



**T.C.  
GAZİANTEP ÜNİVERSİTESİ  
TIP FAKÜLTESİ**

**KOKLEAR İMPLANTASYON YAPILAN HASTALARDA  
İŞİTSEL KORTİKAL POTANSİYELLERİN  
DEĞERLENDİRİLMESİ**

**UZMANLIK TEZİ**

**Dr. Zeynel Abidin KARATAŞ  
KULAK BURUN BOĞAZ ANABİLİM DALI**

**TEZ DANIŞMANI  
Doç. Dr. Cengiz DURUCU**

**Nisan - 2013**

**T.C.  
GAZIANTEP ÜNİVERSİTESİ  
TIP FAKÜLTESİ**

**KOKLEAR İMPLANTASYON YAPILAN HASTALARDA  
İŞİTSEL KORTİKAL POTANSİYELLERİN  
DEĞERLENDİRİLMESİ**

**UZMANLIK TEZİ**

**Dr. Zeynel Abidin KARATAŞ  
KULAK BURUN BOĞAZ ANABİLİM DALI**

**TEZ DANIŞMANI  
Doç. Dr. Cengiz DURUCU**

**Nisan - 2013**

**T.C.**  
**GAZİANTEP ÜNİVERSİTESİ**  
**TIP FAKÜLTESİ**  
**KULAK BURUN BOĞAZ ANABİLİM DALI**

**KOKLEAR İMPLANTASYON YAPILAN HASTALARDA İŞİTSEL  
KORTİKAL POTANSİYELLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Dr. Zeynel Abidin KARATAŞ**

...../..... 2013

Tıp Fakültesi Dekanlığı Onayı

**Prof.Dr.Abdurrahman KADAYIFÇI**  
**Tıp Fakültesi Dekanı**

Bu tez çalışmasının bir “Tıpta Uzmanlık” derecesi için uygun ve yeterli bir çalışma olduğunu onaylıyorum.

**Doç.Dr. Cengiz DURUCU**  
**Kulak Burun Boğaz Anabilim Dalı**  
**Başkanı**

Bu tez tarafımdan okunmuş ve her yönü ile “Tıpta Uzmanlık” tezi olarak uygun ve yeterli bulunmuştur.

**Doç. Dr. Cengiz DURUCU**  
**Tez Danışmanı**

**Tez Jürisi İmzası**

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.

## I. ÖNSÖZ

Uzmanlık eğitimimde bana her konuda çok kıymetli yardımlarını, bilgilerini ve desteklerini esirgemeyen Saygıdeğer hocalarım Sayın Prof.Dr. Muzaffer KANLIKAMA'ya, Sayın Prof.Dr.Semih MUMBUÇ'a, Sayın Doç.Dr.Cengiz DURUCU'ya Sayın Yard.Doç.Dr.Elif BAYSAL'a, Sayın Yard.Doç.Dr. Fatih ÇELENK'e, bölümümüzden ayrılmış olan Sayın Doç.Dr. Tekin BAĞLAM'a ve Sayın Doç. Dr. Erkan KARATAŞ'a, olguların değerlendirilmesinde katkılarını esirgemeyen sayın Uzman Odyolog Murat DENİZ'e ve Çocuk Gelişim ve Eğitim Öğretmeni Emine KIRBAŞ'a, işitme, denge ve ses ünitesinde çalışan ve bana destek olan tüm odyometrist arkadaşlara teşekkür ederim.

Ayrıca kendilerinden çok şey öğrendiğim mezun olmuş ağabeylerime, desteklerini her zaman yanımda hissettiğim asistan arkadaşlarıma, kliniğimizin tüm hemşire ve personeline, gösterdikleri özveri ve sabırdan dolayı eşime ve tatlı kızıma, annem, babam ve kardeşlerime teşekkür ederim.

**Dr. Zeynel Abidin KARATAŞ**

Nisan-2013

## II. İÇİNDEKİLER

I. ÖNSÖZ.....	ii
II. İÇİNDEKİLER .....	iii
III. ÖZET .....	v
IV. ABSTRACT .....	vii
V. KISALTMALAR.....	viii
VI. TABLO LİSTESİ .....	x
VII. ŞEKİL LİSTESİ .....	xi
VIII. RESİM LİSTESİ.....	xii
1. GİRİŞ VE AMAÇ .....	1
2. GENEL BİLGİLER .....	3
2.1. İÇ KULAK EMBRİYOLOJİSİ, ANATOMİSİ VE FİZYOLOJİSİ .....	3
2.1.1. İç Kulak Embriyolojisi .....	3
2.1.2. İç Kulak Anatomisi ve Fizyolojisi.....	4
2.2. SANTRAL İŞİTME YOLLARI .....	7
2.2.1. VIII. Kranial Sinir .....	7
2.2.2. Koklear Nükleuslar ve Akustik Sinir.....	9
2.2.3. Superior Olivar Kompleks ve Olivokoklear Demet .....	10
2.2.4. Lateral Lemniskus .....	10
2.2.5. İnferior Kollikulus .....	10
2.2.6. Medial Genikulat Cisim .....	11
2.2.7. İşitme Korteksi .....	11
2.3. İŞİTME FİZYOLOJİSİ.....	12
2.4. NORMAL İŞİTME SÜREÇLERİ VE İŞİTME KAYIPLARI .....	13
2.4.1. İşitsel Gelişim.....	13
2.4.2. İşitme Kayıpları .....	15
2.5. İŞİTMENİN DEĞERLENDİRİLMESİNDE KULLANILAN TESTLER.....	17
2.5.1. Diapozon Testleri .....	17
2.5.1.1. Rinne Testi.....	17
2.5.1.2. Weber Testi.....	18
2.5.1.3. Schwabach Testi (Absolut Kemik İletim Testi) .....	18
2.5.2. Saf Ses Odyometrisi.....	19
2.5.3. Konuşma Odyometrisi.....	19
2.5.4. İmpedans Odyometri (Timpanometri).....	20

2.5.5. Akustik Refleks (Stapes Refleks) Testi .....	20
2.5.6. Otoakustik Emisyonlar (OAE) .....	21
2.5.6.1. Spontan OAE .....	22
2.5.6.2. Uyarılmış OAE (EOAE) .....	22
2.5.6.2.1. SFOAE(Stimulus Frekansı OAE) .....	22
2.5.6.2.2. TEOAE(Geçici Uyarılmış OAE) .....	22
2.5.6.2.3. DPOAE(Distorsiyon Ürünü OAE).....	23
2.5.7. İşitsel Uyarılmış Potansiyeller (Auditory Evoked Potentials, AEP) .....	23
2.5.7.1. Elektrokokleografi (ECoG).....	24
2.5.7.2. Beyin Sapı Odyometrisi (Auditory Brainstem Response Audiometry- ABR).....	25
2.5.7.3. Orta Latans Cevaplar (Middle Latancy Response, MLR) .....	26
2.5.7.4. İşitsel Devamlı Durum Cevapları (Auditory Steady State Response, ASSR).....	27
2.5.7.5. İşitsel Uyarılmış Geç Cevaplar (Auditory Late Response, ALR) .....	27
2.6. KOKLEAR İMPLANTASYON .....	30
2.6.1. Koklear İmplantın Tarihçesi .....	30
2.6.2. Koklear İmplantın Aksamaları .....	31
2.6.2.1. Dış Parçalar .....	32
2.6.2.2. İç (İmplante Edilen) Parçalar .....	32
2.6.3. Koklear İmplant Modelleri .....	33
2.6.3.1. Tek Kanallı Koklear İmplant Sistemleri .....	33
2.6.3.2. Çok Kanallı Koklear İmplant Sistemleri .....	33
2.6.4. Koklear implant Endikasyonları .....	35
2.6.5. Koklear İmplantlı Hastalar ve ALR nin İlişkisi .....	36
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	38
4. BULGULAR.....	41
5. TARTIŞMA .....	48
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	52
7. KAYNAKLAR .....	53

### III. ÖZET

#### **Koklear implantasyon yapılan hastalarda işitsel kortikal potansiyellerin değerlendirilmesi**

Dr. Zeynel Abidin KARATAŞ  
Uzmanlık Tezi, Kulak Burun Boğaz Anabilim Dalı  
Tez Danışmanı: Doç. Dr. Cengiz DURUCU  
Nisan -2013

İşitsel uyarılmış kortikal potansiyeller (CAEP) işitsel geç latans cevaplarıdır ve 50-300 msn arasında kaydedilmektedir. Yaşla birlikte değişkenlik gösteren P1 kortikal latansı işitme kayıplı hastalarda maturasyon indeksi olarak kullanılmaktadır. İşitsel yoksunluk süresinin uzamasıyla birlikte P1 latansının da uzadığı gösterilmiştir. Doğuştan işitme kayıplı çocuklarda 3-3.5 yaşına kadar işitsel sistemin ve korteksin plastisitesinin mevcut olduğu ve bozulmadığı görülmektedir. Bu çalışmanın amacı tek taraflı koklear implantasyon yapılan hastalarla, aynı yaş grubundaki işitmesi normal sınırlarda olan çocukların P1 latansının karşılaştırılması ve değerlendirilmesidir.

Bu retrospektif çalışmaya Ocak 2006- Ocak 2012 tarihleri arasında tek taraflı koklear implantasyon yapılan 40 çocuk ve benzer yaş grubundaki işitmesi normal sınırlarda olan 30 çocuk dahil edildi. Demografik veriler, hastaların tıbbi ve odyolojik kayıtları, hastaların cinsiyeti ve yaşları, implant olma yaşı, implant kullanım süresi ve P1 latansı alındı. Koklear implant grubundaki bütün çocuklara beyin sapı odyometri yapıldı ve hepsinde konjenital ileri derecede sensörinöral işitme kaybı mevcuttu. Normal işiten gruba akustik immitansmetri ve Distortion Product Otoakustik Emisyon (DPOAE) testleri yapıldı ve işitmelerinin normal sınırlarda olduğu görüldü. Geç işitsel uyarılmış potansiyellerin ölçümleri Fonix® HEARLab System cihazı kullanılarak yapıldı. Konuşma seslerini temsilen Düşük, orta ve yüksek frekanslarda sırasıyla /m/, /t/, /g/ ünsüzleri 55'dB de serbest alan olarak uygulandı HEARLab system cihazı otomatik analiz yaparak her ses uyararı için gerçek geç işitsel uyarılmış potansiyel P1 latansını hesaplandı. Koklear implantlı grupta 23 kız (% 57.5), 17 erkek (% 42.5) çocuğun yaş ortalaması 53.15 ay olarak hesaplandı ( yaş aralığı 24-82 ay). Normal işiten grup ise 17 kız (%56.6), 13 erkek (%43.3) yaş ortalaması 58.93 ay (yaş aralığı 15-84 ay) olan çocuklardan oluşuyordu. Her iki grubun yaşları ile P1 latansları arasındaki ilişkiyi değerlendirmek için Pearson Korelasyon Testi yapıldı.

Normal işiten grupta P1 latansı 'm', P1 latansı 'g' ve P1 latansı 't' ile yaş arasında ters yönlü ve zayıf bir korelasyon ( $r = -0.4429$ ) görüldü. Koklear implant kullanım süresiyle P1 latansı arasında negatif yönde zayıf bir korelasyon saptandı (P1 'm'  $r = -0.3668$ , P1 'g'  $r = -0.4887$ , P1 't'  $r = -0.4261$ ).

Bu çalışmada koklear implant kullanım süresi arttıkça P1 latansının düşük, orta ve yüksek frekansta kısaldığı görüldü. Normal işiten grupta düşük, orta ve yüksek frekansta yaş artışıyla birlikte P1 latansının kısaldığı görüldü. İşitsel kortikal geç

yanıtlar içerisinde P1 latansı ölçümü, koklear implant yapılması planlanan veya koklear implant yapılan hastalarda işitsel sistemin maturasyonunu göstermek için kullanılabilir.

**Anahtar Kelimeler:** Koklear implantasyon, İşitsel kortikal potansiyel, P1 latansı

## IV. ABSTRACT

Cortical evoked auditory potentials (CEAP) are the late latency auditory responses recorded between 50 and 300 ms. P1 latency decreases by age and latency of this potential may serve as a good indicator of the central auditory development in hearing impaired children. It was shown that there is a correlation between P1 latency and duration of hearing loss. Auditory cortex remains maximally plasticity until approximately age 3-3.5 years. The aim of this study was to compare the P1 latencies in congenitally deaf children fitted with unilateral cochlear implant and age-matched normal hearing peers.

This retrospective study included 40 children who underwent unilateral cochlear implantation between 2006 and 2012 and 30 normal hearing, age-matched children. Data were collected from medical and audiologic records and included the age and gender of the patient, age at device fitting, duration of device use, and P1 latencies. All of the children in cochlear implant group had congenital profound sensorineural hearing loss assessed by auditory brain stem response testing. Acoustic immittance and distortion product otoacoustic emission tests were in normal hearing children. CEAPs were measured through the Fonix® HEARLab System. Three speech sound stimuli / m /, / g /, and / t / that represent speech in the low, mid, and high frequencies presented to the patient in the free field at a level of 55 dB SPL. HEARLab System performed statistical analysis automatically and calculated a p value for each speech sound stimuli to determine whether a CAEP was actually present. Cochlear implant group included 23 (57.5%) female and 17 (42.5%) male patients with a mean age of 53.15 months (range 21-82 months). Normal hearing group comprised 17 (56.6%) female and 13 (43.3%) male patients with a mean age of 53.15 months (range 15- 84 month). A Pearson's correlation was used to assess the correlation between the age and P1 latencies within two groups.

A negative and poor correlation was found between P1(m), P1 (g) and P1(t) latencies and age in normal hearing group (  $r = -0.4429$ ). There was a negative and poor correlation between P1 latencies and duration of device use in cochlear implant group [P1(m)- $r = -0.3668$ , P1(g)- $r = -0.4887$ , P1(t)- $r = -0.4261$  ).

This study showed that P1 latencies in low, mid, and high frequencies shortened as the duration of the device use increased in cochlear implant group. P1 latencies in low, mid, and high frequencies also shortened as the age increased in normal hearing group. CEAPs particularly P1 latency may be used to assess the maturation of the auditory pathways in children scheduled to receive a cochlear implant and in children fitted with cochlear implant.

Key words: Cochlear implants, Cortical auditory potentials, P1 latency

## V. KISALTMALAR

AI	: İşitsel korteksin birincil akustik bölgesi
AII	: İkincil akustik bölge
ABR	: Auditory Brainstem Response (İşitsel Beyinsapı Cevabı)
AEP	: Auditory Evoked Potentials (İşitsel Uyarılmış Potansiyel)
ALR	: Auditory Late Response (Geç İşitsel Uyarılmış Potansiyel)
ASSR	: Auditory Steady State Response (İşitsel Devamlı Durum Cevapları)
ATP	: Adenozin Tri Fosfate
BOS	: Beyin omurilik sıvısı
BT	: Bilgisayarlı Tomografi
CAEP	: Cortical Auditory Evoked Potential (İşitsel Uyarılmış Kortikal Potansiyel)
CM	: Koklear mikrofonikler
Cz	: Verteks
daPa	: dekaPaskal
dB	: Desibel
DCN	: Dorsal koklear nükleus
DPOAE	: Distorsiyon Ürünü otoakustik emisyon
ECoG	: Elektrokokleografi
EOAE	: Uyarılmış otoakustik emisyon
ESRT	: Uyarılmış stapes refleksi
FDA	: Food and Drug Administration (Gıda ve İlaç Dairesi)
Hz	: Hertz
IAC	: İnternal akustik kanalda
ISI	: İnterstimulus interval
kHZ	: Kilohertz
Kİ	: Koklear implantasyon
MLR	: Middle Latency Response (Orta Latans Cevaplar)
MRG	: Magnetik Rezonans Görüntüleme
msn	: Milisaniye
Nİ	: Normal işiten
PVCN	: Posteroventral koklear nükleus

OAE	: Otoakustik emisyon
SFOAE	: Stimulus Frekans ı otoakustik emisyon
SM	: sumasyon potansiyeli
SPL	: Sound Pressure Level
SOAE	: Spontan Otoakustik emisyonlar
TEOAE	: Geçici Uyarılmış OAE
VCN	: Ventral koklear nükleus

## VI. TABLO LİSTESİ

<b>Tablo 1.</b>	Yaşa gore normal işitme süreci .....	14
<b>Tablo 2.</b>	Koklear implant tipleri ve özellikleri .....	34
<b>Tablo 3.</b>	Koklear implantlı (Kİ) grubun yaşı, Normal işiten (Nİ) grubun yaşı, İmplant olma yaşı ve implant kullanım süresinin dağılımı.....	41

## VII. ŞEKİL LİSTESİ

- Şekil 1.** İŐitssel uyarılmış potansiyellerin latansa göre sınıflandırılması ..... 24
- Şekil 1.** Normal işiten (Nİ) grup ve Koklear implantlı (Kİ) grubun yaş, koklear implant olma yaşı, koklear implant kullanım süreleri ..... 42
- Şekil 2.** Normal işiten grubun yaşla P1 latansı arasındaki korelasyonu ..... 44
- Şekil 3.** Kİ'lı grupla- Nİ grubun P1 latans'm'değerlerinin karşılaştırılması..... 45
- Şekil 4.** Kİ'lı grupla- Nİ grubun P1 latans'g'değerlerinin karşılaştırılması..... 45
- Şekil 5.** Kİ'lı grupla- Nİ grubun P1 latans't'değerlerinin karşılaştırılması ..... 46
- Şekil 6.** Koklear implant kullanım süresi ile P1 latansı arasındaki korelasyon..... 47

## VIII. RESİM LİSTESİ

<b>Resim 1.</b>	İç kulak embriyolojisi .....	4
<b>Resim 2.</b>	İç kulak, membranöz labirent ve koklear sinirle olan ilişkisi .....	5
<b>Resim 3.</b>	Kokleadan geçen aksiyel kesit .....	6
<b>Resim 4.</b>	Merkezi işitme yolu .....	8
<b>Resim 5.</b>	Farklı koklear implant modellerinin iç yapıları A. Digisonic, B. Med-el, C. Clarion, D. Nucleus .....	34
<b>Resim 6.</b>	Normal işiten bir çocukta elde edilen dalga formu .....	42
<b>Resim 7.</b>	Koklear implantlı bir çocukta elde edilen dalga formu .....	43

## 1. GİRİŞ VE AMAÇ

İnsan çevresiyle iletişim halinde olan sosyal bir varlıktır. Sosyal iletişimin en önemli araçlarından birisi dildir. Dil gelişimi ve konuşarak iletişimin sağlanabilmesi için işitmenin var olması gerekmektedir. Bebeklik ve erken çocukluk döneminde oluşan deprivasyon (işitsel sisteme işitsel uyarının ulaşmaması), santral işitme sistemindeki nöronal gelişimi bozmakla birlikte, çocuğun konuşması, sosyal, bilişsel, davranışsal ve duygusal gelişimini olumsuz yönde etkilemektedir (1,2). Bu sebeple yenidoğan taramasında veya erken çocukluk döneminde her iki kulakta işitme kaybı saptanan çocuklara işitme cihazı kullanandırılması ve eğitim programına alınması önem arz etmektedir (3).

İşitme cihazları ile mekanik ses enerjisi amplifiye edilerek iç kulağa iletilir ve işitmeye yardımcı olunur. Koklear implantlar işitme cihazlarından fayda görmeyen bilateral ileri veya çok ileri sensörinoral işitme kayıplı hastalarda sesleri ve konuşmaları daha iyi anlama imkanı sağlamak için tasarlanmış cihazlardır (4). Koklea içerisine yerleştirilen bir dizi elektrot ve işlemci aracılığıyla sesleri elektriksel uyarıma çevirerek işitme sinirini uyarır. Sese ait bilgiler buradan korteksteki işitme merkezine kadar iletilir. Koklear implantasyon (Kİ) yapılan hastalar bu yolla sesi algılayabilirler (5).

İşitsel kortikal potansiyeller işitsel geç latans cevaplarıdır ve 50-300 msn arasında kaydedilmektedir. Bunların içerisinde yaşla birlikte kısalan P1 kortikal latansı işitme plastisite açısından önem arz etmektedir (5,6). Yaşla birlikte değişkenlik gösteren P1 kortikal latansı işitme kayıplı hastalarda maturasyon indeksi olarak kullanılmaktadır. İşitsel yoksunluk süresinin uzamasıyla birlikte P1 latansının da uzadığı gösterilmiştir. Doğuştan işitme kayıplı çocuklarda 3-3.5 yaşına kadar işitsel sistemin ve korteksin plastisitesinin mevcut olduğu ve bozulmadığı görülmektedir (7).

Yapılan alışmalar şunu göstermektedir ki, doğuştan işitme kayıplı hastalardan kısa süreli işitsel yoksunluk yaşayan çocuklarla (3,5 yaş altı), uzun süreli işitsel yoksunluk yaşayan çocuklar (7 yaş üstü) arasında işitmenin santral gelişimi açısından anlamlı farklılıklar bulunduğu gibi, 3 yaşından önce ve sonra koklear implant yapılan hastalarda da belirgin farklılıklara rastlanmıştır (8,9).

Bu tezin amacı koklear implantasyon yapılan hastalarla, aynı yaş grubundaki işitmesi normal sınırlarda olan ocukların P1 latansının ve işitme gelişiminin işitsel kortikal potansiyellere bakılarak değerlendirilmesidir.

## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1. İÇ KULAK EMBRİYOLOJİSİ, ANATOMİSİ VE FİZYOLOJİSİ

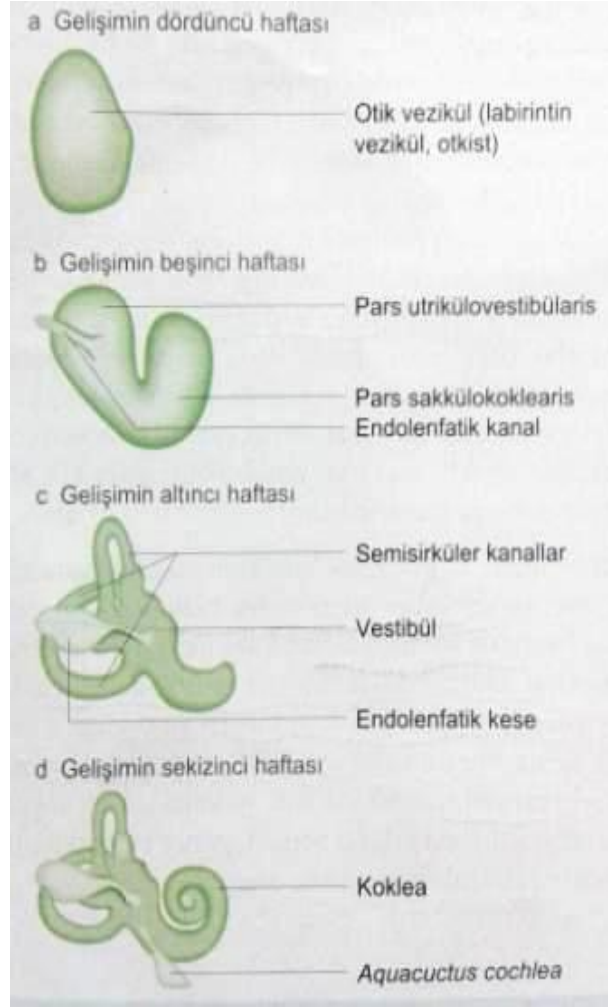
#### 2.1.1. İç Kulak Embriyolojisi

İç kulak, intra uterin hayatın 3. haftasında birinci brankial yarık ve arka beyin nöroektoderminden (otik plakod) gelişmeye başlar. Otik plak ektodermden ayrılarak otik çukuru oluşturacak şekilde genişler. Otik çukurun kenarları otik vezikülü oluşturmak için birleşir. Embriyonel yaşamın 5. haftasında otik vezikül, sakkül ve koklear kanalı oluşturan ventral kısım (pars inferior) ve endolenfatik kanal, utrikul ve semisirküler kanalları oluşturan dorsal kısma ayrılır. Otik vezikülün gelişimi sürecinde kıkırdak yapıdaki otik kapsülde boşluklar oluşmaya başlar. Bu boşlukların birleşmesiyle perilenf boşluğu meydana gelir. Daha sonra bu boşluk membranöz labirenti çevreleyen perilenf sıvısıyla dolar (10).

Otik vezikülün oluşumu sırasında vezikül duvarından ayrılan küçük bir hücre grubu statoakustik ganglionu meydana getirir. Statoakustik ganglion da 4. ve 5. haftalarda vestibüler ve spiral ganglionu oluşturmak üzere ikiye ayrılır. Bu gangliondan gelişen sinir lifleri makula, krista ve korti organına ulaşır. Sakkülün öne doğru oluşmasıyla ilk koklear kese uzamaya ve kıvrım yapmaya başlar ve 8. haftanın sonunda membranöz labirentin girişi belirginleşir (Resim 1) (11).

Korti organının maturasyonu 25. haftada gerçekleşir. Membranöz labirent 3. trimester'da gelişimini tamamlar yani bireyin kalan yaşantısında başka bir gelişim göstermez. İç kulakta maturasyon sırasıyla utrikül ve sakkül, ardından semisirküler kanallar ve son olarak kokleada gerçekleşir. Endolenfatik kese ve endolenfatik kanalın gelişimi ise puberteye kadar devam eder. Otik kapsülün ossifikasyonu 15. gestasyonel haftada 14 ossifikasyon merkezi yolu ile başlar ve 23. gestasyonel haftada tamamlanır. Böylece otik kapsül yetişkindeki boyutunu almış olur. İntauterin 26.-28. haftalarda tüylü

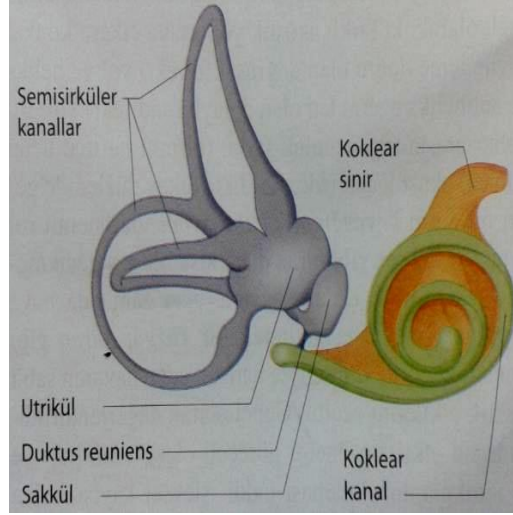
hücreler ve işitme sinirinin gelişimini tamamlamasıyla insan iç kulağı sesi beyne sinir impulsları olarak iletmeye başlar (10,12).



**Resim 1.** İç kulak embriyolojisi

### 2.1.2. İç Kulak Anatomisi ve Fizyolojisi

İç kulak, petröz kemiğin derin kısmında yerleşen işitme ve denge organlarını içeren yapıdır. Zar ve kemik labirent olmak üzere iki bölümden oluşur (Resim 2) (11). Kemik labirent de koklea, semisirküler kanallar ve vestibül olmak üzere üç bölüme ayrılır. Membranöz labirent, kemik labirent içerisinde kemik labirentin şeklini alarak 1/3 lük kısmını sıvı ile dolduran bölümdür. İşitme organını içeren ve önde bulunan kısmına duktus koklearis denilir.

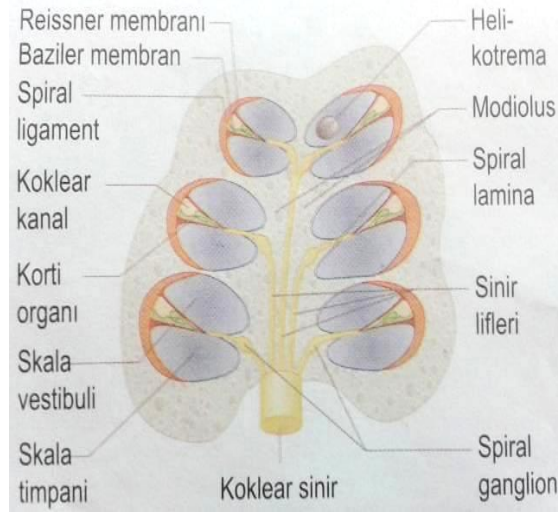


**Resim 2.** İç kulak, membranöz labirent ve koklear sinirle olan ilişkisi

Koklea, yaklaşık 35 mm uzunluğunda, eksenini modiolus etrafında 2.5-2.75 tur yapan işitmenin reseptör organını taşıyan otik kapsülün bir komponentidir (5,13). Koklea ortasında modiolus adı verilen otik kapsüle bir septum aracılığıyla tespit edilmiş, spongiöz kemikten yapılmış, santral bir kemik spiral ile desteklenir. Modiolus kokleanın dönüşlerini ayırır ve sınırlar. Kemik labirentin merkezi modiolustaki deliklerden ganglion hücrelerine gitmek üzere Vestibulokoklear sinirin lifleri geçer. Koklea timpanik kavite ile olan bağlantısını promontoriumun komşuluğunda birer kemik nişin dibinde yuvarlak ve oval pencere ile yapar. Oval (vestibüler) pencere daha yukarıda ve sagittal planda yerleşmiş olup stapes tabanını içerir. Yuvarlak (koklear) pencere ise transvers planda ve daha aşağıda yerleşmiştir.

Membranöz labirenti inceleyebilmek için modiolus seviyesinden geçen bir kesitte koklea üç bölüme ayrılır (Resim 3) (11). Bunlardan skala vestibüli, oval pencereden başlayıp koklear apekse kadar uzanır, helikotrema vasıtasıyla skala timpani ile ilişkilidir. Skala timpani bazalde yer alır ve helikotrema vasıtasıyla skala vestibüli ile koklear apekte devamlılık gösterip kokleanın bazal kıvrımı civarında ince bir zarla örtülü olan yuvarlak pencere membranına uzanır. Skala timpani, akuaduktus koklea aracılığıyla subaraknoid boşlukla bağlantılıdır ve bu bağlantı sayesinde beyin omurilik sıvısı (BOS) ile perilenf arasında madde alışverişi sağlanır. İki perilenfatik skala arasında kalan ve endolenf içeren bölmeye skala media (duktus koklearis) adı verilir.

Korti organıyla birlikte baziller membran skala medianın tabanını oluşturur. Skala media ile skala timpaniyi baziller membran ayırır. Skala media bir fibröz bant aracılığı ile kemiksi spiral laminadaki dar bir tutunma yerinden otik kapsülün dışındaki geniş tutunma yerine doğru uzanan spiral bir ligamandır (10,11,14). Skala media Perilenf içeren skala vestibuliden Reissner membranı ile ayrılır. Stria vaskularis adında damardan zengin tabaka dış duvarını oluşturur. Stria vaskularis endolenfin iyonik dengesinin korunmasından sorumludur. Bu denge sodyum-potasyum ATPaz pompası ile skala mediadan sodyum alıp potasyum veren dark hücre tabakasıyla sağlanır. Bu aktif transportun sonucunda 60-100 mV seviyesinde pozitif endokoklear potansiyel oluşur. Korti organı, modiulusa bakan baziller membranın iç yüzünde bulunur sensöriyel ve destekleyici hücreler içerir. Korti organındaki sensöriyel hücreleri spinal laminadan başlayarak örten ve fibrillerden oluşan aselüler yapıya tektoriyal membran denir. Sensöriyel hücrelerle silyalı hücrelerin yüzeyini birbirine bağlayan, üstte silyalı epitel ve tektoriyal membranı içeren endolenfatik alan, altta perilenfatik alan oluşturan yapıya retiküler membran denir (5,11).



**Resim 3.** Kokleadan geçen aksiyel kesit

Korti organının görevi baziller membranın mekanik titreşimlerini beyine iletilen nöronal impulslara çevirmektir. Korti organındaki hücre dizilimi lateralden mediale doğru Hensen hücreleri, korti'nin dış tüneli, dış saçlı hücreler, Detiers hücreleri, Nuel boşlukları, dış pılar hücreler, korti'nin iç tüneli, iç saçlı hücreler, iç falangeal hücreler,

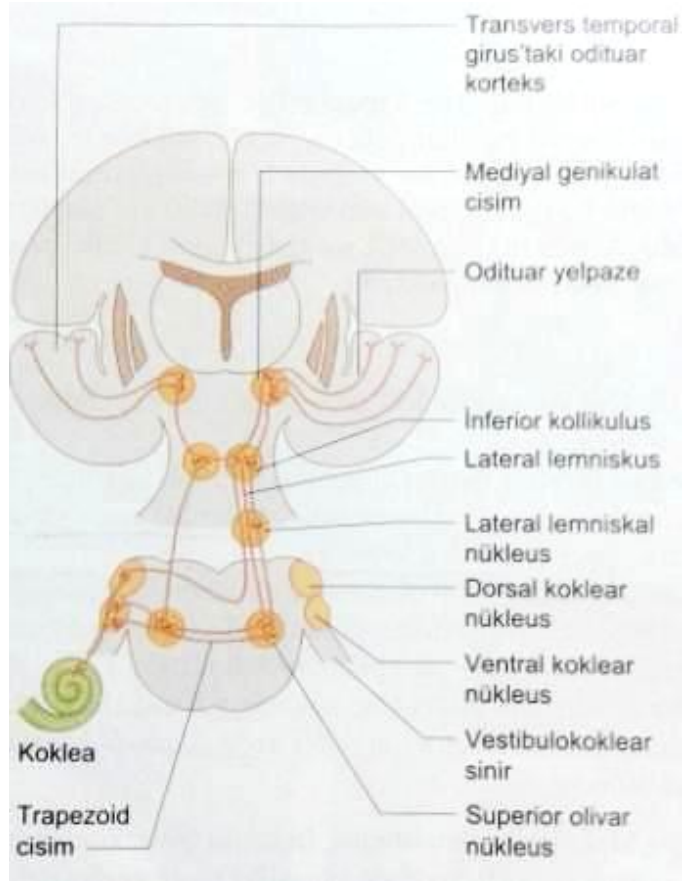
iç sınır hücreleri şeklindedir. Saçlı hücreler, özelleşmiş yüzeylerine değişik uzunluktaki sterosilyaların oluşturduğu demetlerin bağlandığı mekanoreseptörlerdir. Stereosilyaların uzunluğu apekse gittikçe artar. Koklea içerisinde 3000'den fazla sayıda bulunan iç saçlı hücreler, koklea boyunca tek sıra halinde dizilmiş ve destek hücreleri ile desteklenmiştir. Her bir iç saçlı hücre koklear sinirin çeşitli afferent dallarına bağlanır. Dış saçlı hücreler ise iç saçlı hücrelerden 3-4 kat daha fazladır. Dış saçlı hücreler koklea boyunca üç sıra halinde yerleşmişlerdir. Endolenfatik alana uzanan siliyalı uçları hariç perilenfle çevrilidirler. Dış saçlı hücrelerin az sayıda afferent bağlantıları vardır ve efferent koklear sinir dalları tarafından innervasyonu sağlanır. Vestibulokoklear sinir lifleri ve sinire ait hücre gövdelerinin bulunduğu spiral ganglion, Rosenthal kanalı ismindeki modiolar kemik içerisindeki bir alana yerleşmiştir. Bazal membran 2.5 tur dönüş yapmasına rağmen spiral ganglion 1.5 tur dönüş yapmaktadır. Spiral gangliondaki bipolar nöronların bir ucu korti organına giderken, diğer ucu koklear reseptörleri santral sinir sistemine bağlar (5,11).

## **2.2. SANTRAL İŞİTME YOLLARI**

### **2.2.1. VIII. Kranial Sinir**

Sekizinci kranial sinir ortalama 1.74 mm çapında olup dört parçadan oluşur. sakküler, süperior vestibuler, posterior ampuller ve koklear sinir. Otik kapsülün değişik kanallarından çıkan bu lifler internal akustik kanalda (IAC) fasiyal sinir ve intermedius sinirleriyle birlikte seyrederek. İnternal akustik kanal içerisinde superior vestibüler, fasiyal ve intermedius sinirler superior kısımda bulunurken, koklear ve sakküler sinirler inferiorda bulunur. Koklear sinir ve vestibüler dallar internal akustik kanalda birleşir. Sakküler sinirin dalı koklear sinirin longitudinal fissürüne girerek vestibülokoklear anastomozunu (Oort anastomozu) meydana getirir. İki sinirin birleşmesiyle koklear ve vestibuler dallar arasında bir klivaj planı devam eder. Kokleotropik bir organizasyona sahip olan koklear sinir lifleri spiral bir seyir izler. Bazal turn lifleri periferde yerleşmiş durumda olup, apeksi innerve eden lifler daha derindedir (5,11).

Koklear ve vestibüler sinirlerin internal akustik kanal içerisindeki ilişkisi değişkenlik gösterse de; fonksiyonel olarak vestibüler sinir anterior superiorde, koklear sinir ise posterior lateralde olarak kabul edilir (11). Koklear ve vestibüler sinirler labirentten beyin sapına kadar 90 derecelik rotasyon yaparlar. Histolojik kesitlerde VIII. kranial sinirin koklear ve vestibüler kısmında komplet bir ayrılma görülme de; koklear sinirin vestibüler lifler içerdiği görülmüştür. VIII. kranial sinir iki köke ayrılarak pontomedüller bileşkeden beyin sapına girer. Koklear kısım vestibüler kısımdan serebellar pedinkülle ayrılır. Vestibüler lifler restiform cismin altından geçip beyin sapında trapezoid cisme penetre olur. Koklear sinir restiform cisim üzerinden geçerek ventromedial yüzü üzerinden anteroventral koklear nükleusa girer. Sinir kökü içerisindeki her bir dal çıkan ve inen dallara ayrılır. Çıkan dal anteroventral koklear nükleusu innerve ederken, inen dal posteroventral ve dorsal koklear nükleusu innerve eder (Resim 4) (5,11).



**Resim 4.** Merkezi işitme yolu

### 2.2.2. Koklear Nükleuslar ve Akustik Sıtria

Koklear çekirdekler tüm aferent işitsel lifler için ilk ve zorunlu uğrak noktasıdır. Bu nükleuslar simetrikler ve pontoserebellar köşede bulunurlar. Serebellar hemisferler çıkarıldığında, 4. ventrikülün dış resesine yerleştikleri görülür. Koklear nükleuslar iki büyük bölümden oluşur; dorsal koklear nükleus (DCN) ve ventral koklear nükleus (VCN). Ventral koklear nükleus yapısal olarak anteroventral koklear nükleus (AVCN) ve posteroventral koklear nükleus (PVCN) olmak üzere iki kısma ayrılır. AVCN kendi içerisinde anterior ve posterior olmak üzere iki kısma ayrılır.

AVCN ve PVCN, koklear sinirden tam bir topografik projeksiyon alan, farklı hücre topluluklarından oluşur. Bu hücreler: piramidal hücreler, ahtapot hücreler, küresel ve globüler çalı biçimli hücreler, multipolar hücreler ve granüler hücrelerdir (5). AVCN esas olarak çalı tipi hücrelerden oluşmuştur. VCN'un santralinde multipolar hücreler yerleşmiştir. PVCN multipolar hücrelerin yanında ahtapot hücrelerle karakterizedir. Koklear nükleuslarda bulunan bu hücre grupları, farklı frekanslardan gelen uyarıları taşıyan sinir liflerini alıp, farklı fizyolojik yanıtlar oluştururlar. Her hücrenin hassas olduğu bir frekans bulunmaktadır ve bu frekansa karakteristik frekans denir. Kokleanın apikal bölgesinden gelen lifler ventral nükleuslarda sonlanırken, bazal bölgesinden gelen lifler dorsal nükleuslarda sonlanır (5,15).

Koklear nükleuslarda bulunan hücrelerden çıkan lifler ventral akustik stria (trapezoid cisim), intermediate akustik stria ve dorsal akustik stria olmak üzere üç demet oluşturur. Ventral akustik stria, superior medial oliva, superior lateral oliva, trapezoid cisimciğin medial nükleusu ve inferior kollikulusta sonlanır. Intermediate akustik stria hem bilateral hemde unilateral olmak üzere trapezoid cisimde ve superior lateral oliva bölgesinde sonlanır. Dorsal akustik stria'dan çıkan lifler lateral lemnisküs ve inferior kollikulusta sonlanır (5).

### **2.2.3. Superior Olivar Kompleks ve Olivokoklear Demet**

Superior olivar kompleks, ponsun gri cevherinin hemen arka alt bölümünde yerleşmiştir ve birkaç adet çekirdek grubu içerdiği için kompleks adını almıştır. Bu çekirdekler, superior olivanın medial çekirdeği, superior olivanın lateral çekirdeği, trapezoid cismin medial çekirdeği ve periolivar çekirdektir. Superior olivar kompleks her iki koklear çekirdekten lifler alır, bu sayede her iki kulağa seslerin geliş zamanını ve seviyelerini monitörize ederek sesi yer tespiti için sıralar. Akustik algı daha yüksek ses veya daha erken gelen ses tarafına yerleşiktir. Superior olivar kompleks, binaural sürecin yer aldığı işitme sisteminde en düşük seviyeyi temsil eder (16). Trapezoid cisim üzerindeki işitsel uzanımın tüm seviyelerde binaural seviye ve zaman farklılıklarına duyarlı seviyeler vardır.

Superior olivar kompleks, lateral lemnisküs ve inferior kollikulusa çıkan lifler gösterir. İnen lifler ise korti organının tüylü hücrelerine gider. Olivokoklear demet myelinli liflerden oluşan iç ve myelinsiz liflerden oluşan dış demet olmak üzere iki demetten oluşmuştur (17).

### **2.2.4. Lateral Lemnisküs**

Koklear çekirdekleri ve superior olivar kompleksi, inferior kollikulusa bağlar. Lateral lemnisküs dorsal ve ventral olmak üzere iki ana hücre grubundan oluşur. Kokleadan gelen ses pes (alçak) frekanslar lateral lemnisküsün dorsal çekirdeğine, tiz (yüksek) frekanslar ise ventral çekirdeğine gider. Spektral frekans bilgisi ventral kısımla aktarılır. Dorsal kısım ise binaural iletinin aktarılmasında görevlidir. Lateral lemniskusun eferent lifleri inferior kollikulusun santral kısmındadır (17).

### **2.2.5. İnférieur Kollikulus**

Beyin sapının tavanını oluşturan inferior kollikulus, mezensefalonda bulunur ve bilateralidir. Çıkan liflerin ortak uğrak noktasıdır ve akustik bilgileri hazırlar. Alt beyin

sapından gelen iletileri üst kısımdaki medial genikulat cisme ve işitme korteksine gönderir. İnférieur kollikulus; santral nükleus, eksternal nükleus ve dorsal korteks olmak üzere üç hücre grubundan oluşur. Santral nükleus, düşük frekanstan yüksek frekansa tonotopik organizasyon gösterir. İnférieur kollikulusun esas projeksiyonu medial genikulat cisme doğru uzanır. Diğer projeksiyonu ise zayıf liflerden oluşur ve superior kollikulusun derin kısımlarına ulaşır, ayrıca posterior talamik grupla da bağlantılıdır. Superior kollikulusta uzaydaki sesin pozisyon bilgisi görme alanı ile entegre edilir (14).

### **2.2.6. Medial Genikulat Cisim**

Talamusta bulunan medial genikulat cisim lateral genikulat cismin iç tarafına yerleşmiştir. İnférieur kollikulusla işitme korteksi arasında, çıkan liflerin konak yaptığı bir ara istasyondur. Medial genikulat cisim, medial ve dorsolateral olmak üzere iki hücre grubundan oluşur. İnférieur kollikulustan çıkan lifleri alırken, işitme korteksinden inen lifler alır. Medial genikulat cisim işitsel korteksle birlikte, görsel ve dokunsal duyulardanda lifler alır (14,15).

### **2.2.7. İşitme Korteksi**

İşitme korteksi primer işitme korteksi ve asosiyasyon sahaları olmak üzere iki kısımdan oluşur. Primer işitme korteksi Brodmann'ın 41 ve 42 numaralı işitme sahalarını kapsar (işitsel korteksin birincil akustik bölgesi- AI). Primer işitme korteksi anterior transvers temporal girusu (Heschl girusu) oluşturur ve lateral sulkus içinde uzanır. İkincil akustik bölge (AII) ise akustik ve duygusal girdileri alır ve superior temporal girusta AI in alt kısmına uzanır. Bu bölge Brodmann'ın 22 ve 52 numaralı sahalarına denk gelir. Asosiyasyon sahaları primer korteksi, konuşma ve kelime hazineleri ve görmeyle ilgili olan frontal ve temporoparietal bölgeye bağlar (14,18).

### 2.3. İŞİTME FİZYOLOJİSİ

İşitme, atmosferde meydana gelen ses dalgalarının kulak tarafından toplanıp beyindeki merkezlerde anlam olarak algılanmasına kadar olan süreçtir. Ses dalgaları dış kulak yoluyla orta kulağa iletilir. Kemikçik zincir ses enerjisini mekanik enerjiye çevirir. Stapesin oval pencere üzerinde hareketinin değişken hızı, farklı ses frekanslarının mekanik temelini oluşturur (19). İşitme ve sesin iletiminde dört önemli evre bulunmaktadır. İlk evrede atmosferde oluşmuş ses dalgaları sırası ile dış kulak yolu aracılığı ile orta kulağa, oradan da iç kulak sıvılarına iletilmektedir. İkinci evrede iç kulak sıvılarına ulaşan ses dalgalarının baziller membran tarafından periferik bir analizi yapılmaktadır. Üçüncü evrede ise iç kulakta Corti Organı'nda mekanik enerji tüylü hücreler tarafından elektrik enerjisine dönüştürülerek temporal lobdaki işitme merkezine gönderilir. Son evre yani dördüncü evrede ise tek tek gelen bu sinir iletimleri işitme merkezinde birleştirilerek sesin karakteri ve anlamı anlaşılır hale getirilir [20]. Stapes hareketi ile başlayan ve perilemf aracılığıyla iletilen mekanik dalga, baziller membranı koklea tabanından helikotemaya doğru hareketlendirir. Bu dalganın özelliği, amplitüdün giderek artması ve titreşimlerin belli bir bölgede maksimum amplitüde ulaştıktan sonra sönmesidir. Bu sayede kokleanın her bir bölgesi farklı bir frekansa daha duyarlıdır. Doğal rezonans farkı nedeniyle baziller membran tonotopik özelliğe sahiptir. Belli frekanstaki sesler diğer frekanstaki seslere göre baziller membranın daha kolay titreşmesini sağlar.

İletim dalgası, bazal membran üzerinde, uyarının taşıdığı frekansa denk gelen bölgede maksimum amplitüde ulaşır ve bu bölgeyi hareket ettirerek korti organına iletilir. Kortu organına gelen mekanik uyarı elektrikselleştirilip, akustik nöronların dendritlerini uyarır. Akustik uyarı kortekse ulaştığı zaman önceki ses deneyimlerine göre bellek tarafından hatırlanarak algılanır. İşitsel bilgi nöral cevaba iki yolla kodlanır; bunlar temporal (zamansal) kodlama ve yer (frekans) kodlamasıdır. Temporal kodlama, konuşma seslerinin uzunluğu, hece sayısı, vurgu ve tonlama temeline dayalı bilgileri taşır. Bu karakteristikler, temel frekans özelliği, şiddet ve konuşma sesinin süresini değiştirerek değiştirilebilir. Yer (frekans) kodlaması ise, nöronların koklear lokalizasyonundan kaynaklanan sesin perdesi gibi spesifik algısal özelliklerini yansıtır (21).

## 2.4. NORMAL İŞİTME SÜREÇLERİ VE İŞİTME KAYIPLARI

### 2.4.1. İşitsel Gelişim

İşitme, çevreden gelen bir sesin algılanması ya da fark edilmesi olarak tanımlanabilir. Ancak dinleme, işitmeye nazaran daha karmaşık bir olgudur; konuşma seslerini ve çevre seslerini işitsel olarak algılayıp, ayırt ederek bu sesleri anlamlandırma ya da çevre ve konuşma seslerini fark etme, ayırt etme, tanımlama ve anlamlandırma olarak tanımlanabilir (22). Yaş grubuna göre normal işitme süreci dört aşamadan oluşmaktadır:

**1. Fark etme:** Dinleme becerisinin temel ve basit olan basamağıdır. Bu basamakta çocuklar sesin varlığını ya da yokluğunu fark edebilirler. Bu basamakta çocuk çevresindeki sesleri fark etmeyi ve sese odaklanmayı öğrenmektedir. Bir başka deyişle sese tepki vermeyi ya da sessizlikte eylemsiz kalmayı öğrenmektedir.

**2. Ayırt etme:** Fark etme basamağına göre daha üst düzey beceriler gerektirmektedir. Çocuk işitsel yapıların aynı ya da farklı olduğunu anlamaya başlar.

**3. Tanıma:** Çocuk, sesin kaynağının neye ya da kime ait olduğunu keşfetmeye başlar. Çocuk konuşma seslerini, çevre seslerinden ayırt etmeye ve söylenen basit sözceleri tekrarlamaya çalışmakta ve söylenen nesnelere bazılarını işaret ederek ya da bakarak tekrar etme çabası içine girmektedir.

**4. Anlama:** Dinleme becerisinin en zor ve en üst basamağıdır. İşitsel mekanizmanın en son hedefini kapsamaktadır. Anlama, bireyin geçmiş yaşantıları ve dilbilgisine ait deneyimleri yardımı ile kendisine ulaşan akustik iletileri ya da uyaranları algılaması, anlaması ve sonucunda iletiyi ya da çevre sesini anlamlı hale getirmesidir. Çocuk bu aşamada sesi, anlamı ile birleştirir (23,24). Yaş gruplarına göre normal işitme süreci tablo 1 de verilmiştir (25).

**Tablo 1.** Yaşa göre normal işitme süreci

YAŞ GRUBU	İŞİTME VE ANLAMI	KONUŞMA
Doğum-3.ay	<ul style="list-style-type: none"><li>• Yüksek seslerde irkilir.</li><li>• Konuşulduğunda susar veya gülümser.</li><li>• Sesinizi tanıyormuş gibi görünür ve ağlıyorsa susar.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Memnuniyet sesleri çıkarır ("gu" vb.).</li><li>• Farklı ihtiyaçlarında farklı şekilde ağlar.</li><li>• Sizi gördüğünde gülümser</li></ul>
4.-6.ay	<ul style="list-style-type: none"><li>• Gözlerini sesin geldiği tarafa doğru oynatır.</li><li>• Sesinizdeki ton değişikliklerine yanıt verir.</li><li>• Ses çıkaran oyuncakları fark eder.</li><li>• Müziğe dikkat kesilir.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• "P, b, m" gibi sessizleri içeren konuşmaya benzer değişik sesler çıkarır.</li><li>• Heyecan ve memnuniyetsizliğini vokalize eder.</li><li>• Yalnız kaldığında veya sizinle oyun oynarken "agu" şeklinde sesler çıkarır.</li></ul>
7.ay- 1 yaş	<ul style="list-style-type: none"><li>• Sesin geldiği tarafa dönüp bakar.</li><li>• Konuşulduğunda dinler.</li><li>• İsteklere yanıt vermeye başlar ("buraya gel,daha ister misin?" vb).</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• "tata upup bibibibi" gibi uzun ve kısa ses grupları oluşturur.</li><li>• Dikkat çekmek için konuşma ya da ağlamaya benzemeyen sesler çıkarır.</li><li>• Değişik sesleri taklit eder.</li></ul>
1 – 2 yaş	<ul style="list-style-type: none"><li>• Sorulduğunda vücudundaki bazı yapıları gösterir ("burun, dudak" vb.).</li><li>• Basit komutları yerine getirir ve basit soruları anlar ("topa vur, bebeği öp, ayakkabın nerede?" vb).</li><li>• Basit masalları, şarkı ve kafiyeli sözleri dinler.</li><li>• Adı söylendiğinde kitapta ilgili nesneyi gösterir.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Her ay biraz daha fazla kelime söyler.</li><li>• 1-2 kelimeli sorular sorar ("kedi nerede?, at ta mı gitti?, bu ne?" vb.).</li><li>• İki kelimeyi yan yana söyler ("daha mama, süt yok, anne kitabı" vb).</li></ul>
2 – 3 yaş	<ul style="list-style-type: none"><li>• Anlamdaki farklılığı algılar ("git-dur, iç-dış, büyük-küçük, üst-alt" vb.).</li><li>• İki isteği yerine getirir ("kitabı al ve masanın üstüne koy" vb.).</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Her şeye söylenebilecek bir sözü vardır.</li><li>• Bir şeyler sormak veya bir şey hakkında konuşmak için 2-3 kelimeli cümleler kurar.</li><li>• Alishkın dinleyiciler konuşmasını çoğunlukla anlayabilir.</li><li>• Sıklıkla cisimleri isimleriyle sorar veya işaret eder.</li></ul>
3 - 4 yaş	<ul style="list-style-type: none"><li>• Diğer odadan seslendiğinizde sizi duyar.</li><li>• Televizyon veya radyodaki sesi diğer aile bireyleriyle aynı yükseklikte duyar.</li><li>• Basit sorular anlar ("kim?, ne?, nerede?, neden?" vb).</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Anaokulundaki veya arkadaşlarının evindeki aktiviteler hakkında konuşur.</li><li>• Aile dışındaki bireyler de çocuğun konuşmasını anlar.</li><li>• 4 ve üstünde kelime içeren pek çok cümle kurar.</li><li>• Hece veya kelimeleri tekrarlamadan konuşur.</li></ul>
4 – 5 yaş	<ul style="list-style-type: none"><li>• Kısa bir masalı dikkatle dinler ve hakkındaki basit soruları yanıtlar.</li><li>• Evde ve okulda konuşulanların çoğunu duyar ve anlar.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Pek çok detay içeren cümleler kurar ("Kitaplarımı okumayı seviyorum", vb.).</li><li>• Belli bir konuya sadık kalacak şekilde hikayeler anlatır.</li><li>• Diğer çocuklar ve erişkinlerle konuşur.</li><li>• Ailenin diğer bireyleriyle aynı grameri kullanır.</li></ul>

Normal işiten çocuklar için büyük önem taşıyan işitme ve dinleme, işitme kayıplı çocukların dil ediniminde, konuşmayı anlamada ve okuma yazma becerilerinde önemli sorunlar ortaya çıkarabilir. Bu nedenle işitme kayıplı çocukların erken bebeklik döneminden itibaren işitsel dinleme ve algı gelişimlerinin sağlanması açısından, bu aşamaları kapsayan uygun eğitim programları ile desteklenmeleri büyük önem taşımaktadır (26).

#### **2.4.2. İşitme Kayıpları**

İşitme kaybının tipleri beş grupta incelenebilir:

1. İletim tipi işitme kaybı: Dış kulak ve/veya orta kulaktaki problemlerden kaynaklanır. Enfeksiyonlar (dış kulak yolu enfeksiyonları, orta kulak enfeksiyonları) yabancı cisimler, buşon, kulak zarının veya kemikçiklerin sağlam olmaması bu tip işitme kaybına yol açar.
2. Sensörinöral işitme kaybı: İşitme kaybı kokleada ve/veya koklear sinir, işitme yollarındaki patolojilere bağlıdır.
3. Mikst tip işitme kaybı: İletim ve sensörinöral işitme kaybının birlikte görüldüğü işitme kayıplarıdır. Genellikle orta kulak enfeksiyonlarının veya otosklerozun iç kulağı da etkilemesi sonucu ortaya çıkar.
4. Fonksiyonel işitme kayıpları: Organik kökeni olmayan; emosyonel, sosyal nedenlerle ya da çıkar sağlamaya yönelik meydana gelen işitme kayıplarıdır.
5. Santral işitme kayıpları: Koklear çekirdekler ve işitsel korteks arasında özellikle iki taraflı tutulum sonucunda ortaya çıkan işitme kayıplarıdır.

İşitme kaybının derecesine göre, konuşma frekanslarındaki (500Hz, 1000Hz ve 2000Hz) saf ses hava yolu işitme eşikleri ortalamasına göre tüm dünya dayaygın olarak kullanılmaktadır (27).

İşitme kaybının desibel olarak değerlendirilmesi;

- ❖ 0-25 dB'e kadar olan kayıplar: Normal,
- ❖ 26-40 dB'e kadar olan kayıplar: Hafif,
- ❖ 41-55 dB'e kadar olan kayıplar: Orta,
- ❖ 56-70 dB'e kadar olan kayıplar: Ciddi,
- ❖ 71-90 dB'e kadar olan kayıplar: İleri,
- ❖ 90 dB'in üstündeki kayıplar: Çok ileri derece işitme kaybı olarak tanımlanır.

İşitme kayıplarının etyolojiye göre sınıflandırılması (28):

#### 1. Konjenital işitme kayıpları

- Ailesel-Genetik
- Gebelik veya Doğumla İlgisi Olan
  - Enfeksiyonlar: Rubella, toksoplazma, CMV, sfiliz, herpes
  - Teratojenik ajanlar
  - Hipoksi
  - Travma
  - Prematürite
  - Sarılık

#### 2. Kazanılmış İşitme Kayıpları:

- Kafa travması
- Menenjit
- Ototoksik ilaçlar:Aminoglikozitler vs.
- Otitis media
- Labirentit: Viral,kabakulak,kızamık,influenza,bakteriyel menenjit
- Cerrahi girişimler
- Metabolik bozukluklar
- Endolenfatik hidrops
- Perilenfatik fistüller
- Otoimmün işitme kayıpları

İşitme kaybı meydana geldiği döneme sınıflandırılması ise aşağıdaki gibidir:

a. Prelingual işitme kaybı: Doğuştan 2 yaşa kadar olan sürede, dilin karakteristik özelliklerini öğrenmeden oluşan işitme kayıplarıdır. Lisan kazanılamaması ve lisan gelişiminin yaşlılarına göre geri kalması ile kendini gösterir. Prelingual işitme kayıplarını erken dönemde tespiti için yeni doğan işitme taramaları geliştirilmiştir.

b. Perilingual işitme kaybı: Konuşma ve lisan öğrenme döneminde, 2-6 yaş arasında meydana gelen işitme kayıplarıdır. Bu dönemde meydana gelecek işitme kaybı, çocuğun kronolojik yaşı ile lisan yaşı arasında açıklık oluşmasına neden olur.

c. Postlingual işitme kaybı: Doğumda normal işitmeye sahip olan, konuşma ve lisan becerisi kazanan çocukta 6 yaşından sonra meydana gelen işitme kayıplarıdır. Alçak frekansları duymayan çocukta daha çok konuşmada ritim bozukluğu olabileceği, yüksek frekans duymayan çocukta ise artikülasyon bozukluğu gelişir. Konuşma ve lisan becerisi kazanıldığı için bu grup işitme ve konuşma eğitimine en az ihtiyaç duyan, koklear implantasyondan en fazla fayda gören gruptur (29).

## **2.5. İŞİTMENİN DEĞERLENDİRİLMESİNDE KULLANILAN TESTLER**

### **2.5.1. Diapozon Testleri**

Diapozon Y harfine benzeyen ve saniyede belirli bir titreşim sayısına sahip bir alettir. Sıklıkla 512 Hz'lik diapozon tercih edilir. Bir diapozonun titreşimi ile meydana gelebilecek en yüksek ses şiddeti 60 dB'dir. İletim tipi ve sensörinöral işitme kaybının ayırtedilmesini sağlar (28).

#### **2.5.1.1. Rinne Testi**

Titreşimli diyapozonun ucu hasta işittiği sesin bittiğini söyleyene kadar mastoide dokundurulur, bu safhada ses kemik yolu ile dış ve orta kulağı atlayarak doğrudan kokleaya iletilir. Daha sonra diyapozonun titreşen çift ucu aurikula önünde tutulur,

hastanın normalde sesi yeniden işitmeye başlaması gerekir. Bu duruma Rinne (+) denir. Hastanın işitmemesi durumuna ise Rinne (-) denir. Normalde hava yolu ile işitme, kemik yolu ile olan işitmeden daha etkin olduğu için Rinne testinin pozitifliği normal, negatifliği ise patolojik bir durumdur. Eğer ses iletim mekanizmasında bir engel varsa, Rinne negatif olarak bulunur. Eğer iletim tipi işitme kaybı 15-20 dB'den daha yüksek ise, Rinne testi negatif olarak neticelenir. Rinne pozitif bir durum normal bir işitme veya sensorinöral bir işitme kaybını ifade eder, bunları birbirinden ayırt etmek için Weber testi yapılmalıdır.

#### **2.5.1.2. Weber Testi**

Sadece kemik iletim yolunun kullanıldığı bu testte, diyapozon titreştirildikten sonra vertekse veya glabellaya veya üst insisör dişler üzerine konur. Kafanın orta hattında titreşerek kemik yolu ile her iki kokleaya eşit şiddette ses ulaşır. Hastaya sesi ortada mı, yoksa bir tarafta mı işittiği sorulur. Normalde her iki kulağın işitme eşiği birbirine yakın olduğu için ses ortada işitilir. Sensörinöral bir işitme kaybı durumunda, sesin koklear işitme seviyesi daha iyi olan kulaktan duyulması umulur. İletim tipi işitme kaybında ise, ses tam ters olarak işitmenin etkilendiği veya daha fazla etkilendiği kulağa yönelir. Weber testi her iki taraf arasındaki 5 dB'lik işitme kaybı farkına kadar hassasiyet gösterir.

#### **2.5.1.3. Schwabach Testi (Absolut Kemik İletim Testi)**

İşitmesi normal olan test edici ile hastanın kemik yolu işitmesinin mukayese edildiği bir testtir. Diyapozon titreştirilir, tabanı hastanın mastoidi üzerine konur. Diyapozon sesinin artık işitilmediği zaman hasta işaret eder. Diyapozon derhal test edicinin mastoidi üzerine konur. İşitmesi normal olan test edici diyapozonun sesini duyuyorsa hastanın iç kulak fonksiyonunun azaldığı ve kısalmış Schwabach olarak ifade edilir. İletim tipi işitme kaybı varsa test edici ses duyamaz buna uzamış Schwabach denir (30).

### **2.5.2. Saf Ses Odyometrisi**

Farklı frekanslardaki saf ses stimuluslara karşı hastanın işitme eşiğinin sessiz bir kabin içinde subjektif olarak belirlenmesidir. Bir grafik şeklinde çizilmiş haline odyogram denir. Test, hava yolu ve kemik yolu ile farklı şiddetlerde sunulabilen 250, 500, 1000, 2000, 4000 ve 8000 Hz'lik frekanslardaki sesler ile yapılır. Teste bir kulaklık ile, önce hava yolu 1000 Hz ile başlanarak hastanın duyduğunu bir düğmeye basarak veya bir el işareti yaparak ifade ettiği bir ses şiddetinden 10 dB'lik basamaklar halinde duyamadığı şiddete kadar inilir, duyamadığı seviyede ses şiddeti duyabildiği seviyeye kadar 5 dB'lik basamaklar halinde arttırılır. Duyabildiği seviye hastanın işitme eşiğidir. Sonra diğer frekanslar için aynı şekilde hava yolu işitme eşikleri tespit edilir. Konuşma frekansları genellikle 500, 1000 ve 2000 Hz sınırında olduğu için işitme eşiklerinin ortalaması alınır. Kemik yolu ile işitme eşiklerinin araştırılması mastoid üzerine bir vibratör yerleştirildikten sonra aynı şekilde yapılır. Kemik yolu ile işitme eşiğinin tespitinde karşı kulak daima maskelenir, hava yolu işitme eşiğinin tespitinde ise her iki kulak işitme eşiği arasında 40 dB veya daha fazla fark varsa işitmesi iyi olan kulak maskelenmelidir (31).

### **2.5.3. Konuşma Odyometrisi**

Bu subjektif testte saf ses yerine kelime veya cümleler kullanılır. Bu test işitme eşiğini ve anlamayı değerlendirmekte kullanılır. İşitmeyi algılama eşiği: hastanın fonetik olarak dengeli iki heceli kelimelerin % 50'sini doğru tekrar edebildiği ses şiddeti seviyesidir. Konuşma diskriminasyon skoru: İşitme eşiğinin üzerindeki şiddetlerde sunulan tek heceli kelimelerin doğru tekrar edilme oranıdır. Konuşma odyometresi işitme kaybı hakkında bilgi verir, hastanın işitme cihazından fayda görüp görmeyeceğini daha iyi belirler. İletim tipi işitme kaybında ses şiddetinin yükseltilmesi kelimeleri anlamaya yeterlidir. Nöral bir işitme kaybında ise ses şiddetinin yükseltilmesine rağmen diskriminasyon skoru artacağına azalma gösterir. Saf ses odyogramda elde edilen işitme eşiğine orantısız olarak çok kötü işitme retrokoklear nedenli bir işitme kaybını düşündürür. Koklear nedenli işitme kayıplarında diskriminasyon önemli ölçüde bozulmaz.

#### **2.5.4. İmpedans Odyometri (Timpanometri)**

Dış kulak yoluna yerleştirilmiş bir probun içinden kulak zarına doğru sunulan bir sese karşı orta kulak iletim sisteminin hareket etmeye karşı direncini ve kulak zarından geriye yansıyan ses miktarını ölçen objektif bir testtir. Dış kulak yoluna sıkıca yerleştirilen bir prob içinden kulağa sunulan bir ses, orta kulak sistemi tarafından kısmen absorbe olur, kısmen de timpanik membranın yüzeyinden dışarı doğru yansıma yapar. Dış kulak yolundaki basınç ile orta kulak basıncı birbirine eşit olduğu zaman absorpsiyon en fazladır. Bir manometreye bağlı bir pompa ile dış kulak yolundaki basınç değiştirilirken, timpanik membrandan yansıyan ses miktarı bir mikrofon ile ölçülür. Dış kulak yolunda +200 daPa'dan -400 daPa'a kadar değişen basınca karşı orta kulak iletim mekanizmasının impedansı tespit edilir. Bu ölçüm yöntemine timpanometri, bunun bir trase halinde elde edilmesine timpanogram denir. Dış kulak yolu basıncı orta kulak basıncına eşit olduğu zaman impedans en az, komplians en yüksektir.

Üç temel grup timpanogram trasesi vardır:

Tip A: Normal bir orta kulak mekanizmasını gösterir.

Tip Ad: Kemik zincir dislokasyonu, erozyonu veya atrofik bir timpanik membranı gösterir.

Tip As: Otoklerozda olduğu gibi gergin bir sistemi gösterir.

Tip B: Orta kulakta bir sıvı varlığı, timpanik perforasyon veya buşon durumunda elde edilen timpanogram trasesidir.

Tip C: Orta kulakta negatif basınç olduğunu gösteren bir trasedir (32).

#### **2.5.5. Akustik Refleks (Stapes Refleks) Testi**

İşitme eşiğinden 70-80 dB daha yüksek sesle karşılaşıldığında stapedius kası kasılır. Bu kontraksiyon kompliansda ölçülebilir değişikliğe neden olur. Refleks eşiği,

saf ses işitme eşiğinin 70-95 dB üzerindedir. Objektif bir test olması hastanın işitme kabiliyeti hakkında kabaca bir fikir verir. Simülatörlerin tespitinde, rekrutman araştırmasında, fasial paralizilerde lezyonun lokalizasyonunda faydalı bir testtir. Koklear, retrokoklear ve iletim tipi işitme kayıplarının ayırıcı tanısında kullanılabilir (33).

### **2.5.6. Otoakustik Emisyonlar (OAE)**

David Kemp 1978 yılında, sağlıklı iç kulağın ürettiği ve kulak zarının önüne yerleştirilen çok hassas mikrofonlar yardımıyla kaydedilebilen çok küçük seviyeli seslerin olduğunu göstermiştir. Otoakustik emisyonlar, dış kulak yolundan tespit edilen, koklear kaynaklı, hafif şiddette akustik enerji yayılımlarıdır. OAE'lar prenöral bir olay olup, stapes tabanı ile afferent koklear sinir liflerinin sinapsları arasında meydana gelir. Oluşumunda, dış tüylü hücrelerin önemli rolleri olduğuna dair birçok kanıt mevcuttur. İşitme kaybının olduğu frekanslarda emisyonların saptanamayıp, işitmenin normal olduğu frekanslarda emisyonun saptanması, OAE'ların koklear orjinli olduğunu gösteren bulgulardandır. OAE'nun yüksek frekans bileşenleri stimulus ardından kısa gecikme ile oluşurken, alçak frekans bileşenleri daha geç oluşurlar. Bu da kokleadaki ilerleyen dalga teorisi ile uyumludur. Bazal membran titreşimleri, uyarı şiddetindeki artışa paralel olarak orta kulaktaki lineer artışa karşın, nonlinear özellik gösterir. Buna göre orta veya yüksek şiddette olan uyarılar, OAE amplitüdlerinde çok kısıtlı miktarda (nonlinear tarzda) artışa yol açar. OAE amplitüd gelişimi, çoğu kulakta düşük amplitüdü uyarılar için artan uyarı amplitüdü ile lineer artış gösterir. Ancak uyarı amplitüdü arttıkça, OAE oluşumu da nonlinear olur. Bu da OAE'ların koklear orjinli olduğunu destekler. Koklear kaynaklı herhangi bir sesin dış kulak yolundan alınarak kaydedilmesi sonucu OAE cevapları ortaya çıkar. OAE'lar iki grupta tanımlanmaktadır; spontan OAE ve uyarılmış OAE.

### **2.5.6.1. Spontan OAE**

Spontan otoakustik emisyonlar (SOAE), dışardan akustik uyarı olmadan kendiliğinden oluşan koklear kaynaklı, tonal, düşük seviyedeki dar bant sinyalleridir. SOAE'lar, normal işiten kulakların yaklaşık % 40-70'sinde saptanabilen, amplitüdüleri -10 ile +20 dB SPL (Sound Pressure Level) civarında olan saf tonlardır (34).

### **2.5.6.2. Uyarılmış OAE (EOAE)**

Dışardan akustik uyarı verilerek oluşturulan koklear kaynaklı sinyallerdir. EOAE'ların üç tipi vardır; SFOAE (Stimulus Frekansı OAE), TEOAE (Geçici Uyarılmış OAE) ve DPOAE (Distorsiyon Ürünü OAE).

#### **2.5.6.2.1. SFOAE(Stimulus Frekansı OAE)**

SFOAE, düşük seviyedeki uzun süreli sabit tonlarla akustik uyarı sonucu oluşan cevaplardır. Frekans spesifiktir, ancak uyarılar sürekli verildiği için cevaplarla uyarıların ayrı olarak algılanmasında güçlük vardır. Bu nedenle ve teknik zorluklardan dolayı klinik kullanımı kısıtlıdır.

#### **2.5.6.2.2. TEOAE (Geçici Uyarılmış OAE)**

TEOAE, kısa klik gibi akustik uyarılarla elde edilir. Bu kısa akustik uyarılar sonrası, zaman ortalama yöntemi ile kayda geçmektedir. Uyarının özelliği ise geçici olmasıdır. Ölçüm için genellikle 80 dB SPL şiddetinde bir ses kaynağı ve 260 adet uyarı kullanılır. TEOAE'lar, tüm kokleayı uyaran ve geniş band sinyal olan klik şeklindeki uyarıya cevap olarak meydana geldikleri için, frekanslar hakkında DPOAE'ler kadar özellikli bilgi verememektedir. TEOAE'lar işitmesi normal olan vakaların %98-100'ünde vardır. İşitme kaybı 25-30 dB'i geçerse saptanamaz (35).

### **2.5.6.2.3. DPOAE (Distorsiyon Ürünü OAE)**

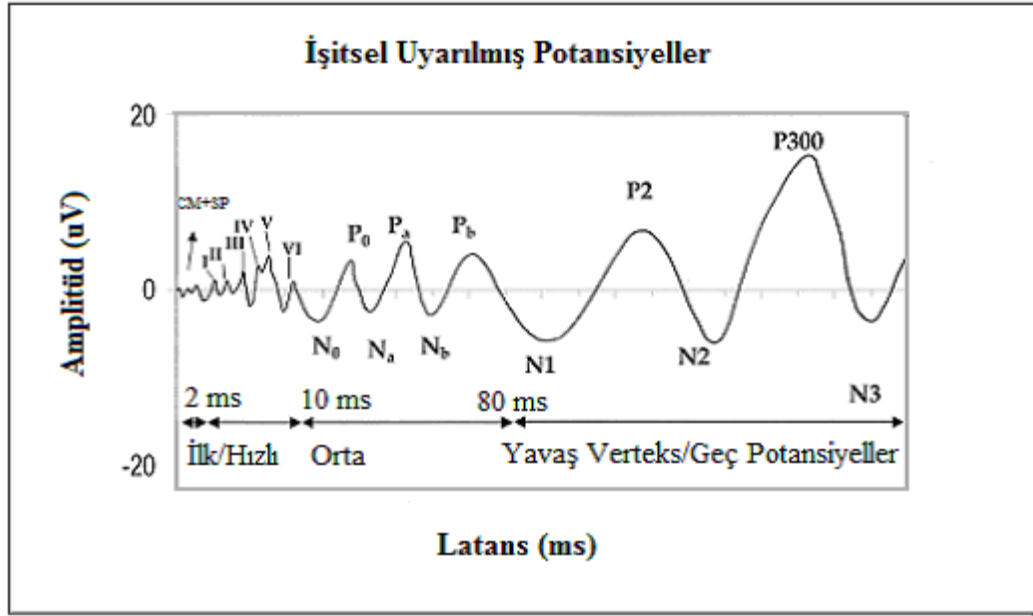
Aralarında belirli bir oranda frekans farkı olan ve f1 ve f2 frekanslarında ve L1 ve L2 şiddetinde olan iki uyaran, kokleaya aynı anda sunulduğunda bir veya daha fazla frekansta akustik enerji yayılımı meydana gelir. Bu akustik enerji yayılımına DPOAE denir. Klinikte iki farklı ölçüm yöntemi vardır:

1- Ses seviyeleri sabit iken, farklı (f1 ve f2) frekanslarda uyarıların verilmesi ile elde edilir. DPOAE verileri farklı frekans bölgelerinden kaydedilir. Bu metoda distorsiyon ürünü odyogram denir.

2- Frekans sabit tutulurken uyarı şiddeti yükseltilir. Bu yöntem Girdi/Çıktı (I/O) fonksiyonu adı verilir. İşitmesi normal ve bozulmuş erişkinlerde pür ton odyogram ve DPOAE arasında iyi bir korelasyon olduğu gösterilmiştir (36).

### **2.5.7. İşitsel Uyarılmış Potansiyeller (Auditory Evoked Potentials, AEP)**

Elektrik cevaplı odyometrinin çalışma prensibi, ses stimülasyonuna karşı işitme yollarında oluşan potansiyellerin kaydedilmesidir. AEP'ler işitsel uyarana karşı işitme sisteminde meydana gelen nöral aktivitenin kaydedilmesine dayalı yöntemlerdir. AEP'ler her ne kadar işitme testi olmasalar da, işitme eşikleri ile yüksek korelasyon gösterirler. Non-organik işitme kayıplarında eşikleri belirlemek üzere kullanılacak en uygun AEP'ye karar verebilmek için her bir AEP testinin klinik uygulamalardaki yerini değerlendirmek gerekmektedir (Şekil 1) (37,38,39).



Şekil 1. İşitsel uyarılmış potansiyellerin latansa göre sınıflandırılması

### 2.5.7.1. Elektrokokleografi (ECoG)

İşitsel uyarılmış potansiyeller içinde ilk sırayı elektrokokleografi (ECoG) almaktadır. İşitsel uyarılmış potansiyeller, alınan kayıtların zamansal penceresine göre sınıflanır.

Elektrokokleografi (ECoG) çok sayıdaki periferel işitsel sinir liflerine ait aktivitelerin toplamını yansıttığı kadar, aynı zamanda koklea içinde yer alan jeneratörlere ait cevapların oluşturduğu kısa latanslı uyarılmış potansiyellerdir. Uyarıyı takiben ilk 1.5-2 ms. içinde meydana gelen ECoG üç ayrı uyarılmış potansiyelden meydana gelir: koklear mikrofonikler (CM), sumasyon potansiyeli (SM) ve tüm sinir liflerinin bileşik aksiyon potansiyeli (AP/N1). CM ve SP'nin her ikisi de intraselüler potansiyellerdir. CM stimulusun aynası şeklinde bir potansiyeldir ve baziler membranın stimulusa bağlı hareketlerini yansıttığı düşünülür. SP ise, CM zemininde bazal potansiyel hattından sapma ile oluşur. SP'nin aynı zamanda korti organındaki saçlı hücrelerden orijinlendiği de düşünülür. ABR'nin I. dalgasına eşdeğer olan N1 dalgasının izlenmesini gerektiren ECoG klinikte öncelikli olarak Meniere Hastalığı ve Endolenfotik Hidropsun değerlendirilmesinde kullanılmaktadır (40).

### 2.5.7.2. Beyin Sapı Odyometrisi (Auditory Brainstem Response Audiometry-ABR)

Akustik uyarana karşı koklear sinir ve beyin sapı yapılarından kaynaklanan potansiyellerin ölçüldüğü bir testtir. ABR'yi hem nörootolojik hem de odyolojik değerlendirmelerde kullanma imkânı vardır. Bu hızlı cevap serisi, uyarımdan sonraki ilk 10 ile 12 ms.'de görülen uzak saha potansiyelleridir. ABR, 7 adet pozitif tepeden oluşur ve literatürde dalgalar Jewett ile Williston'un tariflediği gibi verteks pozitif tepelerine göre Roma rakamlarıyla gösterilir. ABR tarafından görüntülenen aktivite periferik işitme organı, işitme siniri ve beyin sapının bir bölümünü içerir.

ABR'de kaydedilen dalgalar ve kaynaklandığı bölgeler:

Dalga I: Akustik sinir distal kısmı.

Dalga II: Koklear nukleuslar ve proksimal akustik sinir.

Dalga III: Superior oliver kompleks.

Dalga IV: Lateral lemniskus (pons).

Dalga V: İnférieur colliculus (orta beyin).

Dalga VI: Medial geniculate nükleus (talamus).

Dalga VII: Talamokortikal bölge (40).

Dalgalar ve kaynaklandığı yerleri gösteren bu tablo her ne kadar klasik kitaplara girmiş olsa bile oldukça tartışmalıdır. Daha sonra yapılan çalışmalar, ABR oluşumunun önceki bulguların aksine bu denli basit olmayıp, çok kompleks bir mekanizma ile meydana geldiğini ortaya koymuştur. Günümüzdeki bilgiler ışığında, ABR'lerin yaratılış bölgelerini klinik uygulamalara göre üçe ayırma imkanı doğmaktadır. Buna göre:

I. Dalga: İpsilateral akustik sinirden,

II. ve III. Dalgalar: Aşağı beyin sapından,

IV. ve V. Dalgalar: Yukarı beyin sapından köken almaktadır (41).

ABR'nin genel fizyolojik temelleri ani başlangıçlı bir uyarana karşı pek çok nöronun senkronize ateşlenmesi esasına dayanmaktadır. Bu nedenle klinik uygulamalarda en çok ani başlangıçlı klik uyarılar kullanılmaktadır. Tipik olarak 100 ms.'lik bir klik uyarı 0.1- 6 kHz arasında eşit enerjili geniş bir frekans spektrumuna sahip olduğu için klik uyarı baziler membranda geniş bir bölgeyi harekete geçirmektedir. Bu nedenle klik ABR'nin frekansa özgüllüğü ve odyogram konfigürasyonu ile ilgili sağladığı bilgi sınırlıdır. Yapılan çalışmalarda klik ABR ile davranışsal işitme eşikleri arasında en yüksek korelasyonun 2 ile 4 kHz frekans aralığında elde edildiği ileri sürülmektedir. Normal bir kişide, 1.5 ile 2 ms.'den itibaren başlayarak yaklaşık birer ms. aralıklarla görünen beş ila yedi dalga bulunur. Dalga V, en az değişken ve klinik olarak en fazla yararlanılan dalgadır. ABR'da değerlendirilen esas veri Dalga V'in latensi ve bunun diğer dalgalarla olan ilişkisidir. ABR cevapları objektiftir; uyanıklık durumundan, dikkat veya dikkatsizlikten etkilenmez. Koklear endorgandan, beyin sapındaki işitme merkezlerine kadar olan işitme fonksiyonu doğrudan değerlendirilebilir. Dalgalar arası latensler değerlendirilerek lezyonun yeri hakkında bilgi elde edilebilir. Bu sayede, işitme kayıpları ile nörolojik patolojiler arasında ayırım yapmak mümkün olur. ABR ile beyin sapında bir bozukluk olduğunu anlamak mümkün ise de, ayırıcı tanıya gitmek bugün için imkan dahilinde değildir (38,41).

### **2.5.7.3. Orta Latans Cevaplar (Middle Latency Response, MLR)**

ABR'den sonra sırayı MLR almaktadır. Uyarıyı takiben 10 ile 80 ms. içinde meydana gelen MLR; Po, Pa, Pb, Pc olmak üzere dört pozitif ve Na, Nb, Nc olmak üzere üç negatif dalgadan oluşmaktadır. Yaklaşık 32 ms. (30-35 ms.) civarında oluşan Pa dalgası MLR'nin en önemli ve en belirgin bileşenini oluşturmaktadır. Talamus ve primer işitme korteksinden kaynaklandığı düşünülen bu dalga, işitme eşiklerine yakın şiddet düzeyinde dahi kaydedilebildiğinden odyolojik eşiklerin bulunmasında kullanılmaktadır. MLR, davranışsal saf ses odyometrisi ile birlikte uygulandığında tüm işitme sisteminin değerlendirilmesine olanak sağlaması bakımından avantajlıdır. Ancak kaynaklandığı santral orijinin bir sonucu olarak uyku ve sedasyondan etkilendiğinden

bebek ve küçük çocuklarda kullanılamaması en önemli dezavantajını oluşturmaktadır (38,42).

#### **2.5.7.4. İşitsel Devamlı Durum Cevapları (Auditory Steady State Response, ASSR)**

Objektif işitme ölçümlerinde en sık kullanılan test yöntemlerinden biri de ASSR'dir. ASSR potansiyelleri ilk tanımlandığında 40 Hz olarak seçilmiş ve ASSR eşikleri ve odyometrik eşikler arasında güçlü bir korelasyon saptanmıştır. Ancak daha sonrasında odyometrik eşiklerle korelasyon düşüncesi azalmış, bu cevapların uyku ve sedasyondan etkilendiği görülmüştür. ASSR sürekli ve tekrarlayan bir seri uyaran ile kulağın uyarılması sonucu ortaya çıkan potansiyel farklarının kayıt edildiği bir testtir. Başlangıçta bu farkların yavaş işitsel beyin sapı cevaplarının üst üste binmesi ile oluştuğu düşünülse de, sonraki çalışmalar cevapların oluşmasında orta beyin ve kortikal yapıların da katkıda bulunduğunu göstermiştir. ASSR karakteristiğinin ABR ile yüksek benzerlik gösterdiği belirtilmektedir. Ayrıca uyuyan çocuk ve erişkinler için en uygun modülasyon hızının 75-100 Hz olarak önerildiği, uyanık erişkinler için ise daha düşük modülasyon hızı kullanmanın dalga boyunu büyütürken cevapların daha kolay saptanmasını sağladığı ileri sürülmektedir. ASSR'nin klinik açıdan en önemli sınırlılığı özellikle normal işitenlerdeki güvenilirliğinin az olmasıdır. Pediyatrik popülasyonda frekans spesifik eşiklerin tayini için ASSR tekniğinin, ABR ölçümlerine iyi bir alternatif olduğu düşünülmektedir. ASSR yüksek şiddet seviyelerinde bile test yapılmasına olanak sağlaması, hızlı, objektif ve frekansa spesifik bir test olması bakımından avantajlara sahip olmasına karşın; tekniğin hangi koşullarda güvenilir sonuçlar verdiği tartışılan bir konu olmuştur (42,43).

#### **2.5.7.5. İşitsel Uyarılmış Geç Cevaplar (Auditory Late Response, ALR)**

ALR, talamik ve işitsel kortikal bölgelerden kaydedilen ilk işitsel elektriksel cevaptır. İlk defa 1939'da Pauline Davis tarafından kaydedilmiştir (38,44). ALR, MLR

dalgalardan sonra gelen ve ilk 300 msn içinde görülen bir dizi tepe ve vadiden oluşur. Bu pikler tipik olarak P1, N1 ve P2 olarak adlandırılır. ALR; ABR ve MLR'ye oranla daha yavaş hızda verilen bir uyarana karşı yaklaşık 50-250 ms. arasında bir sürede meydana gelen bir dizi pozitif ve negatif tepeden oluşmaktadır. Sırasıyla P1 (50-80 ms.), N1 (100-150 ms.) ve P2 (150-200 ms.) olarak isimlendirilen bu tepeler, verteksten kaydedilen cevabın voltaj polaritesini ifade etmektedir. Elektrofizyolojik eşik belirlemek için en çok tercih edilen test yöntemi ALR'dir. ALR ile işitsel uyarana cevaben primer ve sekonder işitme korteksinde üretilen nöronal aktivitenin nasıl farklılaştığı kafatasına yerleştirilen elektotlar yardımıyla kaydedilip incelenmektedir. Santral işitme sisteminden elde edilen ilk işitsel uyarılmış elektriksel cevap olan ALR ile işitmenin işlemlenmesi süreci ve işitsel yolların bütünlüğü hakkında bilgi sağlamak mümkündür (38,42).

İşitsel uyarılmış potansiyeller gözden geçirildiğinde nonorganik işitme kayıplarında ECoG, ABR, MLR ve ASSR'nin saf ses işitme eşiği belirlemedeki sınırlılıkları nedeniyle tercih edilmediği görülmektedir. Bu durumda özellikle yetişkin bireylerde en optimize ve uygun test yöntemi olarak ALR önerilmektedir. İşitme kayıplı bireylerde koklear implant sonrası deprivasyon süresine bağlı olarak gelişen değişimleri incelemek amacıyla işitsel uyarılmış geç potansiyeller kullanılmaktadır (45).

ALR bazı faktörlerden etkilenmektedir (46). Bunlar:

**a. Yaş ve cinsiyet:** Çocukluk boyunca yaklaşık 10 yaşa kadar ALR latansları azalırken amplitudleri artar. Hayatın ilk yılında bu latans azalması daha hızlı olur. Çocukluk çağı boyunca tüm ALR komponentlerinin latansları kısılırken amplitütleri artış göstermektedir. Daha çok yaşamın ilk yıllarında gerçekleşen bu değişiklikler 2-5 yaşları arasında azalarak devam etmektedir. ALR latanslarının yetişkin benzeri latans değerlerine ulaşması ancak 6 yaştan ergenliğe kadar olan zaman içinde gerçekleşmektedir. ALR komponentlerinin cinsiyetle ilişkisine bakıldığında, amplitüt ve latans değerleri bakımından kadın ve erkekler arasında anlamlı bir farklılık olmadığı düşünülmektedir (38).

**b. Uyarın Tipi:** ALR cevapları elde edebilmek için klik, tonal ve konuşma uyarıları kullanılabilir. ALR ile objektif eşik belirlemek üzere yapılan

çalışmalarda sıklıkla “tone burst” uyarının tercih edildiği görülmektedir. Bunun yanısıra özellikle koklear implant kullanıcıları ile yapılan ALR çalışmalarında konuşma uyarını kullanılmaktadır (38,47).

**c. Dikkat ve Uyku:** Kişinin uyku ve uyanıklık durumu geç latansları belirgin bir Şekilde etkilemektedir. Uyuklama durumunda elde edilen cevapların latansları artarken, amplitütleri bileşenlere göre değişkenlik göstermektedir. Uyku halinde normal işitenlerden elde edilen ALR eşiklerinin yaklaşık 20-30 dB yükseldiği, latansların ise uzadığı görülmektedir (38,48).

**d. Şiddet:** Őiddetin değişmesiyle ALR komponentleri de değişmektedir. Uyarının Şiddetinin artmasına paralel olarak ALR komponentlerinin amplitütleri artmakta, latansları ise azalmaktadır (38).

**e. Uyarın Tekrar Sayısı, Uyarınlar arası Aralık, Uyarın Süresi:** Birkaç frekansta eşik belirlerken hem testin daha kısa sürmesi hem de en iyi sinyal gürültü oranının seçilmesi bakımından bir saniyedeki uyarın sayısı anlamına gelen uyarın tekrar sayısının (repetition rate) 0.5 ile 0.1 Hz aralığında tutulması gerekmektedir. Uyarınlar arası aralık (interstimulus interval-ISI) ile ilgili olarak ise, farklı düşünceler olmasına rağmen en çok kabul gören optimal uyarınlar arası aralık süresi 1-2 s.’dir (38).

**f. Kullanılan ilaçlar:** İlaçların işitsel uyarılmış potansiyeller üzerine etkisine bakıldığında, kullanılan ilaca göre de değişiklik gösterdiği sonucuna varılmıştır. Kloral hidrat verilerek sağlanan sedasyon durumunda ALR’nin değişkenliğinin arttığını, ototoksik ilaçların periferal işitme üzerindeki olumsuz etkilerinin işitsel uyarılmış potansiyelleri de etkilediğini, psikoterapik, nroepileptik ve anestetik ilaçların ise tre göre değil kullanılan ilaca göre değişik etkiler yaratabileceğini göstermiştir (38).

**g. Analiz Zamanı:** ALR cevapları uzun latanslı cevaplar olduklarından komponentlerin rahatlıkla görülebilmesi için analiz zamanının geniş tutulması gerekmektedir. Bu nedenle uyarın öncesi srenin en az –50 msn, analiz zamanının ise 450-500 msn olarak ayarlanması gerekmektedir (38,49).

**h. Elektrot Yerleşimi:** Yapılan çalışmalarda elektrot yerleşimi ile dalga latanslarında önemli bir değişiklik olmazken, amplitütlerde büyük değişiklikler olduğu ileri sürülmüştür. Uyarılmış potansiyellerin kaydı sırasında kullanılan elektrot sayıları ve yerleşim yerleri değişkenlik göstermekle birlikte daha çok üç veya dört elektrot kullanılarak yapılan ölçümler tercih edilmektedir. Üçlü kayıta Cz (verteks) noninverting elektrot, mastoid veya inion (Oz) inverting elektrot, alın bölgesi toprak elektrot olarak seçilmektedir. Dörtlü kayıta ise her iki mastoid kullanılmakta böylece hem ipsi hem de kontralateral kayıt yapma şansı olmaktadır (44,49).

**ı. Filtreleme:** Uyarılmış potansiyellerin kaydı sırasındaki istenmeyen elektriksel gürültünün amplitütünü azaltmak amacıyla filtreleme işlemi yapılmaktadır. Optimal ALR cevapları elde edebilmek için filtre ayarlarınının 1-3 Hz (yüksek geçirgen) ile 30-100 Hz (alçak geçirgen) aralığında olması gerekmektedir (38).

## **2.6. KOKLEAR İMPLANTASYON**

Koklear implant, mekanik ses enerjisini, elektrik sinyallerine dönüştüren ve bunu doğrudan kokleaya aktararak, seslerin algılanmasını sağlayan elektronik bir cihazdır. Bu cihazlar bilateral, çok ileri derecede sensörinöral işitme kaybı olan ve konvansiyonel işitme cihazlarından çok az veya hiç yararlanamayan hastalara uygulanmaktadır. Hastaların sağlıklı, mental yönden stabil olmaları ve ameliyat sonrası rehabilitasyon programına devam edip bitirecek motivasyona sahip olmaları aranan en önemli özelliklerdir (50).

### **2.6.1. Koklear İmplantın Tarihçesi**

İlk olarak işitsel sistemi elektriksel olarak stimüle etme girişimi 1790'larda olmuştur, Alessandro Volta her bir kulağına metal çubuklar sokmuş ve bu çubukları 50 Volt akıma bağlamıştır. Volta bu uygulaması sırasında "une recousse dans la tete" olarak tarif ettiği başı çevresinde bir patlama hissi ve çorbanın kaynamasına benzer bir ses duymuştur. Djourno ve Eyries 1953'de işitme sinirini direkt olarak uyaran ilk

kişilerdir. İşitme kaybı yüksek derecede olan kronik otitli bir hastaya, fasial sinire yönelik dekompresyon yapılırken, bu deneysel işlemi uygulamışlardır. Cerrahiden sonra, hastaya bir primitif sinyal jeneratörü bağlanmış, hasta kriket ya da rulet çarkı sesine benzer sesler duyduğunu ifade etmiştir. Dr. W. House ve Dr. J. Doyle 1961’de skala timpani yolu ile işitme sinirini uyarmayı başarmıştır. Üç yıl sonra Dr. Blair Simmons vestibüle yerleştirdiği elektrot ile işitme sinirinin modiolar segmentini direk olarak uyararak belli bir derecede tonal ayrımı başarmıştır (51,52). Robin Michelson 1968’de uzun süreli hayvan deneyleri ile elektrodların zararlı etkileri olmadığını belirlemiştir. Bu sonuçların cesaretlendirdiği House, bir elektrik mühendisi olan Jack Urban’la birlikte 1972’de ilk ticari olarak elde edilebilir koklear implant ve konuşma işlemcisi olan House 3M single-elektrode implantı geliştirmiştir. Bu implant 1972’den 80’lerin ortasına kadar yüzlerce kişiye uygulanmıştır. Dr. Graeme Clark 1969’da Melbourne Üniversitesi’nde kanal etkileşimlerini azaltacak çok kanallı intrakoklear implantı geliştirerek bu implantın tek kanallı implantlara üstünlüklerini göstermiştir. Günümüzde kanal sayısı 24’e kadar çıkartılabilmektedir. Kanal sayısındaki artışın işitmenin anlaşılabilirliği üzerine etkileri vardır. W. House 1980 yılında çocuklarda ilk kez koklear implant uygulamasını gerçekleştirmiştir (37,51). Ülkemizde ise ilk koklear implantasyon Dr. Bekir Altay tarafından 1987 yılında Eskişehir’de gerçekleştirilmiştir. Food and Drug Administration FDA koklear implantların yetişkinlerde kullanımına 1984’te, pediatrik hastalarda kullanımına ise 1990’da onay vermiştir. Diğer bir gelişme, ticari şirketlerin koklear implantlarla ilgilenmeye başlamasıdır, bu şirketlerin implantın üretimi, tamiri ve pazarlanmasına çok büyük katkısı olmuştur (53).

### **2.6.2. Koklear İmplantın Aksamaları**

Koklear implant dış ve iç parçalar olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır.

### 2.6.2.1. Dış Parçalar

**a) Alıcı mikrofon:** Akustik bilgileri alarak elektriksel sinyallere dönüştürür ve konuşma işlemcisine aktarır. Mikrofon kulak arkası işitme cihazlara benzer şekilde kulağa takılan sistemin içinde yer almaktadır (28).

**b) Konuşma sinyal işlemcisi (Speech processor):** Normal bir kimsede ses sinyalleri kokleada hazırlanır ve kodlanır. Ancak koklear implant kullanan bir kimsede koklea ve tüylü hücreler by-pass edildiği için sinyaller doğrudan işitme sinirine verilmektedir. Konuşma sinyal işlemcisi sinyali kodlayıp amplifiye ederek, iç kulak stimulasyonu için uygun hale getirir. Elektriksel uyarı daha sonra dış antene iletilir.

**c) Dış Anten:** Gelen elektriksel uyarıyı deriden iç antene aktarır. Konuşma işlemcisinin oluşturduğu sinyaller dış antenden içeriye radyofrekans dalgaları ile aktarılmaktadır. Dış anten ve temporal kemiğin üzerindeki yuvasında bulunan alıcı-uyarıcı (Receiver) arasında mıknatıs bağlantısı vardır. Bu sayede dış anten kulak arkasında sabitlenir.

### 2.6.2.2. İç (İmlante Edilen) Parçalar

**a) İç Anten:** Dış antenden gelen sinyalleri alıcı-uyarıcıya (Receiver) iletir.

**b) Alıcı ünite (internal receiver):** Kulak arkasında kemik içine açılan kaviteye yerleştirilir. Üzerindeki mıknatıs sayesinde iletici bobini, manyetik kuvvetle kafa cildi üzerinde tutar. İletici bobinden gelen bilgileri cilt yoluyla alıp elektrotlara gönderen bir mikro işlemcidir.

**c) Elektrot dizisi:** Alıcı ünitenin düzenlediği uyarıları kokleaya naklederler. İki tip elektrot yerleştirme biçimi mevcuttur: Ekstrakoklear elektrotlar yuvarlak pencere üzerine veya koklea modiolusuna yerleştirilir, intrakoklear elektrotlar yuvarlak pencere yoluyla skala timpani içine yerleştirilir. Asıl kullanılan intrakoklear yoldur, çünkü burada elektrotlar koklea uzunluğu boyunca yerleşmiş olan spiral gangliyona en yakın hale gelir (28,51).

### **2.6.3. Koklear İmplant Modelleri**

Günümüze kadar geliştirilen koklear implant sistemleri şunlardır:

#### **2.6.3.1. Tek Kanallı Koklear İmplant Sistemleri**

- House/3M
- Vienna/3M

#### **2.6.3.2. Çok Kanallı Koklear İmplant Sistemleri**

- Nucleus: Firma merkezi Avustralya'da olup ilk implante yaptıkları yıl 1982'dir. Ticari olarak implante edilmeye başlandığı yıl 1985'dir. Cochlear firmasının işlemcisi olan Nucleus, Melbourne Üniversitesi'nde Clark ve ekibi tarafından geliştirilmiştir.
- Digisonic: Firma merkezi Fransa'da olup ilk implante yaptıkları yıl 1976'dır. Ticari olarak implante edilmeye başlandığı yıl 1992'dir. Neurelec firması tarafından geliştirilmiştir.
- Clarion: Advanced Bionics Corporation tarafından üretilen Clarion çok stratejili koklear implant sistemi 1996'da erişkinler için 1997'de çocuklar için kullanılabilir hale gelmiştir.
- Med-El: Üretim merkezi Avusturya'da olup, 1989 yılında üretime geçmiştir. Combi 40 üretiminden sonra, günümüzde Maestro Sistem (Pulsar, Sonata ve Concerto) geliştirilmiştir. Ossifiye koklea için sıkıştırılmış elektrot sistemi içeren implantlar mevcuttur.

Koklear implant tipleri ile ilgili detaylar tablo 2 de, koklear implant iç yapıları ise Resim 5 de verilmiştir (54,55).

**Tablo 2.** Koklear implant tipleri ve özellikleri

Cihaz tipi	Elektrot sayısı	Elektrot Uzunluğu	Elektrot çapı bazal kısım/apeks	Stimülasyon tipi	Max. Frekans
Med-el Maestro sistem (Pulsar, sonata)	12	31.5mm	1.3 mm	Ardışık stimülasyon	50.704
Nucleus CI422	22	20 mm	0.55/0.35 mm	Ardışık stimülasyon	31.500
Clarion HİRes 90K	16	24.5 mm	1.1/0.6 mm	Ardışık stimülasyon	83.000
Digisonic SP	20	25 mm	1 /0.5 mm	Dengeli bifazik stimülasyon	24.000



**Resim 5.** Farklı koklear implant modellerinin iç yapıları A. Digisonic, B. Med-el,C. Clarion, D. Nucleus

#### 2.6.4. Koklear implant Endikasyonları

Çocuklar ve yetişkinler için koklear implant aday kriterleri zaman içinde değişmekte ve giderek daha geniş bir kitleye uygulanmasına izin vermektedir. Sosyal Güvenlik Kurumu Sağlık Uygulama Tebliği'nin 22.06.2012'de yaptığı düzenlemeye göre koklear implant uygulamaları şu şekilde düzenlenmiştir:

1. Alıcı ve ifade edici dil yaşı ile kronolojik yaş arasında 4 (dört) yıldan daha az fark olması durumunda veya alıcı ve ifade edici dili 4 (dört) yaş ve üstü olan çocuklarda (4-18 yaş) kronolojik yaşa bakılmaksızın Kİ uygulanır.

2. Post-lingual işitme kaybı olanlarda Kİ uygulanır.

3. Sağlık kurulu raporu, aynı resmi sağlık kurumunda çalışan 3 (üç) Kulak Burun Boğaz (KBB) uzman hekimi tarafından düzenlenir. Rapor ekinde aynı veya farklı bir resmi sağlık kurumunda çalışan 1 (bir) uzman odyolog veya odyolog ve psikolog değerlendirme sonucu bulunmalıdır.

4. Elektrod yerleşimini sağlayacak kadar iç kulak gelişiminin olması ve koklear sinirin varlığı yüksek çözünürlükte CT ve/veya MRI ile gösterilmelidir.

5. Menenjit sonrası oluşan işitme kaybı ve koklear ossifikasyon varlığında özel şartlar aranmaksızın acil operasyon sağlık kurulu raporu ile belgelendirilmesi halinde yapılır.

6. İşıtsel nöropati tanısı alan ve en az 6 (altı) ay süreyle işitme rehabilitasyonu ve eğitiminden fayda görmediği odyolojik test bataryası ile belgelendirilmesi halinde yapılır.

7. Elektrot yerleşimini sağlayacak kadar iç kulak gelişiminin olması ve koklear sinirin varlığı yüksek çözünürlükte BT ve/veya MRG ile gösterilmelidir (53,56).

Erişkin adaylar için implantasyon kriterleri:

1. Bilateral çok ileri dereceli sensörinöral işitme kaybı (500, 1000, 2000 Hz işitme eşik ortalaması 95 dB HL ve daha fazla) olması,

2. Postlingual işitme kaybı olması,
3. İşitme cihazıyla yapılan testte, özellikle 2000 ve 4000 Hz'de 55 dB SPL'nin üzerinde işitme eşiği saptanması,
4. Bilateral işitme cihazı kullanarak 65 dB HL'de yapılan konuşmayı ayırt etme testinde %30 ve altında skora sahip olmak,
5. Psikolojik olarak istekli olması gerekmektedir (53,57).

### **2.6.5. Koklear İmplantlı Hastalar ve ALR nin İlişkisi**

İşitsel kortikal potansiyeller işitsel geç latans cevaplarıdır ve 50-300 msn arasında kaydedilmektedir. Bunların içerisinde yaşla birlikte kısalan P1 kortikal latansı işitme plastisitesi açısından önem arz etmektedir. Yaşla birlikte değişkenlik gösteren P1 kortikal latansı işitme kayıplı hastalarda maturasyon indeksi olarak kullanılmaktadır. İşitsel yoksunluk süresinin uzamasıyla birlikte P1 latansının da uzadığı gösterilmiştir. Doğuştan işitme kayıplı çocuklarda 3- 3.5 yaşına kadar işitsel sistemin ve korteksin plastisitesinin mevcut olduğu ve bozulmadığı görülmektedir (5,6). Koklear implant ile işitsel uyarımın başlamasıyla P1 latansı, normal işiten çocukların maturasyon hızıyla aynı oranda azalır ve yaklaşık olarak işitsel yoksunluk süresine denk bir zamanda maturasyonda bir gecikme olur. Bu bulgu, kortikal işitsel sistemin, işitsel yoksunluğa karşın normal maturasyonel işlemlerine tekrar başladığını göstermektedir. Ancak normal maturasyonel işlemlerin yeniden başlamasında bazı sınırlar da vardır. Normal işiten yaşlılarına göre, koklear implantlı adölesanlarda P1 latansı daha uzun ve P1 amplitüdüleri daha büyük bulunmuştur (48,58). Koklear implantlı bireylerde yapılan çalışmalar şunu göstermektedirki, erken koklear implant yapılan çocuklarla (3.5 yaş öncesi) geç koklear implant yapılan çocuklar arasında P1 latansında anlamlı farklılıklar mevcuttur. Erken koklear implant yapılan çocuklarla, işitmesi normal seviyede olan aynı yaş grubundaki çocukların P1 latansları karşılaştırıldığında benzer sonuçlar alınmıştır. Geç implant yapılan çocuklarda P1 latansı yaşlılarına göre uzun görülmüştür. İşitsel plastisite için kritik yaş 3.5 yaş olup, işitsel yoksunluğu olan çocuklarda implant

sonrası bu yaş grubunda ilk 1 ay içerisinde P1 latansı kısalmaktadır. İşitsel kortikal potansiyeller, özellikle P1 latansı koklear implant uygulanan hastalarda, işitsel rezüel plastisitenin değerlendirilmesinde klinik olarak yararlı ve güçlü bir araç olarak kullanılabilir (3).

### 3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışmaya Gaziantep Üniversitesi Tıp Fakültesi Kulak Burun Boğaz Anabilim Dalı'nda Ocak 2006- Ocak 2012 tarihleri arasında çalışma için gönüllü normal işiten 30 çocuk ve koklear implantasyon ameliyatı yapılan 40 çocuk alınmıştır. Normal işiten çocuklar, 15 ay ile 84 ay arasında (ortalama 58.93 ay) olup herhangi bir nörolojik, lisan ve otolojik problemi olmayan çocuklar arasından rastgele seçilmiştir. Normal işiten grubuna dahil edilen çocuklara Akustik immitansmetri ve Distortion Product Otoakustik Emisyon (DPOAE) testi ile işitme taraması yapılmıştır. Bu testlerden geçen çocuklar çalışmaya alınmıştır. Koklear implant uygulanan grubun yaşları, 21 ay ile 82 ay arasında (ortalama 53.15 ay) olup, prelingual bilateral çok ileri dereceli sensörinöral tipte işitme kayıplı olup, preoperatif dönemde en az 3-6 ay süreyle işitme cihazı kullanan, işitme cihazından fayda görmeyen ve koklear implantasyon ameliyatından sonra en az 6 ay geçmiş olan, intraoperatif elektriksel uyarılmış stapes refleksi (ESRT) ve postoperatif dönemde işitsel kortikal potansiyel sonuçlarına ulaşılabilen, özel bir eğitim ve rehabilitasyon merkezinde eğitim alan 40 hasta çalışmaya dahil edildi. Perilingual ve postlingual işitme kayıplı hastalar, kemik labirent anomalisi olan, beyin sapı veya santral işitme yollarında sorun olduğunu gösterir klinik ve radyolojik bulguya rastlanmış olan olgular, koklear implant operasyonu sonrası koklear implant cihazını düzenli olarak kullanmayıp, eğitimlerine düzenli devam etmeyen çocuklar, il dışından gelen ve postoperatif işitsel performans test kayıtlarına ulaşamayan hastalar çalışma dışında bırakıldı.

Çalışmayla ilgili, Gaziantep Üniversitesi Tıp Fakültesi Tıbbi Etik Kurulunun 19.03.2013 tarihli toplantısında, kurulun 83 numaralı kararıyla araştırmanın yapılmasının uygunluğuna onay alındı.

Kulak Burun Boğaz polikliniğine işitme kaybı ve konuşamama şikayetleriyle aileleri tarafından getirilen, odyolojik değerlendirmede bilateral çok ileri dereceli sensörinöral işitme kaybı tespit edilen ve koklear implantasyon yapılan prelingual çocuk hastaların verileri incelendi. Preoperatif dönemde işitme cihazı kullanım süresi, implant kullanım süresi ve koklear implantasyon uygulanan yaşa göre işitsel performans

değerlendirilmesi yapıldı. Hastaların birinci dereceden yakınlarından alınan detaylı hikaye ve yapılan fizik muayeneye göre işitme kaybının etiyojisi ve uygulanan işitsel rehabilitasyon sonuçları incelendi. Odyolojik değerlendirmede timpanometri, otoakustik emisyon testleri, saf ses/serbest saha odyometrisi, akustik refleks ölçümleri, yüksek frekans timpanometri, takiben de ABR ve Auditory steady state response (ASSR) testleri uygulandı. Bilateral ileri dereceli sensörinöral işitme kaybı tespit edilen hastalara bilateral dijital işitme cihazı ve rehabilitasyon eğitimi önerilerek takibe alındı. Bu süreçte yapılan radyolojik görüntüleme yöntemleriyle (aksiyel, koronal ince kesitli temporal BT ve Kulak MRG) santral işitme yollarındaki anomaliler ve koklear anomaliler araştırıldı. Elektrot yerleşimini sağlayacak kadar iç kulak gelişiminin olması ve koklear sinirin varlığı görüntüleme yöntemleriyle gösterilen hastalar koklear implantasyon için radyolojik olarak uygun aday olduğu belirlendi. Tüm hastalar çocuk psikiyatrisi bölümüne konsulte edilerek dil bilişsel gelişimi ve ek psikolojik, mental sorunlar açısından değerlendirildi. Gerekli görülen hastalar çocuk nörolojisi bölümüne konsulte edildi. Ek hastalıkları, gelişim geriliği olan hastaların Kİ uygulamasından fayda görüp görmeyeceği ilgili bölümlerin görüşü alınarak belirlendi. Uzman odyolog tarafından hastaların odyolojik verileri, işitsel algı performansları incelendi. En az 3-6 ay süreyle işitme cihazı kullanan ve işitme cihazından fayda görmeyen, koklear implant adayları hastalar ilgili bölümlerin katıldığı konseyde tartışılarak koklear implantasyon yapılacak hastalar belirlendi. Takiplerde, dil bilişsel gelişiminin işitme cihazıyla yeterli miktarda sağlanamadığı belirlenen hastalara ailenin de görüşünü alarak koklear implant uygulanma kararı verildi. Ailenin motivasyonu ve uygun beklentide olması, ailenin ameliyat öncesi ve sonrası dönemdeki eğitim programlarını takip edebilecek yapıda olmasına dikkat edildi.

Çalışmaya Gaziantep Üniversitesi Kulak Burun Boğaz anabilim dalında koklear implantasyon yapıp postoperatif 6. ay sonrasında geç işitsel uyarılmış potansiyelleri (ALR) P1 dalga eşik ölçümleri m, g, t harfleriyle yapılmış olan 40 hasta [17 erkek (% 42.5), 23 kız (% 57.5) hasta, yaş ortalaması 53.15 ay ] ve Akustik immitansmetri ve Distortion Product Otoakustik Emisyon (DPOAE) testleri ile işitme taramasında işitmeleri normal olan 30 çocuk [13 Erkek (%43.3), 17 Kız (%56.6) yaş ortalaması 58.93 ay] alındı. Hastaların hepsine MED-EL Sonata koklear implant uygulanmıştı.

Geç işitsel uyarılmış potansiyellerin ölçümleri /m/, /t/, /g/ ünsüzleri (düşük, orta ve yüksek frekansları temsilen) kullanılarak Fonix® HEARLab System cihazı kullanılarak 55 dB SPL'de, alına ve vertekse yerleştirilen iki elektrot vasıtasıyla ölçülmüştür. HEARLab system cihazı otomatik analiz yaparak her ses uyarını için gerçek geç işitsel uyarılmış potansiyel P1 latansını hesaplamıştır. Uyarının başlangıcından sonra 50-300 ms arasında oluşan ilk üçlü pozitif dalga P1 kortikal yanıtı olarak kabul edilmiştir (59,60). Test esnasında çocuklar, annelerinin kucagında veya tek başlarına rahat bir koltuğa oturarak, her hangi bir uğraş olmadan veya sessiz olarak çizgi film izlemişlerdir. Konuşma uyarını, bir hoparlör ile normal işitenlerin sağ veya sol tarafından, implantlı çocukların ise implantın olduğu taraftan 1 metre mesafe ve 45 derecelik açı ile verilmiştir. Test süresi, her bir çocuk için, elektrot montajı ve geç işitsel uyarılmış potansiyellerin cevap kaydı dahil 25- 35 dakikadır. Yapılan test ile ilgili olarak ailelerine yazılı ve sözlü açıklama yapıp onam alınmıştır.

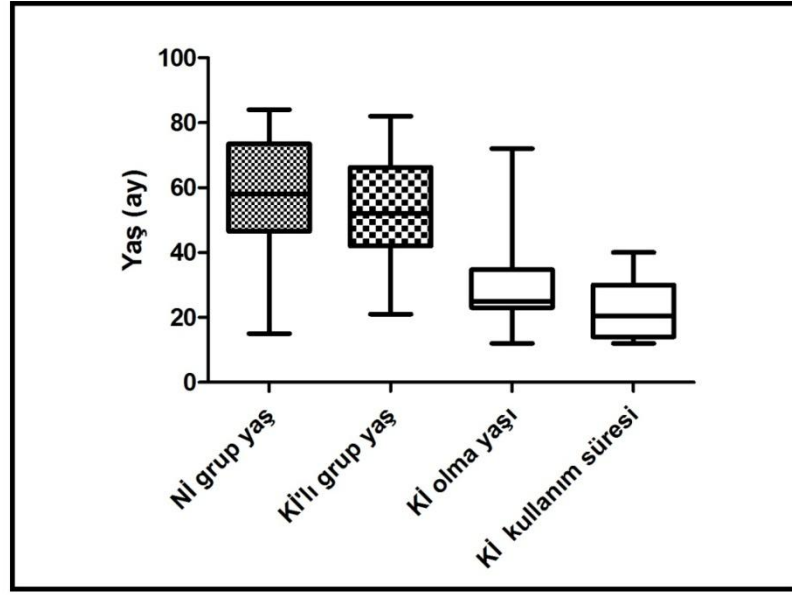
Çalışmada iki grup için belirlenmiş olan P1 latans değerlerinin analizi Statistical Package for Social Sciences (SPSS 16.0) Chicago, USA istatistik programı kullanarak yapıldı. Korelasyon analizi Pearson korelasyon testi ile yapıldı, iki değişken arasındaki korelasyon derecesi korelasyon katsayısına (r) göre değerlendirildi,  $p < 0.05$  istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi. Koklear implantlı hastalarda ölçülen P1 latansı ile işitmesi normal olan grubun P1 latansı; P1 latansının yaş, implant olma yaşı, implant kullanım süresi karşılaştırılarak, bu değişkenler arasındaki korelasyon değerlendirildi.

## 4. BULGULAR

Bu çalışmaya çok ileri dereceli sensörinöral işitme kaybı olan 17 erkek (% 42.5), 23 kız (% 57.5), yaş ortalaması 53.15 ay olan 40 prelingual Kİ'lı çocuk ve Akustik İmmitansmetri ve Distortion Product Otoakustik Emisyon (DPOAE) testleri ile işitme taramasında işitmeleri normal olan 13 Erkek (%43.3), 17 Kız (%56.6) yaş ortalaması 58.93 ay olan 30 çocuk alındı. Çalışmaya dahil edilen çocukların istatistiksel analizi tablo 3'de ve şekil 1'de verilmiştir.

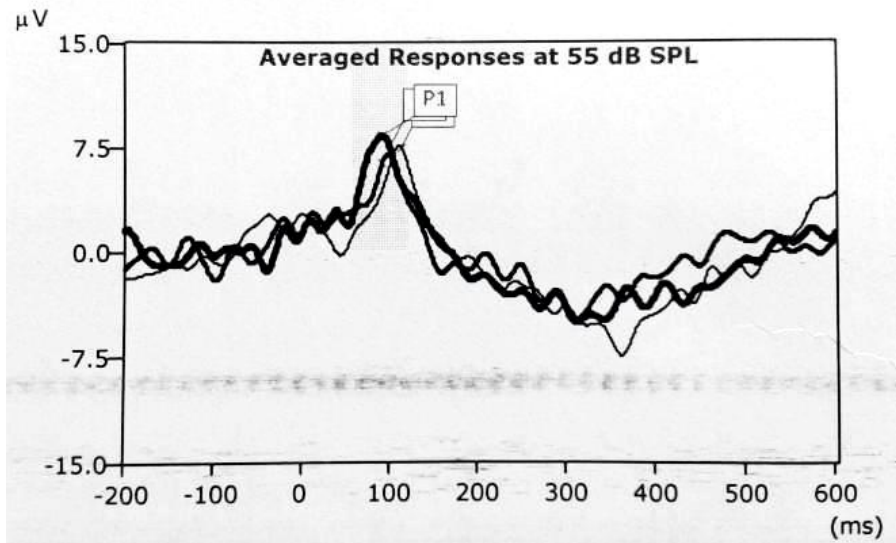
**Tablo 3.** Koklear implantlı (Kİ) grubun yaşı, Normal işiten (Nİ) grubun yaşı, İmplant olma yaşı ve implant kullanım süresinin dağılımı

İstatistik	Kİ'lı grup yaş (ay)	Nİ grup yaş (ay)	İmplant olma yaşı (ay)	İmplant kullanım süresi (ay)
Minimum	24	15	12	12
Median	52	58	25	20.50
Maksimum	82	84	72	40
Ortalama	53.23	58.93	28.83	22.38
Std. deviation	14.98	17.05	11.42	8.83

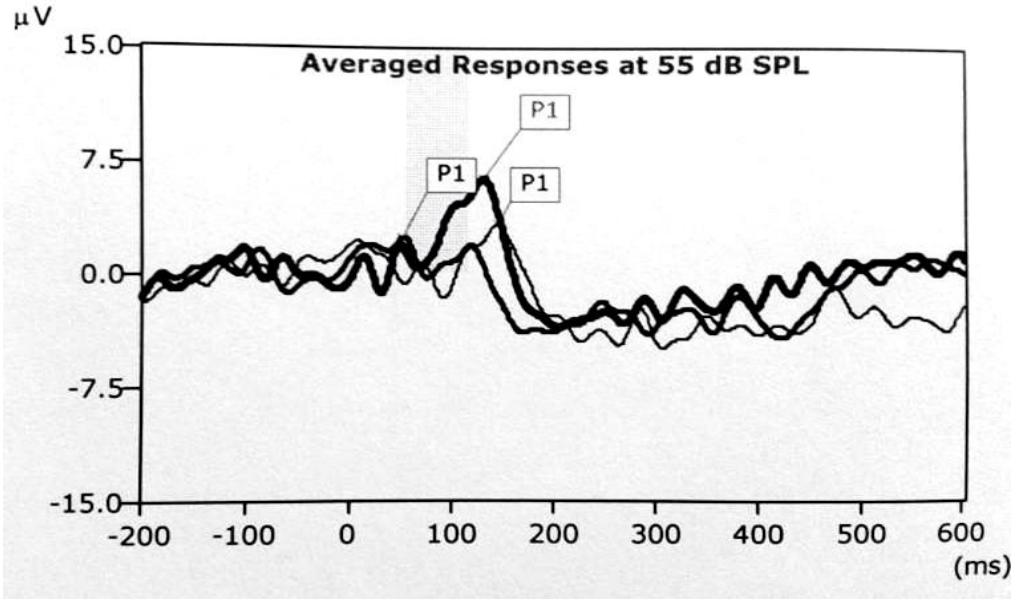


**Şekil 1.** Normal işiten (Nİ) grup ve Koklear implantlı (Kİ) grubun yaş, koklear implant olma yaşı, koklear implant kullanım süreleri

P1 latansının belirlenirken Sharma ve ark. belirlediği yöntem kullanılarak, uyarın verildiğinde elde edilen kayıta 50-300 msn arasında gözlenen ilk pozitif tepe P1 olarak isimlendirilmektedir (3). Bu çalışmada da 50 msn ve sonrasındaki 300 msn içinde gözlenen ilk pozitif tepe P1 olarak isimlendirilmiştir. Koklear implantlı ve normal işiten çocuklardan elde edilen P1 dalga formu Resim 6 ve Resim 7 de verilmiştir.

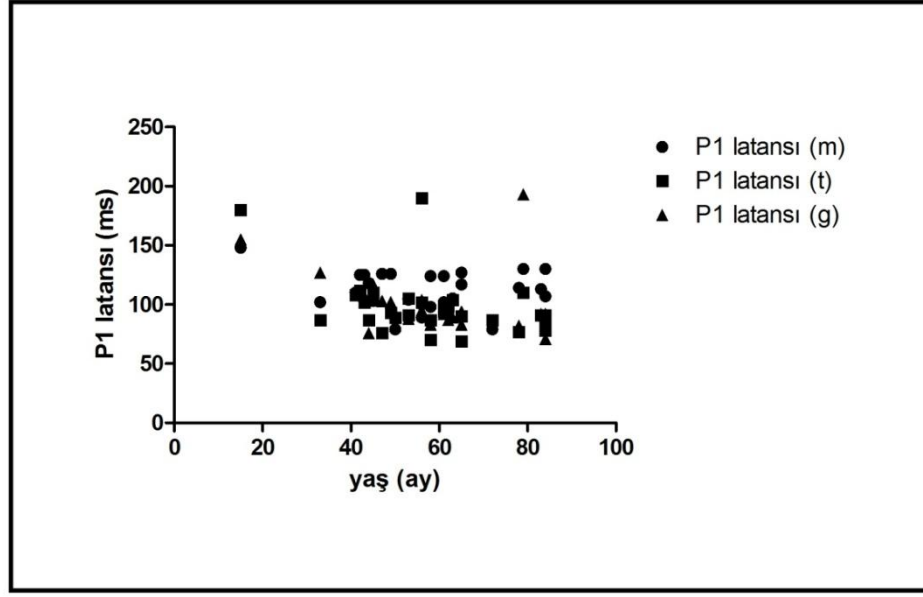


**Resim 6.** Normal işiten bir çocukta elde edilen dalga formu



**Resim 7.** Koklear implantlı bir çocukta elde edilen dalga formu

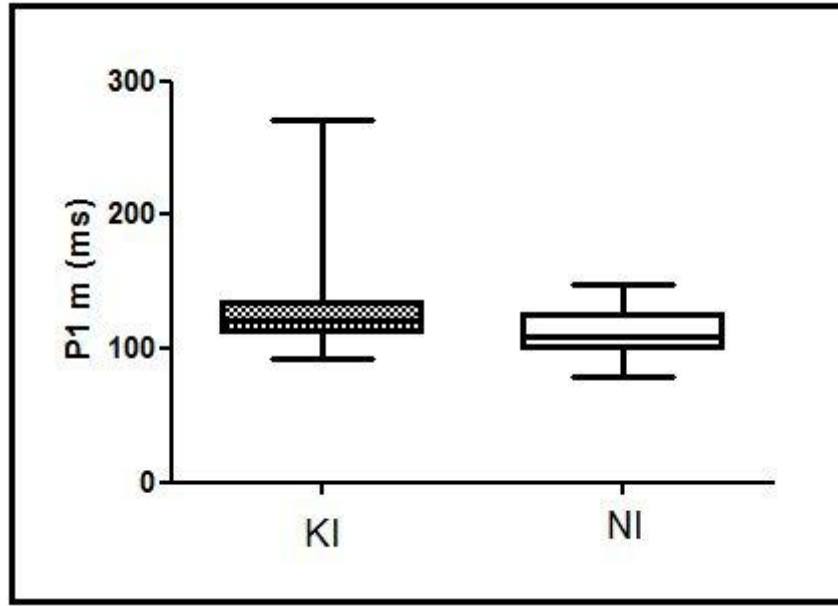
Normal işiten grupla implantlı grubun yaşları ile korelasyonu Pearson korelasyon yöntemiyle yapıldı. Normal işiten grubun yaşlarıyla, P1 latansı 'm', P1 latansı 'g', P1 latansı 't' arasında korelasyon olup olmadığına bakıldı. Normal işiten grupta P1 latansı 'm' ve P1 latansı 'g' ve P1 latansı 't' ile yaş arasında ters yönlü ve zayıf -orta derece bir korelasyon ( $r = -0.4429$ ) görüldü. Yani normal işiten çocuklarda yaş artışıyla birlikte P1 latansında düşük, orta ve yüksek frekansta P1 latansının kısaldığı tespit edildi. Normal işiten çocuklarda en erken P1 latansı 'm' = 79 msn, 'g' = 71 msn, 't' = 69 msn olarak belirlenmiştir. Normal işiten çocuklarda en geç P1 latansı 'm' = 148 msn, 'g' = 193 msn, 't' = 190 msn olarak saptanmıştır. Normal işiten grubun yaşla P1 latans korelasyonu şekil 2'de verilmiştir.



**Şekil 2.** Normal işiten grubun yaşla P1 latansı arasındaki korelasyonu

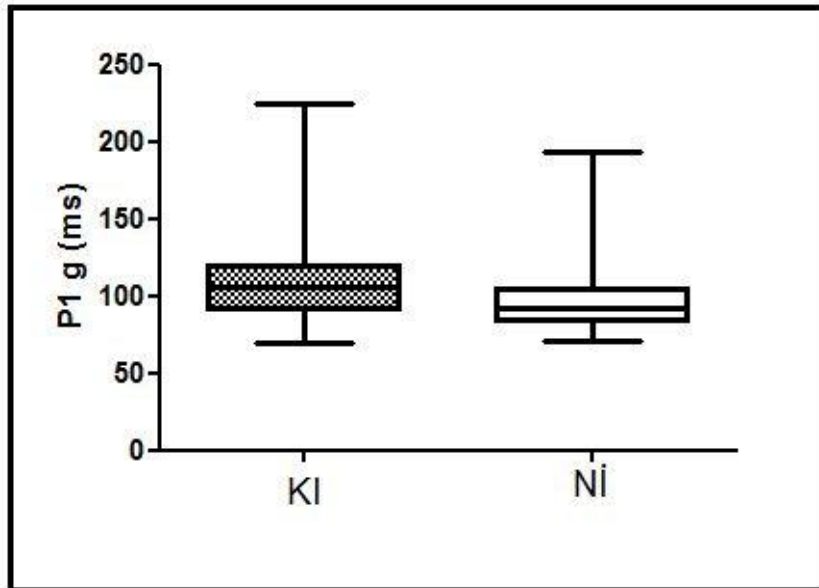
Koklear implantlı grubun yaşlarıyla, P1 latansı 'm', P1 latansı 'g', P1 latansı 't' arasında korelasyon incelendi. Koklear implantlı grubun en erken P1 latansı 'm'= 92 msn, 'g'= 70 msn, 't'= 88 msn olarak belirlendi. Koklear implantlı grupta en geç P1 latansı 'm'= 271 msn, 'g'= 225 msn, 't'= 238 msn olarak tespit edildi. Koklear implantlı grubun yaşlarıyla P1 latansı arasında korelasyon olmadığı görüldü.

Normal işiten grupla koklear implantlı grubun P1 latansları, P1 latansı'm', P1 latansı'g' ve P1 latansı't' şeklinde ayrı ayrı Student's- t testi ile karşılaştırıldı. Normal işiten grupla koklear implantlı grubun P1 latansı'm' değerleri karşılaştırıldığında, P1 latansı'm' koklear implantlı grupta uzamış olarak görüldü ( $p=0.0363$ ). Normal işiten grupla koklear implantlı grubun P1 latansı 'm' değerlerinin karşılaştırılması şekil 3'de verilmiştir.



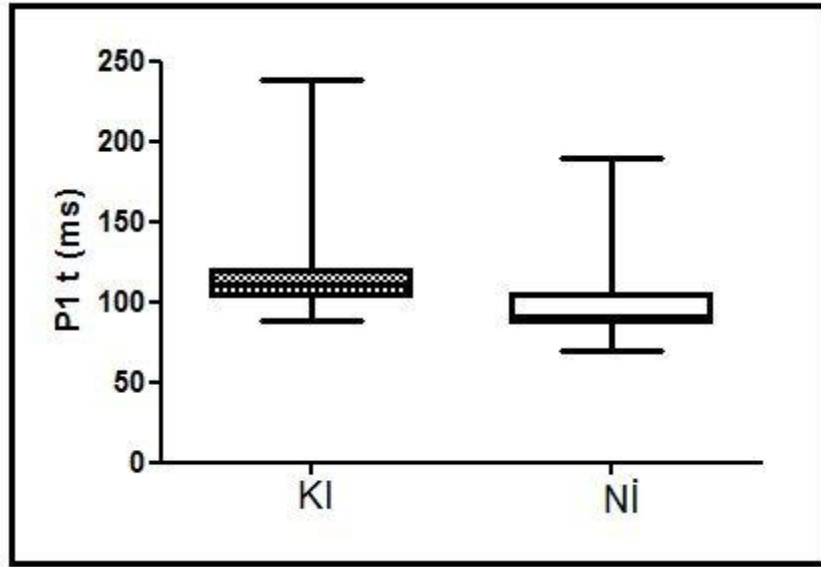
**Şekil 3.** Kİ'lı grupta Nİ grubun P1 latans 'm' değerlerinin karşılaştırılması

Normal işiten grupta koklear implantlı grubun P1 latansı 'g' değerleri karşılaştırıldığında, P1 latansı 'g' değerinde anlamlı fark bulunmadı ( $p=0.5419$ ). Normal işiten grupta koklear implantlı grubun P1 latansı 'g' değerlerinin karşılaştırılması şekil 4'de verilmiştir.



**Şekil 4.** Kİ'lı grupta Nİ grubun P1 latans 'g' değerlerinin karşılaştırılması

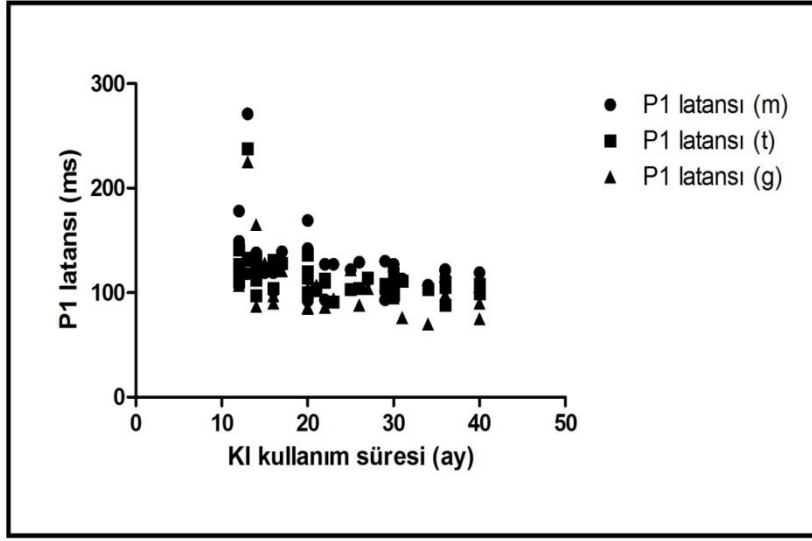
Normal işiten grupla koklear implantlı grubun P1 latansı 't' değerleri karşılaştırıldığında, P1 latansı 't' koklear implantlı grupta uzamış ve istatistiksel olarak anlamlı fark görüldü ( $p=0.0453$ ). Normal işiten grupla koklear implantlı grubun P1 latansı 't' değerlerinin karşılaştırılması şekil 5 de verilmiştir.



**Şekil 5.** KI'lı grupla NI grubun P1 latans't' değerlerinin karşılaştırılması

Koklear implantlı grubun P1 latans değerleriyle koklear implant olma yaşı arasında korelasyon olup olmadığına bakıldığında, P1 latansı ile koklear implant olma yaşı arasında korelasyon görülmedi.

Koklear implantlı grubun P1 latans değerleriyle koklear implant kullanım süreleri arasında korelasyon olup olmadığına bakıldığında, koklear implant kullanım süresiyle P1 latansı arasında negatif yönde zayıf bir korelasyon saptandı (P1 'm'  $r=-0.3668$ , P1 'g'  $r=-0.4887$ , P1 't'  $r=-0.4261$ ). Bu bulgularla koklear implant kullanım süresi arttıkça P1 latansının düşük, orta ve yüksek frekansta kısaldığı görülmektedir. Koklear implant kullanım süresi en erken 12 ay iken en geç 40 ay olarak görülmüştür. Koklear implantlı grubun P1 latans değerleriyle koklear implant kullanım süreleri arasında korelasyon şekil 6' da verilmiştir.



Şekil 6. Koklear implant kullanım süresi ile P1 latansı arasındaki korelasyon

## 5. TARTIŞMA

İşitme kaybı özellikle gelişmekte olan ülkelerde yaygın bir sorundur. İşitme kaybı çocuklarda, geçikmiş dil gelişimi, okul başarısızlığı, psikolojik, davranışsal ve sosyal sorunlar olarak karşımıza çıkar. İşitme kaybının çocuklar üzerindeki bu ciddi etkilerini engellemek için, yenidoğan döneminden itibaren işitme taraması ile mümkün olan en erken sürede işitme kaybının tespit edilmesi, kapsamlı bir işitsel eğitim programına alınması, işitme cihazı kullanılması, işitme rehabilitasyonu ve işitme cihazından yanıt alınamayan çocuklara koklear implantasyon yapılması çok önemlidir (61). Koklear implantasyonla birlikte uygun ve yeterli rehabilitasyon, merkezi işitsel sistemin gelişmesine ve olgunlaşmasını sağlar. Bu noktada işitsel sinir sisteminin plastisite anahtar rol oynar. Doğuştan işitme kayıplı çocuklarda 3- 3.5 yaşına kadar işitsel sistemin ve korteksin plastisitesinin mevcut olduğu ve bozulmadığı görülmektedir. İşitsel kortikal potansiyel geç latansları, işitsel kortikal yolların, plastise durum ve gelişimini ölçmek için kullanılan objektif bir testtir (61,62).

İşitsel kortikal potansiyeller işitsel geç latans cevaplarıdır ve 50-300 msn arasında kaydedilmektedir. P1 dalgası, geç işitsel uyarılmış potansiyellerin ilk pozitif dalgası olarak tanımlanmış olup, hem insan hem de hayvan çalışmalarında, işitsel korteks ve işitsel yolun talamo-kortikal kısmından elde edilmektedir. P1 latansı periferik ve merkezi işitme yolları boyunca sinaptik gecikmelerin toplamını yansıtır (7,48). P1 latansı yenidoğan döneminde yaklaşık olarak 300 msn dir. Gelişimin en hızlı dönemleri olan yaşamın ilk 3 yılında P1 latansı hızla azalır ve 3 yaş civarında P1 latansı 125 msn civarındadır. Yetişkinlerde P1 latansı yaklaşık 60 msn dir. Yaşla birlikte değişkenlik gösteren P1 kortikal latansı çocuklarda işitsel kortikal alanların olgunlaşması için biyomarker olarak kabul edilir. İşitsel yoksunluk süresinin uzamasıyla birlikte P1 latansının da uzadığı gösterilmiştir (5,6,46,62).

Bu çalışmada koklear implantasyon yapılan hastalarla, aynı yaş grubundaki işitmesi normal sınırlarda olan çocukların P1 latansının; yaş, implant olma yaşı, implant kullanım süresiyle olan ilişkisinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Ponton ve ark. işitmesi normal sınırlarda olan çocukların P1 latanslarıyla yaşları arasında ters bir ilişki olduğunu, yaş artışıyla birlikte P1 latansının azaldığını gözlemlemiştir (48). Bu çalışmada işitmesi normal sınırdaki olan yaş ortalaması 58.93 ay olan 30 çocuğun P1 latansları ile yaşları arasındaki korelasyon incelendiğinde, yaş artışıyla birlikte P1 latansının azaldığı görülmüştür ( $r = -0.4429$ ). Bu bulgu literatürle uyumlu olup, işitsel kortikal yolların plastisitesinin yaşla birlikte geliştiğini ve buna bağlı olarakta maturasyon biyomarkeri olan P1 latansının kısalması beklenen bir bulgudur.

Bu çalışmada çok ileri dereceli sensörinöral işitme kaybı olan ve yaş ortalaması 53.15 ay olan 40 prelingual Kİ'li çocuğun yaşları ile P1 latansları arasındaki korelasyona bakıldığında, Kİ'li grubun yaşlarıyla P1 latansları arasında korelasyon olmadığı görüldü. Bu aslında beklenen bir sonuç olup daha önce yapılan benzer çalışmalarla uyumludur. Çalışmaya dahil edilen çocukların işitsel uyarının kesilme süreleri veya işitsel deprivasyona maruz kalma süreleri aynı olmadığından dolayı bu şekilde veriler elde edilmesi beklenen bir sonuçtur. Kösemihal ve ark. koklear implantlı çocuklarda yaşla implant arasında korelasyon bulmazken, bu durumu deneklerin deprivasyon sürelerindeki farklılığa bağlamışlardır (46). Gilley ve ark. elde ettikleri benzer sonuçları işitsel deprivasyonla birlikte merkezi ve santral işitsel sistemin maturasyonunda durma veya gecikmelere bağlı olduğunu düşünmüşlerdir (6). Sharma ve ark. koklear implantasyonla birlikte santral işitme yollarındaki gelişmenin tekrar başladığını ve erken dönemde implante edilen (<3.5 yaş) çocukların yaşlıtlarını zamanla yakaladığını vurgulamışlardır (3).

Bu çalışmada normal işiten grupla koklear implantlı grubun P1 latansları, P1 latansı 'm', P1 latansı 'g' ve P1 latansı 't' şeklinde ayrı ayrı karşılaştırıldı. Normal işiten grupla koklear implantlı grubun P1 latansı 'm' değerleri karşılaştırıldığında, P1 latansı 'm' koklear implantlı grupta uzamış olarak görüldü ( $p=0.0363$ ). Normal işiten grupla koklear implantlı grubun P1 latansı 'g' değerleri karşılaştırıldığında, P1 latansı 'g' değerinde anlamlı fark bulunmadı ( $p=0.5419$ ). Normal işiten grupla koklear implantlı grubun P1 latansı 't' değerleri karşılaştırıldığında, P1 latansı 't' koklear implantlı grupta uzamış ve istatistiksel olarak anlamlı fark görüldü ( $p=0.0453$ ). Literatürde P1 latansı 'm', P1 latansı 'g' ve P1 latansı 't' şeklinde ayrı ayrı karşılaştırıldığı başka bir çalışma

bulunmamaktadır. Ancak P1 latansı 'g' de her iki grupta anlamlı fark çıkmaması, P1 latansı 'm' ve P1 latansı 't' değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı fark çıksada, P1 latansı 'm' ve P1 latansı 't' değerleri erken implante edilen çocuklar (<3.5 yaş) göz önüne alındığında literatürle uyumlu olduğu görülmüştür (62). Koklear implantasyon yapılan grupta düşük ve yüksek frekanslardaki P1 latansının, normal işiten gruba göre uzamış olması, koklear implantasyon sonrası özellikle fitting yapılırken işitsel kortikal geç latans P1 değerinin frekanslara göre işitme ve fitting değerlendirilmesinde kullanılabileceğini düşündürmektedir.

Sharma ve ark. konjenital işitme kayıplı ve koklear implantasyon yapılmış hastaları yaşlarına göre değilde implant olma yaşına göre erken implant olan (<3.5 yaş) ve geç implant olan (>7 yaş) ve bu iki grup arasında kalan orta (3.5-7 yaş) yaş grubu olmak üzere üç grupta incelemiştir. Erken Kİ yapılan grupla normal işiten yaşlılarının P1 latanslarını karşılaştırdığında anlamlı fark bulmamışlardır. Orta sürede Kİ yapılan grupla normal işiten grubu karşılaştırdığında değişken sonuçlar elde etmiştir. Geç Kİ yapılan grupla normal işiten grubu karşılaştırdığında geç Kİ yapılan grupta P1 latansının uzamış olduğunu gözlemlemiştir. Bizim çalışmamızda koklear implantlı grubun P1 latans değerleriyle koklear implant olma yaşı arasında korelasyon olup olmadığına bakıldığında, P1 latansı ile koklear implant olma yaşı arasında korelasyon görülmedi. Ancak Kİ yapılan gruptaki erken implant yapılan (< 3.5 yaş) hastalar ve orta-geç dönemde (3.5 -7 yaş) implant yapılan hastalar ayrı ayrı değerlendirildiğinde, erken dönemde implant yapılan 34 hastanın P1 latanslarıyla normal işiten grubun P1 latansları arasında anlamlı fark bulunmamıştır. Orta-geç dönemde (3.5-7 yaş) implant yapılan hastaların P1 latanslarının normal işiten gruba göre uzamış olduğu görülmüştür. Bu sonuçların literatürle uyumlu olduğu görülmüştür. Dorman ve ark. doğuştan total sensörinöral işitme kayıplı olup farklı dönemlerde koklear implant yapılan çocukların merkezi işitme yolları ve sisteminin gelişiminde hassas bir dönem olduğunu vurgulamıştır. Kral ve Tillein de yaptıkları hayvan deneylerinde işitsel yoksunluğun hayvanlarda ve insanlarda merkezi işitme yolları üzerine olan etkilerini kanıtlar nitelikte veriler elde etmişlerdir. Sharma ve ark. merkezi işitme yollarının işitsel uyarana tepki olarak maksimum plastisitesinin olduğu dönemin erken çocukluk dönemi olduğunu, 3.5 yaşında bunun için sınır niteliği taşıdığı sonucunu Dorman ve Kral'ın çalışmaları doğrular niteliktedir. Bizim çalışmamızda bu sonuçlarla uyumludur (3,63,64).

Bu çalışmada koklear implantlı grubun P1 latans değerleriyle koklear implant kullanım süreleri arasındaki ilişki incelendiğinde, koklear implant kullanım süresiyle P1 latansı arasında negatif yönde hafif korelasyon olduğu görüldü (P1 'm'  $r=-0.3668$ , P1 'g'  $r=-0.4887$ , P1 't'  $r=-0.4261$ ). Yani koklear implant kullanım süresi arttıkça P1 latansının düşük, orta ve yüksek frekansta kısaldığı görülmektedir. Eggermont ve Ponton işitmenin tamamen durduğu sağırılık dönemiyle, koklear implantasyon sonrası dönemin kortikal matürasyon üzerine olan etkilerini incelemiştir. Koklear implant sonrası P1 latansının neredeyse işitsel yoksunlukla aynı sürede yaşitlarına ulaştığını görmüşlerdir (65). Ponton ve ark. koklear implantasyonla birlikte yeniden başlayan merkezi işitme sistemi maturasyonunda, implant kullanım süresinin büyük öneme sahip olduğunu belirtmiştir (66). İşitsel deprivasyonla birlikte duraksamaya veya gerilemeye başlayan merkezi işitme sistemi maturasyonu, işitsel uyarının başlamasıyla birlikte tekrar gelişimine devam eder. Ancak normal yaşitlarından geri kalmış olan bu maturasyon sürecinin yaşitlarını yakalaması için zamana ihtiyaç vardır. Bu zamanı en iyi şekilde değerlendirmek için, koklear implantasyon yapılmış olan çocukların uyku dışında implantı maksimum sürede kullanmaları ve ebeveynlerin bu konuda hassasiyet göstermeleri gerekmektedir. Kösemihal ve ark. erken dönemde (<3.5 yaş) koklear imlant yapılan çocukların implant kullanım süresi arttıkça bu gruptaki çocukların yaşitlarını işitsel gelişim açısından yakalama şansı yüksek olduğunu, bununla birlikte ileri yaşta koklear implantasyon yapılan çocukların kısa bir süre implat kullanmasına rağmen P1 latanslarının yaşitlarına yakın olduğunu bildirmişlerdir. Bu durumun implant öncesi cihaz kullanım süresi, işitme kaybının konfigürasyonu, işitme cihazından faydalanma derecesi gibi farklı faktörlerin etkilediğini düşünmüşlerdir (46).

## 6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

İşitsel kortikal geç yanıtlar içerisinde P1 latansı ölçümü, Kİ yapılması planlanan veya Kİ yapılan hastalarda işitsel sistemin maturasyonunu göstermek için kullanılacak bir test olabilir. Kİ öncesi, işitme kaybı nedeniyle işitme cihazı kullanan çocukların işitme cihazından faydalanma derecelerini değerlendirip, P1 latansı uzamış olan veya hiç olmayan çocuklarda hızlı bir şekilde koklear implantasyon kararı alınmasında, işitsel kortikal potansiyeller, özellikle P1 latansı çok önemli ve yol gösterici bir parametre olarak kullanılabilir. P1 latansı ölçümü aynı zamanda yaşı ileri olan çocuklarda implantasyondan fayda görüp görmeme değerlendirilirken kullanılacak güvenilir bir yöntem olarak düşünülebilir. Kİ sonrası, çocuklarda işitsel sistem maturasyonunun, koklear implantın işitsel sistem maturasyonu üzerine olan etkisinin belirlenmesi, fitting yapılırken sesin frekanslara göre alınan yanıtının değerlendirilmesi, rehabilitasyonun konuşma ve işitme üzerine olan etkilerinin incelenmesinde P1 latansı önemli bir yere sahip olabilir. İşitsel kortikal potansiyeller ve benzeri elektrofizyolojik testlerin rutine girmesi ve özellikle koklear implantasyon yapılan merkezlerde tanı ve tedaviye ışık tutması açısından daha kapsamlı çalışmalara ihtiyaç vardır.

## 7. KAYNAKLAR

1. Nicholas JG, Geers AE. *Will they catch up? The role of age at cochlear implantation in the spoken language development of children with severe to profound hearing loss.* J Speech Lang Hear Res, 2007; 50: 1048-62.
2. Ganek HA, McConkey R, Niparko JK. *Language outcomes after cochlear implantation.* Otolaryngol Clin North Am. 2012; 45: 173-85.
3. Sharma A, Dorman MF, Spahr AJ. *A sensitive period for the development of the central auditory system in children with cochlear implants: implications for age of implantation.* Ear Hear. 2002; 23: 532-539.
4. Van den Broek P. *Cochlear implantation in children.* Int J Pediatr Otorhinolaryngol. 1995; 32: 217-23.
5. Phillip A, Wackym JBF, Christina L. *Cummings otolaryngology head & neck surgery.* 4 ed. patient evaluation and device selection for cochlear implantation, ed. C.W. Cummings. 2005:158-159
6. Gilley PM. *Minimization of cochlear implant stimulus artifact in cortical auditory evoked potentials.* Clin Neurophysiol, 2006;117: 1772-1782.
7. Sharma A, Dorman M, Spahr AJ. *Early cochlear implantation in children allows normal development of central auditory pathways.* Ann Otol Rhinol Laryngol Suppl, 2002; 189: 38-41.
8. Sharma A, *Central Auditory System Development and Plasticity After Cochlear Implantation.* *Auditory prostheses springer handbook of auditory research.* ed. a.N.P. fan-gang zeng, Richard R. Fay. 2012: 39.
9. Wanna GB, *Bilateral cochlear implantation.* Otolaryngol Clin North Am, 2012;45: 81-89.

10. *Current Otorinolaringoloji-Baş ve Boyun Cerrahisi Tanı ve Tedavi* ( ed.Lalwani AK, çev.ed. Cingi C) Güneş Kitabevi, Lange Medical Books/McGraw-Hill, 2005:617-630.
11. *Temel Otorinolaringoloji. Kokleanın anatomisi ve işlevi*, (ed. Rudolf P, çev. ed. Yıldırım N) Nobel tıp kitabevleri. 2011: 80-100
12. Fishman AJ, *Imaging and anatomy for cochlear implants*. *Otolaryngol Clin North Am*. 2012; 45: 1-24.
13. Koç C. *Kulak Burun Bogaz Hastalıkları Ve Baş-Boyun Cerrahisi*. Ankara, Güneş Kitabevi,2004:56-61.
14. Santi PA, Mancini P, (çev. Karayel F.). *Koklear anatomi ve santral işitme yolları*.In: Cummings CW, Flint PW, Harker LA, Haughey BH, Richardson MA, Cummings *Otolaringoloji Baş ve Boyun Cerrahisi*. 4. cilt (çev.ed.Koç C.) (4. Baskı). Ankara, Güneş Tıp kitabevi, 2007:3373-3396.
15. Webster DB, Popper AN, Fay RR. *The Mammalian auditory pathway: neuroanatomy (Eds)*. New York, Springer-Verlag.1992;9: 124-131.
16. Fred H. *Neurophysiology of the central auditory and vestibular system.*, Philadelphia ,WB Saunders. 1991: 93
17. *Audition and the central nervous system*.In:, Finger S. *Origins of neuroscience: a history of explorations into brain function*. Oxford university pres. 2001;9: 124-131.
18. Jahn AF, Saccihi SJ. *Introduction to anatomy and physiology of the central auditory nervous system*. *Physiology of the Ear*. New York, Raven Press.1988: 105-107
19. Cranford JL. *Odyolojinin temelleri titreşimden seslere* (çev.ed. Yılmaz İ). İstanbul, Plural Publishing.2008: 30-44

20. Gordon KA, Harrison RV. *Ear & Hearing* Activity- dependent developmental plasticity of the auditory brain stem in children who use cochlear implants. 2003;24
21. Musiek FE, Weihing JA, Oxholm VB. *Anatomy and physiology of the central auditory nervous system: a clinical perspective*. In: Roeser RJ, Valente M, Hosford-Dunn H. *Audiology: Diagnosis* 2. ed. New York, Thieme Medical Publishers. 2007;1:17-36
22. Fernald A. *Hearing, Listening and Understanding: Auditory Development in Infancy* eds. In: Bremner JG, Fogel A. *Blackwell Handbook of Infant Development*. USA, Blackwell Publishing. 2004:35-70
23. Estabrooks WI. *Auditory-Verbal Practice*. Cochlear Implants 5th ed. In: Waltzman NL, Cohen S B. New York:, Thieme Publishers. 1997:123-125
24. Blom L. *Language Development*. In: *Introduction to communication sciences and disorder* (ed. Minifie FD). San Diego, Singular Pub. Group. 1994;5: 189-236
25. Tuncer Ü. *İşitme kayıpları ve tedavisi*. Doktor. 2005;28:86-88
26. Girgin C. *İşitme Engelli Çocukların Konuşma Edinimi Eğitiminde Dinleme Becerilerinin Önemi*. Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Fakültesi Özel Eğitim Dergisi. 2006:7
27. Goodman A. *Reference zero levels for pure tone audiometer*. ASHA. 1964;7:263-267
28. Akyıldız N. *Kulak Hastalıkları ve Mikrocerrahisi*. Cilt 1. Ankara, Bilimsel Tıp Yayınevi. 1998: 22-61.
29. Carney AE, Moller MP. *Treatment efficacy: Hearing loss in children*. J Speech Lang Hear Res. 1998; 41:61-84.
30. Stuart IRC. *Clinical tests of hearing and balance*. Adult Audiology. Oxford, Butterworth Heinemann 1997:64-69.

31. Boothroyd A, Cawkwell S. *Vibrotactile thresholds in pure tone audiometry*. Acta Oto-Laryngol. 1970;69:381-87.
32. Jerger J. *Clinical experience with impedance audiometry*. Arch Otolaryngol. 1970.;92:311-334.
33. Jerger J, Shedd JL, Harford E. *On the detection of extremely small changes in sound intensity*. Arch Otolaryngol. 1959; 69:200-211.
34. Penner MJ, Glotzbach L, Huang T. *Spontaneous otoacoustic emissions: measurement and data*. Hear Res. 1993;68:229-237.
35. Prieve BA, Gorga MP, Schmidt A. *Analysis of transient-evoked otoacoustic emissions in normal hearing and hearing impaired ears*. J Acoust Soc Am. 1993; 93:3008-3319.
36. Hotz MA, Probst R, Harris FP, Hauser R. *Monitoring the effects of noise exposure using transiently evoked otoacoustic emissions*. Acta Otolaryngol. 1993; 113:4. 478-82.
37. Davis H. *Principles of electric response audiometry*. The Annals Of Otology, Rhinology & Laryngology. 1976; 85:5-96.
38. Hall JW. *Handbook of Auditory Evoked Response*. Massachusetts, Allyn and Bacon. 1990:83- 89.
39. Cesur S. *İşitsel Uyarılmış P1-N1-P2 Kortikal Potansiyellerle Eşik İncelemesi*. 2012. Marmara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü , Yüksek Lisans Tezi, 59 sayfa , İstanbul, (Yrd.Doç.Dr. Ufuk Derinsu).
40. Arnold SA. *The Auditory Brain Stem Response*. Audiology, Diagnosis. In: ed. Valente M. Roeser RE, Hoford DH. New York, Thieme.2000:451-470
41. Olsen WO. *Special auditory tests: A historical perspective*. Diagnostic Audiology. In: Jacobson JT,Northern JL. Texas, Pro-ed.1991:19-52

42. Brown CJ. *İşitmenin elektrofizyolojik olarak belirlenmesi*. Cummings Otolaringoloji Baş ve boyun Cerrahisi. In: Cummings CW, Harker LA, Haughey BH, Richardson MA. Vol. 4., Ankara, Güneş Tıp Kitabevi. 2007;151: 3466-3479
43. Lins OG, Picton TW, Boucher BL. *Frequency specific audiometry using steady-state response*. Ear Hear. 1996;2:81-96
44. Ponton CW, Manuel D, Eggermont JJ, Waring MD, Masuda A. *Maturation of human cortical auditory function: Differences between normal-hearing children and children with cochlear implants*. Ear and Hearing. 1996;17:430-437
45. Biagio L. *Objective assessment of noise-induced hearing loss: a comparison of methods*. Occupational Health Southern Africa, 2009;45:26-32.
46. Kösemihal E. *Koklear İmplantlı Çocuklarda P1 Latansının İncelenmesi*, 2007, Marmara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans tezi, 40 sayfa İstanbul (Prof.Dr. Ferda Akdaş).
47. Lightfoot G, Kennedy V. *Cortical electric response audiometry hearing threshold estimation: accuracy, speed, and the effects of stimulus presentation features*. Ear Hear. 2006; 27:5. 443-456.
48. Ponton C, Eggermont JJ, Khosla D, Kwong B, Don M. *Maturation of human central auditory system activity: separating auditory evoked potentials by dipole source modeling*. Clin Neurophysiol. 2002; 113:3. 407-420.
49. Sharma A. *The clinical use of P1 latency as a bio-marker for assessment of central auditory development in children with hearing impairment*. Audiology Today. 2005;3:18-19.
50. Luxford WM. *Otologic Surgery*. Surgery for Cochlear Implantation. In: Brackmann DE, Shelton C, Arriaga MA. Philadelphia, WB. Saunders Company. 1994:426-436
51. Niparko J. *Cochlear implants, auditory brainstem implants, and surgically implantable hearing aids* Otolaryngology Head and Neck Surgery.(ed. Cummings CW) St Louis Missouri. 1998: 2934-71

52. Hause W. *Cochlear implants*. Ann Otol Rhinol Laryngol. 1976; 85:27- 1.
53. Sennaroğlu L. *Koklear İmplantasyon*. In: Kulak Burun Boğaz Hastalıkları ve Baş Boyun Cerrahisi, (ed. Koç C). Ankara, Turgut Yayıncılık. 2004:403-414
54. Öz A. *Prelingual Koklear İmplantasyon Uygulanan Hastalarda İşitme Sonuçlarımız*. 2012.in *Gaziantep Üniversitesi Tıp Fakóltesi Tıpta Uzmanlık tezi*, 95 sayfa, Gaziantep (Prof. Dr. Muzaffer Kanlıkama).
55. Zeng FG, Rebscher S, Harrison W, Sun X, Feng H. *Cochlear implants: system design integration, and evaluation*. IEEE Rev Biomed Eng. 2008; 1:115-42.
56. Türkiye Cumhuriyeti Sosyal Güvenlik Kurumu [www.sgk.gov.tr], *SOSYAL GÜVENLİK KURUMU SAğLIK UYGULAMA TEBLİğİ*. 2012.
57. Mueller HG, Hall JW. *Cochlear implants*. Audiologists' desk reference Vol II, Audiologic Management, Rehabilitation and Terminology. In : Hall JW, Mueller HG. San Diego, Singular Publishing group. 1998:561-594
58. Purdy SC, Kelly AS, Thorne PR. *Auditory evoked potetials as measures of plasticity in humans*. Audiology and Neuro-Otology. 2001; 6:211-215.
59. Koşaner J *Generating speech processor programmes for children using ESRT measurements*. Cochlear Implants Int. (Suppl 2), 2010; 11:20-24.
60. Kosaner J, Deniz H, Yiğit Ö. *Use of aided cortical assessment (ACA) in evaluation of pediatric cochlear implant (CI) speech processor programs*.. Poster in 13th Symposium on CI in Children, July Sheraton Hotel Chicago, IL, USA., 2011: 14-16.
61. Thabet MT, Said NM. *Cortical auditory evoked potential (PI): a potential objective indicator for auditory rehabilitation outcome*. Int J Pediatr Otorhinolaryngol. 2012; 76:12,1712-8.

62. Sharma A, Nash AA, Dorman M. *Cortical development, plasticity and re-organization in children with cochlear implants*. J Commun Disord. 2009; 42:4, 272-9.
63. Dorman MF, Sharma A, Gilley P, Martin K, Roland P. *Central auditory development: evidence from CAEP measurements in children fit with cochlear implants*. J Commun Disord. 2007;40:4, 284-94.
64. Kral A, Tillein J. *Brain plasticity under cochlear implant stimulation*. Advances in Otorhinolaryngology. 2006;64:89-108.
65. Eggermont JJ, Ponton CW. *Auditory-evoked potential studies of cortical maturation in normal hearing and implanted children: correlations with changes in structure and speech perception*. Acta Otolaryngol. 2003;123:2, 249-52.
66. Ponton CW, Eggermont JJ. *Of Kittens and Kids: Altered cortical maturation following profound deafness and cochlear implant use*. Audiology and Neuro-Otology. 2001; 6:363-380.