



Kapadokya Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim, Öğretim ve Araştırma Enstitüsü
Odyoloji Anabilim Dalı

**POSTLİNGUAL DÖNEMDE KOKLEAR
İMPLANTASYON YAPILAN HASTALARIN KONUŞMA,
UZAYSAL ALGI VE İŞİTME KALİTESİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Fatma Gizem AKGÜL

Yüksek Lisans Tezi

Nevşehir, 2024

POSTLİNGUAL DÖNEMDE KOKLEAR İMPLANTASYON YAPILAN
HASTALARIN KONUŞMA, UZAYSAL ALGI VE İŞİTME KALİTESİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ

Fatma Gizem AKGÜL

Kapadokya Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim, Öğretim ve Araştırma Enstitüsü
Odyoloji Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Nevşehir, 2024

ÖZET

AKGÜL, Fatma Gizem. *Postlingual Dönemde Koklear İmplantasyon Yapılan Hastaların 'Konuşma, Uzaysal Algı ve İşitme Kalitesinin Değerlendirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Nevşehir, 2024.

Koklear implantasyonun postlingual dönemde konuşma algısı, uzaysal algı ve işitme kalitesi üzerindeki etkisi işitme kayıplı bireylerin yaşam kaliteleri açısından önem arz eden konuların başında yer almaktadır. Çalışmanın amacı postlingual dönemde koklear implantasyon yapılan hastaların 'konuşma, uzaysal algı ve işitme kalitesinin değerlendirilmesidir. Bu çalışma Adıyaman Üniversitesi Kulak Burun Boğaz Anabilim Dalı polikliniğinde gerçekleştirilmiştir. Çalışmada demografik verilere ve bireylerin sağlık bilgilerine ilişkin 5 sorudan oluşan bir demografik bilgi formu ve Konuşma, Uzaysal Algı ve İşitme Kalitesi Ölçeği (KUİK) kullanıldı. Her katılımcıya araştırmacı tarafından gerekli açıklamalar yapılarak bilgilendirilmiş onam formu imzalatılmıştır. Çalışmaya postlingual dönemde ileri-çok ileri derecede sensörinöral işitme kaybı nedeniyle koklear implant uygulanmış toplam 40 hasta dahil edilmiştir. Katılımcıların yaşları 21-65 arasında değişmekte olup yaş ortalaması 43.60 ± 14.07 olarak hesaplanmıştır. Çalışmaya dahil edilenlerin %55'i kadın, %45'i ise erkektir. Çalışmaya dahil edilen katılımcıların koklear implant kullanma süresi 1-16 yıl arasında değişmekte olup ortalama koklear implant kullanma süresi ise 7.50 ± 3.93 yıl olarak hesaplanmıştır. Katılımcılardan %70'inde koklear implant sağ tarafta iken %30'unda ise sol kulakta idi. Katılımcıların uzaysal algıları daha yüksek, konuşma algıları daha düşük bulunmuştur. Çalışmaya dahil edilen koklear implantlı bireylerin yaşı ile konuşma algısı, uzaysal algı ve işitme kaliteleri arasında ilişki saptanmamıştır. Katılımcıların cinsiyetine, eğitim durumuna göre konuşma algısı, uzaysal algı, işitme kalitesi düzeylerinde anlamlı bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir ($p > 0.05$). Katılımcıların koklear implant kullanma süresi ile konuşma algısı, uzaysal algı ve işitme kaliteleri arasında ilişki saptanmamıştır. Koklear implantın bulunduğu tarafın anlamlı bir farklılığa neden olmadığı görülmüştür.

Anahtar Sözcükler

Koklear implant, Konuşma Algısı, Uzaysal Algı, İşitme Kalitesi

ABSTRACT

AKGUL, Fatma Gizem, *Evaluation of Speech, Spatial Perception and Hearing Quality of Cochlear Implantation Patients in Postlingual Period*, Master's Thesis, Nevsehir, 2024.

The effect of cochlear implantation on speech perception, spatial perception and hearing quality in the postlingual period is one of the most important issues in terms of quality of life of individuals with hearing loss. The aim of the study was to evaluate the quality of speech, spatial perception and hearing of patients who underwent cochlear implantation in the postlingual period. This study was carried out in the outpatient clinic of Adiyaman University, Department of Otorhinolaryngology. A demographic information form consisting of 5 questions about demographic data and health information of individuals and the Speech, Spatial Perception and Hearing Quality Scale (SPQQ) were used in the study. Each participant signed an informed consent form after the necessary explanations were made by the researcher. A total of 40 patients who underwent cochlear implantation for severe to profound sensorineural hearing loss in the postlingual period were included in the study. The ages of the participants ranged between 21-65 years with a mean age of 43.60 ± 14.07 years. Of those included in the study, 55% were female and 45% were male. The duration of cochlear implant use of the participants included in the study varied between 1-16 years and the mean duration of cochlear implant use was calculated as 7.50 ± 3.93 years. In 70% of the participants, the cochlear implant was in the right ear, while in 30% it was in the left ear. The participants had higher spatial perception and lower speech perception. There was no relationship between the age of the individuals with cochlear implants included in the study and speech perception, spatial perception and hearing quality. It was determined that there was no significant difference in the levels of speech perception, spatial perception and hearing quality according to the gender and educational status of the participants ($p > 0.05$). There was no relationship between the duration of cochlear implant use and speech perception, spatial perception and hearing quality of the participants. It was observed that the side of the cochlear implant did not cause a significant difference.

Keywords

Cochlear implant, Speech Perception, Spatial Perception, Hearing Quality

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY	i
YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI.....	ii
ETİK BEYAN.....	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER	vi
KISALTMALAR DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
TABLolar DİZİNİ	xi
GİRİŞ	1

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER

1.1. KULAK ANATOMİSİ VE FİZYOLOJİSİ	3
1.1.1. Dış Kulak Yapısı ve Fizyolojisi.....	3
1.1.1.1. Kulak Kepçesi	4
1.1.1.2. İşitsel Kanal.....	4
1.1.1.3. Timpanik membran	4
1.1.2. Orta Kulağın Yapısı ve Fizyolojisi	5
1.1.2.1. İşitsel Kemikçikler	6
1.1.3. İç Kulağın Yapısı ve Fizyolojisi	6
1.1.3.1. Vestibüler sistem.....	7
1.1.3.2. Koklea	8
1.1.3.2.1. Koklea kanalları	8
1.1.3.2.2. Koklea Sıvıları.....	9
1.1.3.2.3. Reissner membranı	10
1.1.3.2.4. Corti Organı.....	10
1.2. İŞİTME FİZYOLOJİSİ.....	12
1.2.1. Hava Yolu İle İşitme.....	13
1.2.2. Kemik Yolu İle İşitme	16

1.3. İŞİTME KAYIPLARI	22
1.3.1. İşitme Kaybı Türleri.....	22
1.3.1.1. İletim Tipi İşitme Kaybı.....	22
1.3.1.2. Sensörinöral İşitme Kaybı (SNİK).....	22
1.3.1.3. Mikst Tip İşitme Kaybı	23
1.3.1.4. Fonksiyonel İşitme Kaybı	23
1.3.1.5. Santral İşitme Kaybı.....	23
1.3.1.6. Nöral İşitme Kaybı.....	23
1.4. KOKLEAR İMPLANT	24
1.4.1. Tanım	24
1.4.2. Koklear İmplantın Parçaları ve Çalışma Prensibi.....	24
1.4.3. Koklear İmplant Seçim Kriterleri	25
1.4.3.1. Medikal Değerlendirme	26
1.4.3.2. Odyolojik Değerlendirme.....	27
1.4.3.3. Konuşma ve Dil Değerlendirmesi.....	28
1.4.3.4. Psikolojik Değerlendirme.....	28
1.4.3.5. Radyolojik Değerlendirme	29
1.4.4. Koklear İmplantın Programlanması.....	29
1.4.4.1. Kullanılmakta Olan Uyaran Parametreleri.....	29
1.4.4.1.1. Akım Süresi ve Şiddeti.....	29
1.4.4.1.2. Uyarım Modları	30
1.4.4.2. Konuşma Kodlama Stratejileri.....	31
1.4.4.3. Sübjektif Duyma Düzeylerinin Saptanması	32
1.4.4.4. Objektif Testler	32
1.4.4.5. İmpedans Testi	33
1.5. İMPLANT KULLANAN BİREYLERDE BİNAURAL VE SPATİAL (UZAYSAL) İŞİTME	35

2. BÖLÜM

GEREÇ VE YÖNTEM

2.1. ÖRNEKLEM.....	37
---------------------------	-----------

2.2. VERİ TOPLAMA ARAÇLARI.....	38
2.3. ARAŞTIRMANIN ETİK YÖNÜ	39
2.4. ARAŞTIRMANIN HİPOTEZLERİ.....	39
2.5. İSTATİSTİKSEL ANALİZ	39

3. BÖLÜM

BULGULAR

4.1. DEMOGRAFİK ÖZELLİKLERE İLİŞKİN TANIMLAYICI İSTATİSTİKLER	41
4.2. KONUŞMA ALGISI, UZAYSAL ALGI VE İŞİTME KALİTESİNE İLİŞKİN BULGULAR.....	42
4. BÖLÜM.....	45
TARTIŞMA	45
SONUÇ.....	49
KAYNAKÇA	51
EK-1. ORJİNALLİK RAPORU.....	61
EK-2. ETİK KURUL İZİN FORMU.....	62

KISALTMALAR DİZİNİ

dB	: Desibel
DSÖ	: Dünya Sağlık Örgütü
Hz	: Hertz
Kİ	: Koklear İmplant
mM	: mili molar
SNİK	: Sensörinöral İşitme Kaybı

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Kulağın yapısı	3
Şekil 2. Kulak anatomisi	16
Şekil 3. Koklear anatomi.....	17
Şekil 4. Santral İşitme Sistemi	21
Şekil 5. Koklear implantın parçaları	24
Şekil 6. Elektrot dizininin kokleaya yerleşimi	25
Şekil 7. Uyarının şiddetinin artırılması	30
Şekil 8. Uyarım Modları	30
Şekil 9. Elektriksel Uyarımlı İşitsel Potansiyeller	33
Şekil 10. Kısa Devre Açık Devre	34

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 1. Katılımcıların demografik özellikleri	41
Tablo 2. Katılımcıların Konuşma, Uzaysal Algı ve İşitme Kalitesi Ölçeği (KÜİK) puan ortalamaları	42
Tablo 3. Katılımcıların yaşına göre konuşma algısı, uzaysal algı ve işitme kalitesi puan ortalamaları	42
Tablo 4. Katılımcıların cinsiyetine göre konuşma algısı, uzaysal algı ve işitme kalitesi puan ortalamaları.....	43
Tablo 5. Katılımcıların eğitim durumuna göre konuşma algısı, uzaysal algı ve işitme kalitesi puan ortalamaları	43
Tablo 6. Katılımcıların koklear implant kullanma süresine göre konuşma algısı, uzaysal algı ve işitme kalitesi puan ortalamaları.....	44
Tablo 7. Katılımcıların koklear implantın bulunduğu tarafa göre konuşma algısı, uzaysal algı ve işitme kalitesi puan ortalamaları.....	44

GİRİŞ

İşitme, çevremizdeki sesin insan organizması tarafından alınması, sinir sistemiyle işlenmesi ve beyinde ilgili merkezlere iletilerek algılanması şeklinde tanımlanabilir. Tüm süreci oluşturan bu sisteme işitme sistemi denir (Kanlıkama, 2013). İşitme iletişim, dil edinimi ve geliştirilmesi için ön gerekliliktir. Bu nedenle, işitme ve dil birbiriyle ilişkili ve birbirine bağlı işlevlerdir (Şenkal, 2015).

İşitme sistemi sadece konuşmayı duymaya hizmet etmez, aynı zamanda çevredeki farklı sesleri ayırt etme ve lokalizasyonlarını belirleme gibi bir dizi işlevi de yerine getirir. İnsanlar işitme duyularını hem günlük dinleme ortamlarında hem de müzik dinleme gibi eğlence aktivitelerinde olayları tanımlamak ve anlamlandırmak için kullanırlar (Litovsky ve ark., 2009; Noble ve ark., 2009).

Bazı durumlarda konuşmayı ayırt etmede sıkıntılar yaşanabilmektedir. Böyle durumlarda zaman ve mekanla ilişkili ipuçlarından faydalanabilme becerisi önem arz etmektedir.

İşitme kaybı olmayan kişilerde olduğu gibi işitme cihazı ve/veya koklear implant kullanıcılarında da işitsel ipuçlarını birleştirebilmek ve yukarıda belirtilen işlevleri yerine getirebilmek için binaural sistem oldukça önemlidir. Binaural işitme, iki kulaktan gelen girdinin işitsel yolda işlenip birleştirildiği ve dinleyici tarafından algılanabilecek şekilde kodlandığı bir süreçten kaynaklanır. Tek kulakla dinlerken sesin nereden geldiğini anlamak çok zordur (Hawley ve ark., 1999). Binaural işitme, gürültülü ortamlarda konuşmayı anlamayı destekler. Özellikle gürültü varlığında, kulaklar arasındaki zaman ve yoğunluk farkını veya uzamsal ipuçlarını kullanarak hedef sesi ayırmayı sağlar (Hawley ve ark., 2004; Culling ve ark., 2004).

Koklear implantasyon, ileri derecede sensörinöral işitme kaybının yönetiminde devrim yaratarak, bireylere işitsel işlevlerini yeniden kazanma ve yaşam kalitelerini artırma konusunda dikkate değer bir fırsat sunmuştur. Koklear implantların konuşma algısını ve uzamsal farkındalığı geri kazanmadaki etkinliği kapsamlı bir şekilde incelenmiş olsa da, postlingual sağır hastaların benzersiz ihtiyaçlarına göre uyarlanmış

kapsamlı değerlendirme çerçeveslerine yönelik kritik bir ihtiyaç devam etmektedir (Gaylor ve ark., 2013).

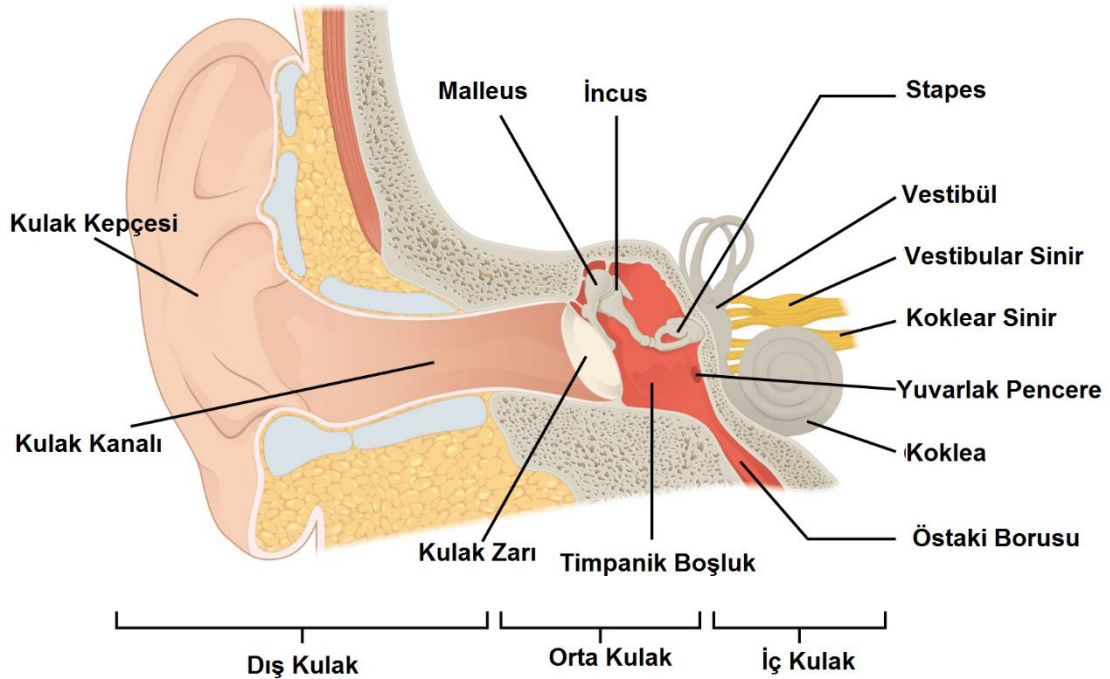
Konuşma dilinin edinilmesinden sonra işitme kaybının başlamasıyla karakterize edilen postlingual işitme kaybı, prelingual işitme kaybına kıyasla işitsel rehabilitasyonda farklı zorluklar ortaya koymaktadır. Postlingual işitme kaybı olan bireyler, koklear implantasyon sonrası değerlendirmelerini çok yönlü hale getiren dilsel ve iletişimsel becerilere sahiptir. Konuşma algısını değerlendirmenin ötesinde, bu popülasyonda koklear implantasyonun etkisini tam olarak anlamak için uzamsal algıyı ve genel işitme kalitesini araştırmak zorunludur (Holden ve ark., 2013).

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER

1.1. KULAK ANATOMİSİ VE FİZYOLOJİSİ

Kulak üç bölüme ayrılmıştır: Burada gösterilen dış, orta ve iç. Dış kulak, kulak kepçesi, kulak/işitme kanalı ve onu orta kulak boşluğundan ayıran kulak zarı içerir. Orta kulak östaki borusu ile burnun arkasına bağlıdır ve malleus, üzengi ve örs olarak bilinen kemikçikleri içerir. İç kulak, vestibüler labirent ve salyangoz olarak ikiye ayrılır. Vestibüler labirent ayrıca yarım daire biçimli kanalları ve vestibülü içerir (Kaya ve Gündüz, 2015).



Şekil 1. Kulağın yapısı (Kaya ve Gündüz, 2015)

1.1.1. Dış Kulak Yapısı ve Fizyolojisi

Dış kulak, her ikisi de odaklanmış ses sinyalinin dış kulak ve orta kulağı ayıran timpanik membrana ileten kulak kepçesi ve işitme kanalından oluşur. İşlevsel işitme için dış kulağın düzgün gelişimi esastır. Dış kulak kusurları bir dizi sendromik ve

sendromik olmayan iletim tipi sağırlık durumlarında yer aldığından, dış kulağın yapısını anlamak çok önemlidir (Anthwal ve Thompson, 2016).

1.1.1.1. Kulak Kepçesi

Kafatasının yan tarafından çıkıntı yapan kulak kepçesi kıkırdaktan oluşur ve tamamen deri ile kaplıdır. Ses titreşimlerini toplamak ve onları işitme kanalına yönlendirmekle görevlidir. Kulak kepçesi, açısı nedeniyle önden gelen sesleri arkadan gelenlere göre daha etkili bir şekilde yakaladığı için sesin lokalize edilmesine yardımcı olur. Ancak bu etki, duyulabilir ses titreşimlerinin dalga boyu ve başın göreceli büyüklüğü nedeniyle yalnızca yüksek frekanslar için geçerlidir. Başın kendisi orta frekanslarda sesin gölgesini oluşturduğu için sesin lokalize edilmesinde rol oynar ve daha düşük frekanslarda sesin kulaklar arasına geliş fazları sesin lokalize edilmesinden sorumludur (Hayes ve ark., 2013).

1.1.1.2. İşitsel Kanal

İşitme kanalı yaklaşık 4 cm uzunluğundadır ve dış kısmı kıllı deri, iç kısmı ise daha incedir. Dıştaki tüylü kısımda yağ ve ter bezleri bulunur (Niemann ve Horsley, 2012) ve her ikisi de keratin ile birlikte kulak kirini oluşturur. Kulak kiri ve kanalın dış kısmındaki kıl büyümesi dezenfektan görevi görür ve kulak için koruyucu bir bariyer sağlar. İçe doğru ilerledikçe, işitme kanalının derisi incedir ve zayıf sesi emen ve daha sonra tabanındaki timpanik membrana yönlendiren sert bir boşluk olan daha derin kulak kanalı kemiğine sıkıca tutturulur (Şen, 2019).

1.1.1.3. Timpanik membran

Timpanik membran, işitme kanalı ile devamlılık gösteren bir dış deri tabakasına ve endoderm adı verilen bir iç tabakaya sahiptir (Carlson, 2014). Dış ektodermal tabaka, hücrelerin merkezden timpanik membranın kenarlarına doğru yanal benzersiz göçünü gösteren tabakalı ve skuamöz epitelden yapılmıştır ve bu epidermal hücreler daha sonra pul pul dökülebilir (Hayes ve ark., 2013). Bu süreç, dış kulağın kendi kendini temizleme özelliği olarak adlandırılır. Timpanik membranın iç tabakası basit bir skuamöz epitelden oluşur (Vollandri ve ark., 2011).

Timpanik membran morfolojisine göre iki ana bölgeye ayrılmakta olup bunlardan birincisi ventral pars tensa olarak bilinen titreşime uygun gergin yapı (Sheikh ve ark., 2022) iken ikincisi ise daha elastik yapıdaki dorsal pars flaccida'dır (Hayes ve ark., 2013; Sheikh ve ark., 2022).

Shrapnell membranı olarak da adlandırılan pars flaccida, timpanik membranın malleolar kıvrımın üzerindeki üst kısmında yer alır ve timpanik membranın diğer büyük kısmı olan pars tensaya göre nispeten daha kırılğan bir bölgedir (Liu ve ark., 2022). Bu bölgelerin her ikisi de gevşek bağ dokusu düzeninde olan nöral krest hücrelerinden oluşan bir iç katman içeren üç katmanlı yapılardır ve bu orta katman iki epitel katmanı arasına sıkıştırılmıştır. Pars tensa'nın iç tabakası, kolajenden zengin iki bağ dokusu tabakasından daha oluşan lamina propria'dır (Probst ve ark., 2006); dış radyatif tabaka ve bir iç dairesel tabaka. Pars flaccida'da ise iç tabakada düzenli bir ekstraselüler matriks düzenlemesi yoktur. Dolayısıyla, timpanik membranın bu iki bölgesi, pars tensa ve pars flacid, hücresel ve kaba düzeyde birbirlerinden farklıdır. Bu yapısal ve işlevsel farklılıklar, retraksiyon cebi olan timpanik membranın orta kulak boşluğuna daha derinden çekildiği ve ağrıya neen olabilen bir durum olan retraksiyon cebinin neden pars flaccida'da daha yaygın olarak ortaya çıktığını açıklamaktadır (Maw ve ark., 2011).

Tüm timpanik membran yapısı yaklaşık 0,1 milimetre kalınlığa sahiptir ve orta kulak boşluğunda yaklaşık 1 cm çapında bir açıklığı (yuvarlak) kaplar. Timpanik membran genellikle kulak zarı olarak adlandırılrsa da teknik olarak orta kulak boşluğu kulak zarıdır ve timpanik membran kulak zarı derisi olarak görev yapar (Alberti, 2001).

1.1.2. Orta Kulağın Yapısı ve Fizyolojisi

Hava dolu bir boşluk olan orta kulak, östaki borusu olarak bilinen uzun ve ince bir tüple burnun arka kısmıyla ilişkilidir. Orta kulağın dış duvarını timpanik membran, iç duvarını ise koklea oluşturur. Orta kulak tabanı, kafadaki kanı boşaltan büyük bir toplardamar olan şahdamarının başlangıcını örten ince bir kemik plakadır. Orta kulağın üst sınırında, beynin orta lobunun altındaki kemiği oluşturur. Orta kulağın ön ucunda östaki borusunun açıklığı bulunur ve arka ucunda temporal kemik içinde bulunan bir grup hava hücresi olan mastoid hücrelere geçiş yolu yer alır (Alberti, 2001). Solunum membranı ile kaplı orta kulak, temel olarak sinüslerin ve burnun solunum hava

boşluklarının bir uzantısıdır. Östaki borusunda kalın, mastoidten geçerken ince olan bu solunum zarı mukus üretebilir (Irwin, 2006). Östaki tüpü orta kulaktan çıkarken kemiksi bir yapıdır ancak nazofarenkste kıkırdak ve kastan oluşur. Tüp, kasların aktif kasılması ile açılır ve bu da hem orta kulak hem de burundaki hava basıncının eşitlenmesini sağlar (Hayes ve ark., 2013).

1.1.2.1. İşitsel Kemikçikler

Orta kulak üç küçük kemik içerir: malleus, incus ve stapes (sırasıyla çekiç, örs ve üzengi olarak da bilinir, (Şekil 1). Bu kemikçikler sesi kulak zarından iç kulağa iletir. Malleus, sapı timpanik membrana gömülü, merkezi boyunca yukarıya doğru uzanan ve başı beyin örtüsünü oluşturan bir kemikten bir bağ aracılığıyla asılı olduğu timpanik membranın üzerindeki orta kulak boşluğunda uzanan kulüp şeklindedir. Burada, bir sopanın başı koni şeklindeki bir incus ile eklenmiştir. Koninin tabanı timpanik membranın üzerinde malleus başı ile eklenmiştir. Diğer iki kemikçik arasında bulunan incus, uzun çıkıntı olarak adlandırılan ince bir çıkıntıya sahiptir. Orta kulakta serbestçe asılı durur ve ucunda dik açılı bir kıvrımı olan stapes ile bağlantılıdır. Üçüncü kemikçik olan stapes, bir ayak plakası ve bir kemerden oluşan kemer şeklinde bir kemiktir. Ayak plakası, iç kulak veya kokleanın vestibüler sistemine açılan oval pencereyi kapladığı için stapedio-vestibüler eklem tarafından eklenir (Thompson ve ark., 2012).

1.1.3. İç Kulağın Yapısı ve Fizyolojisi

İnsan iç kulağı, orta kulak ve akustik meatus arasında bulunur ve her biri ayrıca üç bölüme ayrılan kemikli veya membranöz labirent olabilen bir kulak labirenti olarak etiketlenir. Kemik labirent yarım daire kanalları, vestibül ve kokleadan oluşurken, membranöz labirent yarım daire kanalı, vestibülün iki kese benzeri yapısı olan sakkül ve utrikül ile koklear kanaldan oluşur (Şekil 1). Membranöz ve kemik labirent arasındaki boşluk, lenfatik sistemden elde edilen ve perilenf adı verilen sulu sıvı ile doludur ve gözlerin aköz hümörü ve beyin omurilik sıvısı ile benzerdir ancak aynı değildir. Potasyum açısından fakir, sodyum iyonları açısından zengindir (Ciuman, 2009). Membranöz labirent ayrıca yüksek potasyum konsantrasyonuna sahip endolenf adı verilen kapalı bir sıvıya sahiptir ve bileşimi perilenfinkinden farklıdır. Endolenf, kokleanın bir parçası olan stria vaskularis ile benzerlik gösteren vestibüler karanlık

hücreler tarafından üretilir (Lim ve Brichta, 2016). İç kulağın membranöz labirenti içindeki endolenf, tüy hücreleri ile etkileşime girer ve yüksek potasyum gradyanı sağlayarak tüy hücrelerinin depolarizasyonuna neden olur, bu da afferent sinir iletimi ile sonuçlanır (Ciuman, 2009). Bu yapılar iç kulağın iki sistemini oluşturur; bunlardan biri dengenin korunmasında rol oynayan vestibüler sistem, diğeri kulağın sadece işitmeye katılan kısmı olan koklear sistemdir. Vestibüler sistem duyu organları ve sinir sistemi arasındaki geribildirim döngüsünde dış uyaranlar dahil olmadığından proprioseptif iken koklear sistem ise kokleadaki duyum ses gibi dış uyaranlardan kaynaklandığı için eksteroseptiftir (Tanyeri, 2017).

1.1.3.1. Vestibüler sistem

Birçok işitme kaybı bozukluğuna vestibüler defektler eşlik eder ve bu da işitme sistemi göz önünde bulundurulduğunda bazı açıklamalar yapılmasını gerektirir. Vestibüler sistem, postüral dengenin korunması için önemli olan ve başın pozisyonu ile göz hareketleri arasındaki koordinasyonun geliştirilmesine yardımcı olan bir iç kulak duyu sistemidir. Beş organdan oluşur; birbirlerine dik açılarda bulunan ve açısal (Baş) rotasyonu kontrol eden üç yarım daire kanalı ve doğrusal ivmelenmede (düz çizgi hareketi) hayati bir rol oynayan iki otolit organı (Ekdale, 2016). Semisirküler kanallar konumlarına göre superior, posterior ve horizontal olarak adlandırılır. Her kanal Ampulla olarak bilinen genişlemiş ucu aracılığıyla vestibüle açılır. Ampulladaki duyusal nöroepitel, doku sırtlarından oluşan crista ampullaris olarak bilinir. Kristalardan, ampullayı eşit parçalara bölen ve tüy hücrelerini yerinde tutmak için önemli olan jelatinimsi bir protein-polisakkarit yapı olan kupula ortaya çıkar (Mescher, 2016). Dönme ivmesi endolenfin kupulayı yerinden oynatmasına neden olur, bu da tüy hücrelerinin ivmenin tersi yönde bükülmesiyle sonuçlanır (Barrett ve ark., 2012). Posterior semisirküler kanal ve anterior koklea ile bağlantılı olan ve oval pencere ile orta kulaktan ayrılan kemik labirentin orta kısmıdır (Mescher, 2016).

Vestibülün iki membranöz yapısı olan utrikül ve sakkül otolit organlar olarak adlandırılır (Barrett ve ark., 2012). Vestibüler sistemdeki tek bir duyusal nöroepitel yaması, membranöz bir kesenin iç yüzeyinde bulunan makula olarak adlandırılır. Yatay düzlemde utrikül içinde uzanır ve tübüler kesenin ön duvarından kaynaklanır. Sakkülde ise dikey düzlemedir ve vestibüler iç duvarın kemiğini kaplar. Utrikül ve sakkülün

jelatinimsi otolitik membranı (makula), bir protein matriksi içine gömülü binlerce otokoni (kalsiyum karbonat kristalleri) içerir (Zhao ve ark., 2007). Memelilerde bu otokonyalar, tüy hücrelerinin endolenf sürüklenmesine yanıt vermesine yardımcı olan çeşitli katmanlar oluşturacak şekilde düzenlenmiştir. Vestibüler bölgedeki duyu hücreleri, esnek hareketli kinosilya ve sert hareketsiz stereosilya olan apikal uçtan dışarı çıkan kıl benzeri silyalardır. Stereosilyalar, sakkülün kalınlaştığı ve utrikülün incelendiği alan olan striola (Tascioglu, 2005) adı verilen eğrisel çizgiye göre düzenlenmiştir (Oghalai ve Brownell, 2012). Endolenf basıncı kinosilyuma doğru ise; katyon kanalının açılmasına ve potasyum akışına neden olarak tüy hücrelerinin depolarizasyonuna yol açar. Tüy hücrelerinin bu depolarizasyonu, afferent sinir reseptörlerine glutamat salınımı ve nörotransmisyon ile sonuçlanır. Vestibüler çekirdekten gelen çeşitli sinyaller korteks, talamus ve serebelluma gönderilir, bunlar da oküler ve postüral kaslara efferent sinyaller gönderir (Kingma ve Van de Berg, 2016).

1.1.3.2. Koklea

Koklea, epitel doku ile kaplı sarmal içi boş bir kemik yapıdır. Bir kemik olmasına rağmen, işitme sisteminin bir parçası olarak işitme ve iletim için gereklidir. Sarmal şekli nedeniyle adını Yunanca salyangoz anlamına gelen 'kokhliās' kelimesinden almıştır. Kokleanın bu spiral şekli farklı frekanslar arasında ayırım yapmasına yardımcı olur çünkü koklear spiralın farklı ama spesifik bölgesi farklı frekansları algılar. Koklea, sıvılarla dolu epitel hücreleri ile kaplı üç kanaldan oluşur. Ayrıca, ses enerjisini sinir lifleri aracılığıyla beyne iletilen sinir sinyallerine dönüştüren duyuşal bir organ olan Corti organına sahiptir (Raphael ve Altschuler, 2003; Dallos ve Fay, 2012).

1.1.3.2.1. Koklea kanalları

Koklea üç kanal sisteminden oluşur; scala vestibuli, scala media ve modiolusu saran scala tympani. Bu üç skala kemik eksen etrafında spiral bir merdiven şeklinde dolandır (Dallos ve Fay, 2012).

Skala vestibuli

Skala vestibuli lenf dolu dış kanaldır ve iç kulaktaki vestibüllerle bağlantılıdır. Oval pencere, skala vestibuli'nin tabanında bulunur. Kokleanın orta kulaktan (stapes)

gelen titreşimleri alan kısmıdır. Skala vestibuli ve skala timpani farklı ses frekanslarının neden olduğu basınç değişimini algılar (Adunka ve ark., 2005).

Scala timpani

Scala timpani alt kanaldır ve kokleanın iki buçuk sarmal yapısını oluşturan timpanik membrana bağlanır. Üst ucu scala vestibuli ile bağlantılıdır, alt ucu ise kokleayı yuvarlak pencereden ayırır. Koklear apekte skala vestibuli ve scala timpaninin birleştiği nokta helikotrema olarak bilinir (Schurzig ve ark., 2021).

Scala media

Scala media, scala vestibuli ve scala timpani arasında bulunur ve Corti organı ile baziler membrana sahiptir. Scala media ve scala timpani arasında bir baziler membran bulunur ve böylece onları ayırır. Scala media ayrıca tüy hücrelerinden uzayan nöronlar olan spiral ganglionları da içerir. Scala medianın stria vaskülarisi, scala mediaya K⁺ düzenlenmesinde rol oynar ve böylece endo-koklea potansiyelini korur (Hayes ve ark., 2013).

1.1.3.2.2. Koklea Sıvıları

Kokleanın odacıkları üç tip sıvı ile doludur: perilenf, endolenf ve intrastriyal sıvı. Bu sıvılar duyuşal transdüksiyon için önemli olan endo-koklear potansiyeli korur. İntrastriyal sıvı sadece stria vaskülariste bulunan boşlukları doldurur (Hayes ve ark., 2013).

Perilenf

Perilenf, skala vestibuli ve skala timpani'de bulunur ve sıvı bileşimi vücudun ekstraselüler sıvısına benzer. Yüksek sodyum konsantrasyonuna (140 mM) ve düşük kalsiyum (1,2 mM) ve potasyum (5 mM) konsantrasyonuna sahiptir. Scala media'da bulunan perilenf BOS'tan devam ederken, scala media'daki kan plazmasından gelmektedir (Salt ve ark., 2006; Ghanem ve ark., 2008; Nin ve ark., 2016; Warnecke ve ark., 2019).

Endolenf

Endolenf sadece scala media'da bulunur ve benzersiz bir iyonik bileşime, yani vücudun hiçbir yerinde bulunmayan yüksek K^+ konsantrasyonuna (150 mM) sahiptir. Bu yüksek K^+ konsantrasyonu endo-koklear potansiyelin korunmasına yardımcı olur. Dolayısıyla, endolenf kokleanın dikkate değer bir özelliğidir. Oldukça düşük sodyum (1 mM) ve kalsiyum (0.002 mM) konsantrasyonuna sahiptir (Ghanem ve ark., 2008; Nin ve ark., 2016).

1.1.3.2.3. Reissner membranı

Reissner membranı skala vestibuli ile skala media arasında bulunur ve iyonların düzenlenmesinde rol oynar. Bu zar, baziler zar ile birlikte koklear kanalda endolenf ile dolu bir boşluk oluşturur. İki tip hücreden oluşan avasküler bir zardır. Reissner membran hücrelerinin skala vestibuli'yi kaplayan kısmı fibroblast iken, skala media'yı kaplayan hücreler epitel hücreleridir. Bu boşluk aynı zamanda duyu organını, yani Corti organını da içerir. Reissner membranında iki tip iyon kanalı bulunur: potasyum iyon kanalı ve seçici olmayan katyon kanalı. Bu kanallar endolenf ve perilenf arasındaki basıncı korur (Raphael ve Altschuler, 2003; Reichenbach ve ark., 2012).

1.1.3.2.4. Corti Organı

Corti organı işitme organıdır ve baziler membran üzerinde bulunur. Dış ve iç tüy hücrelerinden (mekanosensör hücreler) ve destek hücrelerinden oluşur. Corti organı tüy hücreleri ayrıca onu tektoriyal membrana (Corti organının üstündeki yumuşak şerit benzeri yapı) bağlayan stereosilyalara sahiptir. Baziler ve tektoriyal membrandaki değişiklikler, tüy hücresi reseptörlerini uyaran stereosilya hareketine yardımcı olur (White ve ark., 2021).

Tektoriyal membran

Tektoriyal membran, Corti organının mekanosensör ve destek hücrelerini kaplar. Kolajen ve kolajen olmayan proteinlerden (glikoproteinler ve proteoglikanlar) oluşan viskoz bir yapıya sahiptir. Membran, iç kulağın duyu organları için kalsiyum iyonlarının depolanmasına yardımcı olur. Corti organında bulunan stereosilyalar tektoriyal membrana gömülüdür (Freeman ve ark., 2003).

Mekanosensör hücreler

Tüy hücreleri diktir ve apikal uçlarında F-aktin ile dolu stereosilya olarak bilinen mikro çıkıntılar içerir. Kokleadaki tüy hücrelerinin düzeni, boyutu ve sertliği, ses frekanslarının farklı aralıklarına (düşükten yükseğe) yanıt vermekten sorumludur. Koklea, tonotopinin temel bir etkisini gösterir. Tonotopi, sesin tüy hücreleri ve onların afferentleri (spiral ganglion nöronları) tarafından yüksek ve düşük frekanslara dayalı olarak düzenli bir şekilde kodlanması anlamına gelir. Kokleanın tepesinde bulunan tüy hücreleri daha düşük frekanslara karşılık verirken, tabanda, oval pencereye yakın olanlar daha yüksek bir frekans aralığına karşılık verir, böylece kokleanın her yerinde tonotopik bir gradyan oluşturur. Tüy hücreleri ses enerjisini sinirsel sinyallere dönüştürür (Duncan ve Fritsch, 2012).

a) Dış tüy hücreleri

Dış tüy hücreleri, orta kulaktan gelen ses uyaranlarına yanıt olarak bu hücrelerin ritmik hareketlerle kasılmasına yardımcı olan miyozin ve aktin proteini içeren dikdörtgen hücrelerdir. Üç sıra halinde düzenlenmiş yaklaşık 12.000 dış tüy hücresi vardır. Bu hücrelerin tepesinde tektoriyal membrana gömülü stereosilya bulunur. Bu hücreler en büyük frekansların alınacağı baziler membran bölgesinde bulunur (Qiu ve Müller, 2022). Bu hücreler mekanoelektriksel uyarımda ve düşük frekanslı seslerin yükseltilmesi için geri besleme mekanizmasında rol oynar. Pozitif geri besleme mekanizması, yani elektrik sinyallerinin mekanik (ses) sinyallerine dönüştürülmesi yoluyla inversiyon transdüksiyonu ile zayıf sesi yükseltebilirler. Dış tüy hücrelerinin dış zarı, sıvı bir zarda üretilen dalgaya geri dönen hareketlerin üretilmesinde rol oynayan

prestin olarak bilinen benzersiz bir motor proteine sahiptir. Bu şekilde, zayıf sesler 'aktif amplifikatör' mekanizması ile güçlendirilir (Ashmore, 2008).

b) İç tüy hücreleri

İşitme için birincil organ iç tüy hücreleri demetidir. Bu hücreler armut biçimli morfolojiye sahiptir ve stereosilyaları tektoriyal membran ile zayıf bağlantılar kurar. Destek hücreleriyle çevrili tek bir sıra halinde dizilmiş yaklaşık 3500 iç tüy hücresi vardır. Bu tüy hücreleri elektrik sinyalini sinir lifleri aracılığıyla beynin işitsel korteksine iletir. Beyne giden işitsel sinir projeksiyonunun yaklaşık %95'i iç tüy hücreleri aracılığıyla gerçekleşir. Dış tüy hücreleri, koklear sinir liflerine sinaptik sinir iletiminin oluşturulmasında iç hücelere yardımcı olur (White ve ark., 2021).

Destekleyici hücreler

Destek hücreleri, baş hareketi ve sesin uyarılması sırasında duyuşal tüy hücrelerinin bütünlüğünü koruyan mozaik bir şekilde organize olmuş sert duyuşal epitel hücreleridir. Bu hücreler, tüy hücrelerinin düzgün çalışması için mikro çevrenin korunmasında hayati bir rol oynar (Guinan, 2012). Bazılar membran üzerinde bir sıra halinde düzenlenmiş olan bu hücrelerin farklı tipleri vardır. Bunlar Hensen hücreleri, Deiters hücreleri (falangeal hücreler), sütun hücreleri, Claudius hücreleri, Boettcher hücreleri ve sınır hücreleridir. Bunlar Corti organının dış kenarından iç kenarına doğru sıralanmıştır. Bu hücreler Corti organının yapısını ve skala mediadaki endolenf bileşimini korur. Destek hücreleri negatif dinlenme potansiyeline sahiptir, bu nedenle bu hücrelerde bulunan kanallar aracılığıyla Na^+ dışarı ve K^+ skala ortamına taşınma eğilimindedir (Glueckert ve ark., 2005).

1.2. İŞİTME FİZYOLOJİSİ

Ses: Maddelerin titreşimi sonucunda ortaya çıkan ve katı, sıvı ve gaz ortamlarda dalga olarak yayılan enerjidir. Ses dalgaları bu sıkışma ve gevşemelerin ortamlarda yayılması ile oluşur. Sesin dalga boyu moleküllerin bir seferlik sıkışıp gevşeme hareketiyle içerde kalan mesafesidir. Tek bir titreşimde negatif ve pozitif iki faz bulunur. Bir saniyedeki titreşim sayısı sesin frekansını ifade eder. Sesin şiddeti ise ses dalgalarının amplitüdü'dür. Ses frekansı birimi cps (saniyedeki titreşim sayısı) yahut

çok daha yaygın olan Hertz'dir (Hz). İnsanoğlu 20-20.000 Hz arasındaki sesleri işitebilir (Kenar ve Ayçiçe, 2015).

Sesin şiddeti desibel (dB) cinsinden ifade edilmekte olup insanların duyabildiği ses şiddeti aralığı 0-120 dB'dir. İnsanların en rahat dinleyebildikleri ses şiddeti düzeyi 50-70 dB'dir (Kumar ve ark., 2009).

120 dB üzerindeki sesler kulak için son derece zararlıdır. Günlük yaşamda fısıltı sesi 20-25 dB arasında, konuşma sesi 50-70 dB, bağırma sesi 70-85, trafik gürültüsü 90-100 dB, jet motorunun sesi de 120-150 dB arasındadır (Kenar ve Ayçiçe, 2015).

Sesin dış kulak yolundan başlayıp oval pencereye doğru iletilmesine "hava iletimi" denilmektedir. Koklea, etrafındaki kemik dokulardan gelen ses ile de uyarılabilir. Buna da "kemik yolu ile işitme" adı verilmektedir (Aslan, 2004).

1.2.1. Hava Yolu İle İşitme

Ses ilk olarak kulak kepçesi (aurikula) ile karşılaşır. Aurikula sesleri toplayıp dış kulak yoluna iletme görevini görür. Yetişkin bireylerde ortalama 2.7 cm uzunluktaki dış kulak yolu (DKY) ise sesin amplifiye edilip kulak zarına iletilmesinde görevlidir. Dış kulak yolu bir rezonatör görevi görür ve rezonans frekansı 3.000-4.000 Hz arasındaki amplifikasyon pik düzeyine, bilhassa 4.000 Hz'de 12 dB'ye ulaşır (Seikel ve ark., 2015).

Dış kulak youndan gelen ses dalgaları kulak zarı ile kulak kemikçiklerine, oradan da kemikçikler aracılığı ile oval pencereye iletilir. Bu ses dalgalarının yuvarlak pencereye iletilmesi ise engellenir. Sesin orta kulaktan iç kulağa gelip iç kulaktaki sıvılarda bir dalgalanma hareketi oluşturması için oval pencere ve yuvarlak pencere birbirine zıt fazlarda titreşebilmelidir. İç kulak sıvı ortamının etrafını saran kemik dokusunun iki penceresi mevcuttur. Bunlardan birisi olan oval pencereden içeriye ses dalgaları girer. Diğeri ise yuvarlak penceredir ve ses dalgaları yuvarlak pencereden dışarıya bombeleşme yapılarak atılır (Lee, 2012).

Kemik zincirin görevi: Ses dalgaları hava ortamından sıvı ortama iletilme snasında belli bir düzeyde enerji kaybına uğrar. Hava ortamından su ortamına geçen ses yaklaşık 30 dB’lik bir kayıp yaşamaktadır. 20 °C sıcaklıktaki bir hava ortamından 37°C sıcaklıktaki su ortamına çarpan ses dalgalarının %99’u geri yansımakta olup bu da yaklaşık olarak 30 dB’lik bir kayıp olduğunu göstermektedir (Hızal, 2010).

Yukarıdaki durum ile benzer şekilde ses enerjisi orta kulaktan iç kulağa geçiş esnasında enerji kaybına uğrar. Kulak zarı ile kemikçik zincirin esas görevi hava ortamındaki ses dalgalarının sıvı ortama geçişini sağlayıp iç kulakta yer alan sıvının akustik direnci sonucunda meydana gelen enerji kaybını karşılamaktır. Araştırmalar sonucunda malleus ile inkus arasında yer alan eklem sesin malleus’tan inkus’a 1.3 kat daha fazla aktarılmasını sağladığı gösterilmiştir. Timpanik membranın titreşmekte olan kısımlarının genişliği ile stapes tabanı arasında 1/15-1/20 oranında fark söz konusudur (Belgin, 2004). Böylece stapes, malleus ve inkus kemikçiklerinin kaldıraç etkisinin yanı sıra timpanik membranın aktif bölgeleri ile stapes tabanı arasındaki farktan kaynaklı olan hidrolik etki sonucunda ses enerjisi iç kulağa iletim esnasında yaklaşık 22 kat artırılarak iletilir. Bu değerler ses basıncındaki artışlardır. Desibel cinsinden ifade edilirse 24 dB’e karşılık gelmektedir (Lee, 2012).

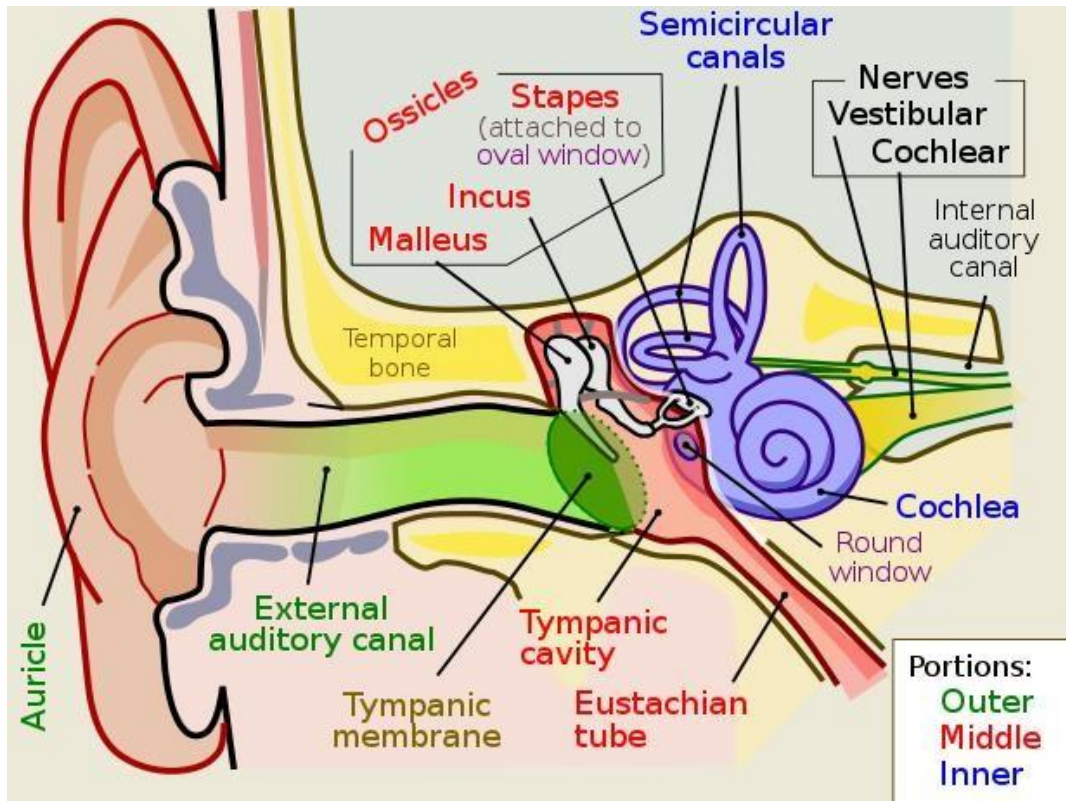
Orta kulak iletim sistemi sistemi yokluğunda 40-60 dB’lik bir işitme kaybı oluşur. Hâlbuki hesaplanan oran 24-30 dB’dir. Orta kulak iletim sistemi yokluğunda iç kulağa gelen dalgalar faz farkı olmadan her iki pencereye gelirler ve böylece iç kulak sıvısına yeterince geçemezler. Kulak zarı olmadığında da DKY’den geçen sesler oval penecerenin yanı sıra vuvurlak pencereye de çarpar ki bu da her iki pencereye de gelen ses dalgalarının enerji farkı oranında iç kulaktaki sıvıların titreşmesini sağlayacaktır. Belirtilen bu durum da beklenilenden çok daha büyük oranda işitme kaybına sebep olacaktır (Lee, 2012).

Östaki: Timpanik membran dış ve orta kulakta eşit basınç olduğu zaman en yüksek genlikte titreşebilir. Yani en iyi ses iletimi orta kulak basıncının atmosfer basıncına denk olmasıyla gerçekleşir. Bu görevi orta kulakta östaki tüpü yapmaktadır. Östaki disfonksiyonunda oluşan ani basınç farklılıkları sebebiyle ses iletimi

bozulmaktadır. Basınç bozukluklarında 1500 Hz'e kadar olan alçak frekanslarda ses iletimi bozulduğu düşünülmektedir (Moller, 2000).

Orta Kulak Kas Refleksi: Orta kulakta M.tensor Tympani ve M.Stapedius bulunmaktadır. *T.tympani* sesin transferi esnasında Malleusu hareket ettirir ve kulak zarını gerer ya da gevşetir. Bu sayede timpanik membranın akustik impedansı ayarlanmış olur. Böylece zar seslere karşı daha duyarsız ya da duyarlı olabilmektedir (Aslan, 2004).

Yüksek şiddetteki seslere maruz kalındığında *T.tympani* kulak zarını gevşeterek iç kulağa fazla ses basıncının gitmesini önler. *T.tympani* trigeminal sinirin mandibular dalıyla inerve olur. *M.stapedius* sağlıklı kulaklarda 70-90 dB şiddette kasılır ve stapes tabanını orta kulağa çeker. Böylece iç kulak yüksek sesin zararlarından korunmuş olur. Bu kas da fasiyal sinirin stapedial dalı ile inerve olur (Lee, 2012). Bazı çalışmalar bu refleksin işitmede frekans seçici görevlerinin olabileceğini ifade etmektedirler (Bhimrao ve ark., 2012; Butt ve ark., 2020).



Şekil 2. Kulak anatomisi (Chittka ve Brockmann, 2005)

1.2.2. Kemik Yolu İle İşitme

Koklea etrafındaki kemik dokunun titreşmesiyle uyarılabilir. Bu iki farklı şekilde mümkündür. Bunlardan biri kafatası kemikleri titreşmesi sonucu koklear kapsülün de titreşmesiyle olur. Diğer yol da osseotimpanik dediğimiz kafa kemikleri titreşiminin orta kulak kemikçiklerini titreştirdiği yoldur (Stenfelt, 2015).

Koklea kafatası kemiklerinin titreşimi ile direkt uyarılması dışında sekonder yollarla da uyarılabilir. Bunun için üç farklı yol vardır (Stenfelt, 2011).

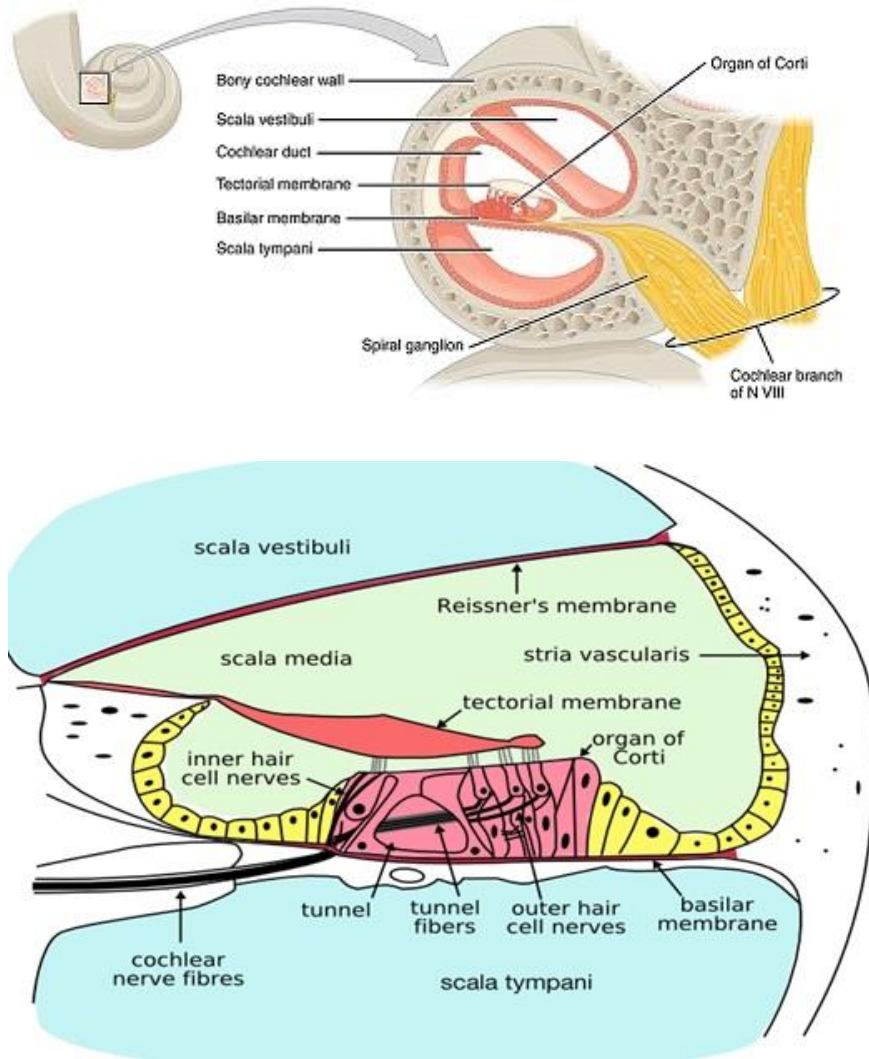
- Dış kulak yoluna gelen titreşimlerin kulak yoluna transferi ile hava iletimi yapması
- Ses dalgalarının timpanik kaviteyi titreştirerek yuvarlak pencereyi uyarmasıyla
- Timpanik boşluk, anulus ve DKY'nin beraber titreşmesi ile

Sesin kemik yolu ile iletilmesi odyolojik tanıda bizim için çok önemlidir. Kemik yoluyla işitme, sensörinöral işitmenin ölçülmesinde kullanılmaktadır. Bu mekanizma sayesinde çeşitli test metodları geliştirilmiştir. Orta kulak patolojilerinin bazılarında işitme kaybı şikâyetlerinin giderilmesi için kemik yolundan iletim gerçekleştiren işitme cihazları kullanılır. Ses, hem hava yolu hem de kemik yolu ile iletilsin temelde kokleanın uyarılması aynıdır. Her iki şekilde de ses dalgalarının son etkisi koklear sıvılarda dalgalanma hareketi ve basiller membranlarda titreşimlerdir (Dauman, 2013).

Koklea fizyolojisi:

Ses dalgası stapesin tabanından scala vestibuliye yani kokleaya iletildiğinde perilenf harekete geçer. Bu hareket korti organındaki tüy hücrelerine kadar taşınır. Bu mekanik enerji tüy hücrelerinde kimyasal ve elektriksel gerilime dönüştürüldükten

sonra işitme sinirine iletilir (Yoshioka ve Sakakibara, 2013). Bu dönüşümde sesin fiziksel özelliklerinden olan tınısı, fazı ve şiddeti değişmeden elektriksel olarak santral sinir sistemine iletilir. Titreşimler oval pençeye geldikten sonra perilenfa bir pencereden diğerine doğru hareket eder. Bu sıvıdaki titreşim hareketi ses enerjisinin havadaki gibi maddelerin sıkışması ya da gevşemesi ile değil, sıvı sütunlarının mekanik hareketi ile olur (Lim ve Brichtha, 2016).



Şekil 3. Koklear anatomi (Rohr, 2015; Golubitsky ve ark., 2009)

Ses dalgalarının kokleadaki yayılımı çeşitle teorilerle açıklanmaya çalışılmıştır (Wever ve Lawrence, 2015):

1. Scalalarda meydana gelen titreşimler basilar membranda yer değişikliklerine sebep olur. Bu “travelling wave” yani ilerleyen dalga teorisi adıyla anılır. Bu dalga hareketi basilar membranın bazalinden apeksine doğru ilerler. Hem boyuna hem enine yayılım gerçekleşir. Bu iletimin en önemli özelliklerindne biri amplitüdün giderek artıp maksimuma ulaşması ve daha sonra titreşimlerin sönüp faz değiştirmesidir. En yüksek titreşim alanındadn sonra sıvılarda bir girdap hareketi başlar. Başka bir özelliği ise baziller membran üzerinde her frekans için titreşimin maksimuma çıktığı belirli alanlar vardır. Basilar membran üstünde her frekans için ayrı “En Büyük Titreşim Noktası” bulunur. Basilar membranda apeks kısmına doğru gidildiğinde daha esnek ve geniş bir yapı karşımıza çıkar. Bu yapısından dolayı her frekansta farklı bir maksimum titreşim alanı vardır. Ses şiddeti arttıkça titreşen bölgedeki amplitüd de artar. Tektoriyal mebran ve tüy hücreleri basilar membran hareketleriyle uyarılırlar. İlerleyen dalga teorisi bugün için en mantıklı teori olarak düşünülmektedir (Wever ve Lawrence, 2015).
2. Helmholtz’un yer teorisi ise; korti organı ve baziller membran tıpkı bir piyanonun tellerine benzer şekilde rezonatör görevi görürler. Gelen ses dalgaları kendi frekanslarına uygun alanlarda titreşir ve ses algılanır. Alçak frekanslar bazilar mebranın apeksinin, yüksek frekanslar ise bazilar membranın bazalinin rezonatörü olduğu varsayılır (Wever ve Lawrence, 2015).
3. Rutherford’un frekans teorisi bugünkü bilgi birikimi ışığında geçerliliğini kaybetmiştir (Wever ve Lawrence, 2015).
4. Wever’in Volley (Yayılım) torisi; 5000 Hz’e kadarki ses dalgalarının algılanması art arda hızlı sinir impulslarının oluşması ile açıklanmış. 5000 Hz’ten yüksek frekanslarda ise yer teorisi ile izah edilmeye çalışılmıştır (Wever ve Lawrence, 2015).

Tüy hücreleri ve tektoriyal membran arası sürtünmeler sonucu oluşan elektriksel kutuplaşmalar tüy hücrelerinde uyarılmayı sağlar (Lim ve Brichta, 2016).

İşitme siniri fizyolojisi:

Korti organındaki tüy hücrelerinin üçü dış biri ise iç olmak üzere dört sıra halindedirler. Toplamda 12.000 kadar bulunurlar ve 3000 kadarı iç tüy hücreleridir. Tüy hücrelerine temas eden sinir lifi sayısı 25-30 bindir. Yani tüy hücrelerinin ortalama iki katı kadardır. Bu akson uçlarının hücre göve arkası ise kokleanın içerisinde bulunan spiral ganglionlardır. Spiral gangliyonlar kısa reseptör liflerini korti organına, uzun reseptör liflerinin ise beyin sapına yani koklear nükleuslara gönderirler. Spiral ganglion hücreleri bipolar yapıdadırlar. Spiral ganglionların periferik uzantıları kokleada lamina spiralis ossea'nın içerisindeki kanallardan geçerler. Foramina nevrum'dan çıkıp korti organına ulaşırlar. Santral uzantıları traktus foraminosus'daki deliklerden geçip birleşerek işitme sinirini oluştururlar. Denge siniri de bu sinirle beraber sulkus pontobulbaris'in eksternal kısmından ponsa geçer (Pickles, 2015).

Tüy hücrelerinin işitme sinir liflerini uyarma şekli konusunda bazı görüş ayrılıkları vardır. Bu uyarılmanın kimyasal, elektriksel ya da mekanik yollarla olduğu düşünülmektedir. Günümüzde genellikle kabul gören fikir elektrokimyasal bir uyarın mekanizmasıdır. Yalnızca elektriksel yolağın kabul görmesinden önce mekanik değişikliklerle hücrelerin elektriksel aktivasyonunun oluşmasının kimyasal etkilerle tüy hücrelerinde ortaya çıktığı en doğru sonuç olarak izah edilmiştir (Pickles, 2015).

Santral işitme fizyolojisi:

İşitme siniri ilk olarak ponsa girer ve 2. nöronların olduğu dorsal ve ventral koklear nükleuslara dallarını yollarlar. Ventral koklear nükleusun posterior bölümünü dorsal koklear nükleus dalı inerve eder. Ventral koklear nükleus yalnızca bir durak değildir ve gelen aksiyon potansiyellerinin üst merkezlere iletiminde iyi bir bağlantısal sistem ve organizasyon oluştururlar (Lee, 2012).

Koklear nükleuslardan çıkan bu ikinci nöronlar karşıya geçerek oradaki superior olivar komplekse ulaşır ve sonlanırlar ya da lateral lemnisküsü veya bunun nükleusunu meydana getirirler (Lee, 2012).

İşitme siniri afferent liflerine ek olarak tüy hücreleri, süperior olivar nükleusun orjin olduğu her iki taraftan da gelen olivo koklear demetlerin efferentleri ile inerve edilirler (Lee, 2012).

Lateral lemnisküsten gelen liflerin çoğu inferior kollikulus'ta sonlanır. Bir kısmı inferior kollikulu geçip medial geniculate body'e gelir. Az bir bölümü de karşı taraftaki inferior kollikulus'a ulaşır (Lee, 2012).

Inferior kollikulus daha çok işitsel refleks uyarılarından sorumludur. Kulağa gelen uyarılara göre eksitator veya inhibitör rol oynarlar. Inferior kollikulus çeşitli yollarla ya doğrudan ya da dolaylı olarak bazı nöronların motor çekirdeğine bağlıdır. Bunlar da spinal motor lifleri, kranial motor lifleri ve göz kaslarının motor lifleridir (Lee, 2012). Böylece ses uyarısıyla meydana gelen bazı refleks hareketleri de böylece sağlanmış olurlar (Lee, 2012).

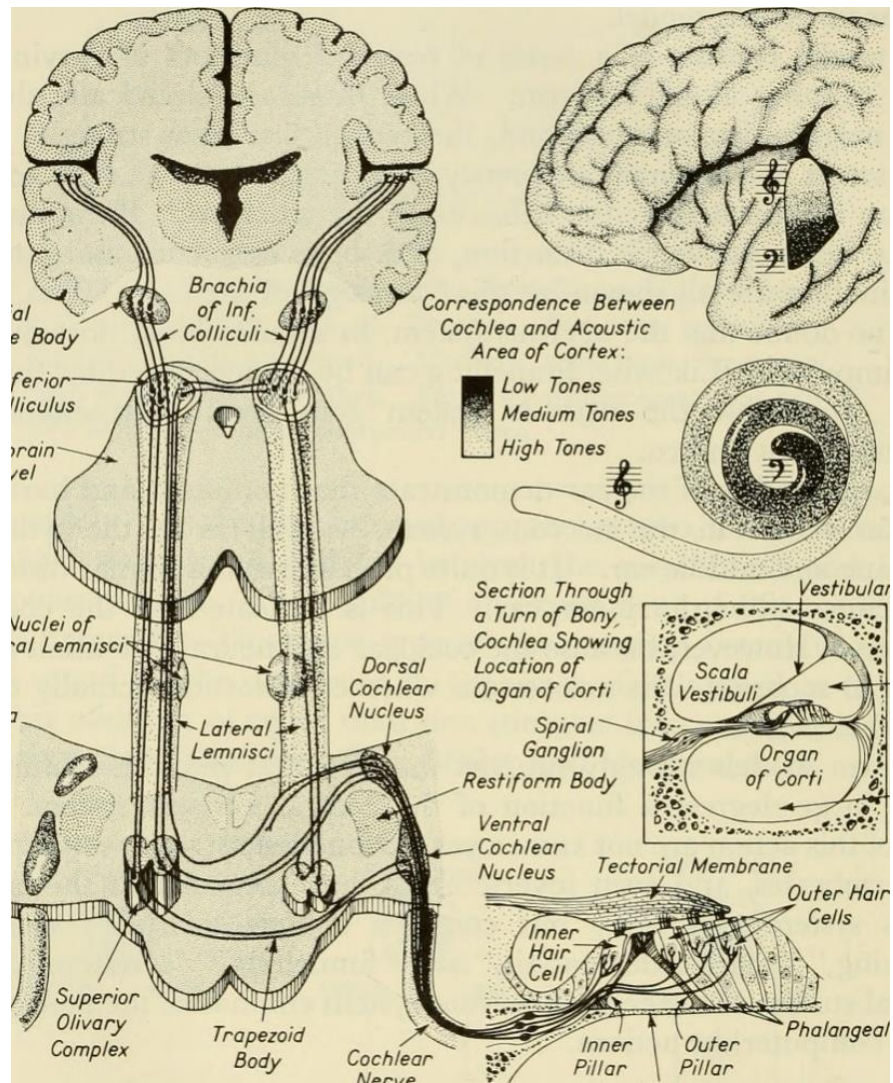
Çoğu araştırmacı, frekans analizlerinin ve konuşmayı ayırt etmenin inferior kollikulus düzeyinde yapıldığını ve korteksteki spesifik alanlara sesin analiz edilmiş bir biçimde ulaştığını desteklemektedir. Koklear nükleuslardaki tonotopik hücre diziliminin bu alanda da görüldüğü bilinmektedir (Wever ve Lawrence, 2015).

Medial genikulat body'ye genel olarak aynı tarafta olan inferior kollikulus'tan afferent lifler gelmekle beraber sadece birkaç tane afferent lif lateral lemnisküs'tan gelmektedir. Tonotopik hücre yerleşimini inferior kollikulusta gördüğümüz gibi medial genikulat body'de de görürüz. Medial genikulat body düzeyindeki işlem tam olarak aydınlatılmış olmamakla beraber nükleusun bir bölümünün ya da tamamının işitsel olduğu varsayılmaktadır (Lee, 2012).

Üçüncü nöron lifleri medial genikulat body'den çıkıp temporal kortekse ulaşırlar. Pimer işitme alanına (Gyrus temporalis Transversi veya Heschl) ulaşan liflerin hemen hemen tamamı nükleusun ön kısmından gelmektedir. Asıl işitme sahası dışında olan insula temporal kortekse ise nükleusun posteriorundaki lifler giderler. Bu diğer işitme alanı genikulat nükleus'un tamamından lifler alır. Bu lifler de diğer bölgelere inervasyon sağlayan liflerin kontrateralleridir (Lee, 2012).

Ses dalgaları frekans yerleşim düzenleri bozulmadan kokleadan kortekse taşınmaktadır. Korteksin görevinin seslerin analiz edilmesi olduğu varsayılmaktadır. İşitsel uyaranların kullanılıp yönlendirilmesi de işitsel korteks görev alır (Lee, 2012).

Ses uyarısına bağlı serebellar bölgede oluşan cevapların yukarının deserebrasyonu ile hiç değişmediği ama inferior kollikulus hasarında cevabın ortadan kaybolduğu görülmüştür. Yani inferior kollikulus düzeyinde serebellumla bağlantı kurulduğu ortaya çıkmıştır (Lee, 2012).



Şekil 4. Santral İşitme Sistemi (Verma ve Baliyan, 2016)

1.3. İŞİTME KAYIPLARI

İşitme kaybı iletişim, bilişsel gelişim ve çevreye uyum gibi toplum yaşamında son derece önemli özelliklerin kazanılmasını engelleyen bir durumdur. Çok hafif dereceden çok ileri dereceye kadar değişen düzeylerde olabilmektedir. Zaman içerisinde işitme kaybında artış meydana gelebilir (Çiprut ve Akdaş, 2014).

1.3.1. İşitme Kaybı Türleri

Patolojinin yerine göre işitme kayıpları “iletim tipi”, “sensörinöral” ve “mikst tip” olmak üzere üçe ayrılmakta olup bunlar aşağıda kısaca açıklanmıştır.

1.3.1.1. İletim Tipi İşitme Kaybı

Orta kulak yahut dış kulak kanalından kaynaklı patolojiye bağlı olarak meydana gelen işitme kaybı türüdür. İletim tipi işitme kayıpları çoğunlukla medikal veya cerrahi yöntemler ile düzeltilmektedir. Bu tarz işitme kaybının nedenleri arasında serumen varlığı, kulak zarı perforasyonu, otoskleroz, otitler, eksternal otit, kemik zinciri kopukluğu gibi durumlar yer almaktadır (Patel ve ark., 2018).

1.3.1.2. Sensörinöral İşitme Kaybı (SNİK)

İşitme kaybı iç kulak veya iç kulaktan beyin sapına kadar uzanmakta olan patolojiler sonucunda ortaya çıkmaktadır. Sensörinöral işitme kaybının tedavisi mümkün değildir. Bu tarz işitme kaybı olanlarda algılama sorunu yaygın olarak karşılaşılan durumlar arasında yer alır. Ayrıca bu işitme kaybına sahip olan bireyler sesleri ayırt edemezler ya da ayırt etmekte zorlanırlar. Seslerin büyük kısmını ya da bir bölümünü anlamakta sıkıntı yaşarlar. Kişiye işitme cihazı ya da koklear implant önerilmektedir. SNİK’in nedenlerinden başlıcaları iç kulak anomalileri, menenjit, ototoksiste, Rubella ve viral enfeksiyonlardır (Patel ve ark., 2018).

1.3.1.3. Mikst Tip İşitme Kaybı

Hem iç hem de dış kulakta meydana gelen işitme kaybı türüdür. Diğer bir ifadeyle hem iletim tipi hem de sensörinöral işitme kaybı bulunur. Mikst tip işitme kayıplarında tedavi oranı son derece düşük olmakla beraber kişiye işitme cihazı ya da koklear implant önerilmektedir. Mikst tip işitme kaybı olan bireyler bazı kelimeleri çok rahat bir şekilde anlamakta iken bazı kelimeleri ise ayırt etmede zorluk yaşarlar. Mikst tip işitme kaybına neden olan faktörlerden bazıları iç kulak iltihabı, enfeksiyonlar, sorunlu doğumlar, meniere, işitme siniri tümörleri, yüksek sese maruziyet ve genetik faktörler şeklinde sıralanabilir (Patel ve ark., 2018).

1.3.1.4. Fonksiyonel İşitme Kaybı

Çıkar amacı gütmeye yarayan bir işitme kaybıdır. İşitme kaybıyla odyolojik test sonuçları arasında uyumsuzluk söz konusudur. Çocuklarda çoğunlukla ebeveynlerin ilgisini çekmek amacıyla ortaya çıkan bir işitme kaybı türüdür. Psikolojik bir sorun ile ilişkili olabilmektedir. Objektif test bataryalarıyla yapılan değerlendirmelerle (impedansmetrik değerlendirme, otoakustik emisyon, uyarılmış beyin sapı testleri vb) tespit edilebilir (Shukla ve ark., 2021).

1.3.1.5. Santral İşitme Kaybı

Beyin sapından işitsel kortekse kadarki bölgede nöral patolojiler sonucunda ortaya çıkan işitme kayıplarıdır. İşitme normal olmasına karşın konuşmayı ayırt etmede ve konuşulanları algılamada güçlük çekilir, odaklanma sorunu söz konusudur (Schilder ve ark., 2019).

1.3.1.6. Nöral İşitme Kaybı

Nöral işitme kayıplar işitme sinirinin olmaması yahut zarar görmesine bağlı olarak ortaya çıkan işitme kayıplarıdır. Kayıplar çoğunlukla çok ileri derecede olup kalıcıdır. İşitme sinir ses bilgisini beyne iletemediği için işitme cihazları ve koklear implantlar bu işitme kayıplarının tedavisinde çözüm olamamaktadır (Laury ve ark., 2009).

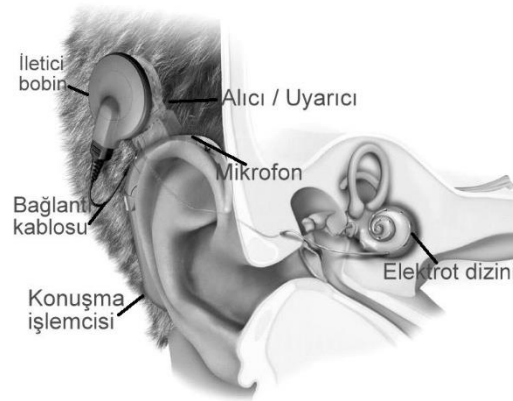
1.4. KOKLEAR İMPLANT

1.4.1. Tanım

Koklear implant ilk kez Alessandra Volta tarafından işitme sisteminin elektriksel olarak uyarılması ile ortaya çıkmıştır. Djourn ve Eyries tarafından 1953 yılında işitme sisteminin uyarılması ile de gelişimi devam etmiştir (Akyıldız, 2002). 1972 yılında House tarafından ilk tek kanallı koklear implant geliştirilerek yüzlerce işitme engelli bireye uygulanmıştır (Ryugo ve ark., 1998). Daha sonra geliştirilmiş olan çok kanallı koklear implantlar ile günümüzde oldukça yaygın bir şekilde kullanılmakta olan teknolojilerden birisine dönüşmüştür (Karabulut ve Müjdeci, 2022).

1.4.2. Koklear İmplantın Parçaları ve Çalışma Prensibi

Şekil 5'te de görüleceği üzere koklear implant ana hatlarıyla iç ve dış parçalar olmak üzere iki kısımdan meydana gelir (Şekil 5).



Şekil 5. Koklear implantın parçaları (NIDCD, 2016)

1) Dış Parçalar

Koklear implantın dış parçaları olarak mikrofon, konuşma işlemcisi, bağlantı kablosu, iletili bobindir (NIDCD, 2016). Bunlar aşağıda kısaca tanımlanmıştır.

Mikrofon: Koklear implantın en önemli parçalarındandır. Dış ortamda bulunan sesleri toplayıp konuşma işlemcisine aktaran parçadır (NIDCD, 2016).

Konuşma işlemcisi (speech processor): Mikrofon tarafından dış ortamdan alınıp iletilen seslerin analiz edilerek akustik sinyallerin elektriksel sinyallere dönüştürülmesini sağlayan koklear implant parçasıdır. İşleme stratejileriyle sinyaller kodlanıp iletilici bobine aktarılmaktadır (NIDCD, 2016).

Bağlantı kablosu: Adından da anlaşılacağı üzere konuşma işlemcisiyle iletilici bobin arasındaki bağlantıyı sağlayan koklear implant parçasıdır (NIDCD, 2016).

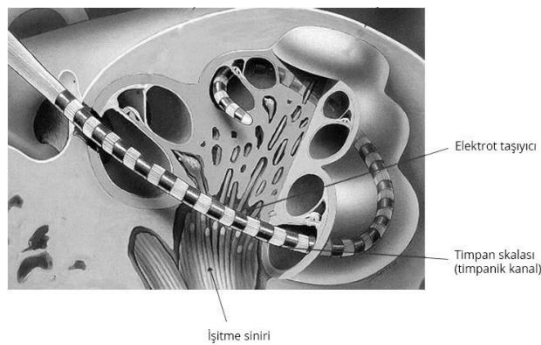
İletici bobin (transmitter): Transkütanöz bir bağlantı aracılığıyla elektriksel uyarımın iç bobine aktarılmasını sağlayan koklear implant parçasıdır (Sharma ve ark., 2009).

2) İç Parçalar

Koklear implantın iç parçaları alıcı/uyarıcı ve elektrot dizinidir (NIDCD, 2016).

Alıcı/uyarıcı (receiver/stimulator): Elektriksel bilgide olan kodların çözülmesi ve elektrot dizisine aktarılmasını sağlayan koklear implant parçasıdır (NIDCD, 2016).

Elektrot dizini: Cerrahi müdahale ile iç kulakta yer alan skala timpaniye yerleştirilmekte olan koklear implant parçasıdır. Şekil 6'da elektrot dizininin kokleaya yerleşimi görülmektedir. Alıcıdan gelen bilgi doğrudan spiral ganglion'a, daha sonra da işitsel kortekse iletilmektedir (Sharma ve ark., 2009).



Şekil 6. Elektrot dizininin kokleaya yerleşimi (NIDCD, 2016)

1.4.3. Koklear İmplant Seçim Kriterleri

Koklear implantasyon maliyeti yüksek olduğundan ve cerrahisinde riskler bulunduğu hastayla ilgili, medikal, odyolojik ve psikolojik faktörlerin detaylı bir

şekilde değerlendirilmesi ve implantın muhtemel başarı/başarısızlığının göz önüne alınması gerekir. İmplant adaylarının muhtemel yarar ve riskler bakımından gerçekçi beklentilere sahip olması, iletişimsel ihtiyaçların tespit edilmesi, aynı zamanda ailenin ve eğitim kurumlarının yeterli rehabilitasyon desteği implantasyon kararının verilmesinden son derece önem arz eden hususlardır (Clark, 2003).

Koklear implantasyon için hasta seçiminde medikal, odyolojik, konuşma ve dil gelişimi, psikolojik ve radyolojik değerlendirmenin mutlak surette yapılması gerekir (Sennaroğlu ve ark., 2004):

1.4.3.1. Medikal Değerlendirme

Hastaların genel sağlık durumu, işitme kaybına neden olan faktör veya faktörler, kulağın fiziki durumu medikal değerlendirmede mutlak surette incelenmelidir. Hastaların genel sağlık durumu implantasyon açısından ender olarak kontrendike olmasına karşın implant olma zamanı ile hazırlığını etkileyebilmektedir (Cooper ve Craddock, 2006).

Fizik muayenede kulak zarının otoskopik muayenesi ile dış ya da orta kulakta enfeksiyon varlığının değerlendirilmesi son derece önem arz eden hususlardandır. Bir enfeksiyon varlığında koklear implant operasyonundan önce gerekli olan tedavilerin uygulanması gerekmektedir (Cooper ve Craddock, 2006). Bunların yanı sıra işitme kaybının doğuştan mı yoksa sonradan mı meydana geldiği, işitme kaybının meydana gelme şekli, nedenleri vb hususlar da araştırılmalıdır. İşitme kayıplı geçirilen sürenin az olduğu postlingual erişkin kişiler ya da progresif (ilerleyici) işitme kaybı olanlarla implanttan önce uzun dönemli işitme kaybı olanlara göre implantasyon sonrasında çok daha iyi konuşmayı anlama ve ayırt etme skorlarına sahip oldukları bildirilmiştir (Zeng, ark., 2004).

Prelingual işitme kaybı bulunan yetişkin bireyler bilhassa sözlü/işitsel iletişim kullanmıyor ise koklear implant için uygun aday olarak nitelendirilmemektedir (Waltzman ve Cohen, 1999).

1.4.3.2. Odyolojik Değerlendirme

Koklear implant için aday konumundaki bütün hastaların odyolojik açıdan değerlendirilmelerindeki amaç hastaların işitme ve iletişim durumlarının belirlenmesi, işitme cihazlı takiplerinin yapılarak cihazlı eşik değerlerinin belirlenmesi ve bu sonuçlara bağlı olarak da hastaların uygun aday olup olmadıklarının karar verilmesidir. Hastaların işitme kaybının ve işitme cihazlı performansları değerlendirilirken aşağıdaki testler uygulanır (Elkayal ve ark., 2016; Dziemba ve ark., 2023):

- Her iki kulak için da kemik ve hava yolu eşiklerinin belirlenebilmesi için saf ses odyometrisi (SSO)
- İşitme cihazlarıyla eşik değerlerin tespit edilmesi ve işitme cihazlarından elde edilen faydanın değerlendirilmesi amacıyla serbest alanda işitme cihazlı eşik değerlerinin belirlenmesi
- İşitme kaybının sözel iletişim üzerindeki etkilerinin yanı sıra işitme cihazı kullanımının sözel iletişime katkılarının değerlendirilebilmesi amacıyla yaşa uygun batarya ile işitme cihazlı ve işitme cihazsız konuşma testleri
- Kulak zarı ve orta kulak yapılarının değerlendirilebilmesi amacıyla immitansmetrik değerlendirme
- Yüksek şiddetteki akustik uyarılara yanıt olarak stapedius kaslarının kasılmasıyla fonksiyonel işime kayıplarının ayırt edilebilmesini sağlayabilmek adına akustik refleks ölçümü.
- Kokleada yer alan dış tüy hücre aktivitelerinin değerlendirilerek fonksiyonel işitme kaybı varlığını saptanması ve işitsel nöropatinin ayırıcı tanısının konulabilmesi amacıyla otoakustik emisyon ölçümü (OAE)
- İşitme siniriyle ilgili bilgi elde etmek ve subjektif yöntemler ile değerlendirilemeyen hastaların objektif olarak değerlendirilebilmesi için işitsel beyin sapı yanıtları (ABR) uygulanmalıdır (Elkayal ve ark., 2016; Dziemba ve ark., 2023).

Koklear implant uygulanacak aday değerlendirilirken detaylı bir öykü alınması son derece önemli olup bunun için aşağıdaki sorular sorularak detaylı bilgiler elde edilebilir (Clark, 2003):

- İşitme kaybı ne zaman başladı?
- İşitme kaybı aniden mi yoksa kademeli bir şekilde mi meydana geldi?
- İşitme cihazı kullanmaya ne zaman başlandı?
- Ailede işitme kaybı olan başka kişi veya kişiler var mı?
- Gürültüye maruziyet, travma ya da ototoksik ilaç kullanımı var mı?

1.4.3.3. Konuşma ve Dil Değerlendirmesi

Operasyon öncesinde gerçekleştirilen konuşma ve dil değerlendirmesi yetişkin bireylerin günlük yaşamda kullandıkları iletişim şeklinin genel olarak değerlendirilmesini içerir. Hastaların alıcı ve ifade edici dili, dudak okuma becerileri ile dinleme becerileri koklear implant başarısı ile objektif beklentilerin belirlenmesinde önemlidir. Değerlendirmeler gözlem yolu ile olabileceği gibi hastanın kendi tanımlamaları ile ya da formal test prosedürleri ile de yapılabilmektedir (Turan ve ark., 2012).

1.4.3.4. Psikolojik Değerlendirme

Psikolojik değerlendirmenin asıl amacı koklear implant uygulanacak olan adayın operasyon öncesinde ve sonrasındaki psikososyal süreçlerine yönelik fikir elde etmektedir. Muhtemel sorunların değerlendirilip çözüme kavuşturulabilmesi için hasta ve ailesinin takip edilmesi gerekir. Hastanın bilişsel becerlerinin ve kişilik özelliklerinin değerlendirilmesinde bazı psikolojik testlerden faydalanılmaktadır. Hastanın ve ailesinin implantla ilgili bilgileri ve implanttan beklentileri sorgulanmalıdır (Zwolan, 2009).

1.4.3.5. Radyolojik Değerlendirme

Koklear implant operasyonunun planlamasının yapılabilmesi, hangi kulağa uygulanacağına karar verilmesi, iç kulaktaki malformasyonların saptanabilmesi ve sekizinci sinirin görüntülenebilmesi amacıyla operasyon öncesinde yüksek çözünürlükteki bilgisayarlı tomografi (BT) ve manyetik rezonans görüntüleme (MRG) kullanılmaktadır (De Foer ve ark., 2010). Radyolojik değerlendirme koklear implantasyon operasyonu açısından kontrendikasyonu olan hastaların belirlenmesi açısından önemlidir (Marsot-Dupuch ve Meyer, 2001).

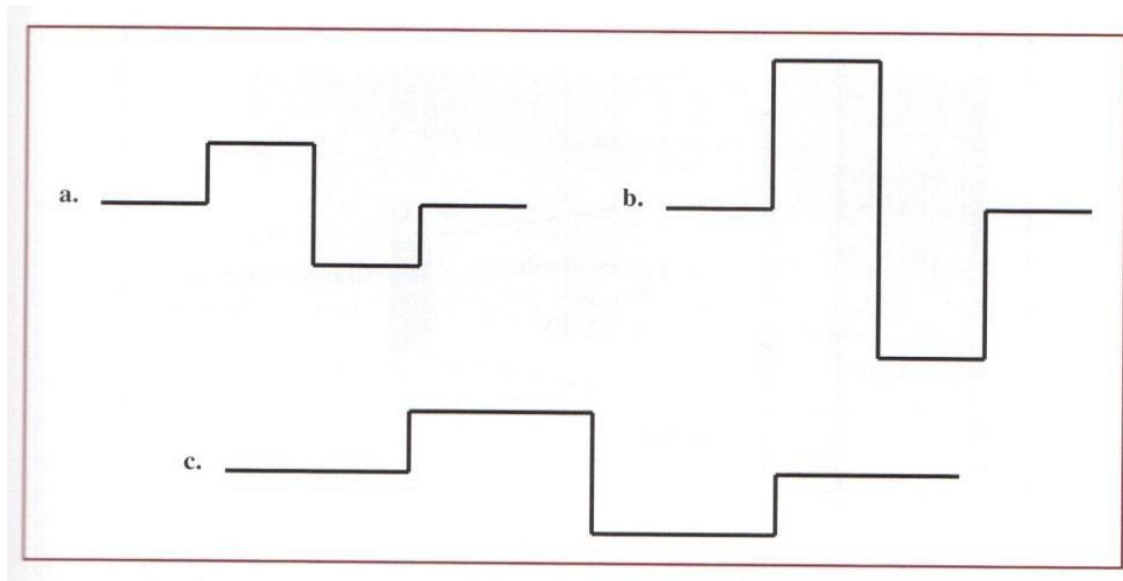
1.4.4. Koklear İmplantın Programlanması

Koklear implant programlanırken hasta, etiyoloji, kullanılan implant türü, fonksiyonel elektrotların durumu ile iç kulaktaki konumu, iç kulağın morfolojik yapısı, programlamada kullanılan konuşma kodlama stratejileri ve parametre seçimi dikkate alınır (Sipahi, 2012).

1.4.4.1. Kullanılmakta Olan Uyarı Parametreleri

1.4.4.1.1. Akım Süresi ve Şiddeti

Günümüz modern koklear implantlarında elektriksel uyarımda iki fazlı (bifazik) akım kullanılır. Uyarı şiddetinin artırılması iki şekilde yapılmaktadır. Şekil 10'da görüleceği üzere bunlardan ilki uyarının genliğini artırmak, diğeri de uyarının genişliğini artırmaktır. Uyarının süresi yahut şiddetindeki artışa bağlı olarak aktive olan spiral ganglion hücre sayısı da artar (Wolfe ve Schafer, 2014).

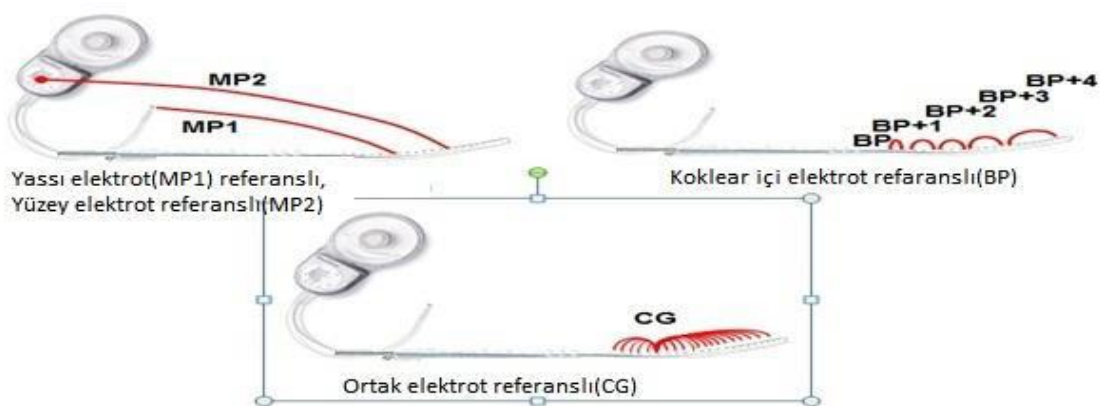


Şekil 7. Uyarının şiddetinin artırılması (Wolfe ve Schafer, 2014)
 a) Orijinal sinyal, b) Orijinal sinyaldeki şiddet artışı, c) Orijinal sinyaldeki süre artışı

1.4.4.1.2. Uyarım Modları

Elektrik devrelerinde akım güç kaynağından çıktıktan sonra direnç bölgelerine gidip sonra yeniden merkezine geri dönmektedir. Benzer şekilde koklear elektriksel uyarım da iç parçada bir akım kaynağı, elektrot ve temas yeriyle geridönüş elektrotunda oluşur. Aktif olan elektrota bitişik durumdaki elektrotun teması koklear sıvının yanı sıra diğer dokularda direnç oluşturmaktadır. Aktif elektrot kokleanın içerisinde olup dışında yer alan elektrot dönüş elektrotudur ve dış koklear elektrot olarak adlandırılmaktadır (Wolfe ve Schafer, 2014).

Esas itibariyle 3 farklı elektriksel uyarım modu bulunmaktadır (Bkz. Şekil 8).



Şekil 8. Uyarım Modları (Arora, 2012)

İç kulaktaki elektrotlardan birisi bipolar uyarımda aktif diğeri de referans olarak kullanılırken monopolar uyarımda ise aktif elektrot iç kulakta yer alan elektrotlardan birisidir. Referans elektrot ise kulak kepçesinin arkasında yer alan mastoid kemiğe yerleştirilmiş olan yassı elektrot (MP2) veya musculus temporalise yerleştirilmiş olan yuvarlak elektrot (MP1) olabilmektedir. Bununla birlikte her ikisi de (MP1 ve MP2) referans elektrot olarak seçilebilir (Arora, 2012).

Bipolar uyarım çok daha fazla odaklanmış uyarı sağlamasına karşın monopolar uyarım ise koklea boyunca tona has sinyale izin vermektedir. Aynı zamanda bipolar uyarımda elektrik akımı çok daha dar bir alanda yayıldığından isten ses algısı da monopolar uyarıma oranla daha yüksek elektriksel uyarı gerektirmektedir. Bu durum da bipolar uyarımda daha çok pil tüketimine yol açar. Aynı zamanda monopolar uyarımda daha geniş elektriksel uyarı söz konusu olduğundan elektriksel uyarı düzeylerinde de kademeli değişiklik ile neticelenir. Bu sebepten ötürü de elektriksel uyarı düzeylerinde ara değerin bulunması monopolar uyarım modunda daha uygundur. Buna karşın bipolar uyarım modunda ise elektriksel uyarı düzeyleri elektrotlar arasında önemli oranda farklılık arz eder ki bu durum da programlamayı yapan kişinin eşik duyma ve rahat duyma düzeylerini her bir elektrot için ayrı ayrı kontrol etmesine yol açacaktır. Bir diğer uyarım modu olan “common ground uyarım modu” tanısal amaçla kullanılan bir mod olup elektrot impedans testi sırasında kısa devrelerin tespitinde en duyarlı moddur (Wolfe ve Schafer, 2014).

1.4.4.2. Konuşma Kodlama Stratejileri

Frekans, şiddet ve zamansal ipuçlarından meydana gelen ses sinyalinin önemli özelliklerini elektrik kodlarına dönüştürmede kullanılan algoritmalar olup bunlar anlamlı olarak işitme sinirine sunulmaktadır. Konuşma kodlama stratejileri uyarım hızı, elektrot sayısı, uyarım sırası gibi durumlara göre farklılaşmaktadır. Stratejiler uyarım zamanı bakımından eş zamanlı olan ve olmayan olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Eş zamanlı stratejiler işitsel bilginin tüm elektrotlar üzerinden aynı anda gönderilmesini ifade etmekte iken eş zamanlı olmayan stratejiler ise sesin belirli elektrotlar üzerinde belli bir sırada gönderilmesini ifade eder (Somek ve ark., 2006; Riss ve ark., 2008).

1.4.4.3. Sübjektif Duyma Düzeylerinin Saptanması

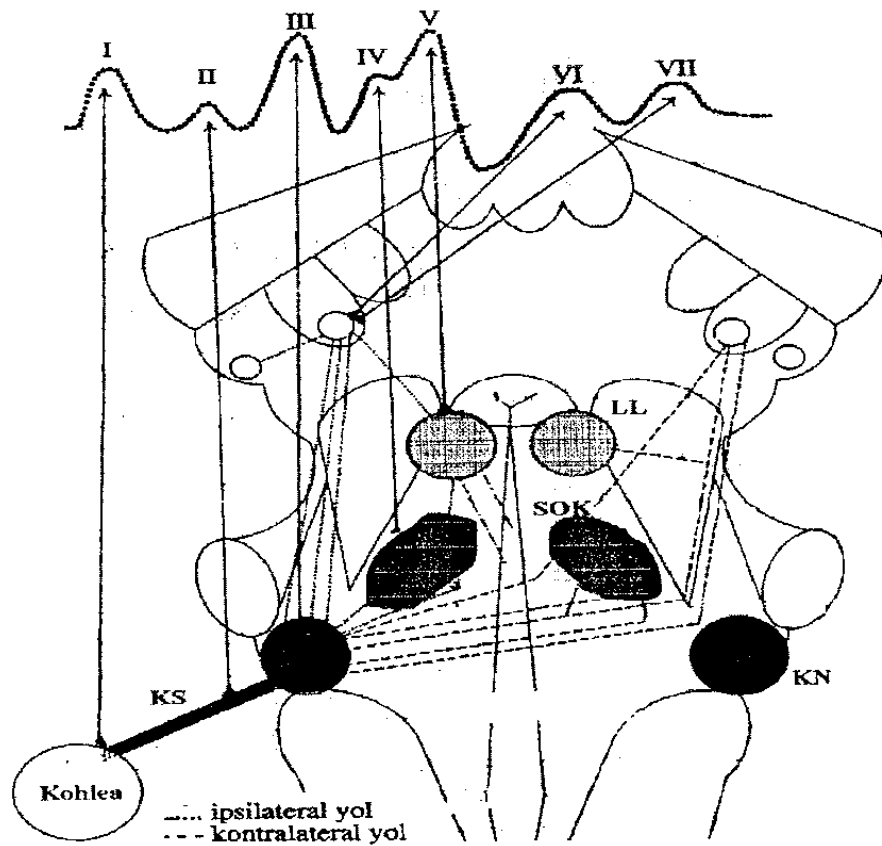
Sübjektif duyma düzeyleri eşik duyma düzeyi (T) ve rahat duyma düzeyi (C) şeklindedir. Yetişkin bireylerde çoğunlukla sözel geri bildirimler kullanılmaktadır. Rahat duyma düzeyinin belirlenmesi ve rahatsız edici ses düzeyleri açısından ölçeklendirilmiş şiddet algısı skalaları da kullanılabilmektedir. Çocuklarda davranışsal duyma düzeylerini belirlemede kullanılmakta olan yöntemler yaş, dinleme deneyimi ve bilişsel yeteneklere göre farklılık az eder (Saunders ve ark., 2002).

1.4.4.4. Objektif Testler

Davranışsal yanıt alınmayan bebek ve çocuklarda, çoklu özre sahip olan bireylerde objektif yöntemler kullanılmaktadır. Elektrofizyolojik testlerde en fazla kullanılmakta olan yöntemler “stapes refleksi testi” ve “işitsel potansiyellerin kaydı”dır (Stephan ve Welzl-Muller, 2000).

Stapes refleksi testinde işitsel sinirile elektriksel uyarımına karşı meydana gelen stapes refleksi işitsel sinirin fonksiyonelliğiyle ilgili bilgiler vermekte iken işitsel potansiyellerin kaydı yöntemi ise işitme sisteminde önemli bölgelerinin ayrı ayrı incelenmesini sağlar (Karamert ve ark., 2015).

Elektriksel Uyarılmış İşitsel Beyin Sapı Yanıtı (eABR) işitsel sinirin beyin sapına kadarki senkronize aktivitesi olup uygulamada güçlükler, zaman açısından dezavantajlı olması klinikte çok fazla kullanılmamalarına neden olmaktadır (Karamert ve ark., 2015).

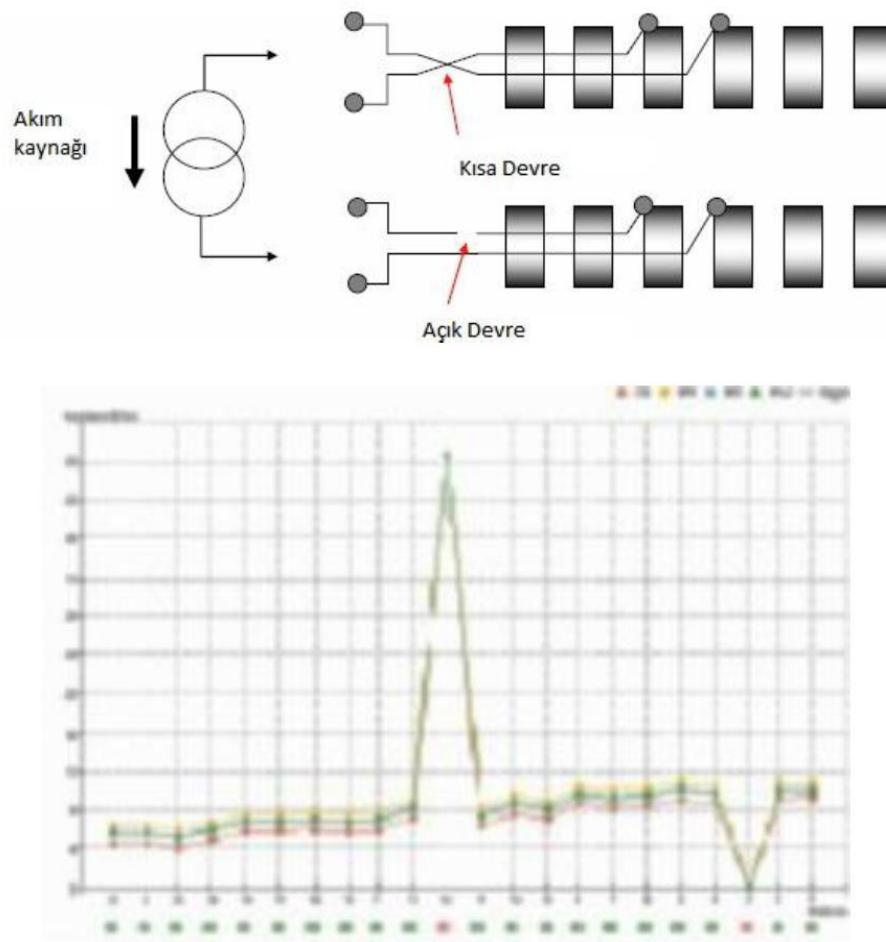


Şekil 9. Elektriksel Uyarımlı İşitsel Potansiyeller (Sauvaget ve ark., 2002)

1.4.4.5. İmpedans Testi

Gönderilmekte olan akıma karşın elektrot ve kokleanın biyolojik dokusunun meydana getirmiş olduğu total direncin ölçümünü sağlayan bir testtir. $R = V/I$ şeklinde formülize edilmektedir. Birimi Ohm'dur (Leone ve ark., 2017).

CG, MP1,2 ve MP 1+2 şeklinde dört uyarım modunda elektrot empedans testi yapılmakta olup bunlardan CG testi koklear elektrotların kısa devre olup olmadığını, açık devre ya da dış koklear elektrotlardaki yüksek empedans durumunun ölçümünde kullanılmaktadır. MP 1 ve MP 2 testleri yuvarlak yahut yüzey elektrotunun yüksek empedans ya da açık devre olup olmadığının kontrolünde kullanılmaktadır (De Ceulaer ve ark., 2003).



Şekil 10. Kısa Devre Açık Devre (Şenli ve ark., 2020)

Koklear implantlı bireylerin objektif bir şekilde elde edilmesini sağlayan impedans ve NRT telemetrisi 1992’de klinik araçlar olarak Cochlear Firması tarafından geliştirilmiştir (Lai ve ark., 2002).

2001 yılında Nucleus 24 kullanıcıları üzerinde gerçekleştirilen iki yıl süreli çalışma sonucunda yetişkinlerin impedansında 2 ay üzerinde anlamlı bir değişiklik olmadığı, çocuklarda da 6-8 aydan sonra impedans değerlerinde anlamlı bir artış olmadığı saptanmıştır. Hem yetişkin hem de çocuklarda ise amaliyet sonrası ilk ölçümler önemli düzeyde yüksek elde edilmektedir. Bu durum da elektrotların çevresinde meydana gelen fibrosis ve kemik büyümesiyle açıklanmaktadır (Clark ve ark.,1995). Elektrotların ilk programlama ayarında uyarılmaları sonucunda hidrojenli bileşim eşit olmayan ve pürüzlü olarak yüzeye gidip yayılarak impedansın düşmesine

neden olur (Clark, 2003). Çocuklarda bütün elektrotlarda çok daha yüksek bir impedans değeri görülmekte olup bu durum yetişkin bireylerde kemik dokunun büyümesi, kokleanın bazalıyla sınırlı kalmasıyla açıklanmakta iken çocuklarda ise tüm elektrot boyunca olması ile açıklanmaktadır (Hughes ve ark., 2001).

1.5. İMPLANT KULLANAN BİREYLERDE BİNAURAL VE SPATİAL (UZAYSAL) İŞİTME

Normal işiten (Nİ) çocuklar, günlük dinleme ortamlarında çok sayıda görevi yerine getirmek için iki kulağa gelen bilgileri kullanırlar. Odyoloji alanında, tek veya iki kulağa işitsel girdi sağlanmasına ilişkin soru, uzun yıllardır gündemdedir. Geçtiğimiz 30-40 yılda, sorular işitme cihazları ile çift taraflı amplifikasyon etrafında dönüyordu ve araştırmacılar genellikle sağ ve sol işitsel yolların uyarılmasını en üst düzeye çıkarmak için her iki kulakta da amplifikasyonun gerektiği düşünülmektedir (Kerber ve Seeber, 2012).

Son on-onbeş yılda, ileri/çok ileri derecede işitme kaybı olan ve iki taraflı implante edilen çocuk sayısında belirgin bir artış olmuştur. 2000’li yılların başlangıcında, bu klinik yaklaşım kısmen yeniydi ve faydalarıyla ilgili kanıtlardan yoksun olduğu düşünülmekteydi. Buna rağmen klinik eğilim bilateral implant lehine ilerlemiştir. Bu durumun birinci nedeni işitme her iki kulakta da kullanılabilirse ve iki kulağa gelen uyaranlar zamansal olarak koordine edilirse, işitsel sistem binaural işitmeyi kullanır. Yani, beyin ses kaynaklarının yeri hakkında önemli bilgiler alır ve dinleyicilerin ilgi duyduğu/işitsel dikkat gösterdiği sesleri lokalize etmesine olanak sağlar. Bu ideal durumda beyin, konuşmayı arka plan gürültüsünden ayırmak için iki kulaktan gelen uyaranları karşılaştırır. İkincisi, daha az ideal koşullar altında, iki kulağa gelen uyaranlar farklı düzeylerde (bimodal kullanım, sıralı implante edilmiş bireyler, iki kulak arasında asimetric işitme eşikleri olanlar) gelirken, işitsel sistem yine bilateral uyaran almaktadır. Bir dinleyicinin hedef konuşma sinyaline erişmesini ve sesleri oldukça kaba bir şekilde lokalize etmesini sağlayan önemli işitsel ipuçları vardır. Bu bilgilere erişim, günlük dinleme durumlarında, işitmeyi, ayırt etmenin iyileştirilmesine yol açabilir. Üçüncüsü, her iki kulağın uyarılmasının, daha iyi kulağın implante edilmesine göre önemli faydaları vardır, bu da dil edinimi için çok önemlidir (Johnston ve ark., 2009). Aynı zamanda koklear implanttan birinin çalışmaması halinde çocuğun

sessiz kalmayacağına yönelik güvence de önemli avantajlardan bir diğeridir (Johnston ve ark., 2009).

2. BÖLÜM

GEREÇ VE YÖNTEM

2.1. ÖRNEKLEM

Bu çalışma postlingual dönemde koklear implantasyon yapılan hastaların ‘konuşma, uzaysal algı ve işitme kalitesinin değerlendirilmesi amacıyla, Adıyaman Üniversitesi Kulak Burun Boğaz Anabilim Dalı polikliniğinde gerçekleştirilmiştir. Çalışmaya postlingual dönemde ileri -çok ileri derecede sensörinöral işitme kaybı nedeniyle koklear implant uygulanmış hastalar dahil edilmiştir. Katılımcılar hastane otomasyon sisteminden taranarak belirlenmiş ve ölçek hastalara yüz yüze uygulanmıştır. Otomasyon arşivinden hastaların koklear implant yapılan dönem ve yaş bilgisine de ulaşılmış ve kaydedilmiştir. Çalışmanın örneklem büyüklüğünü belirlemek için Gpower 3.1 programı kullanılmış; 0,90 etki büyüklüğünde 0,05 yanılma düzeyinde, 0,95 güven aralığında ve 0,90 evreni temsil gücüyle 40 olarak belirlenmiş olup örneklemin tamamına ulaşılmıştır.

Dahil Edilme Kriterleri

- Postlingual dönemde bilateral ileri-çok ileri derecede sensörinöral işitme kaybı olan ve unilateral veya bilateral koklear implant kullanan hastalar

- 18 yaş ve üzeri olanlar

- Çalışmaya katılmak için gönüllü olanlar

- Ölçeği doldurmak için gerekli uyum ve kooperasyona sahip olanlar

Dışlanma Kriterleri

- Prelingual ve perilingual dönem işitme kaybı olan ve kemiğe implante edilmiş işitme cihazı kullananlar

- Bi-modal amplifikasyon seçeneğini kullanan hastalar

- Ölçeği doldurmak için gerekli uyuma ve kooperasyona sahip olmayanlar
- Ölçek maddelerinin bağımsız olarak okunup algılanabilmesi ve kendi bildirimine dayalı olarak yanıtlanabilmesi gerektiğinden, okuma yazma bilmeyenler
- Beyin sapı implant kullanıcısı olan hastalar

2.2. VERİ TOPLAMA ARAÇLARI

Çalışmada demografik verilere ve bireylerin sağlık bilgilerine ilişkin 5 sorudan oluşan bir demografik bilgi formu ve Konuşma, Uzaysal Algı ve İşitme Kalitesi Ölçeği (KUIK) kullanıldı.

Konuşma, Uzaysal Algı ve İşitme Kalitesi Ölçeği (KUIK): KUIK Ölçeği, günlük hayattaki işitme gerçekliğini geniş bir yelpazede kişinin kendi kendini değerlendirmesine olanak sağlayan bir ölçektir. Temel olarak çeşitli koşullarda konuşma seslerinin işitilmesi, uzaysal algının yön, mesafe ve hareket bileşenlerini, eş zamanlı konuşmalarda seslerin ayırt edilmesi, dinleme kolaylığı, sesin doğallığı, netliği ve farklı konuşmacıları, farklı müzik parçaları ve enstrümanları, farklı günlük sesleri tanımlayabilme parametrelerini değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Bununla beraber kişinin mevcut durumunun yanı sıra fonksiyonel işitme bozukluğu nedeniyle uygulanan iyileştirme stratejilerinden elde edilen fayda veya zararı da değerlendirmek için kullanılan birkaç ölçekten biridir (Zahorik ve Rothpletz, 2015).

Konuşma, uzaysal algı ve işitme kalitesi ölçeğinin Türkçeye uyarlanıp, normalizasyonu yapılmıştır (Kılıç, 2017). Ölçekte kişinin 3 ana başlık altında toplam 49 soru üzerinden kendini “0”dan “10”a kadar puan vererek değerlendirmesi istenmektedir. KUIK Ölçeğindeki ana başlıklar:

1- Konuşma Algısı (KA): Konuşma seslerinin anlaşılması, ayırt edilmesi ve takip edilmesi becerileri değerlendirilir.

2- Uzaysal Algı (UA): İşitilen sesin yönünün, uzaklığının ve hareketliliğinin tespit edilmesi becerileri ölçülür.

3- İşitme Kalitesi (İK): İşitilen sesin netliği, doğallığı, anlaşılabilirliği ve işitirken harcanan çaba sorgulanır.

Ölçek sonunda bütün bölümlerden elde edilen puanlar toplanıp soru sayısı olan 49'a bölünerek Genel KÜİK skoru, Konuşma Algısı başlığı altındaki puanlar toplanıp 14'e bölünerek KA skoru, Uzaysal Algı başlığı altındaki puanlar toplanıp 17'ye bölünerek UA skoru ve İşitme Kalitesi başlığı altındaki puanlar toplanıp 18'e bölünerek İK skoru elde edilir (Öner, N., 2008). Konuşma algısı maksimum 140 puan minimum 0 puan olarak, uzaysal algı maksimum 170 puan minimum 0 puan, işitme kalitesi maksimum 180 puan minimum 0 puan olarak hesaplanabilmektedir. Toplam KÜİK skoru 0-490 arasında değişmektedir. Skorun yüksek olması koklear implantın olumlu etkisini, düşük olması ise hastanın koklear implanttan fayda görmediğini göstermektedir.

2.3. ARAŞTIRMANIN ETİK YÖNÜ

Kapadokya Üniversitesi etik kurulundan onay (Ek 1) ve hastane yönetiminden kurum izni alınmıştır (Ek 2). Her katılımcıya araştırmacı tarafından gerekli açıklamalar yapılarak bilgilendirilmiş onam formu imzalatılmıştır.

2.4. ARAŞTIRMANIN HİPOTEZLERİ

H0: Postlingual çok ileri derecede sensörinöral işitme kayıplı bireylerde koklear implant kullanımının konuşma, uzaysal algı ve işitme kalitesine üzerine etkisi yoktur.

H1: Postlingual çok ileri derecede sensörinöral işitme kayıplı bireylerde koklear implant kullanımının konuşma, uzaysal algı ve işitme kalitesi üzerine etkisi vardır.

2.5. İSTATİSTİKSEL ANALİZ

Çalışmadan elde edilen veriler SPSS 21.0 programı ile analiz edilmiştir. Tanımlayıcı istatistikler olarak ortalama, standart sapma ve yüzdelik dağılımlar verilmiştir. İki parametreden oluşan değişkenlere yönelik karşılaştırmalar bağımsız örneklem t testiyle, ikiden fazla parametreden oluşan değişkenlere yönelik karşılaştırmalar tek yönlü varyans analiziyle ile analiz edilmiş olup sürekli değişkenler

arasındaki ilişkiyi belirlemek için de Pearson's korelasyon analizi kullanılmıştır. Sonuçlar %95 ($p < 0.05$) anlamlılık düzeyinde değerlendirilmiştir.

3. BÖLÜM

BULGULAR

3.1. DEMOGRAFİK ÖZELLİKLERE İLİŞKİN TANIMLAYICI İSTATİSTİKLER

Çalışmaya koklear implant kullanan toplam 40 kişi dahil edilmiştir. Katılımcıların yaşları 21-65 arasında değişmekte olup katılımcıların %42.5'i 50 yaş ve üzerinde iken %30'u 31-40, %17.5'i 18-30, %10'u da 41-50 yaş arasında idi. Çalışmaya dahil edilenlerin %55'i kadın, %45'i ise erkekti. Katılımcıların %42.5'i lise, %22.5'i üniversite, %17.5'i ortaokul, %17.5'i ilkokul mezunu idi. Katılımcılardan %52.5'i 6 yıldan daha uzun süredir, %35'i 4-6 yıldır, %12.5'i de 1-3 yıldır koklear implant kullanmakta idi. Katılımcıların %70'inde koklear implant sağ tarafta iken %30'unda ise sol kulakta idi (Tablo 1).

Tablo 1. Katılımcıların demografik özellikleri

Değişkenler		
Yaş	n	%
18-30	7	17.5
31-40	12	30.0
41-50	4	10.0
≥ 50	17	42.5
Cinsiyet		
Kadın	22	55.0
Erkek	18	45.0
Eğitim Durumu		
İlkokul	7	17.5
Ortaokul	7	17.5
Lise	17	42.5
Üniversite	9	22.5
Koklear İmplant Süresi		
1-3 yıl	5	12.5
4-6 yıl	14	35.0
6 yıldan fazla	21	52.5
Koklear İmplant Kullanılan Taraf [n (%)]		
Sağ	28	70.0
Sol	12	30.0

3.2. KONUŞMA ALGISI, UZAYSAL ALGI VE İŞİTME KALİTESİNE İLİŞKİN BULGULAR

Katılımcıların konuşma algısı, uzaysal algı ve işitme kalitesi düzeylerini belirlemek için kullanılan KÜİK ölçeğinden elde ettikleri ortalama puanlar Tablo 2’de görülmektedir. Buna göre katılımcıların uzaysal algıları daha yüksek, konuşma algıları daha düşük bulunmuştur.

Tablo 2. Katılımcıların Konuşma, Uzaysal Algı ve İşitme Kalitesi Ölçeği (KÜİK) puan ortalamaları

	N	Min.	Maks.	Ort.±ss
Konuşma algısı	40	3.57	8.29	5.61±1.01
Uzaysal algı	40	3.35	9.47	5.87±1.15
İşitme kalitesi	40	3.83	8.83	5.86±0.97
KÜİK Skoru	40	3.59	8.90	5.79±0.99

Katılımcıların yaşına göre konuşma algısı, uzaysal algı ve işitme kalitesi puan ortalamalarına bakıldığında, aralarında anlamlı bir fark olmadığı saptanmıştır ($p>0.05$) (Tablo 3).

Tablo 3. Katılımcıların yaşına göre konuşma algısı, uzaysal algı ve işitme kalitesi puan ortalamaları

		n	Ort.±ss	F	p
Konuşma algısı	18-30	7	5.81±0.62	0.346	.792
	31-40	12	5.76±1.49		
	41-50	4	5.46±0.36		
	50 yaş ve üzeri	17	5.44±0.84		
Uzaysal algı	18-30	7	6.05±0.48	0.305	.821
	31-40	12	5.98±1.57		
	41-50	4	5.39±0.16		
	50 yaş ve üzeri	17	5.84±1.16		
İşitme kalitesi	18-30	7	5.98±0.62	0.335	.800
	31-40	12	6.05±1.31		
	41-50	4	5.68±0.54		
	50 yaş ve üzeri	17	5.71±0.93		
KÜİK Skoru	18-30	7	5.95±0.45	0.312	.817
	31-40	12	5.94±1.41		
	41-50	4	5.52±0.31		
	50 yaş ve üzeri	17	5.68±0.92		

Katılımcıların cinsiyetine göre konuşma algısı, uzaysal algı ve işitme kalitesi puan ortalamalarına bakıldığında anlamlı bir fark olmadığı saptanmıştır ($p>0.05$) (Tablo 4).

Tablo 4. Katılımcıların cinsiyetine göre konuşma algısı, uzaysal algı ve işitme kalitesi puan ortalamaları

	Cinsiyet	n	Ort.±ss	t	p
Konuşma algısı	Kadın	22	5.49±1.08	-0.806	.425
	Erkek	18	5.75±0.91		
Uzaysal algı	Kadın	22	5.78±1.24	-0.535	.596
	Erkek	18	5.98±1.05		
İşitme kalitesi	Kadın	22	5.83±1.01	-0.214	.832
	Erkek	18	5.89±0.95		
KÜİK Skoru	Kadın	22	5.71±1.07	-0.527	.601
	Erkek	18	5.88±0.89		

Katılımcıların eğitim durumuna göre konuşma algısı, uzaysal algı, işitme kalitesi puan ortalamalarına bakıldığında anlamlı bir fark olmadığı saptanmıştır ($p>0.05$) (Tablo 5).

Tablo 5. Katılımcıların eğitim durumuna göre konuşma algısı, uzaysal algı ve işitme kalitesi puan ortalamaları

		n	Ort.±ss	F	p
Konuşma algısı	İlkokul	7	5.22±0.56	1.523	.225
	Ortaokul	7	5.09±1.21		
	Lise	17	5.87±1.21		
	Üniversite	9	5.80±0.37		
Uzaysal algı	İlkokul	7	5.45±0.70	.573	.637
	Ortaokul	7	5.66±1.44		
	Lise	17	6.07±1.39		
	Üniversite	9	5.98±0.57		
İşitme kalitesi	İlkokul	7	5.69±0.69	.774	.516
	Ortaokul	7	5.44±1.05		
	Lise	17	5.95±1.23		
	Üniversite	9	6.13±0.33		
KÜİK Skoru	İlkokul	7	5.47±0.58	.874	.464
	Ortaokul	7	5.41±1.19		
	Lise	17	5.97±1.24		
	Üniversite	9	5.99±0.20		

Katılımcıların koklear implant kullanma süresine göre konuşma algısı, uzaysal algı ve işitme puan ortalamalarına bakıldığında koklear implant kullanım süresine göre gruplar arasında anlamlı fark olmadığı tespit edilmiştir ($p>0.05$) (Tablo 6).

Tablo 6. Katılımcıların koklear implant kullanma süresine göre konuşma algısı, uzaysal algı ve işitme kalitesi puan ortalamaları

		N	Ort.±ss	F	p
Konuşma algısı	1-3 yıl	5	6.21±0.99	2.058	142
	4-6 yıl	14	5.81±1.01		
	6 yıldan fazla	21	5.33±0.96		
Uzaysal algı	1-3 yıl	5	6.00±0.57	0.526	595
	4-6 yıl	14	6.09±1.20		
	6 yıldan fazla	21	5.69±1.22		
İşitme kalitesi	1-3 yıl	5	6.17±0.30	2.643	.085
	4-6 yıl	14	6.23±0.99		
	6 yıldan fazla	21	5.53±0.98		
KÜİK Skoru	1-3 yıl	5	6.12±0.54	1.570	.222
	4-6 yıl	14	6.06±1.02		
	6 yıldan fazla	21	5.53±1.01		

Koklear implantın kullanıldığı tarafa göre konuşma algısı, uzaysal algı ve işitme kalitesi puan ortalamalarına bakıldığında anlamlı fark olmadığı saptanmıştır ($p>0.05$) (Tablo 7).

Tablo 7. Katılımcıların koklear implantın bulunduğu tarafa göre konuşma algısı, uzaysal algı ve işitme kalitesi puan ortalamaları

	Koklear İmplant Kullanılan Taraf	n	Ort.±ss	t	p
Konuşma algısı	Sağ	28	5.47±1.07	-1.312	.197
	Sol	12	5.92±0.79		
Uzaysal algı	Sağ	28	5.81±1.31	-.463	.646
	Sol	12	6.00±0.65		
İşitme kalitesi	Sağ	28	5.80±1.12	-.564	.576
	Sol	12	5.99±0.50		
KÜİK Skoru	Sağ	28	5.71±1.13	-.769	.447
	Sol	12	5.97±0.49		

4. BÖLÜM

TARTIŞMA

Çalışmamızda postlingual dönemde koklear implantasyon yapılan hastalarda konuşma algısı, uzaysal algı ve işitme kalitesi araştırılmıştır. Çalışmaya 21-65 yaş arasında toplam 40 kişi dahil edilmiştir.

Çalışma sonucunda katılımcıların uzaysal algılarının konuşma algısı ve işitme kalitesinden daha yüksek, konuşma algılarının ise uzaysal algı ve işitme kalitesinden daha düşük olduğu saptanmıştır. Erdem ve Çiprut'un (2019) tek taraflı, bimodal ve iki taraflı koklear implant (CI) kullanıcılarının, günlük yaşamın farklı bağlamlarında maruz kaldıkları konuşma ve çevresel sesleri çevrelerinde ayırt etme, yönlendirme ve konumlandırma dahil olmak üzere işitme becerilerinin ölçeğe dayalı bir değerlendirmesini yapmak amacıyla 74 katılımcı ile yaptıkları çalışmada ise çalışmamızdan elde edilen sonuçtan farklı olarak işitme kalitesinin daha yüksek, uzaysal algının ise daha düşük olduğu bildirilmiştir (Erden ve Çiprut, 2019). Bu çelişkili sonuçların, farklı metodolojilerin veya farklı örneklem gruplarının kullanılmasından kaynaklanıyor olabileceği düşünülmektedir. Örneğin, katılımcı özellikleri, test edilen algı türleri veya test edilen koşullar gibi faktörler farklı olabilir.

Çalışmamıza dahil edilen koklear implantlı bireylerin yaş gruplarına göre konuşma algısı, uzaysal algı ve işitme kalitesi puan ortalamaları arasında anlamlı fark olmadığı bulunmuştur. Literatür incelendiğinde yaş ile konuşma algısı, uzaysal algı ve işitme kalitesi arasında negatif yönde ilişki olduğu bildirilmiştir. Russell (2022) yaptığı derleme çalışmasında yaş ile işitsel mekan algısı arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Bu çalışma sonucunda kronolojik yaştaki artışa paralel olarak duyuşal bozukluklarda da artış olduğu, buna bağlı olarak da işitme kalitesinin ve uzaysal algının da düştüğü bildirilmiştir. Cubick ve arkadaşları (2018) yaptıkları çalışmada işitme cihazlarıyla dinleme, normal işiten dinleyicilerde uzamsal algıyı ve konuşmanın anlaşılabilirliği üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Çalışmaya anadili Avustralya İngilizcesi olan on kişi katılmıştır. Dinleyicilerin çoğu ya Macquarie Üniversitesi öğrencisiydi ya da Ulusal Akustik Laboratuvarlarında çalışıyordu. Dinleyicilerin yaş ortalaması 31 idi. Tüm

dinleyicilerin 125 Hz ile 6 kHz arasındaki odyometrik frekanslarda saf ses odyometrik eşiklerinin 20 dB işitme seviyesi içinde olması gerekmektedir. Eğer bir dinleyicinin yeni bir odyogramı yoksa deneyden önce bir odyogram ölçülmüştür. Çalışma sonucunda yaştaki artışa bağlı olarak uzaysal algıda düşüş olduğu bildirilmiştir. Çalışmamızdan elde edilen sonuç ile literatürden elde edilen sonuç arasındaki farklılıklar göz önüne alındığında yaş değişkeninin konuşma algısı, uzaysal algı ve işitme kalitesi ile ilişkisinin net olmadığı, bu konuyla ilgili daha fazla çalışma yapılması gerektiği söylenebilir.

Çalışmamızda kadın ve erkek koklear implantlı bireyler arasında konuşma algısı, uzaysal algı ve işitme kalitesi açısından anlamlı fark saptanmamıştır. Çalışmamızdan elde edilen bu sonuçla benzer şekilde Erdem ve Çiprut (2019) yapmış oldukları çalışmada koklear implant kullanan bireylerin cinsiyetine göre konuşma algısı, uzaysal algı ve işitme kalitelerinde anlamlı farklılaşma olmadığını bildirmişlerdir (Erden ve Çiprut, 2019). Lenarz ve arkadaşları (2012) yaptıkları çalışmada koklear implantlı yetişkin bireylerde cinsiyetin işitsel performans üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Çalışmaya 638 postlingual işitme kayıplı yetişkin (280 erkek, 358 kadın) dahil edilmiştir. Her iki cinsiyete de aynı cerrahi ve rehabilitasyon prosedürleri uygulanmıştır. Çalışma sonucunda her iki cinsiyetin de benzer işitsel performans sergilediği saptanmıştır. Çalışmamızdan ve literatürden elde edilen bu sonuçlar göz önünde bulundurulduğunda koklear implant kullanıcılarında cinsiyetin konuşma algısı, uzaysal algı ve işitme kalitesi açısından bir risk faktörü olmadığı söylenebilir.

Çalışmamızda katılımcıların eğitim durumuna göre konuşma algısı, uzaysal algı, işitme kalitesi düzeylerinde anlamlı bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir. Çalışmamızdan elde edilen bu sonuçla benzer şekilde Francis ve arkadaşları (2015) tarafından yapılan çalışmada da eğitim durumunun koklear implant kullanıcılarını işitme kalitesinde anlamlı bir etkiye sahip olmadığı bildirilmiştir. McRackan ve arkadaşları (2019) yapmış oldukları çalışmada demografik, işitmeye ilgili ve koklear implantla ilgili faktörler ile yaşam kalitesi arasındaki ilişkiyi koklear implant yaşam kalitesi ölçeği ile araştırmışlardır. Çalışma sonucunda eğitim durumuna bağlı olarak işitsel performansta anlamlı bir fark olmadığı bildirilmiştir. Buna karşın Pennino ve arkadaşları (2023) tarafından işitme cihazı kullanan bireyler üzerinde gerçekleştirilen

çalışmada eğitim düzeyindeki artışa bağlı olarak kulak bakımı ve cihaz kullanımıyla ilgili bilgi düzeyinin de arttığı, bunun sonucunda da eğitim düzeyi arttıkça konuşma algısı, uzaysal algı ve işitme kalitesinin de anlamlı şekilde arttığı bildirilmiştir (Pennino ve ark., 2023). Çalışmamızdan elde edilen sonuçların ve literatürdeki diğer çalışmalar arasındaki farklı sonuçların koklear implant kullananlar ile işitme cihazı kullananlar arasındaki farklılıklar veya farklı örneklem gruplarından kaynaklanıyor olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca, eğitim düzeyinin algı üzerindeki etkisi karmaşık olabilir ve sadece eğitim düzeyi ile değil, aynı zamanda kulak bakımı ve cihaz kullanımıyla ilgili bilgi düzeyi gibi faktörlerle de ilişkili olabilir.

Çalışmamızda katılımcıların koklear implant kullanma süresine bağlı olarak konuşma algısı, uzaysal algı ve işitme kalitelerinde anlamlı bir farklılık olmadığı görülmüştür. Çalışmamızdan elde edilen bu sonucun aksine Dinçer D'alessandro (2022) tarafından yapılan çalışmada koklear implant kullanma süresi ile konuşma algısı arasında pozitif yönde ilişki bildirilmiştir (Dinçer D'alessandro, 2022). Bu farklı sonuçlar, muhtemelen farklı yöntemlerin veya farklı örneklemelerin kullanılmasından kaynaklanıyor olabilir. Belirli bir sonuca ulaşmadan önce bu tür sonuçların birbirleriyle uyumlu olup olmadığını değerlendirmek önemlidir. Örneğin, katılımcı sayısı, metodoloji, ölçüm araçları ve istatistiksel analiz yöntemleri gibi faktörler sonuçları etkileyebilir. Bu iki çalışmanın sonuçlarını bir araya getirerek, koklear implant kullanma süresinin konuşma algısı üzerindeki etkisinin net bir şekilde anlaşılması için daha fazla araştırmanın gerekliliği konusunda bir çıkarımda bulunulabilir. Bu tür araştırmalar, işitsel rehabilitasyonun etkinliğini ve farklı değişkenler arasındaki ilişkilerin daha iyi anlaşılmasına katkı sağlayabilir.

Çalışmamız sonucunda koklear implantın sağ ve sol tarafta olma durumunun konuşma algısı, uzaysal algı ve işitme kalitesinde anlamlı bir farklılığa neden olmadığı görülmüştür. Erdem ve Çiprut (2019) tarafından yapılan çalışmada çalışmamızdan elde edilen sonuçla benzer şekilde koklear implantın bulunduğu tarafın konuşma algısı, uzaysal algı ve işitme kalitesinde anlamlı bir farklılığa neden olmadığı bildirilmiştir (Erdem ve Çiprut, 2019). Bir başka çalışmada, post-lingual işitme kaybı olan 22 yetişkin bilateral koklear implant kullanıcısının uzaysal algı yeteneği incelenmiştir (Dillon ve ark., 2018). Lokalizasyon performansı ilk olarak her bir kulakta tek taraflı

olarak cihazların dönüşümlü olarak etkinleştirilmesiyle ve daha sonra her iki kulakta da cihazların etkinleştirilmesiyle ölçülmüştür. Her iki implant da aktif olduğunda lokalizasyon becerisinin rastlantısal lokalizasyondan daha iyi olduğu görülmüştür. İki cihazdan biri devre dışı bırakıldığında ise lokalizasyonun tesadüfi olduğu saptanmıştır. Binaural işitme deneyimleri nedeniyle, bilateral koklear implant kullanıcıları tek bir implantla yeterli lokalizasyon seviyesine ulaşamadıkları saptanmıştır (Dillon ve ark., 2018). Bu sonuçlar, koklear implantasyonun işitme kaybı olan bireyler için önemli bir rehabilitasyon seçeneği olduğunu göstermektedir. Ancak, bu rehabilitasyonun etkinliği ve sonuçları üzerinde birçok değişken etkili olabilir, bu nedenle her bireyin durumu dikkate alınmalı ve bireysel ihtiyaçlara göre tedavi planları oluşturulmalıdır.

SONUÇ

Elde edilen bulgular doğrultusunda, postlingual çok ileri derecede sensörinöral işitme kayıplı bireylerde koklear implant kullanımının konuşma, uzaysal algı ve işitme kalitesi üzerinde etkisi olmadığı bulunmuş ve H0 hipotezi kabul edilmiştir.

Bununla birlikte çalışmamızdan elde edilen diğer sonuçlar aşağıdaki gibidir:

- Katılımcıların yaşına göre konuşma algısı, uzaysal algı ve işitme kalitesi puan ortalamalarına bakıldığında, aralarında anlamlı bir fark olmadığı,
- Katılımcıların cinsiyetine göre konuşma algısı, uzaysal algı ve işitme kalitesi puan ortalamalarına bakıldığında anlamlı bir fark bulunmadığı,
- Katılımcıların eğitim durumuna göre konuşma algısı, uzaysal algı, işitme kalitesi puan ortalamalarına bakıldığında anlamlı bir fark olmadığı,
- Katılımcıların koklear implant kullanma süresine göre konuşma algısı, uzaysal algı ve işitme puan ortalamalarına bakıldığında koklear implant kullanım süresine göre gruplar arasında anlamlı fark olmadığı,
- Koklear implantın kullanıldığı tarafa göre konuşma algısı, uzaysal algı ve işitme kalitesi puan ortalamalarına bakıldığında aralarında anlamlı fark olmadığı saptanmıştır.

Çalışmamızdan elde edilen bu sonuçlara göre;

- Koklear implantasyon adaylarının değerlendirilmesi sürecinde yaş faktörü dikkate alınması gereken önemli faktörlerdendir. Bu nedenle bizim çalışmamızda anlamlı fark olmasa da yaş aralığı genişletilerek yeni çalışmalar yapılabilir
- Çalışmamızdan elde edilen sonuç dikkate alındığında koklear implantın bulunduğu tarafa konuşma algısı, uzaysal algı ve işitme kalitesi üzerinde

anlamalı bir etkiye sahip değildir. Koklear implantın uzun vadeli etkilerini değerlendirmek için farklı zaman aralıklarında değerlendirme yapılabilir. İmplantın ilk takıldığı zaman, takıldıktan sonra belirli bir süre ve uzun vadede değerlendirme yapılabilir.

KAYNAKÇA

- Aarts NL, Caffee CS. (2005). Manufacturer predicted and measured REUR values in adult hearing aid fitting: accuracy and clinical usefulness. *Int J Audiol.* 44(5):293-301.
- Aazh H, Moore B. (2007). The value of routine real ear measurement of the gain of digital hearing aids. *J Am Acad Audiol.* 2007;18(8):653-64.
- Adunka, O., Kiefer, J., Unkelbach, M. H., Radeloff, A., and Gstoettner, W. (2005). Evaluating cochlear implant trauma to the scala vestibuli. *Clinical Otolaryngology*, 30(2), 121-127.
- Agrawal, Y., Platz, E. A. and Niparko, J. K. (2008). Prevalence of hearing loss and differences by demographic characteristics among US adults: data from the National Health and Nutrition Examination Survey, 1999-2004. *Archives of Internal Medicine*, 168(14), 1522-1530
- Akyıldız, A.N. (2002). Kulak Hastalıkları ve Mikrocerrahisi-I. Ankara, Bilimsel Tıp Yayınevi
- Alberti PW. (2001). The anatomy and physiology of the ear and hearing. Occupational Exposure to Noise: Evaluation, Prevention, and Control.1:53-62
- Patel, R. R., Awan, S. N., Barkmeier-Kraemer, J., Courey, M., Deliyski, D., Eadie, T., & Hillman, R. (2018). Recommended protocols for instrumental assessment of voice: American Speech-Language-Hearing Association expert panel to develop a protocol for instrumental assessment of vocal function. *American journal of speech-language pathology*, 27(3), 887-905.
- Anthwal, N., Thompson, H. (2016). The development of the mammalian outer and middle ear. *Journal of Anatomy.* 228(2):217-232
- Arora K. (2012). Cochlear Implant Stimulation Rates and Speech Perception [Internet]. Modern Speech Recognition Approaches with Case Studies. InTech; 2012. Erişim Adresi: https://books.google.com.tr/books?hl=tr&lr=&id=892dDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA215&dq=Cochlear+Implant+Stimulation+Rates+and+Speech+Perception+%5BInternet%5D.+Modern+Speech+Recognition+Approaches+with+Case+Studies&ots=V2_hXJyZku&sig=7Cwji6govQQvKYuyIfJRgB8OZqU&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false. Erişim Tarihi: 01.02.2024
- Ashmore J. (2008). Cochlear outer hair cell motility. *Physiological Reviews.* 88(1):173-210
- Barrett K, Barman S, Boitano S, Brooks H. (2012). Chapter 10. Hearing & Equilibrium. Ganong's Review of Medical Physiology. 24th ed. New York: McGraw-Hill

- Belgin, E. (2004). İşitme Fizyolojisi. Çalışma Yaşamında Gürültü ve İşitmenin Korunması.
- Bhimrao, S. K., Masterson, L., and Baguley, D. (2012). Systematic review of management strategies for middle ear myoclonus. *Otolaryngology--Head and Neck Surgery*, 146(5), 698-706.
- Butt, M. F., Albusoda, A., Farmer, A. D., and Aziz, Q. (2020). The anatomical basis for transcutaneous auricular vagus nerve stimulation. *Journal of anatomy*, 236(4), 588-611.
- Carlson B. (2014). Chapter 13. Sense Organs. Carlson, Human Embryology and Developmental Biology. 5th ed. Philadelphia, PA: WB Saunder, pp. 269-293
- Chittka L, and Brockmann A. (2005). Perception space-the final frontier. *PLoS biology*, 3(4), e137.
- Ciuman R. (2009). Stria vascularis and vestibular dark cells: Characterisation of main structures responsible for inner-ear homeostasis, and their pathophysiological relations. *The Journal of Laryngology & Otology*.123(2):151-162
- Clark, G. (Ed.). (2003). *Cochlear implants: fundamentals and applications*. 1st ed. Springer: New York, ss. 869.
- Clark, G. M., Shute, S. A., Shepherd, R. K., and Carter, T. D. (1995). Cochlear implantation: osteoneogenesis, electrode-tissue impedance, and residual hearing. *Scientific publications*, vol. 8, 1994-1995, no. 720
- Cooper, H., and Craddock, L. (2006). *Cochlear implants: a practical guide*. 2nd ed. John Wiley & Sons, ss. 425.
- Cubick, J., Buchholz, J. M., Best, V., Lavandier, M., & Dau, T. (2018). Listening through hearing aids affects spatial perception and speech intelligibility in normal-hearing listeners. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 144(5), 2896-2905.
- Culling, J. F., Hawley, M. L., and Litovsky, R. Y. (2004). The role of head-induced interaural time and level differences in the speech reception threshold for multiple interfering sound sources. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 116(2), 1057-1065.
- Dallos P, Fay RR. (2012). The Cochlea. Vol. 8. Switzerland: Springer Science & Business Media; 2012. pp. 435-502
- Dauman, R. (2013). Bone conduction: an explanation for this phenomenon comprising complex mechanisms. *European annals of otorhinolaryngology, head and neck diseases*, 130(4), 209-213.
- De Ceulaer, G., Johnson, S., Yperman, M., Daemers, K., Offeciers, F. E., O'Donoghue, G. M., and Govaerts, P. J. (2003). Long-term evaluation of the effect of

intracochlear steroid deposition on electrode impedance in cochlear implant patients. *Otology & neurotology*, 24(5), 769-774

- De Foer, B., Vercruysse, J. P., Bernaerts, A., Meersschaert, J., Kenis, C., Pouillon, M., and Casselman, J. W. (2010). Middle ear cholesteatoma: non–echo-planar diffusion-weighted MR imaging versus delayed gadolinium-enhanced T1-weighted MR imaging—value in detection. *Radiology*, 255(3), 866-872.
- Dillon, M. T., Buss, E., Rooth, M. A., King, E. R., Deres, E. J., Buchman, C. A., and Brown, K. D. (2018). Effect of cochlear implantation on quality of life in adults with unilateral hearing loss. *Audiology and Neurotology*, 22(4-5), 259-271.
- Dinçer D'alessandro, H. (2022). Koklear Implantlı Bireylerde Konuşma ve Müzik Algısı. *Türkiye Klinikleri Journal of Health Sciences*, 7(1), 184-193.
- Duncan, J. S., and Fritsch, B. (2012). Evolution of sound and balance perception: innovations that aggregate single hair cells into the ear and transform a gravistatic sensor into the organ of corti. *The Anatomical Record: Advances in Integrative Anatomy and Evolutionary Biology*, 295(11), 1760-1774.
- Duvall AJ, Rhodes VT. (1967). Reissner's membrane: an ultrastructural study. *Archives of Otolaryngology*. 86(2):143-151
- Dziemba, O.C., Merz, S., Hocke, T. (2023). Evaluative audiometry after cochlear implant provision. German Version. *HNO*. 2023 Oct;71(10):669-677.
- Ekdale EG. (2016). Form and function of the mammalian inner ear. *Journal of Anatomy*. 228(2):324-337
- Elkayal, V. S. A., Mourad, M. I., Elbanna, M. M., and Talaat, M. A. M. (2016). Evaluation of factors that influence cochlear implant performance. *Advanced Arab Academy of Audio-Vestibulology Journal*, 3(1), 1.
- Erdem, B. K., ve Çiprut, A. (2019). Evaluation of speech, spatial perception and hearing quality in unilateral, bimodal and bilateral cochlear implant users. *Turkish archives of otorhinolaryngology*, 57(3), 149.
- Francis, H. W., Yeagle, J. A., and Thompson, C. B. (2015). Clinical and psychosocial risk factors of hearing outcome in older adults with cochlear implants. *The Laryngoscope*, 125(3), 695-702.
- Freeman DM, Masaki K, McAllister AR, Wei JL, Weiss TF. (2003). Static material properties of the tectorial membrane: A summary. *Hearing Research*.180(1):11-27
- Gaylor, J. M., Raman, G., Chung, M., Lee, J., Rao, M., Lau, J., and Poe, D. S. (2013). Cochlear implantation in adults: a systematic review and meta-analysis. *JAMA Otolaryngology–Head & Neck Surgery*, 139(3), 265-272.

- Ghanem TA, Breneman KD, Rabbitt RD, Brown HM. (2008). Ionic composition of endolymph and perilymph in the inner ear of the oyster toadfish, *Opsanus tau*. *The Biological Bulletin*. 214(1):83-90
- Glueckert R, Pfaller K, Kinnefors A, Rask-Andersen H, Schrott-Fischer A. (2005). Ultrastructure of the normal human organ of Corti. New anatomical findings in surgical specimens. *Acta Oto-Laryngologica*. 125(5):534-539
- Guinan Jr, J. J. (2012). How are inner hair cells stimulated? Evidence for multiple mechanical drives. *Hearing research*, 292(1-2), 35-50.
- Hawley, M. L., Litovsky, R. Y., and Colburn, H. S. (1999). Speech intelligibility and localization in a multi-source environment. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 105(6), 3436-3448.
- Hawley, M. L., Litovsky, R. Y., and Culling, J. F. (2004). The benefit of binaural hearing in a cocktail party: Effect of location and type of interferer. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 115(2), 833-843.
- Hayes, S. H., Ding, D., Salvi, R. J., and Allman, B. L. (2013). Anatomy and physiology of the external, middle and inner ear. *Handbook of Clinical Neurophysiology: New York: Elsevier*, 3-23.
- Hızal, E. (2010). İşitsel Sinir Sisteminin Fonksiyonel Anatomisi. Odyolojinin Temelleri. Titreşimden Seslere içinde Çeviri Editörü İ. Yılmaz, San Diego, ss. 17-52.
- Holden, L. K., Finley, C. C., Firszt, J. B., Holden, T. A., Brenner, C., Potts, L. G., and Skinner, M. W. (2013). Factors affecting open-set word recognition in adults with cochlear implants. *Ear and hearing*, 34(3), 342.
- Irwin, J. (2006). Basic anatomy and physiology of the ear. Infection and hearing impairment, Infection and Hearing Impairment. V.E.N.a.P.J. Vallety, John Wiley & Sons, Ltd. ss. 8-13.
- Kanlıkama, M., (2013), İşitme Fizyolojisi, 5. Bölüm, Otoloji ve Nöro-otoloji, Çelik O. (Ed), 1.Cilt. Elit Ofset, İstanbul, ss. 62-83.
- Karabulut, M., ve Müjdecı, B. (2022). Vestibüler İmplantlar: Literatür Derlemesi. *Journal of Ear, Nose & Throat & Head & Neck Surgery*, 30(4).
- Karamert, R., Eravcı, F., ve Aksoy, B. (2016). Kemiğe implante edilebilir işitme cihazları. 12. Uluslararası Kulak Burun Boğaz ve Baş Boyun Cerrahisi Kongresi , Ankara, Turkey
- Kaya M, Gündüz M. (2015). İşitme Sistemi Anatomi ve Fizyolojisi. Gündüz M. (Editör.) Odyolojide Temel Kavramlar ve Yaklaşımlar. 1. Baskı, Ankara: Nobel Tıp Kitabevi, s. 61-87.
- Kenar, F., ve Ayçiçe, A. (2015). Endüstriyel Odyoloji ve Gürültüye Bağlı İşitme Kayıpları. *Türkiye Klinikleri, Kulak Burun Boğaz-Özel Konular*, 8(2), 132-6.

- Kılıç, N. (2017), Konuşma, Uzaysal Algı ve İşitme Kalitesi Ölçeğinin Türkçeye Uyarlanıp, Normalizasyonunun Yapılarak Normal İşitene ve Sensörinöral İşitme Kayıplı Yetişkin Bireylerde İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi.Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü,Ankara
- Kim, S.H, Cho YS, Kim HJ, Kim HJ. (2014). Operative findings of conductive hearing loss with intact tympanic membrane and normal temporal bone computed tomography. *Eur Arch Otorhinolaryngol*, 271(6): 1409-1414.
- Kingma H, Van de Berg R. (2016). Anatomy, physiology, and physics of the peripheral vestibular system. 3rd ed. *Handbook of Clinical Neurology*, ss. 137:1-16
- Kochkin, S. (2010). MarkeTrak VIII: Consumer satisfaction with hearing aids is slowly increasing. *Hearing Journal*, 63(1), 19 – 32
- Koçyiğit, M., Cakabay, T., Ortekin, S. G., & Bezgin, S. Ü. (2018). Koklear implant: Biyonik kulak. *Acıbadem Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, (3), 223-228.
- Kumar, A., Mathew, K., Alexander, S. A., & Kiran, C. (2009). Output sound pressure levels of personal music systems and their effect on hearing. *Noise and Health*, 11(44), 132-140.
- Lai, W. K., Müller-Deile, J., Dillier, N., Almqvist, B., Stecker, M., Frohne, C., & Von Wallenberg, E. (2002). Measurement of the electrically evoked compound action potential via a neural response telemetry system. *Annals of Otology, Rhinology & Laryngology*, 111(5), 407-414.
- Laury, A. M., Casey, S., McKay, S., & Germiller, J. A. (2009). Etiology of unilateral neural hearing loss in children. *International journal of pediatric otorhinolaryngology*, 73(3), 417-427.
- Leavitt, R., Bentler, R., & Flexer, C. (2017). Hearing aid programming practices in Oregon: Fitting errors and real ear measurements. *Hearing Review*, 24(6), 30-33
- Lee, K.J. (2012). *Essential otolaryngology: head and neck surgery*. 12th ed. McGraw-Hill, ISBN 978-1-260-12223-7, ss. 1344.
- Lehnhardt E, Laszig R. (2009). *Praxis der Audiometrie* Stuttgart. Georg Thieme Verlag. 2009:47–52
- Lenarz, M., Sönmez, H., Joseph, G., Büchner, A., & Lenarz, T. (2012). Effect of gender on the hearing performance of adult cochlear implant patients. *The Laryngoscope*, 122(5), 1126-1129.
- Leone, C. A., Mosca, F., & Grassia, R. (2017). Temporal changes in impedance of implanted adults for various cochlear segments. *Acta Otorhinolaryngologica Italica*, 37(4), 312
- Lim, R., & Brichta, A. M. (2016). Anatomical and physiological development of the human inner ear. *Hearing research*, 338, 9-21.

- Lim, R., & Brichta, A. M. (2016). Anatomical and physiological development of the human inner ear. *Hearing research*, 338, 9-21
- Litovsky, R. Y., Parkinson, A., & Arcaroli, J. (2009). Spatial hearing and speech intelligibility in bilateral cochlear implant users. *Ear and hearing*, 30(4), 419.
- Liu, Y., Wu, C., Chen, T., Shen, Q., Xiong, Y., Chen, Z., & Li, C. (2022). Evaluation of acoustic changes in and the healing outcomes of rat eardrums with pars tensa and pars flaccida perforations. *Laryngoscope Investigative Otolaryngology*, 7(3), 816-824.
- Macherey O, & Carlyon RP. (2014). Cochlear implants. *Current Biology*, 24(18), R878-R884.
- Markides, A. (1986). Shortpaper: age at fitting of hearing aids and speech intelligibility. *British journal of audiology*, 20(2), 165-167.
- Marschark, M., Rhoten, C., Fabich, M. (2007), Effects of cochlear implants on children's reading and academic achievement, *J. Deaf Stud. Deaf Educ.* 12 (3), 269- 282.
- Marsot-Dupuch, K., & Meyer, B. (2001). Cochlear implant assessment: imaging issues. *European journal of radiology*, 40(2), 119-132.
- Martin FN. (2000). Pseudohypacusis. In Katz J. (ed.) *Handbook of Clinical Audiology*. Baltimore ABD: Lippicott Williams and Wilkins
- Maw AR, Hall AJ, Pothier DD, Gregory SP, Steer CD. (2011). The prevalence of tympanic membrane and related middle ear pathology in children: A large longitudinal cohort study followed from birth to age ten. *Otology & Neurotology*. 32(8):1256-1261
- McCormack, A., & Fortnum, H. (2013). Why do people fitted with hearing aids not wear them?. *International journal of audiology*, 52(5), 360-368.
- McRackan, T. R., Hand, B. N., Velozo, C. A., & Dubno, J. R. (2019). Association of demographic and hearing-related factors with cochlear implant-related quality of life. *JAMA Otolaryngology–Head & Neck Surgery*, 145(5), 422-430.
- Mescher A. (2016). Chapter 23. The eye and ear: Special sense organs. Junqueira's *Basic Histology: Text & Atlas*. 14th ed. ss. 499-522
- Metselaar, M., Maat, B., Krijnen, P., Verschuure, H., Dreschler, W. A., & Feenstra, L. (2009). Self-reported disability and handicap after hearing-aid fitting and benefit of hearing aids: comparison of fitting procedures, degree of hearing loss, experience with hearing aids and uni-and bilateral fittings. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, 266, 907-917.
- Moller, A.R. (2000), *Hearing: its physiology and pathophysiology*. 1st Ed. Academic Press, ss. 515.

- National Institute on Deafness and Other Communication Disorders (NIDCD) (2012). Erişim Adresi: <https://www.nih.gov/about-nih/what-we-do/nih-almanac/national-institute-deafness-other-communication-disorders-nidcd>. Erişim Tarihi: 02.11.2023
- NIDCD (National Institute on Deafness and Other Communication Disorders) (2016). Cochlear Implants, NIH Publication No. 00-4798
- Niemann, C., Horsley, V. (2012). Development and homeostasis of the sebaceous gland. *Seminars in Cell and Developmental Biology*. 23(8):928-936.
- Nin, F., Yoshida, T., Sawamura, S., Ogata, G., Ota, T., Higuchi, T., ... & Hibino, H. (2016). The unique electrical properties in an extracellular fluid of the mammalian cochlea; their functional roles, homeostatic processes, and pathological significance. *Pflügers Archiv-European Journal of Physiology*, 468, 1637-1649.
- Noble, W., Tyler, R. S., Dunn, C. C., & Bhullar, N. (2009). Younger-and older-age adults with unilateral and bilateral cochlear implants: speech and spatial hearing self-ratings and performance. *Otology & neurotology: official publication of the American Otological Society, American Neurotology Society [and] European Academy of Otology and Neurotology*, 30(7), 921.
- Oghalai, J.Ss, Brownell, W.E. (2012). Chapter 44. Anatomy & physiology of the ear. In: Lalwani AK, editor. *CURRENT Diagnosis & Treatment in Otolaryngology-Head & Neck Surgery*, 3e. New York, NY: The McGraw-Hill Companies, ss. 577-593.
- Pickles, J. O. (2015). Auditory pathways: anatomy and physiology. *Handbook of clinical neurology*, 129, 3-25
- Probst R, Grevers G, Iro H. (2006). Basic Otorhinolaryngology: A Step-by-Step Learning Guide. Vol. vii. New York: Georg Thieme Verlag.
- Qiu, X., & Müller, U. (2022). Sensing sound: Cellular specializations and molecular force sensors. *Neuron*. 10: 3667-3687.
- Raphael Y, Altschuler RA. (2003). Structure and innervation of the cochlea. *Brain Research Bulletin*. 60(5-6):397-422
- Reichenbach, T., Stefanovic, A., Nin, F., and Hudspeth, A. J. (2012). Waves on Reissner's membrane: a mechanism for the propagation of otoacoustic emissions from the cochlea. *Cell reports*, 1(4), 374-384.
- Riss, D., Arnoldner, C., Baumgartner, W. D., Kaider, A., and Hamzavi, J. S. (2008). A new fine structure speech coding strategy: speech perception at a reduced number of channels. *Otology & Neurotology*, 29(6), 784-788
- Russell, M. K. (2022). Age and auditory spatial perception in humans: review of behavioral findings and suggestions for future research. *Frontiers in Psychology*, 13, 831670.

- Ryugo, D. K., Rosenbaum, B. T., Kim, P. J., Niparko, J. K., and Saada, A. A. (1998). Single unit recordings in the auditory nerve of congenitally deaf white cats: morphological correlates in the cochlea and cochlear nucleus. *Journal of Comparative Neurology*, 397(4), 532-548.
- Salt, A. N., Hale, S. A., and Ploncke, S. K. (2006). Perilymph sampling from the cochlear apex: a reliable method to obtain higher purity perilymph samples from scala tympani. *Journal of neuroscience methods*, 153(1), 121-129.
- Saunders, E., Cohen, L., Aschendorff, A., Shapiro, W., Knight, M., Stecker, M., & Cowan, R. (2002). Threshold, comfortable level and impedance changes as a function of electrode-modiolar distance. *Ear and hearing*, 23(1), 28S-40S
- Sauvaget, E., Péréon, Y., Tich, S. N. T., and Bordure, P. (2002). Electrically evoked auditory potentials: comparison between transtympanic promontory and round-window stimulations. *Neurophysiologie Clinique/Clinical Neurophysiology*, 32(4), 269-274
- Schilder, A. G., Su, M. P., Blackshaw, H., Lustig, L., Staecker, H., Lenarz, T., and Warnecke, A. (2019). Hearing protection, restoration, and regeneration: an overview of emerging therapeutics for inner ear and central hearing disorders. *Otology & Neurotology*, 40(5), 559-570.
- Schurzig, D., Timm, M. E., Majdani, O., Lenarz, T., and Rau, T. S. (2021). The use of clinically measurable cochlear parameters in cochlear implant surgery as indicators for size, shape, and orientation of the scala tympani. *Ear and Hearing*, 42(4), 1034-1041.
- Seikel, J. A., Drumight, D. G., and King, D. W. (2015). *Anatomy & physiology for speech, language, and hearing*. Cengage Learning
- Sennaroğlu L, Sennaroğlu G, Yücel E. (2004). Koklear İmplantasyon. 1. Baskı, İçinde: Koç C (editör). *Kulak Burun Boğaz Hastalıkları ve Baş Boyun Cerrahisi*, Ankara, Turgut Yayıncılık.
- Sheikh, A., Shabbir, K., and Imtiaz, A. (2022). Structure and Physiology of Human Ear Involved in Hearing. In *Auditory System-Function and Disorders*. IntechOpen.
- Shukla, A., Cudjoe, T. K., Lin, F. R., and Reed, N. S. (2021). Functional hearing loss and social engagement among Medicare beneficiaries. *The Journals of Gerontology: Series B*, 76(1), 195-200.
- Sipahi, S. (2012). *Koklear İmplantlarda İmpedans, T ve C Değerlerinin Yıllara Göre Değişimi*. Yüksek Lisans Tezi, Başkent Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Somek, B., Fajt, S., Dembitz, A., Ivković, M., and Ostojić, J. (2006). Coding strategies for cochlear implants. *AUTOMATIKA: časopis za automatiku, mjerenje, elektroniku, računarstvo i komunikacije*, 47(1-2), 69-74

- Stenfelt, S. (2011). Acoustic and physiologic aspects of bone conduction hearing. *Implantable bone conduction hearing aids*, 71, 10-21.
- Stenfelt, S. (2015). Inner ear contribution to bone conduction hearing in the human. *Hearing research*, 329, 41-51.
- Stephan, K., & Welzl-Muller, K. (2000). Post-operative stapedius reflex tests with simultaneous loudness scaling in patients supplied with cochlear implants. *Audiology*, 39(1), 13-18
- Şen, M. (2019). *Sensorinöral işitme kayıplı bireylerde bilateral işitme cihazı kullanımının ayırt etme skoru üzerine etkisinin araştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, Başkent Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü
- Şenkal, ÖA. (2015), Derecesine ve lokalizasyonuna göre işitme kayıpları. 22. Bölüm, Temel Odyoloji. Güneş Tıp Kitabevi, Ankara: 301-302.
- Şenli, F. D., Topçu, Ö., ve Sennaroğlu, G. (2020). Koklear implant kullanan geriatric bireylerde programlama parametrelerinin değerlendirilmesi. *Türk Odyoloji ve İşitme Araştırmaları Dergisi*, 3(1), 8-13.
- Tanyeri, O. (2017). *Prelingual dönemde ortaya çıkan işitme kaybının vestibüler labirent üzerindeki etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, Başkent Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü.
- Tascioglu AB. (2005). Brief review of vestibular system anatomy and its higher order projections. *Neuroanatomy*. 4(4):24-27
- Thompson H, Ohazama A, Sharpe PT, Tucker AS. (2012). The origin of the stapes and relationship to the otic capsule and oval window. *Developmental Dynamics*. 241(9):1396-1404
- Turan, Z., Küçüköncü, D. T., Cankuvvet, N., ve Yolal, Y. (2012). Koklear implant ve işitme cihazı kullanan işitme kayıplı çocukların dil ve dinleme becerilerinin değerlendirilmesi. *Gülhane Tıp Dergisi*, 54(2), 142-150
- Verma, H., and Baliyan, V. (2016). Approach to Hearing Loss. 1st ed. *Clinico Radiological Series: Temporal Bone Imaging*, Jaype, ss. 265
- Volandri, G., Di Puccio, F., Forte, P., and Carmignani, C. (2011). Biomechanics of the tympanic membrane. *Journal of biomechanics*, 44(7), 1219-1236.
- Waltzman, S. B., and Cohen, N. L. (1999). Implantation of patients with prelingual long-term deafness. *Annals of Otolaryngology, Rhinology & Laryngology*, 108(4 suppl), 84-87.
- Warnecke, A., Prenzler, N. K., Schmitt, H., Daemen, K., Keil, J., Dursin, M., and Falk, C. S. (2019). Defining the inflammatory microenvironment in the human cochlea by perilymph analysis: toward liquid biopsy of the cochlea. *Frontiers in Neurology*, 10, 665.

- Wever, E. G., and Lawrence, M. (2015). Physiological acoustics. In *Physiological Acoustics*. Princeton University Press
- White HJ, Helwany M, Peterson DC. (2021). Anatomy, head and neck, ear organ of corti. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island, FL: StatPearls Publishing
- Wolfe, J., and Schafer, E. (2014). *Programming cochlear implants*. 2nd ed. Plural publishing, ss. 408.
- Yoshioka, T., and Sakakibara, M. (2013). Physical aspects of sensory transduction on seeing, hearing and smelling. *Biophysics*, 9, 183-191
- Zahorik, P., and Rothpletz, A. M. (2015), Speech, spatial, and qualities of hearing scale (SSQ): normative data from young, normal-hearing listeners. In Proceedings of Meetings on Acoustics. Acoustical Society of America, 21-1-050007
- Zeng, F. G., Rebscher, S., Harrison, W., Sun, X., and Feng, H. (2008). Cochlear implants: system design, integration, and evaluation. *IEEE reviews in biomedical engineering*, 1, 115-142.
- Zhao X, Yang H, Yamoah EN, Lundberg YW. (2007). Gene targeting reveals the role of Oc90 as the essential organizer of the otoconial organic matrix. *Developmental Biology*. 304(2):508-524
- Zwolan TA. (2009). Cochlear Implants. In: Katz J (ed). *Handbook of Clinical Audiology*, 6th ed. USA, Lippincott Williams & Wilkins, ss. 125-126.