniversitesi Tıp Fakültesi KBB polikliniğine başvuran kişilerde, cep telefonundan kaynaklanan elektromanyetik alanın işitme üzerine olası zararlı etkisinin araştırılması amaçlanmıştır. Verilerin analizinde SAS paket programı (versiyon 9.0, Cary, North Caroline, USA) kullanıldı. Katılımcıların yaş ve cinsiyetlerine göre grup içindeki dağılımları sırasıyla 1-yönlü varyans analizi ve ki-kare testi kullanılarak yapıldı.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Kulak Embriyolojisi

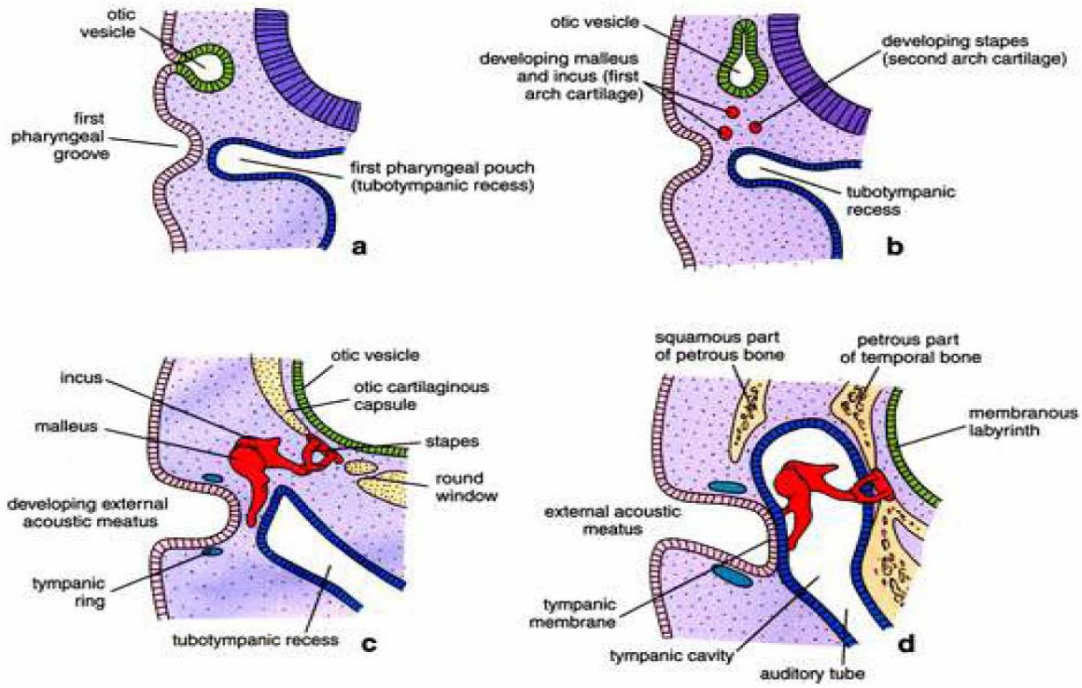
Kulağın üç parçasından en önce gelişimini tamamlayan iç kulaktır. Rhombensephalon'un her iki yanındaki ektodermden gelişir. 3. haftanın sonunda, embriyo 2-4 mm büyüklüğüne ulaştığında, yüzeyel ektodermin kalınlaşması ile lamina otica ortaya çıkar. Lamina oticadaki derin hücrelerin gelişmesi ile bu yapı kısa bir sürede içe doğru çöker. Bu şekilde nöral oluk ve iki tarafında akustiko-fasyal tümsek ortaya çıkar. Bunların birleşmesi ile iç kulak taslağı yüzey epitelden ayrılır ve bir vezikül haline gelir (Otocyst) (20).

Otik vezikül oluşurken bundan ayrılan bir hücre grubu vezikül ile rhombencephalon arasında statoakustik ganglionu yapar. 4. ve 5. haftalarda statoakustik ganglion üst ve alt olarak ikiye bölünür ve spiral ve vestibüler ganglionları yapar. Bir taraf işitme duyusu için Corti organına diğer taraf ise denge duyusu için utrikulus ve duktus semisirkularisin içine doğru ilerler. Embriyo 8 mm olduğunda vestibüler ve koklear taslaklar birbirinden ayrılır. Ventralde yeralan kısımdan corti organı ve koklea gelişir. Dorsalde kalan kısımdan ise utrikulus, kanalis semisirkularis, duktus endolenfatikus ve duktus utrikulosakkularis gelişir. Koklear kanal 6. haftada gelişmeye başlar. 7. haftada kokleanın birinci turu oluşmuştur ve 8. haftanın sonunda 2+1/2 tur tamamlanmış olur. Bu sırada koklea ile sakkulusun geri kalan kısmı arasındaki bağlantı *ductus reuniens* halini alır. Daha sonra duktus koklearisin skala vestibüliye bakan tarafı membrana vestibularis (*Reissner membranı*), skala timpaniye bakan tarafı ise membrana basillaris oluşturur (20).

Corti organının gelişmesi bazal turdan apekse doğru olur. Corti organı koklear kanalın duvarındaki hücrelerden gelişir. 22. hafta iç titrete tüylü hücreler, dış titrete tüylü hücreler, destek hücreleri ve Hensen hücreleri meydana çıkar. Akustikofasiyal ganglion üst ve alt diye ikiye ayrılır. Üstte bulunan n.vestibularisin superior dalı, altta bulunan ise inferior dalı doğar. VIII. kranial sinirin alt kısmı kalınlaşır ve koklear siniri meydana getirir. 6. haftada otik vezikülün ventral kısmından koklear kanal gelişirken, aynı anda dorsal kısmından iç kulağın denge fonksiyonundan sorumlu kısımları gelişmeye başlar. Bu devrede otokistin iç yüzeyinde endolenfatik duktus ortaya çıkar. 14 mm büyüklüğündeki bir embriyoda (6. haftada) vestibüler

parçada poşlar görölmeye başlar ve bunların periferik parçalarından yarım daire kanalları meydana gelir. 20 mm büyüklüğündeki embriyoda (7. haftada) vestibüler parça utrikül ve sakküle bölünür ve 30 mm çapındaki bir embriyoda (8. haftada) erişkin iç kulak çaplarına erişilir. 9. haftada vestibüler sistemdeki tüylü hücreler iyice şekillenir ve sinir uçları ile sinapslar yaparlar (20).

Yarım daire kanalları 6. haftada oluşmaya başlar. 7. haftada kanalların ampullalarında zar labirentteki epitelden crista ampullaris meydana gelir. 11. haftada maküladaki duysal epitel ve destek hücreleri ayrılır ve otolitler oluşur. 22. haftada gelişme tam olarak tamamlanır. Makülalar 14. ile 16. haftalar arasında gelişirler. Önce otik vezikülün iç yanı kalınlaşır ve ortak maküla oluşur. Daha sonra maküla ikiye bölünür. Üstte bulunandan utrikulus ve üst ve horizontal kanalların makülaları ve altta bulunandan sakkülus ve posterior yarım daire kanallarını meydana gelir. Membranöz labirentin geliştiği otik vezikülün etrafı başlangıçta mezenşim ile sarılıdır. Mezenşim zamanla değişerek önce kıkırdak, daha sonra da kemik labirenti (otik kapsül) yapar. Kemik labirent ile zar labirent arasında perilenfatik aralık oluşur. Membranöz otik kapsül gelişmesini tamamladıktan sonra, otik kapsül kemikleşmeye başlar. Ondört kemikleşme noktası ile kemikleşir. Bu kemikleşme noktaları aynı zamanda meydana çıkmaz. Otik kapsülün kemikleşmesi altıncı ayın sonunda tamamlanır. Modiolusun gelişmesi otik kapsülden bağımsızdır. Kıkırdak modiolus koklear kanalın iç ucu çevresindeki mezenşimden gelişir ve çevrede oluşan otik kapsül kıkırdağı ile birleşir. Kemik spiral lamina ise bazal turdan 23. haftada gelişmeye başlar (Şekil 1) (20).

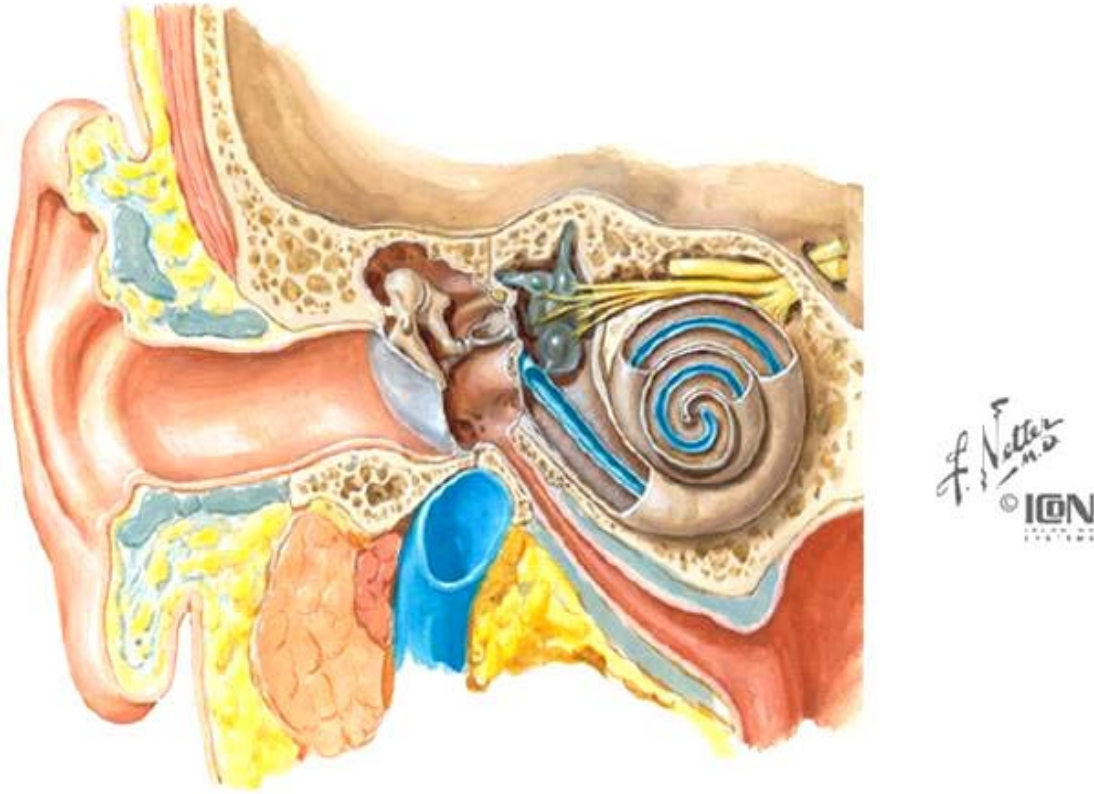


Şekil 1. Kulak embriyolojisi

2.2 Kulak Anatomisi

Kulak işitme ve denge fonksiyonlarının periferik organı olup, temporal kemik içine yerleşmiştir (Şekil 2). Görevleri ve yapı bakımından birbirinden farklı üç parçadan oluşur.

a- Dış kulak, **b-** Orta kulak, **c-** İç kulak (27).



Şekil 2. Kulak yapıları koronal kesit

Dış Kulak (Auris externa)

Dış kulak üç kısma ayrılarak incelenir; Kulak kepçesi (*auricula*), dış kulak yolu (*meatus acusticus externus*), kulak zarı (timpanik membran-TM). Kulak kepçesi, perikondrium ve deri ile örtülmüş ince elastik kartilajdan oluşan bir yapıdır. Kulak kepçesi; deri, dış kulak yolu kıkırdığı, kas ve bağlar aracılığı ile kafatasına yapışmıştır. Kulak kepçesinin beslenmesi *a. temporalis superficialis* ve *a. auricularis posterior* tarafından sağlanır. Venler ise arterlere eşlik ederek, *v. jugularise* dökülürler. Lenfatik akımı preauriküler, retroauriküler ve infraauriküler lenf düğümlerine dökülür. Kulak kepçesinin ön yüzünün duyarlılığını, V. kranial sinirin *n. auriculatemporalis* dalı sağlar. Diğer bölgeleri VII. Kranial sinir ve 2.-3. servikal sinirler inerve eder (20,21).

Dış kulak yolunun uzunluğu, kulak zarının oblik yerleşmesi nedeniyle, arka duvarda 25 mm, ön alt duvarda 31 mm'dir. DKY, kıkırdak ve kemik olmak üzere iki parçadan oluşur.

DKY'nun 1/3 dış kısmı kıkırdak, 2/3 iç kısmını kemik yapı oluşturur. Çocuklarda timpanik kemik henüz tam gelişmediği için DKY'nun kıkırdak kısmı daha uzundur. DKY'nu örten deride; ter, yağ ve serümen bezleri vardır. Kemik kısmı örten deri ise oldukça ince olup periostun üzerini örter ve bu kısım kıl yağ ve serümen bezleri içermez. Kıkırdak kısmın ön duvarında iki adet santorini fissürleri bulunur (22,23).

DKY'nun beslenmesi; eksternal karotid arterin *a. auricularis posterior* dalı ve *a. temporalis superficialis* dalı tarafından sağlanır. Venöz drenajı; *v. maxillaris* ve *v. jugularis externa* aracılığı ile *plexus pterygoideus*'a olur. Lenfatikleri anterior, posterior ve inferior auriküler lenf nodlarıdır. İnervasyonunu V. kranial sinir sağlar. Ayrıca VII., IX., X. kranial sinirler ve üçüncü servikal sinir de dal vermektedir. X. kranial sinirden gelen dal Arnold siniri adını alır ve bu sinir DKY'nun temizlenmesi sırasında öksürük refleksine neden olabilir (21,22,24).

Kulak zarı, DKY'nun sonunda yer alan ve orta kulak boşluğunu DKY'dan ayıran bir perdedir. Vertikal uzunluğu 9–10 mm, horizontal uzunluğu 8-9 mm ve ortalama kalınlığı ise 0,074 mm'dir. Dış yüzde DKY derisinin devamı olan kütanöz tabaka, iç yüzde orta kulak mukozasının devamı olan mukozal tabaka ve arada fibröz tabakadan oluşur. Kulak zarı *sulcus timpanicus* içine Gerlach halkası denen *anulus fibrosus* ile tesbit edilmiştir. Anulus fibrosus üstte tam değildir. Anterior ve posterior malleolar ligamanlarla devam eder. Kulak zarının bu ligamanların üstünde kalan gevşek kısmına *pars flaccida* (Schrapnell zar), alttaki gergin kısmına da *pars tensa* adı verilir. Pars tensa kulak zarının büyük kısmını oluşturur ve ses dalgaları ile titreşen kısım burasıdır. *Pars tensa*'da bulunan fibröz tabaka, *pars flaccida* da yoktur. *Pars tensa*, kan damarları bakımından fakirdir. Bu yüzden dış etkilere olan dayanıklılığı daha azdır. *Pars flaccida* da sinirler ve zengin bir kapiller ağ bulunur. *Pars tensa*'nın medial yüzde orta kulak boşluğu ile komşu olup, buna karşılık *pars flaccida*'nın attik bölge ile komşuluğu vardır. *Pars tensa*'nın orta kısmında, yukarıdan aşağı doğru uzanan malleusun *manibrium mallei* parçası bulunur. Kulak zarının en çukur noktasına umbo denir. Kulak zarı *a. maxillaris interna*'nın dalı olan *a. auricularis profundus* dalı ile beslenir. Membranın dış kısmı V. IX. ve X. kranial sinirler tarafından, iç kısmı ise VII. ve IX. Kranial sinirler tarafından innerve olur (20,21,25).

Orta kulak (Auris Media)

Orta kulak, kulak zarı ile kemik labirent arasında bulunan, östaki borusu aracılığı ile dış ortamlarla, aditus yolu ile mastoidin havalı boşlukları ile bağlantısı olan, mukoz membranlarla örtülü bir alandır. Ortalama hacmi 0,5 cm³ kadardır (20,23).

Orta kulak boşluğunun 6 duvarı vardır (20,23).

1- Üst duvar (*Tegmen tympani*): Epitimpanumun tavanını oluşturur ve orta kranial fossa ile komşudur.

2- Alt duvar: Hipotimpanumun tabanını oluşturur. Juguler bulbus ve juguler ven ile komşudur. Ayrıca arka kısmında stiloid çıkıntı ile komşuluğu vardır.

3- Arka duvar: Mastoid ile ilişkilidir. Arka kısmında ayrıca stapes kası ve stapes tendonunun yapıştığı *eminentia pyramidalis*, facial sinirin ikinci parçası ile çok yakın komşuluk gösterir ve hemen lateralinden *chorda tympani* siniri orta kulak boşluğuna girer. *Eminentia pyramidalis* ile *chorda tympani* arasında *recessus facialis* vardır. *Eminentia pyramidalis* medialinde *sinus tympani* bulunur. *Recessus facialis*'in arka üstünü sınırlayan *fossa incudis* içerisinde inkus kısa kolu yer alır.

4- Ön duvar: Karotis internanın yaptığı çıkıntı ile östaki borusu ve tensör timpani kası bulunur. Karotis interna, %2 vakada çıplak olarak orta kulak mukozası altından çıkar. Bu varyasyona ek olarak %20 vakada kemik duvar çok ince olabilir.

5- İç duvar: Promontoryumun yaptığı çıkıntı aracılığı ile iç kulakla komşuluk gösterir. Promontoryum üzerinde *membrana tympani secundaria* ile kaplı yuvarlak pencere ve stapes tabanının yerleştiği oval pencere vardır.

6- Dış duvar: Yukarıdan aşağı doğru scutum, kulak zarı ve hipotimpanum olmak üzere üç kısma ayrılır.

Orta kulak boşluğunda üç tane hareketli kemikçik vardır. Malleus, inkus ve stapes. Kemikçikler orta kulak boşluğunun üst ve arka kısmına yerleşmişlerdir ve bu boşluğa bağlarla tutunurlar (20).

Kemikçiklerin en büyüğü malleus adını alır. Malleus baş, boyun ve üç çıkıntıdan (*manubrium mallei*, anterior ve lateral çıkıntılar) oluşur. *Manubrium mallei* parçası ile kulak zarına yapışır. Malleusun üç adet asıcı ligamenti bulunur: anterior malleolar, lateral malleolar ve süperior malleolar ligament. İnkus, bir gövde ve iki koldan oluşur. İnkusun gövde kısmı malleus ile, uzun

kolu ise stapes ile eklem yapar. Medial ve lateral inkudomalleolar ligamanlar inkus gövdesini malleus başına bağlar. Vücudun en küçük kemiği olan stapes: baş, boyun, taban ve iki bacadan oluşur. Stapes tabanı *ligamentum annulare* ile oval pencereye sıkıca yapışır. Kemikçiklere yapışan kaslar ise tensör timpani kası ve stapes kasıdır. Tensör timpani kası kasıldığı zaman manibriumu içe ve arkaya çekerek kulak zarını tesbit eder. Stapes kas tendonu, *eminentia pyramidalis*'den çıkar ve stapesin boynuna ya da başına yapışır. Stapes kası fasial sinir tarafından innerve edilir ve kasıldığında yüksek şiddetteki seslerin iç kulağa geçişini engelleyerek koruyucu mekanizmaya yardımcı olur (21).

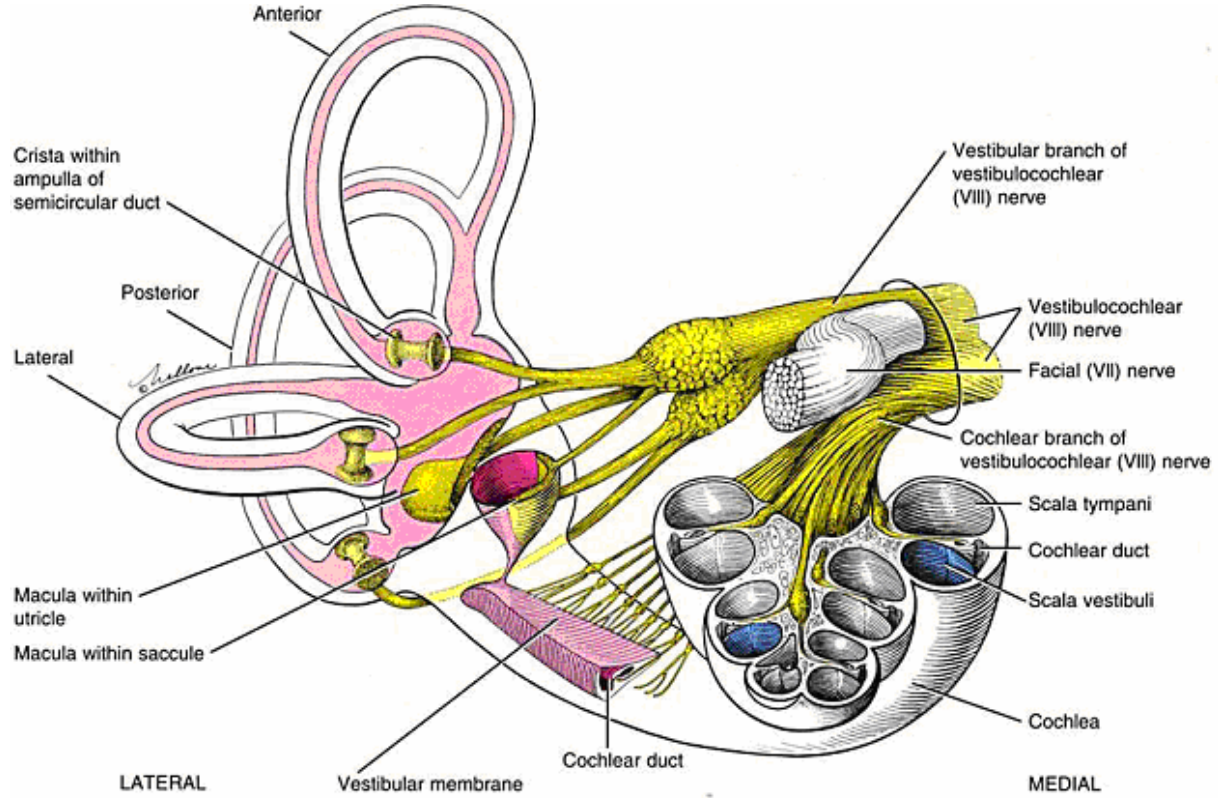
Östaki tüpü, orta kulak boşluğu ile nazofarenksi birbirine bağlayan ve nazofarenkse doğru anteroinferolateral seyir gösteren, huni şeklinde bir yapıdır. Çocuklarda daha kısa ve düz bir seyir gösterir. Orta kulak tarafında kalan posterolateral 1/3 kısmı kemik, nazofarenks tarafındaki 2/3 anteromedial kısmı ise kıkırdaktan oluşur. Östaki tüpünün açılıp kapanmasından *m. tensör veli palatini*, *m. levator veli palatini* ve *m. salpingopharyngeus* sorumludur (21).

Orta kulağın kanlanması hem internal hem eksternal karotid arterden sağlanır. Kulak zarı, malleus, inkus ve kavitenin ön bölümüne *a. maxilaris interna*'nın dalı olan *a. tympanica anterior*, arka bölgeye ve mastoid hava hücrelerine *a. auricularis posterior*'un dalı olan *a. stylomastoidea*'dan kanlanma sağlanır. İnternal karotid arterin bir dalı olan *a. caroticotympanica* ön duvarın, *a. meningia media*'dan ayrılan *a. petrosus superficialis* dalı ise fasial sinirin ve genikülat ganglionun kanlanmasını sağlar. *A. temporalis superficialis*, *a. stylomastoidea* ile pleksus oluşturarak inkudostapedial ekleme gider. Venöz drenajı; *sinüs lateralis*, *bulbus jugulare*, *sinus petrosus superior*, *plexus pterygoideus* ve *v. meningea media* ile sağlanır. Sempatik ve duyu sinirleri *n. glossofaringeus*'un dalı *n. tympanicus* (Jacobson siniri) ve *n. caroticotympanicus*'tur. Lenfatik damarları, retrofarengeal lenf nodları ve parotis içindeki lenf nodlarıdır (24,25).

İç Kulak (Auris interna)

İç kulak, işitme ve denge ile ilgili reseptörlerin bulunduğu kısımdır ve temporal kemigin petröz bölümünde yerleşmiştir (20,32). İşitme ve denge organlarını barındırır. Yuvarlak ve oval pencereler yolu ile orta kulak ile koklear ve vestibüler akuaduktuslar yolu ile kafa içi ile

bağlantılıdır. Kemik (*osseöz*) ve zar (*membranöz*) labirent olmak üzere iki kısımdan oluşur (Şekil 3) (20,23).



Şekil 3. İç kulak yapıları

Kemik (osseöz) labirent: Kemik labirenti otik kapsül adı verilen sert kompakt kemik dokusu oluşturur. Zar labirent bunun içinde yer almaktadır. Aralarında perilenf adı verilen sıvı bulunur (22,26).

Kemik labirent şu kısımlardan oluşur (22):

1. Vestibulum
2. Kemik semisirküler kanallar
3. Koklea
4. Aquaduktus vestibuli
5. Aquaduktus koklea

Zar (membranöz) labirent: Zar labirent kemik labirentin içinde aynı şekli alır. Zar labirent kemik labirenti tamamen doldurmaz. Onun ancak 1/3 kısmını doldurur.

Zar labirent şu kısımlardan oluşur (22):

1. Utrikulus
2. Sakkulus
3. Duktus semisirkularis
4. Duktus endolenfatikus
5. Duktus perilenfatikus
6. Duktus koklearis
7. Korti organı

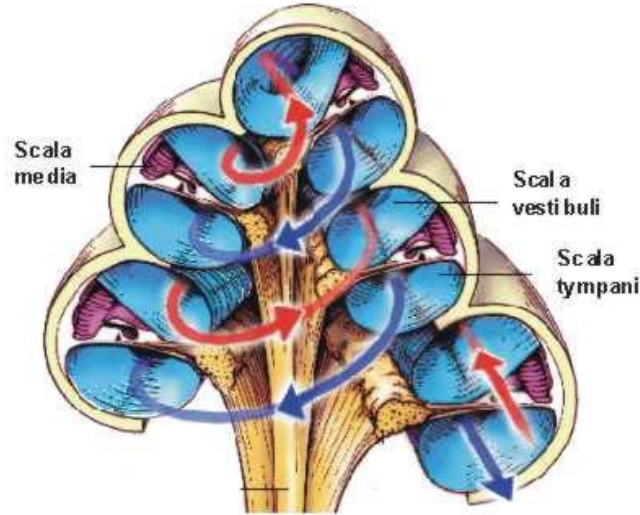
Kemik (osseöz) labirent

Vestibulum: Yaklaşık 4 mm çapında düzensiz ovoid bir kavitedir. Dış yan duvarı yuvarlak ve oval pencere aracılığıyla timpanik kaviteye; ön duvar kokleaya komşudur. Üst ve arka duvarda semisirküler kanallarla birleşir. İç yan duvarda ise ön altta *sakkulus*’un yerleştiği *sferikal resess*, arka üstte ise *utrakulus*’un yerleştiği *eliptikal resess* bulunur (22,27).

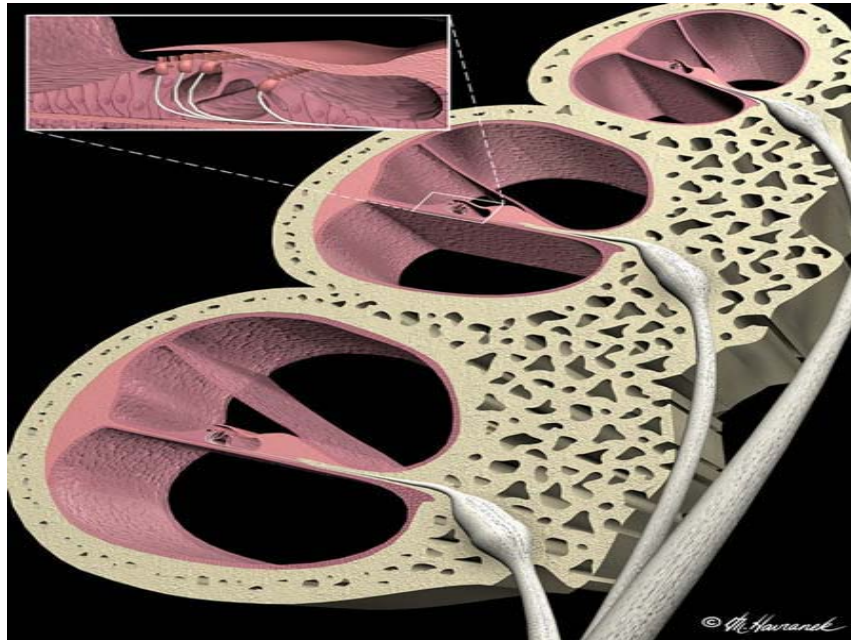
Kemik semisirküler kanallar: Süperior, posterior ve lateral olmak üzere üç adet semisirküler kanal uzayın üç ayrı düzlemine yerleşmiştir. Her biri yaklaşık olarak bir dairenin 2/3’ü kadar olan bu kanallar *vestibulum*’a açılır (22,27).

Koklea: İç kulağın ön kısmında bulunan ve şekli salyangoza benzeyen kemik bir tüptür (Sekil 4-5). *Modiolus*, *kanalis spiralis koklea* ve *lamina spiralis ossea*’dan oluşur. Modiolus, kokleanın eksenini oluşturur. Modiolus içindeki ince kanallardan koklear damarlar ve VIII. kranial sinirin lifleri geçer. Bu kanalcıkların hepsi modiolusun spiral bir şekilde olmasından dolayı modiolusun spiral kanalı adı verilen Rosenthall kanalına açılırlar. Bu kanalın içinde ganglion spirale de denilen Korti ganglionu bulunur. *Kanalis spiralis koklea*, modiolusun çevresini iki buçuk defa spiral olarak dolanan kemik bir yoldur. Bu yol, vestibulun ön alt kısmından başlar ve zirve veya kupula adı verilen kapalı bir uçla sonlanır. *Lamina spiralis ossea*, modiolustan uzanan kemik bir laminadır. Baziler membran adı verilen fibröz bir tabaka ile devam eder ve karşı duvara ulaşarak *kanalis spiralis kokleayı* ikiye böler. Vestibuluma açılan üst parçaya *skala vestibuli*, *fenestra koklea* aracılığıyla *kavum timpaniye* açılan alt parçaya *skala timpani* denir. İki skala; kokleanın tepesinde *helikotrema* denilen delikle birleşir. *Lamina spiralis ossea*’nın serbest kenarı ile *kanalis*

spiralis kokleanın dış yan duvarı arasındaki baziller membranın üzerinde, korti organı (*organum spirale*) adı verilen işitme organı bulunur (Şekil 4,5) (22,27).



Şekil 4. Koklea



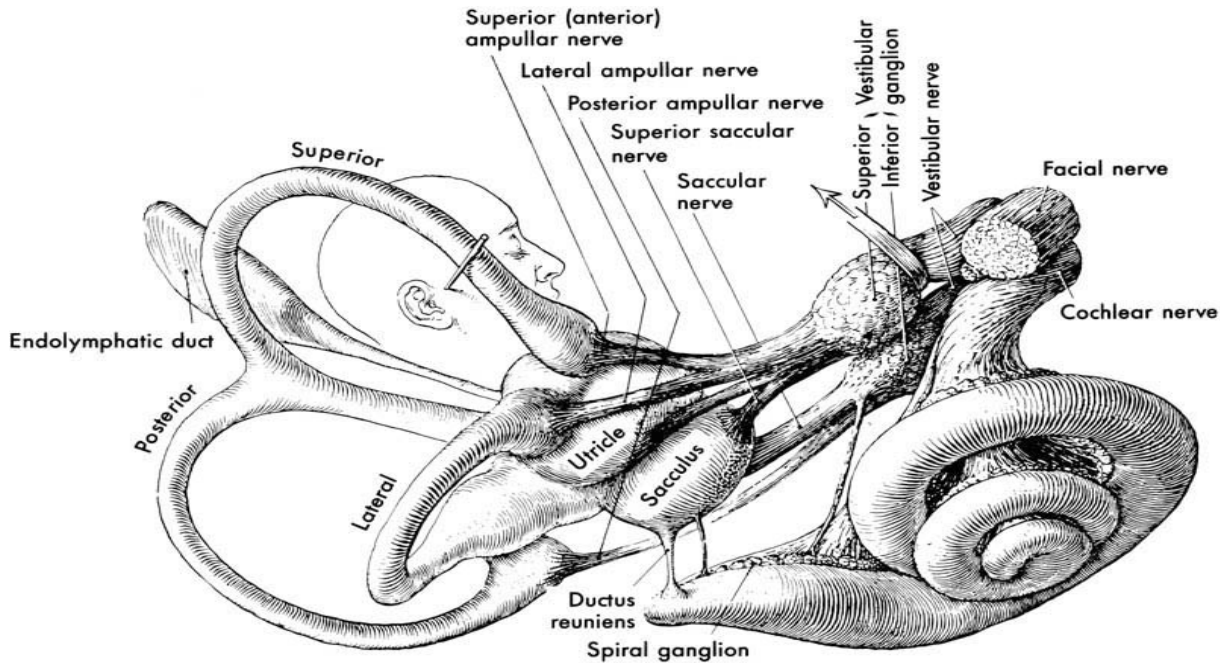
Şekil 5. Koklea ve Korti organı

Aquaduktus vestibuli: Vestibulumun iç yan duvarından başlayıp petröz kemiğin *fossa subarkuata* denilen çukurunda sonlanır. Bu kanalın içinde zar labirente ait *duktus endolenfatikus* ve onun ucunda *sakkus endolenfatikus* vardır (22,27,28).

Aquaduktus koklea: Skala timpaniden başlayıp petroz kemik alt yüzünde subaraknoidal boşluğa açılan kemik kanaldır. Bu kanal içinde *duktus perilenfatikus* ve *v. kanalikuli koklea* vardır (22,27,28).

Zar (membranöz) labirent

Utrikulus: Vestibulumun içyan duvarındaki *eliptikal reseste* bulunur. İç yan duvarında *makula utrikuli* adı verilen kısımda denge hücreleri bulunur ve buradan *n. utrikularis* başlar. Utrikulusta *duktus semisirkularis* 'lerin açıldığı bes ve *duktus utrikulosakkülaris* 'in açıldığı bir adet delik bulunur (Şekil 6) (22,27).



Şekil 6. Membranöz Labirent

Sakkulus: Vestibulumun iç yan duvarındaki *sferikal reseste* bulunur. Bunun da iç yan duvarında *makula sakkuli* adı verilen kısımda denge hücreleri vardır ve buradan *n. sakkularis* başlar. Sakkulusta bir tane *duktus utrikulosakkülaris* 'e ait, bir tane de sakkulusu *duktus koklearis* 'e bağlayan *duktus reuniense* ait iki delik vardır (22,27).

Duktus semisirkularis: Kemik semisirkuler kanalların içerisinde bulunurlar. Ancak kemik kanalların 1/5 kalınlığındadır. Diğer 4/5'lik kısmı perilenf ile doludur. Membranöz kanalların ampullaları içerisinde krista ampullaris adı verilen kabarık bölgelerde duyu epiteli mevcuttur.

Buralardan *n. ampullaris anterior*, *n. ampullaris posterior* ve *n. ampullaris lateralis* baslar. Her üç *n. ampullaris* daha sonra *n. utrikularis* ve *n. sakkularis* ile birleşerek *n. vestibularis*'i oluşturur (22,27).

Duktus endolenfatikus: *Duktus utrikulosakkularis* adlı borucuktan doğar. *Aquaduktus vestibuli* adlı kemik kanal içinde ilerler. *Fossa subarkuata*'daki *sakkus endolenfatikus* adlı şişlikte *dura mater* altında sonlanır (22,27).

Duktus perilenfatikus: *Aquaduktus koklea* içerisinde bulunur ve *skala timpani* ile subaraknoid boşluğu birleştirir. İçinde perilenf bulunur (22,27).

Duktus koklearis: İki ucu kapalı üç yüzlü bir boru şeklinde olan duktus koklearisin tepesinde bulunan kör ucuna *çekum kupulare*, taban kısmındaki kör ucuna ise *çekum vestibulare* denir. Çekum vestibulareye yakın bölümünden çıkan *duktus reuniens* aracılığıyla sakkulusa bağlanır. Duktus koklearis koklear kesitlerde üç duvarlı bir yapı olarak görülür.

a. Reissner membranı (*membrana vestibularis*): Duktus koklearisin üst duvarını oluşturur. *Skala vestibuli* ve *skala mediyayı* (*duktus koklearis*) birbirinden ayırır.

b. Ligamentum spirale koklea: Duktus koklearisin dış duvarını oluşturur. Lamina bazillarisin tutunduğu yerdeki çıkıntılı kenarına *krista bazillaris*; hemen yukarısındaki oluğa *sulkus spiralis eksternus*; bu oluşumu yukarıdan sınırlayan çıkıntıya *prominenta spiralis* denir. Dış duvar iç yüzünde stria vaskularis denilen damardan çok zengin bir tabaka mevcuttur.

c. Korti organı (*organum spirale*): Duktus koklearin içinde ve alt duvarını oluşturan lamina bazalisin iç üst bölümü üzerine oturur. Çekum kupulaya kadar uzanır (22,27).

İç Kulagın Damarları: Labirentin arter, çoğunlukla *A. cerebelli anterior inferior*'dan ayrılır ve labirenti kanlandırır. Labirentin arter, basiller arterden hatta doğrudan vertebral arterden de çıkabilir. İç kulak kanalına VIII. kranial sinirle birlikte girer ve iki ana dala ayrılır. a. *Vestibularis anterior* ve a. *cochlearis communis*. Bu dallardan, vestibülü ve kokleayı besleyecek olan dalcıklar çıkar. a. *vestibulocochlearis* ve a. *cochlearis*(26,29,30).

Vestibulokoklear ve koklear arter, koklear kanalın lateral duvarında stria vaskularis ve spiral laminada kapiller ağı oluşturarak sonlanır. Koklear arter apekse doğru ilerlerken spiral modiolar arter adını alır. Bu arter bir end arterdir ve obstrüksiyonları sağırlığa yol açabilmesinden dolayı önemlidir. Spiral modiolar arterden arterioller ayrılarak kapiller dallar verirler ve koklear beslenmeyi temin ederler (29).

Kokleada damar sistemi, segmental düzene sahiptir. Spiral kapiller sistem, sarmal yapısı nedeni ile anastomozlara olanak tanır. Özellikle bazal kıvrımda anastomozlar sıktır ve kapiller alana geçebilecek şantlar mevcuttur (30).

İç kulağın venöz dönüşü arterlerle birlikte seyreden yandaş venlerin birleşmesi yolu ile oluşan *v. labirentika* ile olur. Bu da *sinüs petrosus superior* ve *inferior*, *sinüs transversus* ve *v. jugularis interna*'ya dökülür. Lenfatik sistem endolenf ve perilenf olarak kabul edilir. Bunlarda beyin omurilik sıvısına (BOS) dökülürler (27,31).

İç kulak sinirleri: Bipolar afferent sinirlerin hücre gövdeleri Rosenthal kanalındaki spiral ganglionu oluşturur. 2 tip nöron vardır. Tip 1 nöronlar myelinlidir, tüm popülasyonun %95'ini oluşturur ve iç saçlı hücrelere dağılırlar. Tip 2 nöronlar myelinsizdir, toplamın %5'ini oluştururlar ve dış saçlı hücrelere dağılırlar. Lifler kendi myelin tabakalarını kaybettikleri yer olan habenula perforata yoluyla kemik spiral laminadan corti organına geçerler. Dış saç hücreleri için olan lifler, Deiters hücreleri arasındaki üç grup içerisinde olan spiral ve baziller membran boyunca kortinin tüneline geçerler. Terminal dallar spiral liflerden kaynaklanırlar ve çok sayıda dış saç hücrelerini inerve ederler. Bunun tersine her bir iç saç hücresi çok sayıda tip1 lifler ile inerve edilirler. Tüm sinir sonlanmaları kadeh şeklinde ve vezikülsüzdür. Granülsüz sonları ile birlikte bu afferent liflere ilaveten granüle olmuş birçok sonlanımlar hem dış saç hücreleri ile hem de afferent liflerin terminal sonlanımları ile kontakt yapacak şekilde gözlenmiştir. Bu granüle olmuş sonlar Rasmussen'nin olivokoklear demetindeki beyin kökünden kaynaklanan efferent liflerdir. Hücre gövdeleri *süperior olivary kompleks* içerisinde yerleşmiştir. Lifler inferior vestibuler sinir ile birlikte ilk olarak beyin kökünde ilerler fakat vestibulokoklear anastamoz şeklinde kokleaya girerler. İntraganglionik spiral demetlerde lifler, internal spinal demetler ile iç saç hücrelerini inerve eden afferent liflere dağılırlar. Alternatif olarak lifler korti tüneline ortasından geçerler ve iç saç hücrelerinin gövdelerine dağılırlar. Bu liflerin baskılayıcı olduğu sanılır (32).

2.3. Santral İşitme Yolları

8. sinir birkaç daldan oluşur; superior vestibüler sinir, sakküler sinir, inferior vestibüler sinir ve koklear sinir. Bu sinirler otik kapsülü değişik kanallardan geçerek iç kulak yoluna girerler ve buradan n. facialis ve n. intermedius ile birlikte seyrederek. Koklear ve vestibüler sinirlerin yaptığı olukta, fasiyal sinirle bu sinirler arasına yerleşmiştir (20).

Koklear çekirdekler: Koklear çekirdekler bütün işitme sinir lifleri için ilk konaktır. Çekirdekler pontomedüller kavşakta bulunurlar ve simetrikler (20).

Süperior olivary kompleks ve olivokoklear demet: Superior olivary kompleks, ponsun gri cevherinin hemen arkasında ve ponsun alt kısmında yerleşmiştir (20).

Lateral lemniskus: En önemli çıkan yoldur. Beyin sapının yan tarafında bulunur. Koklear çekirdekler superior olivary kompleksi inferior kollikulusa bağlar (20).

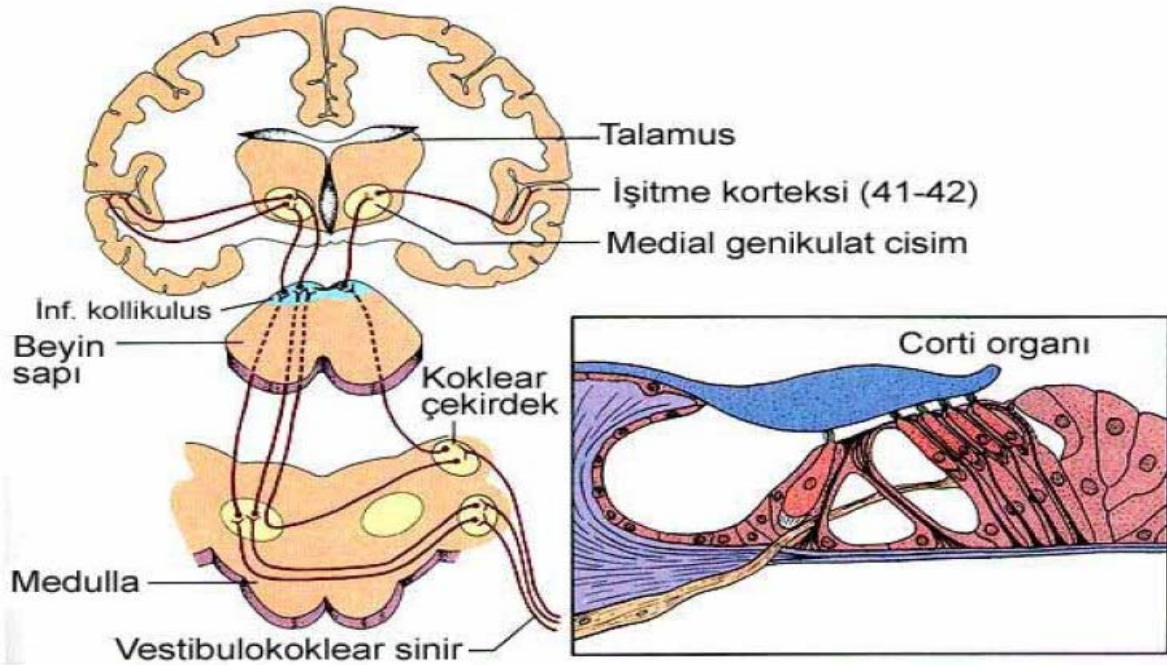
İnferior kollikulus: İki taraflıdır ve mezensefalonda yerleşmiştir. Beyin sapının tavanının bir kısmını yapar. Çıkan işitme lifleri için baslıca konağı oluşturur ve akustik bilgileri hazırlar. Alt beyin sapından gelenleri üst kısımdaki medial genikulat cisme ve işitme korteksine gönderir (20).

Medial genikulat cisim: Talamusta bulunur. İnferior kollikulus ile işitme korteksi arasında bir ara istasyondur (20).

İşitme Korteksi: Primer işitme korteksi ve ilişkili sahalar olmak üzere iki kısma ayrılır. İlişkili sahalar hem akustik hem de diğer duysal girdileri alırlar. Primer işitme korteksi Brodmann sahası adını alır ve 41-42 diye numaralandırılmıştır. Temporal lobun üst kısmında yerleşmiştir. Spesifik ve nonspesifik ilişkili sahalar ile çevrelenmiştir (20).

Korti organında oluşan uyarılar ganglion spiraledeki (Corti gaglionu) sinir hücrelerinin dendritleri tarafından algılanır. Bu sinir hücrelerinin aksonları *n.cochlearis* adını alarak bu uyarıları pontaki koklear çekirdeklere götürür. Koklear nukleuslar, ventral nukleus ve dorsal

nukleus olmak üzere iki gruptur. Ventral nukleuslar da, anteroventral koklear nukleus ve posterolateral koklear nukleus olarak ikiye ayrılır. Koklear nukleuslardan çıkan nöronlar işitme yollarının ikinci nöronunu oluştururlar. Bunların çoğu çaprazlaşarak karşı taraf *superior olivary kompleksine* giderler ve az sayıda lifler ise ipsilateral superior olivary komplekse ulaşırlar. Superior olivary kompleks, işitme yolunun ilk merkezi olarak kabul edilebilir. Buradan kalkan lifler lateral lemniskusu oluşturarak inferior kollikusa giderler. Inferior kollikulus mezensefalonda bulunur. Alt beyin sapından gelen uyarıları üst kısımdaki medial genikulat cisme ve işitme korteksine gönderir. İçerisinde 18 belli başlı hücre tipi ve işitme bakımından özel görevi olan 5 ayrı bölge vardır. Bu bölgenin işitme davranışları ile ilgili olduğu sanılmaktadır. Örneğin frekans ve şiddetin birbirinden ayrılması, gürültü ve stereo işitme gibi birtakım fonksiyonlarda görev yaptığı düşünülmektedir. Bu bakımdan inferior kollikulusun, işitsel uyarı için bir ara konak olmaktan çok daha önemli merkez olduğu kabul edilmektedir. Inferior kollikulustan kalkan lifler talamusta bulunan medial genikulat cisme, oradan da işitme korteksine giderler. İşitme korteksi, temporal lobda Sylvian yarığında (Şekil 7) (20).



Şekil 7. Santral işitme yolları

2.4. İç Kulak Histolojisi

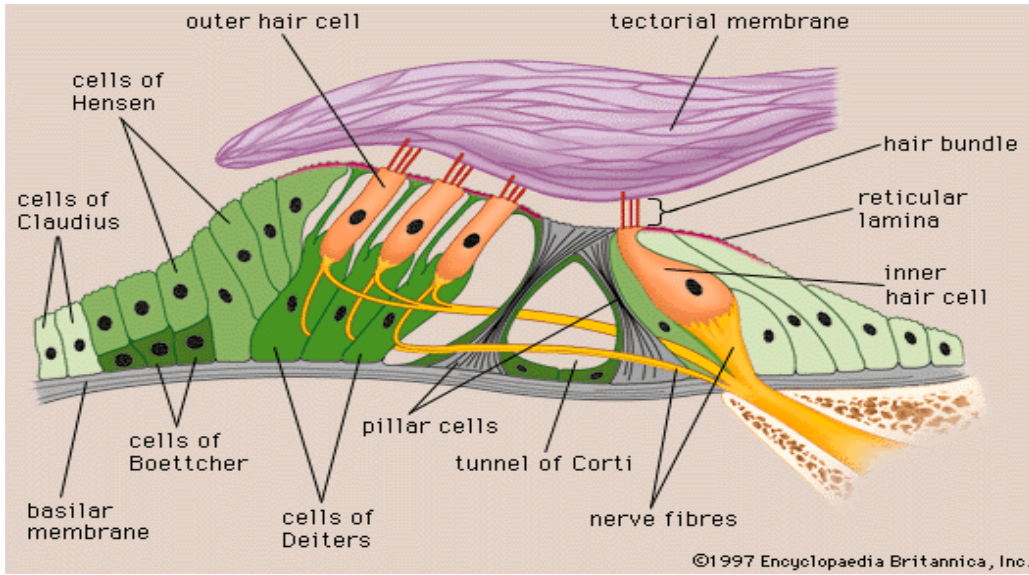
Koklea: Kokleanın en önemli ve duyuşal reseptör hücrelerinin lokalize olduğu yer olan duktus koklearis 3 bölüme ayrılır (26).

Reissner membranı: Skala vestibuli ve skala mediayı birbirinden ayıran birer sıra hücre arasına yerleşmiş ince bir bazal laminadan yapılmıştır. Endolenfe bakan hücreler küboid yapıda olup apikal mikrovilluslar içerirler. Perilenfe bakan hücreler ise gevşek biçimde birbirlerine bağı skumöz yapıya sahiptir (26).

Lateral duvar: Duktus koklearisin yan ve dış duvarını yapar. En dışta çoğunluğu tip 1 fibroblast benzeri hücrelerden oluşmuş spiral ligament bulunur. Spiral ligamentin iç tarafında ise çok katlı yassı epitelden stria vaskularis bulunur. Stria vaskularis endolenfteki yüksek potasyum, düşük sodyum iyon potansiyelini sağlayan marjinal hücreler; fagositoz yeteneğı olan intermediate hücreler; epitel ve endotelin bazal membranının birleşmesinden oluşan ve molekül geçisine izin vermeyen bazal hücrelerden oluşur. Stria vaskularis ile bazal membran arasında iyon ileten enzimler içeren çok sayıdaki tip 2 fibroblast hücrelerinden oluşmuş spiral prominens bulunur (26).

Baziller Membran: Bağ dokusundan oluşan bir membrandır. Membran boyunca genişlik bazal turdan başlayarak apikale doğru artar. Baziller membran hareketlerinin frekansa özel olması, frekans analizi ve ses şiddetinin alınabilmesi, bu sayede olmaktadır. Baziller membranın dış tarafında endolenfle temas eden kübik küçük mikrovilluslu hücrelerden oluşan ve büyük moleküllerin geçisine izin vermeyen Cladius hücreleri; Cladius hücreleri taban kısmı ile baziller membran arasına yerleşmiş, tek katlı küboid hücrelerden oluşan, fibronektin üreten ve karbonik anhidraz içerdüğinden dolayı iyon ve sıvı trasportunda etkili olan Boettcher hücreleri bulunur (26).

Korti organı: Baziller membran ve perilenfteki mekanik titreşimleri sinir liflerini uyaran elektrik akımlarına dönüştürür. Korti organı baziller membran, üzerine dayanmış destek hücreleri, spiral şeklinde dizilmiş çeşitli duyuşal hücreler ve bunların üzerini örten tektorial membrandan oluşur (Sekil 8) (20,26).



Şekil 8. Korti organı

2.4.1. Destek Hücreler

Hensen hücreleri: Korti organının yan sınırını oluşturur. Koklea apeksine doğru uzunlukları artar. Çekirdekleri sitoplâzmanın üst kısmında bulunur. Birkaç dizi halindedirler. Hensen hücreleri ile dış titreşim tüylü hücreler arasında dış korti tüneli bulunur (20,26).

Deiters hücreleri: Dış tüylü hücrelerin destekleyici hücreleridir. Baziller membrana bağlıdır. Dış titreşim tüylü hücrelerin çevresini sararlar. Sadece tabanda açıktır ve buradan da efferent ve afferent sinir lifleri dış titreşim tüylü hücrelere ulaşır. Dış titreşim tüylü hücreler ve Deiters hücreleri ve parmaklı çıkıntılarla retiküler membranın oluşmasına katkıda bulunurlar. Dış tüylü hücrelerle Deiters hücrelerinin parmaklı çıkıntıları arasında sıvı dolu boşluğa Nuel boşluğu adı verilir (20,26).

Sütun hücreleri (pillar hücreler): Dış ve iç olmak üzere iki tip pillar hücre vardır. Retiküler laminanın bazı kısımları ile korti tünelinin oluşmasına katkıda bulunurlar. Destek hücrelerinin tabanları geniş ve çekirdekleri yuvarlaktır. Aktin filamanlar ve mikrotübüllerden oluşurlar. Hücrelerin apikal uzantısı dikdörtgen biçiminde sonlanır ve retiküler laminanın oluşmasına

yardımlar eder. Ayrıca iç korti tünelinin oluşmasında katkıları vardır. Pillar hücrelerin parmaklı çıkıntıları, hem dış titreşim tüylerin ve hem de iç titreşim tüylü hücrelerin yan sınırlarını yapar (20,26).

İçsinir ve falangeal (parmaklı) hücreler: İç titreşim tüylü hücrelerle, iç sulkus hücrelerini birbirinden ayırır. İç sınır hücreleri korti organının en medial kenarını yaparlar ve membrana tectoria hücreleri ile devam ederler. İç falangeal hücreler, dış tarafta dış titreşim tüylü hücreleri birbirinden ayırırken iç tarafta iç titreşim tüylü hücrelerle iç sulkus hücrelerinin arasına yerleşir. Tabanda iç falangeal hücreler, iç titreşim tüylü hücrelerle birlikte myelinsiz sinir liflerini çevrelerler (20,26).

2.4.2. Duyusal Hücreler

Stereosilia: Bunlara sensoriyal hücreler de denir. İç ve dış saçlı hücreler, hücre iletimi için önemli olan apikal stereosilia içerirler. (Resim 1) Uzunlukları tabandan tepeye doğru ve içten dışa doğru gittikçe artar. İç saçlı hücre stereosiliası, küp şeklindeki dış saçlı hücre stereosiliasından aşağı yukarı iki kat kalındır. Stereosiliası gerçek silia olmayıp saçlı hücrelerin kutiküler tabakasından uzanan, uzun ve sert mikrovilluslardır. Stereosilialar yatay ve dikey bağlantılarla birbirlerine bağlanmışlardır. Stereosiliaların rijit yapısı, içerisindeki polarize aktin filamentlerinin aksiyel olarak bulunmasına bağlıdır. Olgun koklear saçlı hücreler, vestibüler saçlı hücrelerin aksine kinosilium içermezler. Dış saçlı hücrelerin stereosiliaları "V" veya "W" şeklinde dizilmişlerdir. Saçlı hücrelerin apikal yüzeyleri altı ya da yedi stereosilia tabakası içerir (20,26).



Resim 1. Stereosilialar

Dış saçlı hücreler: Korti organı içinde, apikal ya da bazal uçlardan Deiters hücrelerine ve bunların parmaksı çıkıntılarına bağlanır. İnsanda ortalama 13400 dış saçlı hücre vardır. Dış saçlı hücreler retikuler lamina içinde medialden laterale doğru dizilmişlerdir. Hücre uzunluğu apekse doğru artar ve 14 mikrondan 55 mikrona ulaşır. Saç hücrelerinin apikal yüzündeki parmaksı uzantılara stereosilia denir. En uzun dış saç hücrenin stereosiliası, tektorial membranın alt yüzüne bağlanır. İç plazma membranı boyunca Hensen cisimcikleri içeren yüzey altı sisternalar vardır. Bu sisternaların dış saç hücrelerinin hareketleriyle ilgili olabileceği düşünülmektedir. Deiters hücrelerinin uzantıları dış saç hücrelerinin dış ve yan tarafına bağlanır. Dış saç hücrelerinin taban sonlarında, birkaç küçük afferent sinir ucu ve 10 adet geniş vezikül dolu efferent sinir ucu vardır (26).

İç saçlı hücreler: Vestibüler saçlı hücrelere benzerler. Bu hücreler destek hücrelerinin sıkıca sardığı yassı görünümlü tek tabaka oluştururlar. İç saçlı hücrelerin taban kısmında birçok sinaptik sinir sonlanması görülür (20,26).

2.4.3. İç Sulkus: Dış kenarında spiral limbus, iç kenarında korti organı ve yukarıda tektorial membran ile sınırlı üstü açık spiral bir kanaldır. İç sulkus hücreleri Cladius hücrelerine benzerler. Hücrelerin üst yüzeylerinde mikrovilliler vardır ve hücrearası Flamanları ile birbirlerine sıkıca bağlanmışlardır (20,26).

2.4.4. Spiral Limbus: Kemik spiral laminanın iç kenarında bulunan damarsal konnektif doku tabakasıdır. En iç kenarına Reissner membranı tutunur. Dış kenarını, iç sulkus hücrelerinin

yaptığı Huschke dişi diye adlandırılan sivri bir çıkıntı oluşturur. Spiral limbusun endolenfatik yüzü tektorial membranın limbal bölümü diye adlandırılan ince ekstrasellüler matriksle örtülüdür. Spiral limbus; bağ dokusu fibroblast benzeri hücreler, damarsal elementler ve ekstrasellüler filamentler içerir (26).

2.4.5. Tektorial Membran: Spiral limbus, iç sulkus ve korti organının üzerini örten hücresiz, ekstrasellüler bir matrikstir. Temelde fibröz materyalden yapılmış ve endolenfle ıslanmış görülür. Altı bölüme ayrılır: limbal tabaka, fibröz matriks, marjinal bant, ağsı örtü, Hensen çubuğu ve Hardesty membranı. Tektorial membran korti organı seviyesinde dış saçlı hücreleri örter (26).

2.4.6. Kemiksi spiral lamina: Modiolustan baziler membranın iç kenarına kadar uzanan ince, spiral bir kemik tabakadır. Spiral laminanın içi korti organına giriş çıkış yapabilen sinir liflerinin myelinizasyonlarını kaybedip korti organına girdikleri yerdeki, habenulae perforata denilen kanallarla delinir (26).

2.5. İç Kulak fizyolojisi

İç kulak sıvıları: İç kulak sıvıları perilenf, endolenf ve kortilenf olmak üzere üç çeşittir. Perilenf BOS'tan kaynaklanmaktadır. Kimyasal olarak ekstrasellüler sıvıyı andırır, Na^+ 'dan zengin (Na^+ 140mEq/L), K^+ 'dan fakirdir. (K^+ 5,5-6,25mEq/L). Endolenf yapımında stria vaskularis rol alır. K^+ 'dan zengin (K^+ 140-160mEq/L), Na^+ 'dan fakirdir. (Na^{++} 12-16 mEq/L). Kortilenf korti tüneli ve Nuel boşluklarında bulunur. BOS'tan kemiksi spiral laminanın kanalcıkları içinde seyreden akustik sinirin lifleri boyunca gelir. Endolenfin yüksek K^+ içeriği nöral iletiyi engelleyeceği için korti tünelinin içinden geçen dış saçlı hücrelerin lifleri kimyasal olarak perilenfe benzeyen kortilenf ile sarılmıştır (24,33).

2.6. İşitme Fizyolojisi

Ses Dalgası ve Özellikleri

Ses enerjisi bir titreşimdir. Yayıldığı ortam moleküllerinin ardışık olarak sıkışmasına ve gevşemesine neden olur. Ses dalgalarının hızı, yayıldığı ortamın yapısına göre değişir. Katı

ortamlarda en hızlı, gaz ortamlarda ise en düşük hızla yayılır. Sıvı ortamlarda yayılma hızı ise ikisinin ortasındadır. Deniz seviyesinde 20°C derecelik sıcaklıktaki hava tabakasında sesin hızı 344 m/sn olarak bulunmuştur. Sıvı ortamlarda ise havaya göre 4 kat hızlı olarak yayılır (1437 m/sn). Kemikte ise yayılma hızı 3013 m/sn olarak bulunmuştur (20).

Sesin saniyedeki titreşim sayısına sesin frekansı, tonu ya da perdesi denir. Sesin frekansı saniyedeki titreşim sayısı, Hertz (Hz) ile ifade edilir. İnsan kulağı 16–20000 Hz aralarında sesleri duyar. Sesin şiddet birimi desibeldir (dB) ve insan kulağı tarafından duyulan en küçük ses şiddeti 16 dB olarak tanımlanır. Bir ortamın ses dalgalarının yayılmasına gösterdiği dirence akustik direnç ya da empedans denmektedir. Empedans, ortam moleküllerinin yoğunluğu ve esnekliği ile orantılıdır. Ses dalgaları ortam değiştirirken her iki ortamın empedansı birbirine ne kadar yakın ise yeni ortama geçen enerji miktarı da o kadar fazla olur(20).

İşitme

Atmosferde meydana gelen ses dalgalarının kulağımız tarafından toplanmasından beyindeki merkezlerde karakter ve anlam olarak algılanmasına kadar olan süreç işitme olarak adlandırılır ve işitme sistemi denen geniş bir bölgeyi ilgilendirir. Dış, orta ve iç kulak ile merkezi işitme yolları ve işitme merkezi bu sistemin parçalarıdır. İşitme birbirini izleyen bir kaç fazda gerçekleşir (20).

A) İletim (conduction) fazı: İşitmenin olabilmesi için ilk olarak ses dalgalarının atmosferden dış ve orta kulak aracılığı ile korti organına iletilmesi gereklidir. Bu mekanik olay sesin bizzat kendi enerjisi ile sağlanır (20).

Aurikula ses dalgalarının toplanmasında, dış kulak yolu da bu dalgaların timpanik membrana iletilmesinde rol oynar (34).

Sesin atmosferden korti organına iletilmesi sürecinde başın ve vücudun engelleyici, kulak kepçesi, dış kulak yolu ve orta kulağın yönlendirici ve/veya şiddetlendirici etkileri vardır. Ses dalgaları başa çarpınca yansır ya da az miktarda da olsa kırılır. Sesin geliş yönüne göre, ses dalgalarının çarptığı kulak tarafında ses dalgalarının basıncı artar aksi taraftaki kulak bölgesinde

basınç düşer. Bu sesin iki kulağa ulaşması arasında 0,6 m/sn. bir fark oluşturur ki sesin geliş yönünü bu şekilde ayırt edebiliriz (20).

Orta kulak, timpanik membrana ulaşan ses dalgalarının iç kulaktaki sıvı ortama geçmesini sağlar. Ses dalgaları orta kulaktan iç kulağa geçerken yani direnci düşük olan gaz ortamdan direnci daha yüksek olan sıvı ortama geçerken ortalama 30 dB civarın da bir enerji kaybına uğrar. Orta kulak, bu ses dalgalarındaki enerji azalmasını önlemek amacı ile empedans (direnç) denkleştirme görevi üstlenir. Orta kulağın ses yükseltici etkisi üç mekanizmayla olmaktadır (35,36).

1. Kulak zarının işitmede rol oynayan pars tensa kısmı, hem kemik anulus içine sıkıca yerleşmiştir hem de manubrium malleiye sıkı bir şekilde yapışıktır. Kulak zarı kemige sıkı bir şekilde yapıştığı için anulusta titreşemez, ince olan orta kısımda titreşir ve titreşim enerjisi yarı sabit manubrium mallei'de yoğunlaşır. Bu şekilde ses enerjisi iki katına çıkar (20,35,36,37).

2. Kemikçikler bir kaldıraç gibi etki eder. Bu kaldıraçta, manubrium mallei ve inkusun uzun kolu kaldıracın kollarını, malleus başı da destek noktasını oluşturur. Ses dalgası ile inkudomalleolar kompleks tek bir ünite gibi hareket eder. Bu şekilde kulak zarını titreştiren ve manubrium üzerinde yoğunlaşan ses enerjisi inkudo-malleolar kompleks aracılığıyla stapesin başına 1.3 kat güçlenerek ulaşmış olur (20,35,36,37).

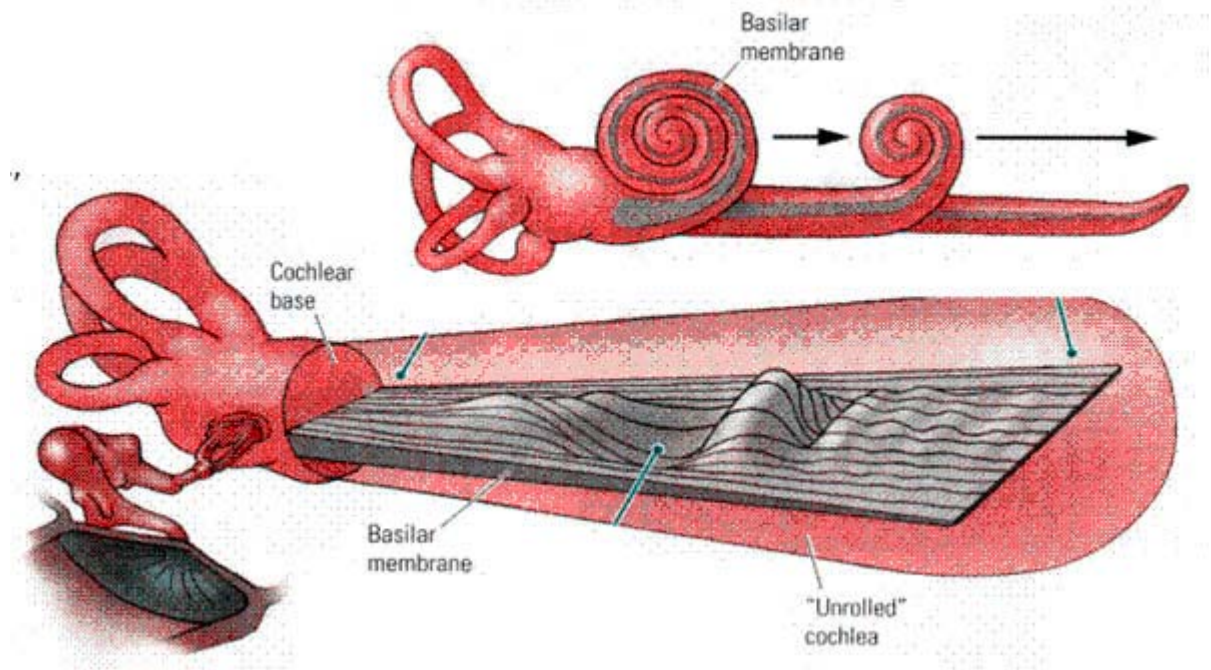
3. Kulak zarı ve stapes tabanındaki titreşim alanları arasında ki oran yaklaşık olarak 18/1 dir. Kulak zarının en periferik bölgelerinin titreşmediği düşünülürse efektif oran 14/1dir. Ses kulak zarı ile stapes tabanlarının birbirine oranı ile orantılı olarak 14 kat güçlenerek iç kulağa geçer (20,35,36,37).

B) Dönüşüm (transduction) fazı: İç kulakta frekansların periferik analizi yapılır ve corti organında ses enerjisi biyokimyasal olaylarla sinir enerjisi haline dönüştürülür(36).

Ses dalgalarının perilenfe iletilmesi: 1960 yılında Bekesy kobaylarda stroboskopik aydınlatma ile ses dalgalarının baziller membranda meydana getirdiği değişiklikleri araştırdı. Ses dalgalarının perilenfe geçmesi ile perilenf hareketlenir ve baziller membranda titreşimler meydana gelir. Bu titreşimler bazal turdan başlayarak apikal tura kadar uzanır. Bekesy bu

harekete ilerleyen dalga “travelling wave” adını vermiştir (şekil 9). Bazal membran bazal turda dar (0.12 mm), apikal turda daha geniştir (0,5 mm). Bazal turda baziller membran gergindir ve baziller membran genişliği arttıkça gerginlik giderek azalır. Bu fark nedeni ile ses dalgası, bazal turdan apikal tura kadar gezinen dalga ile götürülmüş olur. Bekesy’nin ortaya koyduğu diğer bir nokta da baziller membran amplitüdlerinin her yerde aynı olmadığıdır (31,35,36,38).

Baziller membran amplitüdü sesin frekansına göre değişiklik gösterir. Genellikle yüksek frekanslı seslerde bazal membran amplitüdüleri bazal turda en yüksektir. Buna karşılık alçak frekanslarda bazal membran amplitüdüleri apikal turda en yüksek seviyeye ulaşır (31,35,36,38).



Şekil 9. İlerleyen Dalga Modeli

Kokleada yaklaşık 3500 iç saçlı hücre (İSH) ve 13000 dış saçlı hücre (DSH) bulunmaktadır. Bu hücreler ses enerjisinin, yani mekanik enerjinin, sinir enerjisine dönüşümünde rol alırlar. En uzun dış saçlı hücre stereosiliyası tektorial membranın alt yüzüne bağlanır. Daha kısa silialar ve iç saçlı hücre stereosiliyası tektorial membranın alt yüzüne bağlı olmadığı düşünülmektedir. Bazal membrandaki yer değişimi, tektorial membran ve retiküler lamina arasındaki DSH’lerini bükerek hareketlendirir. Tektorial membran ve retiküler lamina arasındaki sıvı kayma hareketi İSH’leri hareketlendirir. Böylece İSH hız, DSH yer değiştirme algılayıcısı olarak görev görür. Her saçlı

hücrenin titreşim amplitüdünün en yüksek olduğu bir frekans vardır. Bu durum baziller membran amplitütleri için de geçerlidir (31,35,36,38).

Kokleada 3 tür elektrik potansiyeli vardır (20,36).

1. Endokoklear potansiyel: Stria vaskularis tarafından oluşturulur (31). Anoksiye ve oksidatif metabolizmayı bozan kimyasal ajanlara aşırı duyarlı olduğu için, varlığı stria vaskularisin aktif iyon pompalama sürecine bağlıdır (20,36).

2. Koklear mikrofoni: Büyük ölçüde DSH ve bunların meydana getirdiği K^+ iyonu akımına bağlıdır. Baziller membran hareketleri ve ses uyarıları ile direk ilişkilidir. DSH harabiyetinde kaybolur (20,36).

3. Sumasyon potansiyeli: İSH içindeki elektriksel potansiyelin yönlendirdiği bir akımdır. Ses uyarısına, frekansına ve şiddetine göre değişir (20,36).

C) Sinir şifresi (neural coding) fazı: İç ve dış saçlı hücrelerde meydana gelen elektriksek akım, kendisi ile ilişkili sinir liflerini uyarır. Bu şekilde sinir enerjisi frekans ve şiddetine göre corti organında kodlanmış olur (20,36).

İnsanlarda işitme siniri 30000 liften yapılmıştır. Bu liflerin %90-95'i miyelinli, bipolar ve İSH'nde sonlanan tip I nöron şeklindedir. Buna karşılık %5-10'u miyelinsiz, unipolar ve DSH'nde sonlanan tip II nöron şeklindedir. Tıpkı saçlı hücrelerde olduğu gibi her sinir lifinin duyarlı olduğu bir frekans vardır (31,34).

D) Algı (cognition) – birleştirme (association) fazı: Tek tek gelen bu sinir iletimleri, işitme merkezinde birleştirilir ve çözülür. Böylece sesin karakteri ve anlamı anlaşılır hale getirilir (37).

Spiral gangliondaki sinir hücrelerinin aksonları n. koklearis adını alarak ponstaki koklear nukleuslara ulaşırlar. Koklear nukleuslar, ventral ve dorsal olmak üzere iki gruptur. Düşük frekanslı seslerle oluşan uyarı ventral nukleusta, yüksek frekanslı seslerle oluşan uyarı dorsal nukleusta sonlanır. Bu liflerin çoğu beyin sapının karşı tarafına geçerek superior olivar komplekse katılırlar. Lifler buradan lateral lemniskus ve inferior kollikulus'a giderler. Inferior

kollikulustan çıkan lifler medial genikulat nukleus aracılığı ile temporal loptaki Sylvian fissürüne yerleşmiş işitme merkezine gelirler (34,36).

2.7. Mobil Telefon

Cep telefonu kullanımının artması yaşantımızı kolaylaştırmakla beraber yaşadığımız çevrede elektromanyetik radyasyonun artışına da sebep olmuştur. Bu artışın ise insanlar, hayvanlar, bitkiler ve elektronik cihazlar üzerinde bir takım etkileri mevcuttur. Nitekim kanser yapan maddeleri her yıl düzenli olarak özelliklerine göre gruplara ayıran Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı (IARC) da elektromanyetik alanları “muhtemel kanserojenleri” olarak bilinen 2-B grubuna almıştır. Bu grupları kısaca şöyle özetleyebiliriz (39,40).

Grup 1: İnsanlardaki kanserojenik etkisi ile ilgili yeterli delil varsa kimyasal madde bu kategoriye dahil edilir.

Grup 2: İnsanlardaki kanserojenik etkileri ile ilgili olarak elde edilen delillerin derecesi yeterli olmaya yakın ise veya insanlarda herhangi bir veri olmayıp hayvanlarda deneysel olarak kanserojenik olduğu kesin olarak gösterilmiş ise bu tip kimyasal maddeler bu kategoriye dahil edilir. Ancak bu kategori 2 alt gruba ayrılır.

Grup 2A: İnsanlardaki kanserojenik etkisi için deliller sınırlıysa, ancak hayvanlardaki deneysel çalışmalarda kanserojenik olduğuna dair yeterli delil varsa kimyasal madde bu kategoriye dahil edilir.

Grup 2B: İnsanlardaki kanserojenik etkisi için deliller sınırlıysa ve hayvanlardaki deneysel çalışmalarda kanserojenik olduğuna dair elde edilen deliller de sınırlı ve yetersiz ise ilgili kimyasal madde bu kategoriye dahil edilir.

Grup 3: İnsanlardaki kanserojenik etkisi için deliller yetersiz ise ayrıca hayvanlardaki deneysel çalışmalarda kanserojenik olduğuna dair elde edilen deliller de yetersiz ise ilgili kimyasal madde bu kategoriye dahil edilir.

Grup 4: İnsanlarda ve hayvanlarda kanserojenik etkisi olmadığına dair yeterli delil var ise ilgili kimyasal madde bu kategoriye dahil edilir (40).

İlk kez 1947'de Bell Laboratories'deki mühendislerin bulduğu mobil radyo frekanslarının etkin olarak kullanılması esasına dayanan sistem, bugünkü mobil telefon sisteminin altyapısını oluşturmuş, iletişimi coğrafi birimleri birbirine bağlayan sabit linklerin dışına çıkarmayı başarmıştır. Daha sonra söz konusu sistemin dijital teknolojiye adaptasyonu ile beraber bugün

dünyadaki en yaygın mobil sistem olan GSM sistemi (Global System for Mobile Communications- Mobil İletişim için Küresel Sistem) kullanıcıların hizmetine sunulmuştur (41). Birinci Nesil Hücreli Mobil telefon sistemleri (NMT-450, NMT-900, AMPS, TACS ve benzeri sistemler 1970'li yıllardan bugüne değin değişik teknik standartlarla hayata geçirilmiştir. İlk önce analog teknolojiye dayalı sistemler uygulamaya konulmuş, 1990'lı yıllarda ise ilk sayısal sistemlerin dizaynı yapılarak, mevcut analog mobil telefon sistemleri tamamlayıcı mahiyette, abonelere değişik seçenekleri sunabilmek üzere işletmeye alınmışlardır (42,43).

Mobil telefon sisteminde analog sistemlerden sonra ortaya çıkan dijital sistemler ikinci nesil olarak adlandırılmaktadır. Üç tane önde gelen 2. Nesil hücreli cep telefonu standardı bulunmaktadır. Bunlar; GSM, CDMA, ve DAMPS (IS-136 TDMA)'dır. İkinci jenerasyon mobil standardının kurucusu, GSM ile Batı Avrupa olmuştur. Analog sistemde olduğu gibi 10 yılda ve milyarlarca dolarlık harcamayla oluşturulabilen GSM, 1987 yılında, 30 Avrupa ülkesi tarafından standart olarak kabul edilmiştir. Bir Avrupa standardı olarak başlamasına rağmen GSM kısa sürede benimsenerek bir dünya standardı haline gelmiştir (42).

GSM teknolojisinin üzerine inşa edilen ve üçüncü nesil cep telefonu standardı olarak adlandırılan, ticari olarak piyasaya sürülen 2002-2004 yılları olan UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) sistemi veri iletişim hızı ve diğer standartları sayesinde 2. nesil sistemlerin oldukça ilerisindedir. UMTS'nin özellikleri interactive multimedia servisleri, görüntülü telefon ve video konferans gibi geniş bant uygulamaları için yeterli alt yapıyı oluşturmaktadır (42,43).

Cep telefonlarının oluşturduğu EMA'nın radyofrekans aralığı analog telefonlarda (ilk nesil) 450-900 MHz arasında, digital telefonlar (2G) 900-1800 MHz arasında kullanılırken üçüncü nesil telefonlarda (3G) ise 2000 MHz kullanılmaktadır. Üçüncü nesil telefonlarda birçok özellik vardır. Bunlar;

Wi-Fi (WLAN); WLAN kablosuz yerel alan şebekesi'nin kısaltmasıdır. Wi-Fi (Kablosuz Bağlılık), günümüzde en çok kullanılan WLAN şebekeleri olan IEEE802.11 denilen WLAN şebekesi yelpazesini belirtir. Kablosuz ve hızlı: Wi-Fi, bazı üçüncü nesil cep telefonlarında mevcuttur ve internet'e 11 Mbit (Megabit) de ya da daha hızlı bağlantı imkanı sağlar (44). Bluetooth teknolojisi cihazlar arasında kablosuz iletişim teknolojisidir. Düşük maliyetli, kısa menzilli radyo bağlantısına dayanır. Çevre birimleri ve diğer aygıtların birbirleri ile kablo

bağlantısı olmadan görüş doğrultusu dışında bile olsalar haberleşmelerine olanak sağlar. 2.4 GHz frekans bandında çalışmakta olup, ses ve veri iletimi yapabilmektedir. 721 kbit'e (kilobit) kadar veri aktarabilen bluetooth destekli cihazların etkin olduğu mesafe yaklaşık 10 ile 100 metredir. Bluetooth endüstri standardı kablosuz Wireless Personal Area Network (WPAN). Kablo bağlantısını ortadan kaldıran kısa mesafe RF teknolojisinin adıdır. Bluetooth bilgisayar, çevre birimleri ve diğer cihazların birbirleri ile kablo bağlantısı olmadan görüş doğrultusu dışında bile olsalar haberleşmelerine olanak sağlar. Ses ve veri iletimi yapabilmektedir. 721 kbps'a kadar veri aktarabilen bluetooth destekli cihazların etkin olduğu mesafe yaklaşık 10 ile 100 metredir. Bu özellikler üçüncü nesil cep telefonlarında sık görülen özelliklerdir. Bir diğer özellik (45);

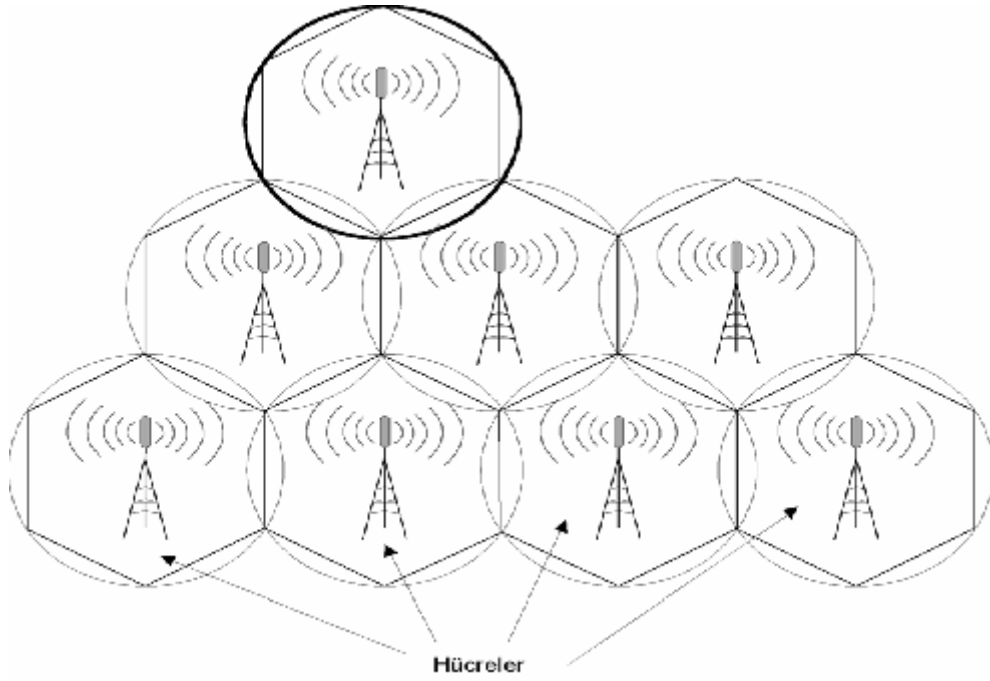
UMTS, 3G (3.jenerasyon) mobil telefon teknolojisinin bir çeşididir. 3GSM olarak da adlandırılır. 3G teknolojisiyle + GSM'in kombinasyonu. Temel olarak sunduğu GSM'e göre çok daha hızlı bir veri alışverişidir. Standart GSM'de 14.4 kbit/s. gibi rakamlardan bahsedilirken, UMTS'de 384 kbit/s. hızlardan bahsedilmektedir. Kaynağa göre, bu hız 1920 kbit/s hızlara çıkabilmektedir. Her türlü multimedya uygulamalarının mobil dünyada hayat bulmasını sağlayan bu teknoloji, 900 ve 1800MHz frekansları dışında ve daha büyük bir bant genişliğinde yayın yapılır. Karşılıklı görüntülü iletişimin sağlanabilmesi bu bant genişliği sayesinde mümkün olabilmektedir (44).

CDMA teknolojisi kablolu, yani ev ve iş yerindeki sabit telefonların sim kartsız ve kablosuz kullanılabilmesini sağlamaktadır. CDMA normal sabit telefon abonelerinin bu telefonları sim kartsız klasik cep telefonları gibi yanlarında gezdirebilmelerini ve ülkenin her yerinden kullanabilmelerini sağlayan bir sistemdir. CDMA teknoloji sayesinde yüksek hızda veri kablosuz olarak taşınabilmektedir. CDMA teknolojisini kullanarak ulaşılabilen en yüksek veri transferi 167 Gbit/s.(Gigabit) ile yapılmıştır. CDMA özellikle çok yüksek hızlarda internet bağlantılarının taşınmasında kullanılmaktadır. Bu teknoloji 4. nesil iletişim teknolojisi ismiyle de anılmaktadır (44).

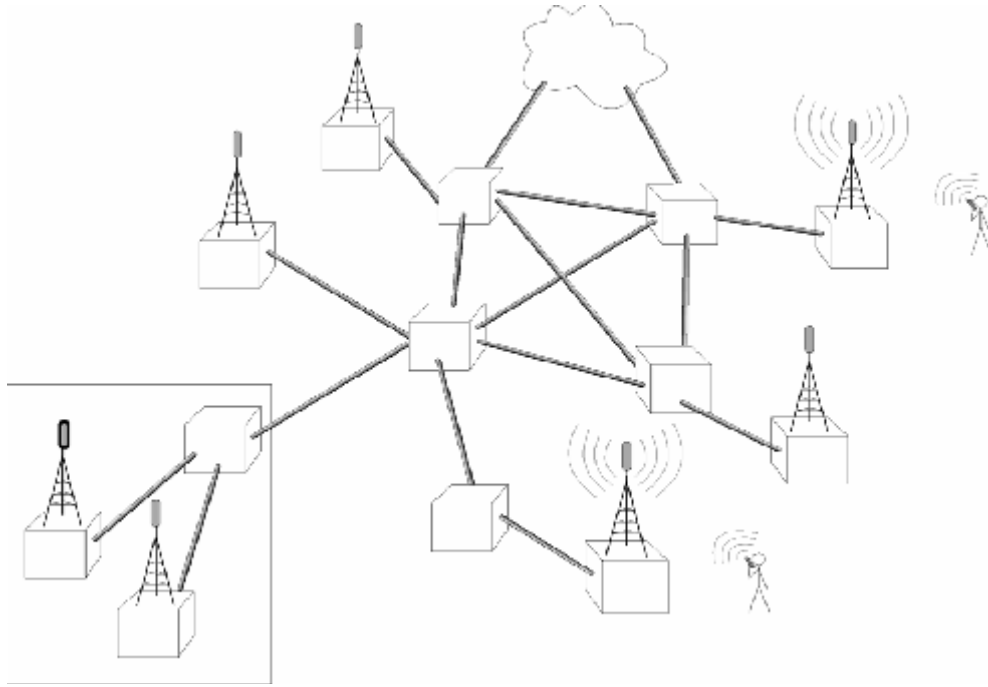
2.8. Cep telefonu Çalışma Sistemi

Mobil (gezgin) telefon sistemlerinde, haberleşmenin yapılacağı alan hücre adı verilen küçük alanlara bölünmüştür. Her hücrenin merkezinde bir baz istasyonu bulunur. Mobil telefonlar haberleşmelerini baz istasyonu üzerinden yaparlar. Baz istasyonu, iki yönlü bir mobil

ag sisteminde yayın yapan birimdir. Radyo sistemindeki bir antenden farklı olarak, baz istasyonu hem sinyal alır hem de sinyal gönderir. Yani iki antenden oluşur. Günümüzde baz istasyonları değişik yönlerde doğru değişik güçlerde yayın yapma kabiliyetine sahip olan antenler kullanılır. Baz istasyonları değişik boy ve şekillerde olabilir. Baz istasyonları birbirlerine bir ağ yapısı şeklinde bağlıdır (Şekil 10, 11) (46).



Şekil 10. Hücresel yapı (Tübitak-bülten 2001)



Şekil 11. Baz istasyonları ağı ve sabit ağ ile etkileşimi (Tübitak-bülten 2001)

2.8.1 Özgül Soğurulma Hızı, SAR (Specific Absorption Rate):

Özgül Soğurulma Hızı; SAR, elektromanyetik enerjinin vücut dokuları tarafından soğurulma hızıdır. Birimi W/kg' dır. Bugüne dek yapılan araştırmalar, insan vücudunun bir derecelik sıcaklık artışını düzenleyemediğini ve sorunlar yarattığını göstermektedir. İnsan vücudunda bir derecelik sıcaklık artışı için bir kilogram doku başına 4 W güç soğurulması gerekmektedir. İnsanların genel yaşam alanlarında bu değerin 50'de biri olan 0.08 W/kg SAR sınırı olarak kabul edilmiştir. Özgül Soğurma hızının doğrudan ölçülmesi hemen hemen olanaksızdır. Bundan dolayı sınır değerlerin belirlenmesinde kolay ölçülebilen ve gözlemlenebilen parametreler kullanılmaktadır. Bu parametreler elektrik alan şiddeti, manyetik alan şiddeti ve güç yoğunluğudur (47).

2.9. Elektromanyetik Alanlar

Elektromanyetik dalga bir radyofrekans kaynağından üretilen ve boşlukta yayılan bir alandır. Günlük yaşantımızda ne kadar sık ve uzun süreli kullandığımızın farkına bile

varmadığımız elektronik cihazlar elektromanyetik alan (EMA) yaratmaktadır. Ne zaman bir elektrik alanından elektrik akımı geçse bir manyetik alan oluşur ve ikisi bir araya gelince de bir elektromanyetik alan oluştururlar. EMA sadece bize yardımcı değildir. Dünyanın manyetik alanı pusulanın iğnesini kuzey istikametine döndürmekte ve birçok kuş ve balık türünün yolunu bulmalarına yardımcı olmaktadır (48,49).

Elektromanyetik alanlar terimi; mikrodalgalar dahil olmak üzere 0 Hz ile 300 GHz arasında frekansa sahip statik alanları, dalga boyu çok uzun (ELF, Extremely Low Frequency-Aşırı Derecede Düşük Frekans) alanlar ve Radyofrekans (RF, Radiofrequency) alanlarını kapsar (48). Elektromanyetik dalgalar (EMD) dalga boylarına, frekanslarına ve enerjilerine bağlı olarak; radyo dalgaları, mikrodalgalar, infrared ışınları, görünür ışık, ultraviyole ışınları, x ışınları, gama-ışınları ve kozmik ışınlar gibi türleri bulunmaktadır (48,50).

Baslıca radyasyon türleri; iyonlaştırıcı radyasyon ve iyonlaştırıcı olmayan radyasyon olmak üzere iki grupta toplanabilir. İyonlaştırıcı radyasyon; madde içerisinde geçerken enerjisini ortama aktarmak suretiyle, ortamdaki atomları doğrudan veya dolaylı yollarla iyonlaştıran radyasyon türüdür. Örneğin; x ve gama-ışınları ile alfa, beta ve nötron parçacıklarının yayılması gibi. Yeteri kadar enerjiye sahip olamadıkları için radyo dalgaları, mikrodalgalar, kızıl ötesi ışık, morötesi ışık (ultraviyole) ve görünür ışık iyonlaştırıcı olmayan radyasyon olarak isimlendirilirler. İyonlaştırıcı olmayan radyasyon nükleer radyasyon değildir (48,50). İyonlaştırıcı özelliğe sahip olmayan; sabit telekomünikasyon cihazları olan baz istasyonları, radyo ve televizyon vericileri ile elektrik iletim hatları, trafo merkezleri ve elektrikli ev aletlerinden (mikrodalga fırınlar, traş makinesi, saç kurutma makinesi v.b.) kaynaklanan radyasyon ise, iyonlaştırıcı olmayan radyasyon olarak ifade edilen elektromanyetik radyasyon grubunda yer alır (48,49,50).

Her elektrik akımının akmasında meydana gelen birçok iyonize olmayan EMA bulunmaktadır. EMA'lar, evlerimizdeki mikrodalga fırın, saç kurutma makinesi, evdeki elektrik tesisatımız ve uzaktan kumanda cihazları gibi birçok kaynaktan oluşabilmektedir. İş yerlerimizde bilgisayar ekranları, elektrikli sanayi fırınları, elektrik motorları ve hırsız alarmları EMA kaynakları arasında sayılabilir. Sokakta ise elektrikli tren ve tramvay kabloları, güç hatları, acil yardım servislerinin radyo antenlerinden yayılan zayıf EMA'ların yanı sıra günümüzde kablosuz şebekelerin yaygınlaşmasıyla Wireless Fidelity Cooperation in Science and Technology (Wi-Fi), Universal Mobile Telecommunications System (UMTS), Code Division Multiplex Access (CDMA) ve "Bluetooth" tipi teknolojilerden yayılan EMA'ların yağmuruna da maruz kalmaktayız (51).

Hayatımıza kattığı birçok fayda nedeniyle oldukça hızlı bir şekilde yaygınlaşan mobil telefonlar da (cep telefonu) EMA kaynaklarından biridir. Cep telefonu teknolojileri iki şekilde EMA üretmektedir: ilki; şehir, kasaba ve otoyollarımız etrafına yerleştirilen baz istasyonlarından (antenlerden), ikincisi ise görüşmelerimizi antenlere ileten telefonun kendisindedir (51).

Dünyada insan vücudu ve iyonlaştırıcı olmayan radyasyon-elektromanyetik kirlilik arasındaki ilişkiler ve etkilenmelerle ilgili çalışmalar uzun süredir devam etmektedir. Elektromanyetik alanların insan sağlığına etkileri konusunda birçok ülkede oluşturulan standart ve sınır değerlerin yanı sıra uluslararası standartlar ve sınır değerler de vardır. Uluslararası alanda ICNIRP

(International Commission on Non Ionizing Radiation Protection - Uluslararası İyonlaştırıcı Olmayan Radyasyondan Korunma Komitesi) tarafından belirlenen sınır değerler, birçok Avrupa ülkesinde ve dünyanın farklı ülkelerinde en yaygın kabul gören değerler arasındadır. ICNIRP, Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Dünya Çalışma Örgütü (ILO) tarafından resmen tanınan bağımsız bir araştırma kuruluşudur (48).

3. MATERYAL ve METOD

Bu çalışmada, cep telefonu kaynaklı elektromanyetik alanın ısıtma üzerine potansiyel zararlı etkisinin araştırılması amaçlanmıştır. 2009-2011 yılları arasında Atatürk Üniversitesi Tıp Fakültesi Kulak Burun Boğaz polikliniğine kulak ile ilgili herhangi bir şikayeti olmayan ve başka bir nedenden ötürü başvuran hastalar çalışmaya dahil edildi. Cep telefonunu kulaklık olmadan kullanan 100 kişi (Grup I); (49 kadın, 51 erkek ve yaş ortalaması $25,34 \pm 0,49$), cep telefonunu kulaklıkla kullanan 100 kişi (Grup II); (44 kadın, 56 erkek ve yaş ortalamaları $27,48 \pm 0,49$) ve cep telefonu kullanmayan 50 kişilik kontrol grubu (Grup III); (31 kadın, 19 erkek ve yaş ortalaması $30,4 \pm 0,69$) oluşturularak sağ ve sol kulaklar ayrı ayrı odyogram ile ölçüldü.

Çalışma ve kontrol grubuna rutin kulak burun boğaz muayenesi normal, 18-40 yaş arasında, özgeçmişinde sistemik hastalığı bulunmayan, ototoksik ilaç kullanımı, akustik travmaya maruziyet, geçirilmiş kulak hastalığı hikayesi olmayan, soygeçmişinde ailede kalıtsal kulak hastalığı bulunmayan, 12 saatlik açlık süresini takiben yapılan tam kan sayımı ve metabolik tetkik (karaciğer ve böbrek fonksiyon testleri, tiroid fonksiyon testleri, plazma kolesterol, trigliserid, VLDL, HDL, kan şekeri) sonuçları normal, timpanogram ve akustik refleks ölçüm sonuçları normal olan kişiler dahil edilmiştir.

Çalışma grubundakilerde telefonu kullanmaya başlama süresi, son 6 ayda cep telefonu ile günlük konuşma ortalaması ve telefonla konuşulan kulak sorgulanmıştır. Çalışma grubundakilerden cep telefonunu normal olarak kullananların %98'i sağ kulağı ile kullanmakta ve cep telefonunu kulaklıkla kullananların ise %97'si sağ kulağı ile kullanmaktadırlar.

Her üç grubun, standart (250-4000 Hertz) ve yüksek frekans (8000 Hertz) odyometrik ölçümleri, Atatürk Üniversitesi Tıp Fakültesi KBB Anabilim Dalı Odyoloji ünitesindeki MAİCO MA52 odyometri cihazı, ISO 8253-1 (1989) kriterine uygun ses geçirmez test odasında yapıldı. Timpanometrik analizler ise MAİCO MI 24 timpanometri cihazı ile yapıldı. Standart odyometre ve yüksek frekans odyometresinde elde edilen işitme eşikleri her frekans için (250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz, 8000 Hz,) ayrı ayrı kaydedildi. Bu frekanslarda ortalama işitme eşikleri belirlenerek, standart deviasyonları hesaplandı. Çalışma gruplarında sağ ve sol kulak ortalama değerleri karşılaştırıldı. Kontrol grubunda sağ ve sol

kulak ortalamaları hesaplanıp karşılaştırıldı. Ayrıca çalışma ve kontrol gruplarının aynı taraf kulakları karşılaştırıldı ve istatistiksel olarak analiz edildi.

3.1. İstatistiksel Analiz

Verilerin analizinde SAS paket programı (versiyon 9.0, Cary, North Caroline, USA) kullanıldı. Katılımcıların yaş ve cinsiyetlerine göre grup içindeki dağılımları sırasıyla 1-yönlü varyans analizi ve ki-kare testi ile saptandı. Konuşma süresinin işitme performansına etkisi 1-yönlü varyans analizi kullanılarak her iki kulak için ayrı ayrı yapıldı. Ayrıca, kullanım süresi ile işitme performansı arasında matematiksel bağıntı kurmak için regresyon yaklaşımı uygulandı. Telefon kullanımının işitme performansına etkisi, işitme performansı verileri normal dağılıma uymadığından, logaritması alındıktan sonra tespit edildi ve ortalamalar antilogaritması alınarak rapor edildi. Grup ortalamalarının karşılaştırılmasında pdiff opsiyonu kullanılarak, farklılıklar üstel harflerle gösterildi. İstatistiki anlamlılık $P < 0,05$ düzeyinde bildirildi.

4. BULGULAR

Tablo 1 ve 2’de cep telefonu kullanmayan kişilerin (Kontrol grubu, Grup III) tablo 3 ve 4’te cep telefonunu kulaklıkla kullanan kişilerin (Grup II) tablo5 ve 6’da ise cep telefonunu kulaklık olmadan kullanan kişilerin (Grup I) bulguları verildi. Tablo 7’de gruptaki kişilerin yaş ve cinsiyetleri istatistiksel olarak karşılaştırıldı ve yaş dağılımının anlamlı olarak farklı olduğu fakat cinsiyetler arasındaki farkın anlamsız olduğu görüldü.

Tablo 8’de hastaların cep telefonunu kullanma sürelerine bakıldığında ise kulaklıkla kullananların günlük ortalama $72,00 \pm 2,19$ dk, cep telefonunu kulaklık olmadan kullananların ise günlük ortalama $48,90 \pm 2,19$ dk kullandıkları ve bununda istatistiksel olarak anlamlı olduğu görüldü. Yine tablo 8’de standart frekans odyometrinin ortalamasına bakıldığında sağ kulak için; cep telefonu kullanmayanlarda $9,91 \pm 0,38$ dB, cep telefonunu kulaklıkla kullananlarda $10,50 \pm 0,19$ dB ve cep telefonunu kulaklık olmadan kullananlarda ise $10,85 \pm 0,27$ dB bulundu. Buna göre cep telefonu kullanmayanlarla kulaklık olmadan kullananlar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu, cep telefonu kullanmayanlarla kulaklıkla kullananlar arasında ve cep telefonunu kulaklık olmadan kullananlarla cep telefonunu kulaklıkla kullananlar arasında ise istatistiksel olarak bir farkın olmadığı görüldü. Sol kulak için bakıldığında ise; cep telefonu kullanmayanlarda $9,64 \pm 0,37$ dB, cep telefonunu kulaklıkla kullananlarda $9,61 \pm 0,27$ dB ve cep telefonunu kulaklık olmadan kullananlarda ise $10,38 \pm 0,26$ dB bulundu. Buna göre cep telefonu kullanmayanlarla kulaklık olmadan kullananlar arasında ve cep telefonunu kulaklık olmadan kullananlarla cep telefonunu kulaklıkla kullananlar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu, cep telefonu kullanmayanlarla kulaklıklı kullananlar arasında ise istatistiksel olarak bir farkın olmadığı görüldü.

Tablo 9’da grup içinde standart frekanslarda sağ ve sol kulaklar arası işitme farklılığına bakıldı. Cep telefonu kullanmayanlarda sağ ve sol kulaklar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadı. Fakat cep telefonunu kulaklıkla kullananlarda ve cep telefonunu kulaklık olmadan kullananlarda sağ ve sol kulaklar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulundu.

Tablo 1. Cep telefonu kullanmayan (GrupIII; Kontrol Grubu) sağ ve sol kulaklar ortalama eşik değerleri (dB)

Sıra No: Adı-Soyadı	Cinsiyet	Yaş	Sağ Kulak (dB)	Sol kulak (dB)
1 M.G.Ş	K	30	10	10
2 Ş.B	K	35	9	13
3 S.A	K	36	5	7.5
4 D.Y	K	22	5	7.5
5 S.Ç	K	19	18	17
6 H.P	K	31	8	8
7 E.M.E	K	35	12	7.5
8 S.B	K	27	11	8.5
9 N.Ö	K	34	12	11
10 F.T	K	25	7.5	10
11 S.G	K	26	6.5	8
12 S.K	K	33	13	17
13 A.T	K	28	7.5	8
14 P.K	K	26	11	8
15 F.E	K	36	6	8
16 A.K	K	30	7.5	8
17 S.D	K	29	7.5	10
18 İ.Ç	K	24	10	9.5
19 K.A	K	28	9	6.6
20 D.E	K	38	10.5	8.5
21 Ş.Ö	K	31	13	8.5
22 A.A	K	26	8.5	9.5
23 Y.C	K	28	10	11.5
24 E.O	K	30	8	9
25 S.G	K	32	16.5	9.5
26 N.D	K	35	16	9
27 E.E	K	32	11.5	13.5

28 B.Ş	K	29	9.5	10
29 B.A	K	25	7.5	10
30 H.K	K	27	13	19
31 Ö.T	K	34	9	9
32 V.S	E	36	9.5	9.9
33 İ.A	E	23	6.5	9
34 B.A	E	21	8	8.5
35 M.Y	E	32	6.5	9.5
36 K.Y	E	29	10.5	8
37 A.Ç	E	38	9.5	8.5
38 C.E.K	E	33	10	9
39 U.B	E	25	13.5	9
40 M.T	E	31	10	9
41 Ö.S	E	29	11	10
42 H.B	E	36	8.5	10.5
43 C.K	E	33	14	9.5
44 E.G	E	26	9	10.5
45 G.Ç	E	37	8	8.5
46 N.Ü	E	32	10	9
47 A.T	E	30	10	8
48 B.K	E	27	10	7.5
49E.Ö	E	29	13.5	9
50 L.K	E	34	9	9

Tablo 2 Cep telefonu kullanmayan (GrupIII; Kontrol Grubu) sağ ve sol kulak bütün frekans değerlerinde işitme eşik seviyeleri (dB)

	250	250	500	500	1000	1000	2000	2000	4000	4000	8000	8000
Sıra No: Kişi	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol
1M.G.Ş	15	9	10	11	8	10	12	5	10	14	13	14

2 Ş.B	14	20	10	20	13	20	5	5	8	7	12	15
3 S.A	5	10	5	10	5	5	5	5	5	10	5	10
4 D.Y	10	15	5	10	5	5	5	5	5	10	5	5
5 S.Ç	20	18	20	20	15	21	17	17	20	10	20	20
6 H.P	5	5	6	10	10	9	7	7	5	6	10	15
7E.M.E	15	15	20	12	13	8	9	4	6	6	10	6
8 S.B	13	7	12	9	10	8	12	5	12	12	16	13
9 N.Ö	18	20	16	17	15	13	7	5	10	9	17	14
10 F.T	11	14	9	14	9	7	5	7	7	12	6	8
11 S.G	6	12	7	9	6	8	7	6	6	13	7	8
12 S.K	14	22	15	17	12	19	15	16	14	16	21	22
13 A.T	12	8	7	10	10	8	8	7	5	7	11	14
14 P.K	12	14	18	12	11	9	7	5	8	6	10	9
15 F.E	8	13	8	9	5	8	7	9	4	10	7	8
16 A.K	9	14	6	11	7	6	8	7	9	12	8	8
17 S.D	6	7	7	10	10	7	5	5	8	8	11	13
18 İ.Ç	12	12	17	14	10	10	7	6	6	8	9	7
19 K.A	13	7	8	9	12	7	8	7	8	5	19	11
20 D.E	10	15	15	11	12	7	10	8	5	8	13	12
21 Ş.Ö	12	8	14	8	11	9	10	7	17	10	12	11
22 A.A	14	12	10	15	10	8	7	4	7	11	8	11
23 Y.C	12	21	15	18	10	17	6	5	9	6	20	19
24 E.O	9	10	9	10	8	9	9	4	6	13	10	10
25 S.G	14	10	16	12	15	10	12	5	23	11	16	13
26 N.D	14	8	17	13	15	10	13	5	19	8	18	20
27 E.E	17	20	13	20	13	17	8	7	12	10	14	13
28 B.Ş	14	13	10	13	10	10	8	6	10	11	9	8
29 B.A	7	15	9	8	8	11	7	8	6	13	10	9
30 H.K	10	25	14	18	11	18	13	20	14	20	20	21
31 Ö.T	11	10	9	9	11	10	9	6	7	11	15	13

32 V.S	14	15	15	10	9	10	7	8	7	10	10	9
33 İ.A	9	11	7	10	7	7	6	8	8	11	10	10
34 B.A	7	11	9	12	8	5	7	7	8	10	8	8
35 M.Y	8	10	6	8	9	8	6	7	5	7	9	13
36 K.Y	10	10	14	15	12	8	8	5	8	10	9	10
37 A.Ç	15	9	10	10	10	9	9	6	9	7	18	10
38 C.E.K	12	13	13	13	13	6	8	7	6	8	13	12
39 U.B	11	9	16	10	9	8	9	7	20	11	15	15
40 M.T	11	13	11	11	12	11	9	6	8	8	10	11
41 Ö.S	9	17	14	16	12	14	8	5	10	5	18	18
42 H.B	11	13	10	11	9	11	9	7	6	13	13	10
43 C.K	15	11	17	13	12	8	9	5	18	12	17	15
44 E.G	6	12	9	9	8	8	8	6	11	19	9	8
45 G.Ç	7	8	9	11	8	7	8	8	7	8	11	13
46 N.Ü	13	13	14	12	11	9	7	7	8	8	11	10
47 A.T	13	10	13	12	12	6	7	6	8	8	16	11
48 B.K	12	14	13	11	11	7	10	4	6	8	13	12
49 E.Ö	13	9	15	10	11	9	8	7	20	10	17	15
50 L.K	13	11	9	13	10	8	8	5	9	10	10	12

Tablo 3. Cep telefonunu kulaklıkla kullananlar(Grup II) Sağ ve sol kulaklar ortalama eşik değerleri (dB) ve günlük ortalama kullanım süreleri (dk)

Sıra No: Adı-Soyadı	Cinsiyet	Yaş	Sağ Kulak	Sol Kulak	Ortalama kullanım süresi (Gün/dk)
1R.B	E	32	10	9	60
2Ö.A	E	21	9	5	60
3N.G	E	33	10	12	60
4E.D	E	23	11	9	60
5H.Ç	E	28	8	10	120
6A.H.K	E	25	16	14	60
7Ş.G	E	32	11	10	30

8S.G	E	36	12.5	10	60
9H.Ş	E	21	9.5	8	90
10U.S	E	27	9	7.5	60
11B.A	E	28	9.5	10.5	120
12M.Ö	E	31	11	10	60
13C.D	E	36	8.5	10.5	90
14A.D	E	24	10.5	10	60
15F.K	E	29	13.5	8.5	60
16A.Ş	E	27	11.5	8	60
17S.E	E	33	8.5	6	90
18K.K	E	31	10	10.5	60
19S.G	E	25	9.5	11.5	60
20K.S	E	27	8	9.5	60
21Y.T	E	39	13	13.5	120
22N.A	E	21	9.5	9	90
23C.D	E	32	12.5	10.5	30
24S.T	E	25	8.5	8	60
25B.Ö.T	E	24	9.5	8.5	60
26Ö.Ö	E	29	9.5	10.5	90
27G.S	E	34	10.5	10	60
28E.A	E	36	9	10	60
29S.Ş	E	26	10	10.5	120
30V.Y	E	29	14	10.5	60
31D.B	E	20	9.5	9	30
32H.T	E	26	10.5	9.5	90
33Z.G	E	30	10	10.5	60
34S.Y	E	31	10	9.5	90
35N.K	E	31	12.5	8.5	60
36H.T	E	29	10.5	7.5	60
37T.Y	E	25	8	6.5	90

38A.G	E	27	10.5	10.5	60
39F.Y	E	23	10.5	11	60
40Y.V	E	34	8	10.5	60
41S.K	E	29	14.5	12.5	90
42Z.G	E	27	11	9	120
43S.K	E	21	13.5	11.5	60
44E.H	E	28	9.5	8	60
45G.Ç	E	30	8	6.5	90
46A.B	E	31	9	10	30
47B.R	E	29	10	9.5	60
48Ş.K	E	25	10	11.5	60
49F.G	E	36	13.5	9.5	90
50S.Ç	E	28	12.5	9.5	60
51H.K	E	26	10.5	9	120
52O.K	E	32	7.5	12	90
53E.C	E	37	9	11	60
54V.A	E	25	11	9	60
55İ.M.A	E	28	8	9	90
56Y.Ş	E	27	15	12	90
57E.A	K	22	13.5	11	30
58Ş.E	K	21	10.5	10	60
59T.T	K	31	9	7	90
60B.A	K	20	9	7.5	120
61Y.K	K	23	10	10.5	60
62S.D	K	35	11	9	60
63E.L	K	23	7.5	9	90
64Ö.M	K	27	9.5	10	120
65M.E	K	22	13	9	30
66U.G	K	34	10	9	60
67T.Ş	K	28	16	6	90

68H.V.Y	K	21	9	10.5	90
69M.K	K	24	11	8	60
70B.Ç	K	22	8	10.5	60
71R.E	K	31	15	11.5	90
72M.B	K	29	10	10	60
73İ.T	K	27	11.5	9.5	30
74C.A.V	K	33	10	7.5	90
75U.G	K	24	9	9.5	60
76Y.A	K	28	8.5	9.5	60
77A.Ö	K	20	11.5	10.5	60
78A.Ç	K	28	8	10	120
79E.D	K	31	11	10	90
80V.M	K	35	13.5	11.5	60
81K.G	K	29	10.5	11	60
82H.G	K	22	12	10.5	60
83İ.A	K	26	10	9.5	30
84A.A	K	21	10	10	90
85Ç.A.U	K	25	12.5	8.5	60
86M.T	K	27	10	9	60
87E.Y	K	23	9	6	60
88R.D	K	30	10.5	10.5	120
89F.K	K	29	11	9	90
90E.Y.Ö	K	25	8	11	60
91M.K	K	27	13	12	60
92A.I	K	21	11.5	9.5	90
93A.E.K	K	20	12.5	9.5	120
94S.Y	K	31	9	7.5	60
95E.A	K	24	9.5	7	60
96K.Y	K	26	9.5	9.5	90
97N.Y	K	29	10.5	10	30

98M.U	K	25	9	11	60
99Ş.K	K	27	10.5	10.5	120
100M.Ç	K	23	12	10	60

Tablo 4. Cep telefonunu kulaklıkla kullananlar (Grup II) sağ ve sol kulak bütün frekanslardaki işitme eşik seviyeleri (dB)

	250	250	500	500	1000	1000	2000	2000	4000	4000	8000	8000
Sıra No: Adı- Soyadı	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol
1R.B	14	9	10	10	11	10	8	6	11	10	10	10
2Ö.A	12	4	10	5	8	4	13	6	5	5	8	5
3N.G	5	5	5	8	7	18	13	10	15	12	20	20
4E.D	10	10	9	10	6	10	15	6	14	10	10	10
5H.Ç	8	9	7	15	10	10	9	10	6	5	10	8
6A.H.K	10	10	14	10	15	16	10	10	25	20	10	10
7Ş.G	15	15	20	10	10	9	9	12	5	9	9	11
8S.G	13	14	7	8	11	10	12	10	20	12	20	20
9H.Ş	11	10	12	8	10	8	8	8	8	7	10	10
10U.S	13	6	10	6	7	8	12	6	7	8	8	6
11B.A	7	7	6	7	7	16	12	8	13	11	19	18
12M.Ö	9	7	9	11	9	12	14	8	12	9	12	11
13C.D	10	9	5	15	9	11	12	9	8	7	8	10
14A.D	12	13	17	10	9	9	10	11	8	10	12	12
15F.K	15	11	11	9	12	7	12	8	19	10	18	17
16A.Ş	13	9	12	10	14	10	12	6	8	10	9	9
17S.E	14	7	11	7	7	6	14	5	6	6	8	7
18K.K	8	6	6	8	10	14	10	8	14	12	15	16
19S.G	8	8	7	9	5	20	13	7	13	10	13	10
20K.S	9	12	6	14	7	9	13	8	6	7	10	8

21Y.T	11	8	11	10	16	14	8	13	17	17	12	10
22N.A	13	14	21	9	8	10	9	9	8	8	10	13
23C.D	13	11	8	8	14	10	10	11	18	13	17	15
24S.T	13	13	10	10	9	8	8	7	7	7	11	10
25B.Ö.T	12	6	9	7	9	10	10	8	10	9	10	8
26Ö.Ö	8	9	7	7	7	15	14	8	10	12	17	16
27G.S	7	7	9	10	8	13	13	9	12	8	13	11
28E.A	10	8	7	13	9	11	12	8	8	8	9	13
29S.Ş	11	12	15	11	6	10	11	10	8	11	12	12
30V.Y	16	14	14	8	13	8	13	12	16	10	19	18
31D.B	10	8	7	9	7	13	10	8	14	6	17	16
32H.T	9	7	8	12	8	11	14	7	12	8	12	11
33Z.G	8	10	8	14	9	10	11	10	12	8	9	13
34S.Y	11	10	12	8	12	9	8	10	8	11	12	12
35N.K	13	11	10	9	14	8	12	7	14	10	15	15
36H.T	14	10	12	7	9	10	10	6	11	7	11	10
37T.Y	14	5	9	7	5	7	12	5	6	7	9	7
38A.G	6	8	7	7	10	14	11	10	12	11	19	21
39F.Y	9	8	6	12	8	13	14	7	14	12	10	8
40Y.V	9	11	9	14	9	12	8	12	6	6	12	9
41S.K	11	7	12	13	14	13	11	10	21	14	10	10
42Z.G	12	12	16	10	10	8	10	9	8	9	11	13
43S.K	14	15	10	7	9	13	14	12	21	14	21	16
44E.H	13	12	13	8	10	8	7	9	8	7	9	10
45G.Ç	12	8	8	7	6	9	11	4	7	8	10	6
46A.B	6	6	7	8	7	15	8	8	14	9	16	15
47B.R	11	8	9	13	8	11	13	7	10	7	14	12
48Ş.K	8	7	7	12	10	13	13	11	10	10	9	12
49F.G	14	9	17	12	13	8	14	9	10	9	14	12
50S.Ç	13	14	11	11	10	7	13	9	16	11	17	16

51H.K	11	11	10	13	8	10	12	6	12	7	9	10
52O.K	12	7	12	8	10	8	14	8	8	6	8	9
53E.C	7	5	7	9	7	17	12	10	10	8	21	17
54V.A	10	7	9	10	9	10	11	6	15	10	8	10
55İ.M.A	9	9	7	10	10	11	9	9	6	6	10	13
56Y.Ş	12	11	14	7	16	13	9	10	21	18	12	10
57E.A	12	17	18	10	17	9	11	13	8	12	9	11
58Ş.E	10	13	7	9	11	10	8	10	16	11	19	15
59T.T	14	11	12	8	9	8	8	6	7	6	10	10
60B.A	13	9	10	9	7	9	10	6	9	6	8	7
61Y.K	8	6	6	7	10	16	12	8	12	11	16	17
62S.D	9	7	8	8	9	11	14	9	13	8	15	12
63E.L	10	8	5	12	7	11	10	6	8	7	8	11
64Ö.M	13	12	14	10	9	9	8	11	7	10	12	12
65M.E	13	13	11	9	13	9	13	8	15	10	19	15
66U.G	13	7	10	11	9	10	10	8	11	7	10	10
67T.Ş	11	8	13	8	8	7	13	5	6	4	8	5
68H.V.Y	5	7	5	8	7	13	12	10	12	11	22	19
69M.K	12	9	9	7	10	10	12	5	13	10	10	10
70B.Ç	8	9	7	13	9	13	10	10	6	6	13	9
71R.E	11	13	14	10	13	15	10	8	23	13	10	10
72M.B	16	14	18	10	9	9	9	12	4	9	9	11
73İ.T	11	12	7	10	11	6	8	9	20	13	24	17
74C.A.V	10	7	12	7	13	8	7	8	8	7	10	10
75U.G	14	6	9	9	7	9	13	10	7	10	12	6
76Y.A	7	8	6	7	6	13	12	8	10	10	18	14
77A.Ö	8	8	11	10	9	14	14	9	12	9	12	14
78A.Ç	13	11	5	12	7	11	12	7	10	10	9	14
79E.D	13	12	15	10	10	8	11	10	8	12	14	14
80V.M	12	11	15	10	13	10	11	14	15	12	16	17

81K.G	9	10	8	9	7	14	12	10	15	11	16	18
82H.G	8	7	11	12	10	12	14	9	13	9	15	14
83İ.A	9	7	8	11	9	13	13	7	10	7	10	10
84A.A	15	13	12	10	10	9	10	10	8	11	11	12
85Ç.A.U	12	12	11	9	9	7	14	8	16	10	15	13
86M.T	13	9	11	10	11	10	8	6	10	10	14	10
87E.Y	13	8	10	6	7	7	11	6	8	5	8	7
88R.D	8	6	10	7	7	15	13	8	12	12	20	17
89F.K	10	7	9	10	6	10	16	6	13	10	13	10
90E.Y.Ö	8	9	7	15	10	10	9	13	6	6	19	8
91M.K	10	11	12	8	11	13	10	10	19	17	10	10
92A.I	14	14	15	10	13	9	8	10	10	9	11	11
93A.E.K	10	12	7	8	12	10	12	11	19	9	15	21
94S.Y	11	10	11	5	10	11	8	8	7	6	10	10
95E.A	14	6	10	6	10	8	11	6	7	8	9	8
96K.Y	9	8	6	10	7	12	12	6	13	10	17	17
97N.Y	10	7	8	11	8	12	12	9	14	8	12	11
98M.U	10	9	5	14	9	13	12	7	10	10	11	11
99Ş.K	12	11	16	11	9	8	10	12	7	11	12	11
100M.Ç	12	14	11	11	10	10	13	11	14	8	17	15

Tablo 5. Cep telefonunu kulaklıksız olarak kullanan (Grup I) Sağ ve sol kulaklar ortalama eşik değerleri (dB) ve günlük ortalama kullanım süreleri (dk)

Sıra No: Adı- soyadı:	Cinsiyet	Yaş	Sağ	Sol	Ortalama kullanım süresi (Gün /dk)
1M.K	E	23	5	9	30
2 E.A	E	26	15	15	30
3G.K	E	23	12	16.5	60
4D.Ş.B	E	26	14	11	60
5O.A	E	23	15	12.5	30
6R.Ç	E	40	10	11	30

7B.G	E	22	9	11	30
8Z.E	E	20	9	12	30
9N.A	E	33	15	12	30
10M.Y	E	20	11	8	90
11U.A	E	19	14	9	30
12İ.Ş	E	27	18	12	30
13E.D	E	28	14	12.5	60
14K.Ö	E	24	11	10	30
15C.Ş	E	19	9	11	60
16V.U	E	35	14	14	30
17T.Ö	E	22	12.5	10	30
18F.K	E	23	9	9	90
19C.C.S	E	21	12.5	11	30
20F.A	E	21	9	9	60
21M.Y	E	24	15	12.5	60
22Y.U	E	20	16	9	120
23H.K	E	21	6.5	7	30
24A.U	E	20	8.5	11	30
25B.B	E	21	9	8	30
26Y.A	E	22	11	6	120
27Z.K	E	23	7.5	6	90
28T.S	E	34	5	8	60
29S.Y	E	22	10	7.5	60
30F.D	E	26	9	11	60
31Ç.A	E	33	11	7	60
32O.B	E	20	9	11	30
33D.G	E	26	13	10	90
34E.S	E	22	9	6	30
35F.Ö	E	21	6	6	90
36B.B	E	29	8	13	30

37H.K	E	23	9	10	30
38N.B	E	37	20	14	60
39S.Ç	E	27	10	9	30
40R.Ü	E	26	10	7.5	30
41F.S	E	24	5.5	5	60
42M.A	E	20	15	17.5	30
43B.Ö	E	18	11	16	30
44E.S	E	29	9	10	30
45M.A	E	21	17	19	30
46G.Ç	E	24	5	5	60
47B.A	E	22	14	17.5	30
48Ş.M	E	24	10	10	120
49M.C	E	28	10	6	60
50V.S	E	23	6	6.5	60
51M.K	E	21	6	8	60
52N.S	K	30	7.5	5.5	60
53A.P	K	38	10	11	30
54E.Ö	K	28	15.5	9	30
55A.B	K	21	13.5	12.5	60
56N.E	K	23	6	5	30
57T.S	K	25	15	14	60
58H.Ş	K	22	9	10.5	30
59L.K	K	19	9	11.5	30
60B.S	K	19	11	8	30
61H.T	K	28	10.5	15.5	60
62A.K	K	23	6	9	60
63M.G	K	22	9	10	120
64D.D	K	22	11.5	12	60
65S.K	K	31	9.5	10.5	60
66G.H	K	22	13.5	10.5	60

67İ.B	K	38	10.5	9.5	30
68T.Y	K	24	6	7.5	30
69G.B	K	26	14	11	60
70B.D	K	20	9.5	9.5	30
71L.T	K	31	17	17	30
72E.T.Y	K	30	9	9	30
73D.S	K	27	6	5.5	30
74H.M	K	26	10	8	30
75A.Ö.A	K	24	14	17.5	120
76Z.R	K	32	15.5	12	30
77B.A.K	K	39	13	14	30
78S.A	K	21	6.5	6.5	30
79C.G	K	18	8.5	13.5	30
80F.B	K	37	8	13.5	30
81S.S	K	31	11.5	6.5	60
82V.B	K	28	12.5	13.5	60
83O.K	K	24	12	10	30
84B.E	K	21	10	6	30
85Z.B	K	19	17.5	11.5	60
86Ü.Ö	K	29	10	10	30
87F.R	K	23	9.5	9	60
88Ç.G	K	22	9	11.5	60
89G.Y	K	32	6	7.5	30
90B.T	K	31	9	10	60
91A.K	K	39	16	8.5	60
92H.B	K	23	10	6.5	30
93M.S	K	20	14.5	12	60
94Ü.A	K	30	15	17.5	30
95A.Ç	K	27	9	11	30
96T.A	K	26	6	6	60

97İ.A	K	23	15	12	90
98O.A	K	34	12.5	14	60
99R.B	K	22	17.5	10	60
100N.G	K	18	9	11	30

Tablo 6. Cep telefonunu araçsız kullanan (Grup I) bütün frekanslarmsağ ve sol kulak işitme eşik seviyeleri (dB)

	250	250	500	500	1000	1000	2000	2000	4000	4000	8000	8000
1M.K	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol
2 E.A	10	10	8	10	4	9	4	9	4	8	15	20
3G.K	25	10	15	15	10	10	15	10	20	15	16	10
4D.Ş.B	15	20	12	18	13	14	13	14	10	10	10	13
5O.A	14	10	15	10	11	14	14	8	16	12	10	10
6R.Ç	20	14	15	20	15	9	15	11	15	10	15	10
7B.G	18	10	10	10	11	12	7	13	12	9	20	14
8Z.E	10	13	10	13	9	10	7	11	10	10	11	10
9N.A	14	14	8	14	9	14	9	11	10	9	8	8
10M.Y	19	10	16	13	14	10	20	11	10	14	16	14
11U.A	9	8	9	5	10	9	14	10	11	8	10	8
12İ.Ş	18	14	16	7	20	14	13	9	7	6	11	10
13E.D	16	11	16	14	20	13	25	11	11	10	24	20
14K.Ö	14	13	15	14	19	20	12	9	10	7	10	9
15C.Ş	21	20	14	10	10	9	10	11	10	10	10	17
16V.U	12	22	10	10	10	11	10	15	6	8	8	8
17T.Ö	17	15	13	14	15	15	18	18	10	9	13	14
18F.K	13	10	13	11	14	9	8	10	15	10	10	10
19C.C.S	16	20	14	13	7	8	9	5	6	10	6	10
20F.A	15	19	20	16	12	9	8	11	10	8	14	10
21M.Y	8	6	6	8	6	10	8	7	16	11	10	11
22Y.U	10	10	10	10	15	11	15	9	20	20	11	12
23H.K	14	10	9	11	20	7	14	10	21	8	15	8

24A.U	7	13	5	13	5	6	7	4	5	5	5	5
25B.B	16	8	7	10	7	8	9	10	11	16	10	8
26Y.A	8	15	8	10	8	6	10	7	10	9	17	8
27Z.K	13	10	14	8	10	5	11	7	9	4	10	6
28T.S	13	13	10	8	8	6	5	5	7	5	8	10
29S.Y	8	10	5	8	4	10	4	6	7	8	20	20
30F.D	10	10	10	6	8	8	8	7	14	9	9	7
31Ç.A	9	11	10	9	7	8	8	9	11	18	10	10
32O.B	8	7	10	9	9	5	11	4	14	10	8	7
33D.G	9	8	9	8	10	11	7	7	10	18	14	18
34E.S	25	10	24	8	13	9	8	8	7	15	7	10
35F.Ö	7	6	9	7	8	4	8	6	11	7	10	11
36B.B	6	6	5	6	5	6	8	5	6	7	5	7
37H.K	10	10	10	11	6	13	7	10	9	18	18	23
38N.B	14	13	15	17	9	11	7	5	5	7	19	10
39S.Ç	10	10	16	15	10	16	20	11	24	14	20	13
40R.Ü	13	12	13	10	12	10	8	6	7	10	10	8
41F.S	10	9	10	6	7	10	11	6	12	8	7	10
42M.A	8	9	5	6	5	4	6	5	6	5	10	11
43B.Ö	20	14	10	18	18	16	14	20	18	16	17	22
44E.S	16	15	16	14	10	11	10	20	8	19	9	17
45M.A	12	10	10	9	6	8	6	8	14	15	16	13
46G.Ç	8	8	14	14	15	20	21	18	18	20	20	15
47B.A	6	6	7	6	4	5	4	4	5	5	6	6
48Ş.M	14	10	13	20	19	23	12	17	12	10	11	8
49M.C	12	10	11	9	10	12	11	9	8	10	13	10
50V.S	18	8	10	10	8	5	11	5	11	4	9	14
51M.K	7	6	6	7	5	6	7	7	6	6	6	8
52N.S	10	11	10	8	7	10	11	6	12	8	7	10
53A.P	14	13	10	6	8	6	5	5	7	5	8	10

54E.Ö	14	10	10	11	11	12	7	13	12	8	20	14
55A.B	15	10	9	10	18	7	14	10	21	9	15	8
56N.E	14	13	15	14	17	20	12	9	10	7	10	7
57T.S	6	6	7	6	8	5	4	4	5	5	6	5
58H.Ş	25	10	15	15	10	9	15	10	20	14	14	13
59L.K	14	13	15	17	9	13	7	5	5	7	18	10
60B.S	9	11	10	9	7	9	8	10	11	18	12	10
61H.T	9	8	9	5	10	8	14	10	11	9	9	8
62A.K	16	15	16	14	10	11	8	20	8	17	11	17
63M.G	10	10	8	10	4	9	8	9	4	8	15	20
64D.D	16	8	7	10	7	8	11	10	11	12	10	8
65S.K	15	19	20	16	12	9	7	11	9	12	14	10
66G.H	12	10	11	9	10	12	10	11	7	10	13	10
67İ.B	25	10	24	8	13	9	8	10	9	15	7	10
68T.Y	21	20	14	10	10	9	10	9	8	10	10	17
69G.B	7	13	5	13	5	6	7	6	7	5	5	5
70B.D	14	10	15	10	11	14	14	8	16	12	10	10
71L.T	16	20	14	13	7	8	9	6	8	11	6	10
72E.T.Y	9	8	14	14	15	20	21	14	18	20	20	15
73D.S	7	13	8	10	8	6	10	6	10	10	17	8
74H.M	8	11	5	6	5	4	9	7	5	5	10	11
75A.Ö.A	10	12	10	6	8	8	8	8	14	10	9	7
76Z.R	14	9	13	20	19	23	12	16	12	11	11	8
77B.A.K	10	9	12	10	15	11	15	7	20	20	11	12
78S.A	17	15	11	14	15	15	16	19	10	8	13	14
79C.G	5	6	8	7	5	6	7	7	6	6	6	8
80F.B	14	14	6	11	9	14	9	11	10	9	8	8
81S.S	10	10	10	13	6	13	7	10	9	18	18	23
82V.B	13	10	14	9	9	6	14	7	9	4	10	6
83O.K	15	20	12	18	14	12	13	14	11	10	10	13

84B.E	8	7	10	9	12	6	12	4	14	11	8	7
85Z.B	18	10	10	10	8	5	11	5	11	4	9	14
86Ü.Ö	16	11	16	14	17	11	25	11	12	10	24	20
87F.R	13	12	13	11	12	13	8	6	7	10	10	8
88Ç.G	8	6	6	7	6	10	10	7	16	12	10	11
89G.Y	10	13	10	12	9	12	6	12	11	10	11	10
90B.T	8	10	6	8	4	8	6	6	8	8	20	20
91A.K	12	10	10	8	6	8	6	10	14	14	16	13
92H.B	18	14	14	7	20	14	13	7	7	6	11	10
93M.S	7	6	12	7	8	4	8	8	12	7	10	11
94Ü.A	20	14	13	20	15	9	15	9	15	10	15	10
95A.Ç	17	11	10	18	18	16	14	20	18	16	17	22
96T.A	14	20	10	10	10	11	10	15	6	8	8	8
97İ.A	7	7	5	6	5	6	8	5	6	7	5	7
98O.A	15	10	16	13	14	10	20	11	10	14	16	14
99R.B	13	8	16	15	10	16	20	11	24	14	20	13
100N.G	11	7	13	11	14	9	8	10	15	10	10	10
1M.K	12	11	9	8	10	11	7	7	10	18	14	18

Tablo 7. Yaş ve cinsiyetlerine göre çalışma gruplarının istatistiksel anlamı*

Parametre	Gruplar			İstatistiksel Anlamlılık
	Kullanmayan (Grup III)	Kulaklık olmadan Kullanan (Grup I)	Kulaklıklı Kullanan (Grup II)	
Yaş	30,04 ± 0,69 ^a	25,34 ± 0,49 ^c	27,48 ± 0,49 ^b	$P < 0,0001$
Cinsiyet				
Erkek	19/126 (%15,08)	51/126 (%40,48)	56/126 (%44,44)	$P < 0,11$
Kadın	31/124 (%25,00)	49/124 (%39,52)	44/124 (%35,48)	$P < 0,11$

* Aynı satırdaki farklı üstel harfler grup ortalamaları aralarındaki farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olduğunu belirtmektedir ($p < 0.05$).

ANOVA testi.

Tablo 8. Telefon kullanımı (gün/dk)ve kullanım yönteminin işitme performansına etkisi.*

Parametre	Gruplar			İstatistiksel Anlamlılık
	Kullanmayan	Kulaklık olmadan Kullanan	Kulaklıklı Kullanan	
Süre ¹	0 ^c	48,90 ± 2,19 ^b	72,00 ± 2,19 ^a	$P < 0,0001$
İşitme ¹				
Sağ	9,91 ± 0,38 ^b	10,85 ± 0,27 ^a	10,50±0,19 ^{ab}	$P < 0,06$
Sol	9,64 ± 0,37 ^b	10,38 ± 0,26 ^a	9,61 ± 0,27 ^b	$P < 0,08$

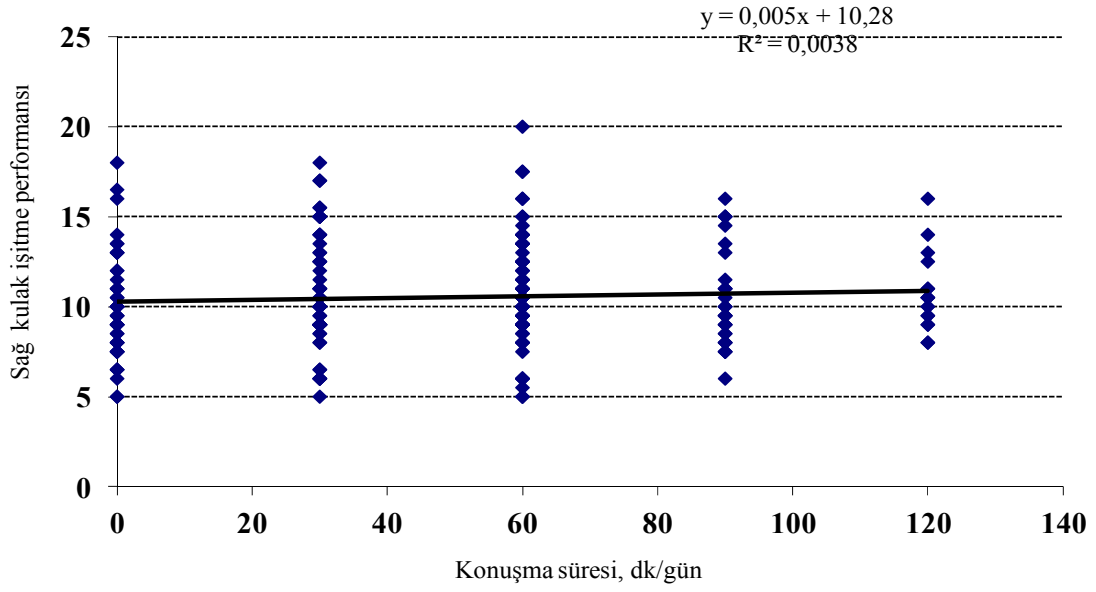
* Aynı satırdaki farklı üstel harfler grup ortalamaları aralarındaki farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olduğunu belirtmektedir ($p < 0.05$).

¹ANOVA testi.

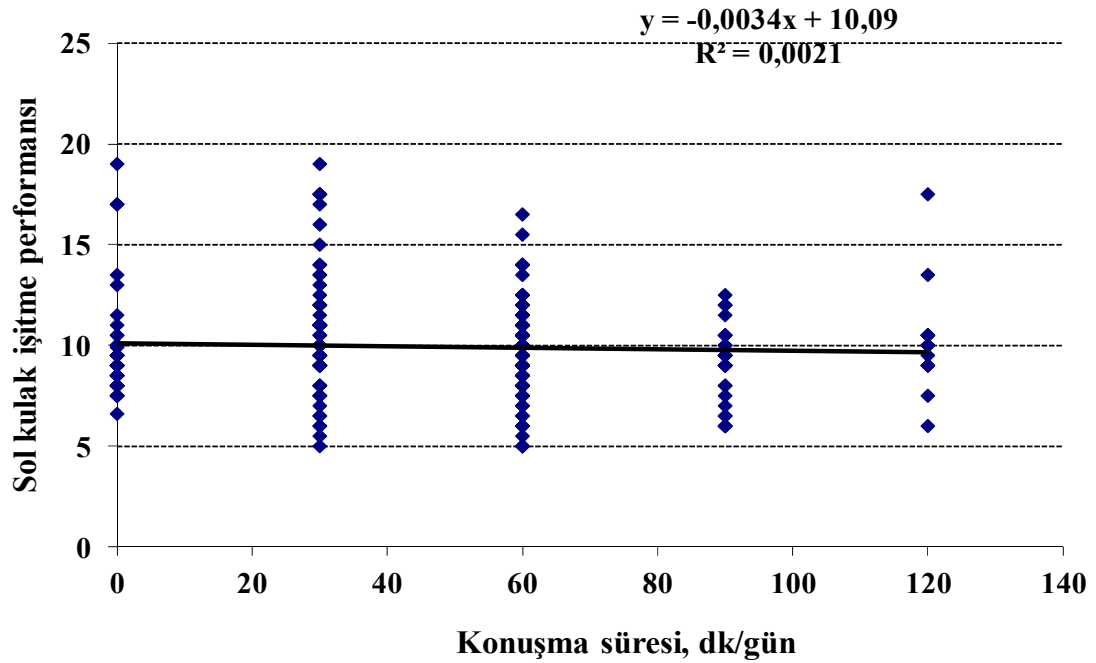
Tablo 9. Standart frekanslarda aynı gruptakilerin karşılaştırılması

	Sağ	sol	fark	t	p
Kullanmayan	9,91 ±3,8 ^a	9,64±0,37 ^a	0,02±4,06	0,08	0,94
Kulaklıkla Kullanan	10,50±0,19 ^a	9,61±0,27 ^b	1,05±3,77	5,75	0,001
Kulaklık olmadan Kullanan	10,85±0,27 ^a	10,38±0,26 ^b	0,78±4,39	4,30	0,001

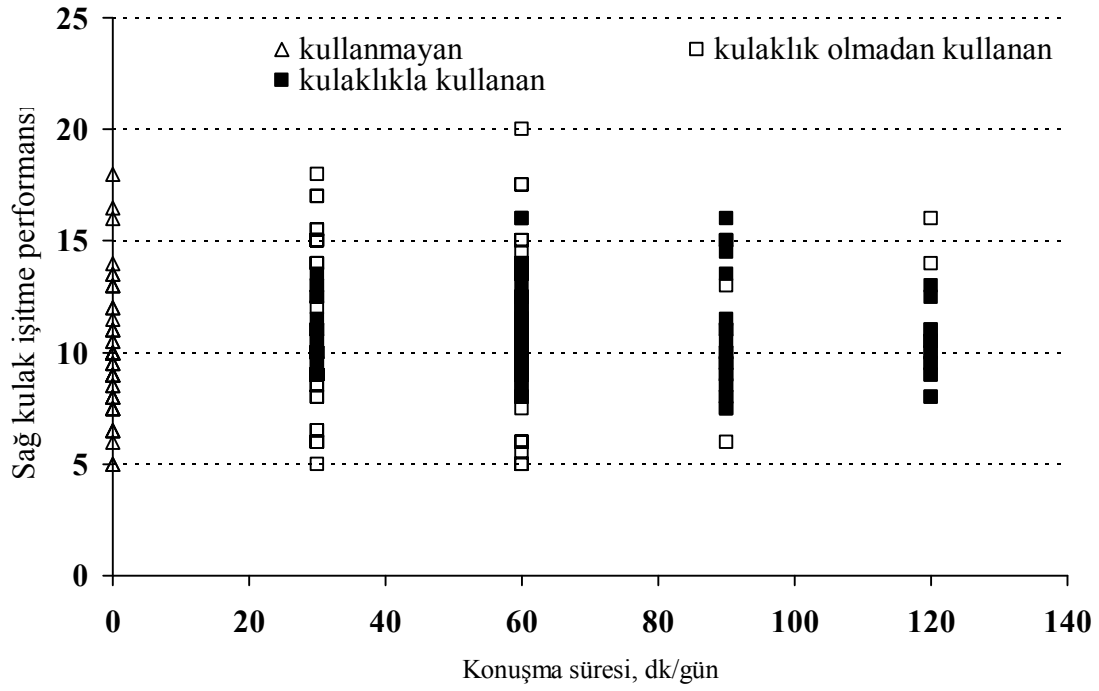
* Aynı satırdaki farklı üstel harfler grup ortalamaları aralarındaki farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olduğunu belirtmektedir ($p < 0.05$).



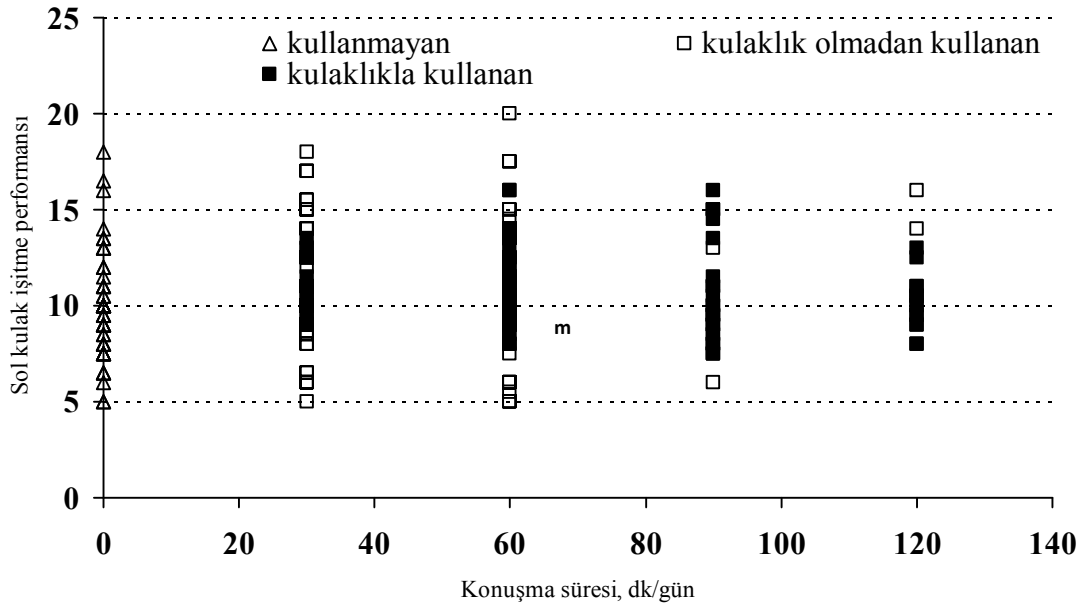
Grafik 1. Telefonda konuşma süresinin sağ kulak işitme performansına etkisi ($P < 0,89$).



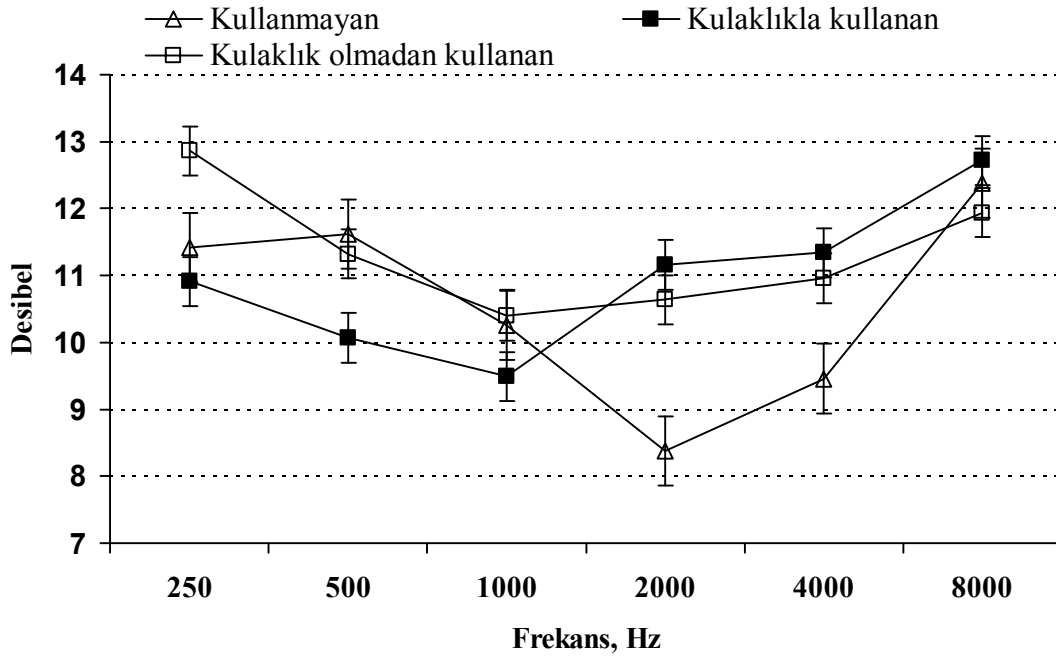
Grafik 2. Telefonda konuşma süresinin sol kulak işitme performansına etkisi ($P < 0,64$).



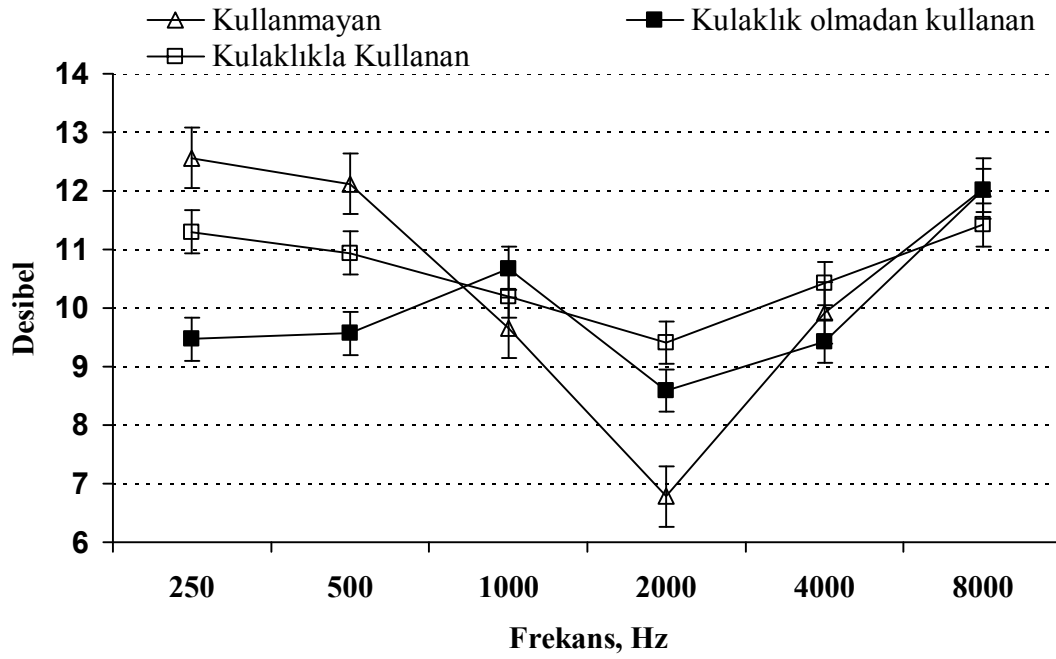
Grafik 3. Telefonda konuşma süresinin kullanım alışkanlığı dikkate alındığında sağ kulak işitme performansına etkisi.



Grafik 4. Telefonda konuşma süresinin kullanım alışkanlığı dikkate alındığında sol kulak işitme performansına etkisi.



Grafik 5. Sağ kulak için desibel. Grup, frekans ve grup x frekans etkileşiminin etkileri anlamlı idi ($P < 0.0001$ hepsi için).



Grafik 6. Sol kulak için desibel. Grup, frekans ve grup x frekans etkileşiminin etkileri sırasıyla $P < 0.15$, $P < 0.0001$ ve $P < 0.0001$ idi.

5.TARTIŞMA

Gelişen teknoloji insan hayatına yeni kolaylıklar katarken, kullanıma giren her yeni teknolojik ürün beraberinde insan sağlığını tehdit eden dezavantajları da taşımaktadır. Saç kurutma makinesinden, mikrodalga fırına, televizyondan, bilgisayara kadar pek çok hayatı kolaylaştıran ürün beraberinde yaymış olduğu RF ile insan sağlığına olumsuz etkilerde bulunmaktadır. Cep telefonları ve bunların bağlı olduğu baz istasyonları devreye girdiği andan itibaren, insan sağlığı ile ilgili olarak ortaya koyabileceği olumsuz etkiler yönünden; gerek deneysel gerekse klinik araştırmalarla tartışılmaya başlanmıştır (52,53,54,55).

Cep telefonu kullanımının hem dünyada hemde ülkemizde artış göstermesi, cep telefonu kullanımı konusunda daha dikkatli olunmasını zorunlu hale getirmektedir (56). Mobil telefonlar temelde 800 MHz ile 1800 MHz radyofrekans aralığında çalışırlar (57). Fakat GSM’de (Global System for Mobil Communication) bilgi genellikle 900MHz’lik mikrodalgalar aracılığıyla yayılır (58). Mobil telefonların sinyalleri, konuşma sırasında baş bölgesine yalnızca birkaç cm uzaklıkta olan antenleri aracılığıyla alınır veya verilir. Mobil telefonlar baz istasyonlarıyla bağlantı halindedir. Lokalize radyofrekans maruziyeti kafa bölgesinedir (4). İlgili frekanslarda (800MHz-2GHz) biyolojik dokularla etkileşimi birim kütlede enerji depolanma hızı olan SAR (Watt/kg) değeriyle ilişkilidir (57).

İnsanların maruz kalabileceği kritik SAR eşik değeri 0.08W/kg olarak belirlenmiş, daha yüksek SAR değerlerinde zararlı etkilerin ortaya çıkabileceği öngörülmüştür. Konuşma esnasında lokal maksimum etki dikkate alındığında, baş bölgesinde SAR değeri 1-2 W/kg’a ulaşabilir (4).

Cep telefonu kullanırken beyinde oluşan sıcaklık değişikliğini inceleyen çalışmada, beyinde oluşan maksimum sıcaklık değişikliğinin 0.11 derece olduğu, vücut sıcaklığının 37 derecenin üstüne çıkmadığı gösterilmiştir. Memelilerde yapılan çalışmalarda sıcaklık 41 derecenin altında olduğu sürece beyinin hasar görmeyeceği bildirilmiştir (59).

Cep telefonu kaynaklı radyasyonun etkilerinin termal etki sebebiyle olduğu kabul edildiği fikrine karşı, non-termal etkinin de olduğunu savunanlar vardır. İnsanlardaki gibi, ısıya-

toksikanlara maruz kalınca koruyucu ısı-sok proteinleri (heat-shock proteins) üreten ve toprak nematodu olan *Caenorhabditis elegans* üzerinde yapılan araştırmalar bu radyasyonun non-termal etkisinin de olduğunu göstermiştir. Bu tür radyasyona maruz kalan nematod ısı-sok proteinleri üretmiş fakat sıcaklık artışı gözlenmemiştir (60). Gönüllülerde yapılan çalışmalarda değişik şekillerde elektromagnetik tinnitus (vızıltı, çıtırtı, ısıklık sesi) tariflenmiştir (61). International Committee on Non-Ionising Radiation Protection (ICNIRP) belirlediği sınır değerlerin altında cep telefonu sinyallerinin beyin elektriksel aktivitelerinde ve algılama fonksiyonlarında (dikkat, hatırlama, tepki verme gibi) kısa süreli değişimlere neden olduğu gösterilmiştir. Fakat bu değişimlerin insan sağlığı üzerine etkileri bilinmemektedir (62). Hücreler üzerinde yapılan birçok çalışmada DNA üzerinde etki bulunmamıştır. Hayvanlar üzerinde yapılan çalışmalar dahil olmak üzere biyolojik veriler, RF maruziyetinde dolayı kanser riskinin artmadığını göstermektedir (63). The International Agency for Research on Cancer (IARC) koordinesinde devam etmekte olan INTERPHONE çalışmasında, 13 ülkedeki araştırmacılar, 30-59 yaşındaki kişilerde cep telefon kullanımı ile kafa ve boyun tümörleri arasındaki ilintiyi incelemektedirler. Bu kapsamda 4 Kuzey Avrupa ülkesi ve İngiltere’de yapılan çalışmanın sonuçlarına göre, analog telefon, dijital telefon veya her ikisinin toplamı için, kullanım süresi, hayat boyu toplam kullanım süresi veya çağrı sayısına bağlı bir risk ilişkisi bulunmamıştır (64). Yine Japonya, Almanya ve 5 Kuzey Avrupa ülkesinden gelen sonuçlara göre, beyin tümörüne ve akustik nevroma riskine rastlanmamıştır (65,66,67). İngiltere’de dört yıl süren ve 2006’da yayınlanan bir çalışmada, düzenli, uzun süreli cep telefonu kullanımı ile en sık görülen beyin tümörü olan glioma arasında bağlantı tespit edilememiştir(68). Almanya’da yapılan bir çalışmada uzun süreli kullanıcılarda artan bir risk tespit edilmişti ancak; bu artış istatistiki olarak anlamlı bulunmadı. Yazarlar, cep telefonu kullanıcıları arasında, yüksek glioma veya meningioma riski bulunmadığı sonucuna vardılar (67). Potansiyel kanser riskiyle ilgili bir çok epidemiyolojik çalışmada, radyo/TV antenlerine uzaklık, RF maruziyeti ölçüsü olarak alınmıştır. Ancak ferdi RF maruziyeti, uzaklığa bağlı olmak zorunda değildir. Bu epidemiyolojik çalışmaların hiçbirisi, verici antenlerden kaynaklanan RF maruziyetinin kanser veya başka sağlık etkisi riskini artırdığı konusunda sağlam delil getirmemiştir (69). Kalp damar fonksiyonlarıyla ilgili bazı değişikliklerin oluştuğu, ancak bunlara verici anten işletim personelinde rastlandı (70). Yakın zamanlarda, uykusuzluk, yorgunluk, halsizlik, sindirim sorunları ve konstrasyon zorlukları gibi çok hafif ve geçici etkiler rapor edilmiştir ve sağlığa etkileri belirsizdir pek muhtemel değildir (71). İngiltere National Radiological Protection Board (NRPB) / Health Protection

Agency (HPA) tarafından 2004’de yayınlanan raporunda, “kullanımdaki cep telefon sistemlerinin sağlığa zarar verdiği konusunda sağlam bilgiler gösterilememekle birlikte”, cep telefon teknolojilerinin kullanımında “ihtiyatlı yaklaşım”ın uygulanması onaylanmıştır. Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency (ARPANSA) 2003 yılında yayınladığı bir bilgi notunda, “ulusal ve uluslararası bilimsel görüşlerin ağırlığı, mobil telefon baz istasyonu veya telekomünikasyon kulelerinin yakınında yaşayanların maruz kaldığı RF emisyonlarının sağlık riski oluşturduğuna dair doğrulanmış delil bulunmadığı belirtilmiştir (72).

Cep telefonlarının şu ana kadar ki çalışmalarda kanıtlanmış en önemli etkisi sürücülerde kaza riskini artırdığıdır. Kaza riski sürücünün yaşı ile orantılı olarak artmakta, cep telefonu yerine araç telefonu da kullanılsa risk aynı kalmakta (konuşmanın dikkati dağıtması nedeniyle) ve etki kanda %0,05 alkol bulunması düzeyine ulaşmaktadır (73). Ayrıca kalp pili kullananlarda cep telefonu kullanırken dikkatli olmak zorundadır. ANSI (American National Standards Institute - Amerikan Ulusal Standartlar Enstitüsü) standartlarında kontrolsüz etkilenme için belirlenmiş seviyeler korunduğu sürece vücut içine konulmuş tıbbi elektronik cihazların mobil telefon ya da baz istasyonlardaki antenlerinden yayılan RF dalgalarından etkilendiklerini gösteren bir kanıt bulunmamaktadır. Ancak mobil telefon anteni doğrudan kalp pili üzerine konulursa etkileşim olasıdır. Bu nedenle mobil telefonların kalp pili kullananlarca göğüs cebinde taşınmaması önerilmektedir (74). Cep telefonu kullanan ve kullanmayanlar arasında spesifik santral sinir sistemi semptomları prevalansını belirlemek için yapılan çalışmada cep telefonu kullanma süresinin artışına paralel olarak baş ağrısı prevalansının arttığı saptanmıştır. Baş ağrısı dışındaki diğer santral sinir sistemi semptomlarıyla bir ilişkisi saptanmamıştır (75). Lokal maksimum absorpsiyon cep telefonunun yerleştirildiği yere göre değişir. Kulaklık kullanılması kafaya radyofrekans radyasyonu maruziyetini azaltacaktır (76).

Radyofrekans radyasyonunun biyolojik fonksiyonlar üzerinde gizli etkileri olduğunu varsaymak sağlığın etkilendiği anlamına gelmeyeceği gibi, ulusal eşik değerlerin altında da olsa radyofrekans radyasyonunun sağlık üzerinde potansiyel yan etkilerinin olmadığı anlamına da gelmez (77). Bütün bu çalışmalar ışığında cep telefonlarının sağlık açısından taşıdığı riskin uygun şekilde değerlendirilebilmesi için elimizdeki bilginin yeterli olmadığını söylemek doğru olacaktır (61).

Belirli frekansta (900 MHz) ve düşük yoğunlukta elektromanyetik alana maruz kalındıktan sonra koklear reseptörlerde oluşabilecek potansiyel değişikliklerin araştırılması amaçlanan

hayvan çalışmasında, elektromanyetik alana maruz kalmadan önce ve sonra otoakustik emisyon ölçümleri yapılarak “SAR değeri” ve “zaman” değişkenlerinin etkileri incelenmiştir. Hayvanların ciltlerinde ısı artışı, “SAR değeri” ve “zaman” ilişkisi ve akustik frekanslarda fark tespit edilmemiştir. Veriler, SAR’a bağlı olarak otoemisyonunda değişikliği, dolayısıyla akustik fonksiyonel hasarı desteklememektedir. Cep telefonu kullanmayan grubunun normal frekanslardaki ve yüksek frekanstaki odyogramlarında sağ ve sol kulak işitme ortalamaları karşılaştırması sonucunda istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiştir. Cep telefonu kulaklıkla kullanan grubunun standart frekanslardaki odyogramlarında sağ kulak ile sol kulak arasında istatistiksel olarak bir farkın olduğu görüldü fakat yüksek frekanstaki odyogramlarında sağ ve sol kulak işitme ortalamaları karşılaştırması sonucunda istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiştir. Cep telefonu araçsız kullanan grubunun normal frekanslardaki odyogramlarında sağ kulak ile sol kulak arasında istatistiksel olarak bir farkın olduğu görüldü fakat yüksek frekanstaki odyogramlarında sağ ve sol kulak işitme ortalamaları karşılaştırması sonucunda istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiştir. Çalışmamızda, günlük ortalama ve toplam konuşma süresi dikkate alınarak incelemeler yapılmış, ancak bu faktörlerin yüksek frekans işitme üzerine herhangi bir etkisi gösterilememiştir. Çalışmamızda da cep telefonunun işitme üzerine olumsuz etkisi tam olarak gösterilememiştir. Ancak bu ve benzer çalışmaların daha fazla sayıda denek ve daha uzun süreli maruziyet dikkate alınarak yapılması daha yararlı olacaktır. Ayrıca prospektif hayvan deneyi çalışmalarının bu konuya katkısının daha büyük olacağını düşündürmektedir.

Epidemiyolojik çalışmalarda şimdiye kadar cep telefonu kullanımı ile orbitide ve mortalite arasında net bir ilişki saptanmamıştır. Cep telefonu kullanımının zararsız olduğu gösterilene kadar mikrodalga maruziyetinin azaltılması için gerekli önlemlerin alınması önerilmektedir(73). Cep telefonu kullanımının sıklığı akılda tutularak, doktorların ve telefon kullanıcılarının radyofrekans radyasyonunun olası etkilerine karşı uyanık olmaları gerekmektedir. (78). Elektromanyetik alanların sağlık sorunlarına yol açtığı henüz kuşkuyla yer bırakmayacak şekilde kanıtlanmamışsa da bu konudaki araştırmalar sürerken insanların bilgilendirilmesi, alınabilecek önlemlerin alınması açısından çaba sarfedilmesi gerekmektedir (73).

6. SONUÇLAR

Cep telefonu kullanmayan grupta standart ve yüksek frekanslarda sağ ve sol kulaklar arasında anlamlı bir fark bulunamadı. Cep telefonunu kulaklıkla kullanan grupta ise standart frekanslarda istatistiksel olarak bir anlamlı bir fark ortaya çıkmış iken, yüksek frekanslarda bir fark bulunamadı. Bunun klinik önemi olmadığı ancak grup özellikleriyle ilişkili olabileceği düşünülmüştür. Cep telefonunu araçsız olarak kullananlarda da yine standart frekanslarda istatistiksel olarak bir fark bulunmuş olup yüksek fekanslarda bir fark bulunmadı. Burada da klinik önemi olmadığı ancak grup özellikleriyle ilişkili olabileceği düşünülmüştür. Yaptığımız bu karşılaştırmalı çalışmada, cep telefonunun iç kulağa zararlı etkisi olduğu fikrini desteklememektedir. Fakat daha fazla sayıda insanla, daha uzun süreli ve gelişen teknolojiye dayalı daha hassas yöntemlerle yapılacak çalışmalar sonucunda daha farklı bulgular elde edebilmek mümkün olabilir ve bu konudaki görüşleri değiştirebilir. Uzun süredeki etkilerinin ne olacağını tahmin etmek bugün için mümkün olmadığından, hayvan çalışmalarının uzun süredeki maruziyetleri hedef alarak planlanmasının daha yararlı olacağı kanaatindeyim.

KAYNAKLAR

1. Özaktas HM. Günlük Hayatta Karşılaşılan Elektromanyetik Alanlar ve İnsan Sağlığı. Bilisim Toplumuna Giderken Elektromanyetik Kirlilik Etkileri Sempozyumu 7-11; 1999.
2. Dicroff H. G. Behavior of High Frequency Hearing in Noise. *Audiology* 21: 83-92; 1982.
3. Güngör N, Böke B, Belgin E, Tunçbilek E. High-frequency hearing loss in Ullrich-Turner syndrome *Eur J Pediatr* 159: 40-44. 2000.
4. Stewart W. ET AL. Report on Mobile Phones. *Health Physics* 79: 211; 2000.
5. Lopponen H, Sorri M, Bloigu R. High-Frequency AirConduction and Electric Bone-Conduction Audiometry, *Scan Audiol* 20: 181-189; 1991.
6. Akleman F, Özyalçın MO, Levents. Elektromanyetik Kirlilik ve Modelleme Teknikleri. Bilisim Toplumuna Giderken Elektromanyetik Kirlilik Etkileri Sempozyumu Tutanağı 135-139; 1999.
7. Croft, R.J., Chandler, J.S., Burgess, A.P., Barry, R.J., Williams J.D., Clark, A.R., "Acute Mobile Phone Affects Neural Function in Humans", *Clinical Neurophysiology*, 113:1623-1632, 2002.
8. AlOrainy, A., "Recent Research on Mobile Phones Effects", *Proceedings of International Conference on Non-Ionizing Radiation at UNITEN (ICNIRElectromagnetic Fields and Our Healh*, October 20-22, 2003.
9. Hyland, G.J., "Physics and Biology of Mobile Telephony", *Lancet* 356:1833-1836, 2000.
10. Kumar, A., "Electromagnetic Radiation and Biological Effects", *IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility*, 2:1048-1053, 2001.
11. Wainwright, P., "Thermal Effects of Radiation from cellular Telephones", *Phys. Med. Biol.*, 45:2363-2372, 2000.
12. Adey, W.R., "Tissue Interactions with Non-ionizing Electromagnetic Fields", *Physiol. Rev.*, 61:435-514, 1981.
13. Repacholi, M.H., "Low-level Exposure to Radiofrequency Electromagnetic Fields: Healthy Effects and Research Needs", *Bioelectromagnetics*, 19:1-19, 1998.
14. Braune, S., Schulte-Monting, J., Raczek, J., "Influence of a Radiofrequency Electromagnetic Field on Cardiovascular and Hormonal Parameters of the Autonomic Nervous System in Healthy Individuals", *Radiation Research*, 158(3):352-356, 2002.

15. Aalto, S., Haarala, C., Brück, A., Sipila, H., Hamalainen, H., Rinne, J.O., "Mobile Phone Affects Cerebral Blood Flow in Humans", *Journal of Cerebral Blood Flow and Metabolism*, 26:885:890, 2006.
16. Ferreri, F., Curcio, G., Pasqualetti, P., Gennaro, L.D., Fini, R., Rossini, P.M., "Mobile Phone Emissions and Human Brain Excitability", *Ann. Neurol.*, 60:188-196, 2006.
17. Hossmann, K.A., Hermann, D.M., "Effects of Electromagnetic Radiation of Mobile Phones on the Central Nervous System", *Bioelectromagnetics*, 24:49-62, 2003.
18. Atlasz, T., Kellenyi, L., Kovacs P., Babai, N., Thuroczy, G., Hejjel, L., Hernadi, I., "The Application of Surface Plethysmography for Heart Rate Variability Analysis After GSM Radiofrequency Exposure", *Journal of Biochemical and Biophysical Methods*, 69:233-236, 2006.
19. Wilen, J., Johansson, A., Kalezic, N., Lyskov, E., Sandström, M., "Psychophysiological Tests and Provocation of Subjects with Mobile Phone Related Symptoms", *Biomagnetics* 27:204-214, 2006.
20. Akyıldız N. Kulak Hastalıkları ve Mikrocerrahisi. cilt 1. Ankara: Bilimsel tıp yayınevi; 1998.
21. Aslan A, Belgin E. Kulak anatomisi ve isitme fizyolojisi. Koç C, editör. Kulak Burun Bogaz Hastalıkları ve Bas-Boyun Cerrahisinde. Ankara: Günes Tıp Kitapevi; 2004. p. 45–71.
22. Austin DF. Kulak anatomisi. In Ballenger JJ, Snow JB, editors. Hafız G. çev. ed. Otolaringoloji Bas ve Boyun Cerrahisi. İstanbul: Nobel Tıp Kitabevleri; 2000. p. 838–57.
23. Karasalihoglu AR. Kulak Burun Bogaz Hastalıkları ve Bas Boyun Cerrahisi. 3. baskı. Ankara: Günes Kitabevi; 2003.
24. Dirckx JJ, Daemers K, Somers T, Offeciers FE, Govaerts PJ. Numerical assessment of TOAE screening results: currently used criteria and their effect on TOAE prevalence figures. *Acta Otolarygol* 1996; 116: 672–79.
25. Janfaza P, Nadol JB. Temporal kemik. In Janfaza P, Nadol JB, Gala R, Fabian RL, Montgomery WW, editors, Cansız H, çev. ed. Bas Boyun Cerrahi Anatomisi. İstanbul: Nobel Tıp Kitabevleri; 2002. p. 420– 79.
26. Santi PA, Mancini P. Cochlear anatomy and central auditory pathways. In Cummings CW, Fredrickson JM, Harker LA, Krause CJ, Richardson MA, Schuller DE, editors. *Otolaryngology Head & Neck Surgery*. 3 rd ed. St. Louis: Mosby-Year Book; 1998. p. 2803–26.
27. Arıncı K, Elhan A. Anatomi. cilt 1. Ankara: Günes Kitapevi; 1997.

28. Ömür M, Dadas B. Klinik Bas ve Boyun Anatomisi.1.cilt. _stanbul: Ulusal Tıp Kitapevi; 1996.
29. Donaldson JA. The ear: adult anatomy. In: Surgical Anatomy of the Temporal Bone. Donaldson JA, Duckert LG, Lambert PM, Rubel EW, editors. New York: Raven Pres;1992. p. 143–75.
30. Ickleys OJ. Physiology of the ear. In Wright D, editor. Scott-Brown's Otolaryngology. 5th ed. London: Butterworths – Heinemann; 1998. p. 47–80.
31. Lee KJ. Anatomy of the ear. Essential Otolaryngology. Connecticut: Appleton&Lange Company; 1999.
32. Donaldson JA, Duckert L. Anatomy of the Ear. In Paparella MM, Shumrick DA, Gluckman JL, Meyerhoff WL, editors. Otolaryngology. 3rd ed. Philadelphia: WB Saunders Company; 1991. p. 23–58.
33. Lawrence M. Introductionto inner ear (Fluid) physiology. In Paparella MM, Shumrick DA, Gluckman JL, Meyerhof WL, editors. Otolaryngology. 3rd ed. Philadelphia: WB Saunders Company; 1991. p. 199– 217.
34. Abbas PJ, Miller CA, Physiology of the auditory system. In Cummings CW, Fredrickson JM, Harker LA, Krause CJ, Richardson MA, Schuller DE, editors. Otolaryngology Head & Neck Surgery. 3 rd ed. St. Louis: Mosby-Year Book; 1998.p. 2831–74.
35. Bluestone CD. Physiology of the Middle Ear and Eustachian Tube. _n Paparella MM, Shumrick DA, Gluckman JL, Meyerhpff WL, editors. Otolaryngology. 3rd ed. Philadelphia: WB Saunders Company; 1991. p. 163–97.
36. Brenda L, Lonsbury-Martin, Martin GK, Luebke AE. _sitme ve vestibüler sistemlerin fizyolojisi. In Ballenger JJ, Snow JB, editors. Senocak D, çev. ed. Otolaringoloji Bas Boyun cerrahisi. 15. baskı. İstanbul: Nobel Tıp Kitabevleri; 1996. p. 879–929.
37. Guyton AC, Hall JE. Textbook of Medical Physiology. 7th ed. Philadelphia: WB Saunders Company;1986.
38. Brownell WE, Bader CR, Bertrant D, Ribaupierre YD. Evoked Mechanical responses of isolated coclear outter hair cells. Science 1984; 227: 194–96.
39. Rapacholi M.,EMF and Cancer, International Radiation Protecton Association 11 th Internationel Congress, Madrid, Spain 2004 Planery Panel Session PPS-3
40. IARC monographs, vol. 71, p.345, 12 April 1999 Lyon/France

41. Safel R. Türkiye Vakıflar Bankası T.A.O Planlama ve İktisadi Araştırmalar Grup Yönetmenliği Sektör Araştırmaları Serisi No:25 Telekomünikasyon Sektörü 1.Baskı, Ankara, 2001
42. Dural G., Ruacan, Ş., “Elektromanyetik Dalgalar ve İnsan Sağlığı, Sıkça Sorulan Sorular ve Yanıtları”, Tübitak Bülten, Ankara, 4-21 (2001)
43. Topkaya F. Telekomünikasyon Sektöründe Erişim Sorunları 1. Baskı, Ankara Rekabet Kurumu, Yayın no:0108 Ankara 2003
44. [http // www.report to the AFSSE on mobile telephony and health February 2005](http://www.reporttotheAFSSEonmobiletelephonyandhealthFebruary2005). 17.08.2008.
45. <http://tr.wikipedia.org/wiki/Bluetooth>.10.10.2009.
46. William Stewart, “Mobile Phones and Health”, Chilton *IEGMP*, 2000
47. Şeker S, Çerezci O. “Radyasyon Kuşatması”, Boğaziçi Üniversitesi Yayını, İstanbul, 2000
48. Çevre ve Orman Bakanlığı, Belgelerle Radyasyon, www.cevreveorman.gov.tr
49. Telekomünikasyon Kurumu, Sağlık ve elektromanyetik alanlar. Avrupa komisyonu, topluluk araştırması <http://www.telekomunikasyonkurumu.gov.tr/sas/dokumanlar/word/avkomsaveEMFbro.doc>
50. Yagmur F, Bozbıyık A, Hancı H. Elektromanyetik dalgaların insan biyokimyası üzerine etkileri. *Sted* 2003; 12: 296–97.
51. [http:// ec.europa.eu / health/ ph determinants/ environment/ EMF/ brochure en.pdf](http://ec.europa.eu/health/ph_determinants/environment/EMF/brochure_en.pdf).18.08.2008.
52. Oktem F, Ozguner F, Mollaoglu H, Koyu A, Uz E. “Oxidative damage in the kidney induced by 900-MHz-emitted mobile phone: protection by melatonin”, *Arch Med Res*. 2005 Jul
53. Nakamura H, Matsuzaki I, Hatta K, Nobukuni Y, Kambayashi Y, Ogino K. “Nonthermal effects of mobile-phone frequency microwaves on uteroplacental functions in pregnant rats”, *Reprod Toxicol* 2003 May-Jun;17(3):321-6.
54. Moulder J.E, Foster K.R, Erderich L. S, Mc Namee J.P. “Mobile phones, mobile phone base stations and cancer”, *Int J Radiat Biol*. 2005 Mar;81(3):189-203.
55. Özgüner F, Mollaoğlu H. “Manyetik alanın organizma üzerindeki biyolojik etkileri”, *S.D.Ü. Tıp Fak. Derg.* 2006 13(1)/ 38-41
56. Şeker, S.,Korkut,A.,”Tehlikeli Oyuncak”, Hayy Yayınevi, İstanbul, S:12, Nisan 2005
57. Blettner M., Berg G. Are Mobile Phones Harmful ?.*Acta Oncologica* 39: 927-30; 2000.

58. Paredi P.,Kharitonov S.A.,Hanazava T., Barnes P.J. Local Vasodilator Response to Mobil Phones. *Laryngoscope* 111: 159-162; 2001.
59. Tonndorf J., Kurman B. High Frequency Audiometer. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 93:576-582; 1984.
60. Butcher J. Effects of microwave radiation may not be limited to heating. *The Lancet* 355: 1793; 2000
61. Marino C., Cristalli G., Galloni P., Pasqualetti M., Lovisolo G.A. Effects of microwaves (900MHz) on the cochlear receptor: exposure systems and preliminary results. *Radiat Environ Biophys* 39: 131-36; 2000.
62. www.biltek.tubitak.gov.tr.2009.
63. Vijayalaxmi, Obe G. Controversial cytogenetic observations in mammalian somatic cells exposed to radiofrequency radiation. *Radiat Res.* 2004 Nov;162(5):481-96).
64. Schoemaker MJ, Swerdlow AJ. Risk of pituitary tumors in cellular phone users: a casecontrol study. *Epidemiology.* 2009 May;20(3):348-54).
65. Takebayashi T, Akiba S, Kikuchi Y, Taki M, Wake K, Watanabe S, Yamaguchi N. Mobile phone use and acoustic neuroma risk in Japan. *Occup Environ Med.* 2006 Dec;63(12):802-7. Epub 2006 Aug 15.
66. Lahkola A, Auvinen A, Raitanen J, Schoemaker MJ, Christensen HC, Feychting M, Johansen C, Klæboe L, Lönn S, Swerdlow AJ, Tynes T, Salminen T. Mobile phone use and risk of glioma in 5 North European countries.. *Int J Cancer.* 2007 Apr 15;120(8):1769-75.
67. Berg-Beckhoff G, Blettner M, Kowall B, Breckenkamp J, Schlehofer B, Schmiedel S, Bornkessel C, Reis U, Potthoff P, Schüz J. Mobile phone base stations and adverse health effects: phase 2 of a cross-sectional study with measured radio frequency electromagnetic fields. *Occup Environ Med.* 2009 Feb;66(2):124-30.
68. Hepworth SJ, Schoemaker MJ, Muir KR, Swerdlow AJ, van Tongeren MJ, McKinney PA. Mobile phone use and risk of glioma in adults: case-control study. *BMJ.* 2006 Apr 15;332(7546):883-7. Epub 2006 Jan 20).
69. Jauchem JR. A literature review of medical side effects from radio-frequency energy in the human environment: involving cancer, tumors, and problems of the central nervous system. *J Microw Power Electromagn Energy.* 2003;38(2):103-23).
70. Vangelova K, Deyanov C, Israel M. Cardiovascular risk in operators under radiofrequency electromagnetic radiation. *Int J Hyg Environ Health.* 2006 Mar;209(2):133-8. Epub 2005 Nov 10).

71. Cosquer B, Kuster N, Cassel JC. Whole-body exposure to 2.45 GHz electromagnetic fields does not alter 12-arm radial-maze with reduced access to spatial cues in rats. *Behav Brain Res.* 2005 Jun 20;161(2):331-4. Epub 2005 Mar 23).
72. Peter A Valberg, T. Emilie van Deventer, Michael Repacholi Base Stations and Wireless Networks - Radiofrequency (RF) Exposures and Health Consequences) *Environmental Health Perspectives*, Vol.115, no.3, pp.416-424 Mart 2007).
73. Maier M, Blakemore C and Koivisto M. “The health hazards of mobile phones: The only established risk is of using one while driving”, 2000 *BMJ*. May 13; 320(7245): 1288–289
74. John E. Moulder, “Cellular Phone Antennas (Base Stations) and Human Health, Version 2.6.2”, <http://www.mcw.edu/gcrc/cop/cell-phone-health-FAQ/toc.html>, September 2000
75. Chia SE, Chia HP, Tan JS. Health hazards of mobile phones *British Medical Journal* 321:1155-6;2000.
76. Dobson R. “Hands-free” mobile phones may be safer than the rest. *British Medical Journal* 321:468. 2000.
77. Sanalan Y. Nükleer olmayan radyasyon da var. Bilisim Toplumuna Giderken Elektromanyetik Kirlilik Etkileri Sempozyumu 1-3;1999.
78. Pereira C., Edwards M. Parotid nodular fasciitis in a mobile phone user. *The Journal of Laryngology and Otology* 114: 886-887; 2000.

T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ DEKANLIĞI

KBB HASTALIKLARI ANABİLİM DALI

Cep Telefonu Kullanımının İşitme Üzerindeki Etkilerinin Odyometri ile
Değerlendirilmesi

Dr. Sezgin KURT

Uzmanlık Eğitimine Başlama Tarihi : 03.12.2006

Uzmanlık Eğitimini Bitirme Tarihi : 04.10.2011

Uzmanlık Sınavı Tarihi : 04.10.2011

Tez Danışmanı : Prof.Dr.Enver ALTAŞ

Jüri Başkanı : Prof.Dr.Enver ALTAŞ

Jüri Üyesi : Prof. Dr.Bülent AKTAN

Jüri Üyesi : Prof.Dr.Harun ÜÇÜNCÜ

Jüri Üyesi : Doç.Dr.Özgür YÖRÜK

Jüri Üyesi : Doç.Dr.Bülent AYDINLI

Prof. Dr.Enver ALTAŞ
KBB Hastalıkları Anabilim Dalı Başkanı

Ekim -2011
ERZURUM