



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

İŞİTME CİHAZI KULLANANLARDA NAL-NL1, NAL-NL2 VE DSL KAZANÇ FORMÜLLERİ KULLANILARAK KONUŞMAYI AYIRT ETME FARKLILIKLARININ İNCELENMESİ

Ömür AKDOĞAN GÜLSOY

Yüksek Lisans Tezi

Nevşehir, 2024

İŞİTME CİHAZI KULLANANLARDA NAL-NL1, NAL-NL2 VE DSL KAZANÇ
FORMÜLLERİ KULLANILARAK KONUŞMAYI AYIRT ETME
FARKLILIKLARININ İNCELENMESİ

Ömür AKDOĞAN GÜLSOY

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

Yüksek Lisans Tezi

Nevşehir, 2024

ÖZET

GÜLSOY AKDOĞAN Ömür. *İşitme Cihazı Kullananlarda NAL-NL1, NAL-NL2 ve DSL Kazanç Formülleri Kullanılarak Konuşmayı Ayırt Etme Farklılıklarının İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Nevşehir, 2024.

Bu çalışmada işitme cihazı kullanıcılarında NAL-NL1, NAL-NL2 ve DSL kazanç formülleri uygulanarak konuşmayı ayırt etme skorlarındaki farklılıklarının değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Araştırmaya, 49 – 79 yaş aralığında 41 kadın ve 59 erkek olmak üzere toplam 100 işitme kaybı yaşayan hasta dahil edilmiştir. Hiç bir manipülasyon yapmadan serbest alanda her hastaya NAL-NL1, NAL-NL2 ve DSL v.5 fitting programıyla fonetik liste okunarak diskriminasyon skorları değerlendirildi. DSL v.5 kazanç formülüne göre elde edilen konuşmayı ayırt etme skorunun NAL-NL1 ve NAL-NL 2'ye göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Katılımcıların cinsiyetine göre NAL-NL 1, NAL-NL 2 ve DSL kazanç formüllerine göre konuşmayı ayırt etme skorlarında anlamlı farklılık olmadığı görüldü. İşitme cihazı kullananların yaşları arttıkça NAL-NL 1, NAL-NL 2 ve DSL kazanç formülleri sonrasında elde edilen konuşmayı ayırt etme düzeylerinin anlamlı şekilde azaldığı saptandı. DSL v.5 kazanç formülü kullanılarak elde edilen konuşmayı ayırt etme skorunun istatistiksel açıdan anlamlı şekilde NAL-NL1 kazanç formülü kullanılarak elde edilen konuşmayı ayırt etme skorundan daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. DSL v.5 kazanç formülünün konuşmayı ayırt etme düzeyinde NAL-NL 2 kazanç formülüne kıyasla daha etkili olduğu görülmüştür

Anahtar Sözcükler

İşitme Cihazı, Kazanç Formülleri, Konuşmayı Ayırt Etme Skoru

ABSTRACT

GULSOY AKDOGAN Omur, *Investigation of Speech Discrimination Differences in Hearing Aid Wearers Using NAL-NL1, NAL-NL2 and DSL Gain Formulas*, Master's Thesis, Nevsehir, 2024.

The aim of this study was to evaluate the differences in speech discrimination scores in hearing aid users by applying NAL-NL1, NAL-NL2 and DSL gain formulas. A total of 100 patients with hearing loss, 41 women and 59 men, aged between 49 and 79 years, were included in the study. The discrimination scores were evaluated by reading the phonetic list with NAL-NL1, NAL-NL2 and DSL v.5 fitting program to each patient in a free field without any manipulation. It was observed that the speech discrimination score obtained according to the DSL v.5 gain formula was higher than NAL-NL1 and NAL-NL2. There was no significant difference in speech discrimination scores according to NAL-NL 1, NAL-NL 2 and DSL gain formulas according to the gender of the participants. As the age of hearing aid users increased, speech discrimination levels obtained after NAL-NL 1, NAL-NL 2 and DSL gain formulas decreased significantly. The speech discrimination score obtained using the DSL v.5 gain formula was statistically significantly higher than the speech discrimination score obtained using the NAL-NL1 gain formula. The DSL v.5 gain formula was found to be more effective in speech discrimination than the NAL-NL 2 gain formula.

Keywords

Hearing Aid, Gain Formulas, Speech Discrimination Score

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY	iii
YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI	iv
ETİK BEYAN	iv
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
TABLolar DİZİNİ	ix
GİRİŞ	1
 1. BÖLÜM	 4
KAVRAMSAL ÇERÇEVE	4
 1.1. KULAK ANATOMİSİ VE FİZYOLOJİSİ	 4
1.1.1. Dış Kulak Yapısı ve Fizyolojisi	5
1.1.1.1. Kulak Kepçesi	5
1.1.1.2. İşitsel Kanal	5
1.1.1.3. Timpanik membran	6
1.1.2. Orta Kulağın Yapısı ve Fizyolojisi	7
1.1.3. İç Kulağın Yapısı ve Fizyolojisi	10
1.1.3.1. Vestibüler sistem	11
1.1.3.2. Koklea	16
1.1.3.2.1. Koklea kanalları	16
1.1.3.2.2. Koklea Sıvıları	18
1.1.3.2.3. Reissner membranı	18
1.1.3.2.4. Corti Organı	19
1.2. İŞİTME ANATOMİSİ VE FİZYOLOJİSİ	23
1.3. İŞİTME KAYIPLARI	28
1.3.1. İşitme Kaybı Tipleri	29
1.3.2. Yetişkin Bireylerde İşitme Kaybı Prevalansı	33
1.3.3. Tedavi ve Rehabilitasyon	34
1.4. İŞİTME CİHAZLARI	34
1.4.1. İşitme Cihazı Türleri	34
1.4.1.1. Hava Yolu İşitme Cihazları	35
1.4.1.2. Kemik Yolu İşitme Cihazları	36
1.4.1.3. İmplant Edilebilir İşitme Cihazları	37
1.4.2. İşitme Cihazı Uygulaması	39
1.4.2.1. Cihazlama Öncesi (Prefitting) Dönem	40
1.4.2.2. Cihazlama (Fitting) Dönemi	41
1.4.2.3. Cihazlama Sonrası (Postfitting) Dönem	41
1.4.3. İşitme Cihazından Duyulan Faydayı Etkileyen Faktörler	41
1.4.3.1. Odyolojik Faktörler	42
1.4.3.2. Odyolojik Olmayan Faktörler	44
1.5. KONUŞMA ODYOMETRİSİ	45
1.6. İŞİTME PERFORMANSININ ARTIRILMASINA YÖNELİK KULLANILAN KAZANÇ FORMÜLLERİ	49

1.6.1. Lineer Kazanç Formülleri.....	50
1.6.2. Lineer Olmayan Kazanç Formülleri.....	51
1.6.2.1. DSL I/O ve DSL	52
1.6.2.2. NAL–NL1	52
1.6.2.3. NAL–NL2	54
2. BÖLÜM.....	55
GEREÇ VE YÖNTEM	55
2.1. KATILIMCILAR	55
2.2. VERİ TOPLAMA ARAÇLARI	56
2.3. İSTATİSTİKSEL ANALİZ	56
3. BÖLÜM.....	58
BULGULAR.....	58
3.1. DEMOGRAFİK ÖZELLİKLERE İLİŞKİN TANIMLAYICI İSTATİSTİKLER.....	58
3.2. NAL-NL1, NAL-NAL 2 ve DSL KAZANÇ FORMÜLLERİNE GÖRE KONUŞMAYI AYIRT ETME SKORLARINA İLİŞKİN BULGULAR.....	59
4. BÖLÜM.....	63
TARTIŞMA	63
SONUÇ	67
KAYNAKÇA	68
Ek 1. Orijinallik Raporu.....	87
Ek 2. Etik Kurul İzin Formu.....	88
Ek 3. Fonetik Liste	89

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Kulağın yapısı	4
Şekil 2. Ses Dalgalarının Kokleaya İletimi.....	25
Şekil 3. Kokleanın Kesiti	26
Şekil 4. Saç hücreleri	27
Şekil 5. Kokleada Frekans Kodlaması	28
Şekil 6. İşitme organlarındaki lezyonun seviyesine göre işitme bozukluğunun topografik-fonksiyonel sınıflandırması.....	30
Şekil 7. Kulak Arkası İşitme Cihazı (https://www.msdmanuals.com/en-jp/home/multimedia/figure/hearing-aids-amplifying-the-sound).....	35
Şekil 8. Kanal İçi İşitme Cihazı (https://www.msdmanuals.com/en-jp/home/multimedia/figure/hearing-aids-amplifying-the-sound).....	35
Şekil 10. Gözlük Tipi İşitme Cihazı.....	36
Şekil 10. Baş Bandıyla Kullanılan Cep Tipi İşitme Cihazı (Belgin ve Ataş, 2002)	37
Şekil 11. Kemiğe İmplant Edilebilir İşitme Cihazı (Karamert ve ark., 2016)	38
Şekil 12. Koklear İmplant Uygulanmış Bir Çocuk (Koçyiğit ve ark., 2018)	39
Şekil 13. Katılımcıların cinsiyetine göre dağılımı.....	58
Şekil 14. Katılımcıların NAL-NL 1, NAL-NL 2 ve DSL Kazanç Formüllerine Göre Konuşmayı Ayırt Etme Skorları	59
Şekil 15. Katılımcıların cinsiyetine göre NAL-NL 1, NAL-NL 2 ve DSL Kazanç Formüllerine Göre Konuşmayı Ayırt Etme Skorları	60

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 1. Genel klinik önerilerle birlikte DSÖ işitme bozukluğunun ciddiyet sınıflandırması	29
Tablo 2. İşitme cihazlarının sınıflandırılması	34
Tablo 3. Katılımcıların cinsiyetine göre dağılımı.....	58
Tablo 4. Katılımcıların yaş ortalaması	58
Tablo 5. Katılımcıların NAL-NL 1, NAL-NL 2 ve DSL Kazanç Formüllerine Göre Konuşmayı Ayırt Etme Skorları	59
Tablo 6. Katılımcıların cinsiyetine göre NAL-NL 1, NAL-NL 2 ve DSL Kazanç Formüllerine Göre Konuşmayı Ayırt Etme Skorlarının Karşılaştırılması.....	60
Tablo 7. Katılımcıların yaşı ile NAL-NL 1, NAL-NL 2 ve DSL Kazanç Formüllerine Göre Konuşmayı Ayırt Etme Skorları Arasındaki İlişki	61
Tablo 8. NAL-NL 1 ve NAL-NL 2 Kazanç Formüllerine Göre Konuşmayı Ayırt Etme Skorlarının Karşılaştırılması.....	61
Tablo 9. NAL-NL 1 ve DSL Kazanç Formüllerine Göre Konuşmayı Ayırt Etme Skorlarının Karşılaştırılması	61
Tablo 9. NAL-NL 2 ve DSL Kazanç Formüllerine Göre Konuşmayı Ayırt Etme Skorlarının Karşılaştırılması	62

GİRİŞ

Reçete prosedürü, özellikle seçim, doğrulama ve adaptasyon sürecinin başlangıcında, işitme cihazı adaptasyonundaki ayarlamalar için başlangıç noktasıdır. Ana hedef, işitme cihazı kullanıcıları için genellikle konuşma algısını iyileştirmeyi içeren ilgi alanlarına göre önerilen amplifikasyonun uygulanmasıdır (Johnson, 2013). Bunun yanı sıra farklı yöntemler farklı ayarlama hedeflerine sahip olabilmektedir.

İşitme cihazlarından programlanmakta olan kazancın gerçek kulakta elde edilmekte olan kazanca tam manasıyla karşılık gelmediği yapılan çalışmalar ile gösterilmiştir (Hawkins ve Cook, 2003). Yapılan çalışmalar sonucunda ayarlama prosedürlerinin hedeflere ulaşip ulaşmadığından emin olabilmek için en etkili yolun elektroakustik doğrulama olduğu bildirilmiştir (Dillon ve Keidser, 2003; Aarts ve Caffee, 2005; Valente, 2006).

İşitme cihazıyla ilgili bir reçete algoritması uygulandığı zaman 2cc kuplörün ortalama değerleri baz alınmaktadır. Bireyin kulağında bulunan sonucun hedefe yakın olması beklenir; ancak, sadece 2cc ortalama değerlerine dayanır ve bireysel kulaklar arasında farklılıklar vardır. Bu amaç doğrultusunda ön programlamada reçete algoritmalarının ve kişiselleştirilmiş ölçümün öneminin anlaşılması gerekmektedir (Dworsack-Dodge, 2013).

Bu faktörlerle ilgili olarak, yetişkin ve yaşlı popülasyonla ilgili klinik uygulamada neler yapıldığı sorgulanmaktadır. Şu anda bu popülasyon için seçim ve doğrulama protokolleri, programlamaya dönüştürülen yetişkin kulakların ortalama parametreleri dikkate alınarak standartlaştırılmış bir şekilde gerçekleştirilmektedir. Ancak yeni çalışmalar, yaşlılarda kulağa ulaşan sesin dinamiklerine müdahale eden ve dış akustik meatusun değişmesi nedeniyle amplifikasyonunu azaltan bireysel özellikler olduğunu göstermektedir (Scollie, 2006; Roedas ve ark., 2014).

Uyum aşamasında bireyselleştirilmiş yaklaşım dikkate alınacak olursa “Gerçek Kulak-Bağlayıcı Farkı” (RECD) öne çıkan ölçülerden birisidir. RECD, her bir kulakta direkt olarak ölçüldüğünden ve böylelikle gerçek boyutları elde edip sonrasında programlamaya dönüştürüldüğünde bireyselleştirme önerisi açısından uygundur (Munro ve Toal, 2005). Bu bağlamda konu üzerine gerçekleştirilen çalışmalarda işitme cihazı seçimi ve adaptasyonu aşamalarında bu kriterin önemi ortaya konmuştur (Scolle, 2006; Ching ve ark., 2010; Polonenko ve ark., 2010). Bu durum ayrıca yetişkin bireylerde amplifikasyonun reçete rutinlerinde gereken önlemlerden birisi olarak önerilmiştir (American Academy of Audiology, 2008; College of Audiologists and Speech-Language Pathologists of Ontario, 2014).

İşitme cihazı elektroakustik özelliklerini belirlemek için, etkilenen nüfusun bireysel ihtiyaçlarına yönelik karmaşık matematiksel uygulamalar olan reçete prosedürleri önerilmektedir. Örneğin, NAL-NL2 (16) e DSL v5.0a (17) reçete prosedürleri.

NAL-NL2 prosedürü Ulusal Akustik Laboratuvarları (National Acoustic Laboratories, NAL) prosedürlerinin ikinci nesli ve arzu edilen duyum düzeyi (Desired Sensation Level, DSL) prosedürlerinin de son versiyonu olan DSL v5.0a, geçmiş versiyonlara kıyasla daha düşük kazanç sunması ile öne çıkmaktadır (Keidser ve ark., 2011; Scolle ve ark., 2005; Keidser ve ark., 2012). Bu reçetelerin geçmiş versiyonlarında öngörülen kazanç bakımından önemli farklılıklar arz etmekte olup DSL v.4, NAL-NL1’den büyük oranda daha fazla kazanç öngörmektedir. İki reçetenin son versiyonu çok daha benzer hale gelmiştir (Johnson ve Dillon, 2011), çünkü DSL v5.0a yetişkin işitme cihazı kullanıcıları için DSL v4’ten önemli ölçüde daha az kazanç reçete etmektedir (Scolle ve ark., 2005).

Çok sayıda ilerlemenin ve reçete prosedürlerinin daha fazla kapsama olasılığının ortasında olmasına rağmen, işitme kaybı olan yaşlılarda işitme cihazı adaptasyon sürecine rehberlik eden çok az çalışma vardır. İlk ayarlama ile işitme cihazı programlamasının genellikle reçete edilen hedeften farklılıklarla

sonuçlandığı, küçük farklılıkların bile algısal sonuçları olabileceği ve önceki araştırmaların uyum yakınlığı ile öznel sonuçlar arasındaki ilişki konusunda belirsiz olduğu göz önüne alındığında (Aarts ve Caffee, 2005; Aazh ve Moore, 2007), işitme sağlığı uzmanlarının bu popülasyon için şu anda mevcut olan reçete prosedürleri hakkında bilgiye ve daha fazla çalışmaya ihtiyacı vardır.

Bu bağlamda, reçete önerilerine uygun olarak amplifikasyon ile konuşma anlaşılabilirliği performansına ilişkin gerçekçi beklentiler oluşturmak ve yaşlı nüfusa gerekli özeni göstererek adaptasyonun elektroakustik yönlerini ele almak ve böylece bu bireylerin yaşam kalitesini iyileştirmek için reçete prosedürlerinin etkinliğini değerlendirmek için daha ayrıntılı bir çalışmaya ihtiyaç duyulduğu fark edilmiştir.

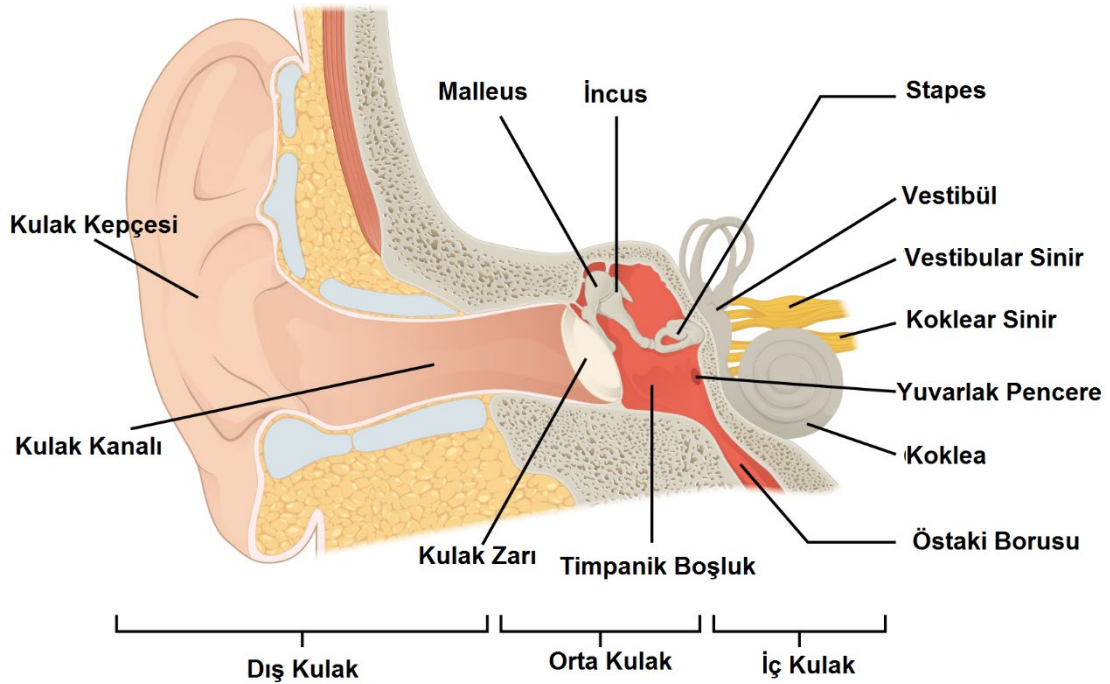
Bu çalışmada işitme cihazı kullanıcılarında NAL-NL1, NAL-NL2 ve DSL kazanç formülleri uygulanarak konuşmayı ayırt etme skorlarındaki farklılıklarının değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

1. BÖLÜM

KAVRAMSAL ÇERÇEVE

1.1. KULAK ANATOMİSİ VE FİZYOLOJİSİ

Kulak üç bölüme ayrılmıştır: Burada gösterilen dış, orta ve iç. Dış kulak, kulak kepçesini, kulak/işitme kanalını ve onu orta kulak boşluğundan ayıran kulak zarını içerir. Orta kulak, östaki borusuyla burnun arkasına bağlanır ve çekiç, üzengi ve örs olarak bilinen kemikçikleri içermektedir. İç kulak ise vestibüler labirent ve salyangoz olmak üzere iki kısma ayrılmakta olup vestibüler labirent de yarım daire kanallarını ve vestibülü içermektedir (Kaya ve Gündüz, 2015).



Şekil 1. Kulağın yapısı

1.1.1. Dış Kulak Yapısı ve Fizyolojisi

Dış kulak her ikisi de odaklanmış ses sinyalinin dış kulak ile orta kulağı birbirinden ayıran kulak zarına iletmekle görevli olan kulak kepçesi ile işitme kanalından meydana gelmektedir. Dış kulağın düzgün bir şekilde gelişimi fonksiyonel işime açısından gereklidir. Dış kulakla ilgili anomaliler bazı sendromik ve sendromik olmayan işitme kayıplarından rol oynadığı için dış kulak yapısının ayrıntılı bir şekilde anlaşılması son derece önemlidir (Anthwal ve Thompson, 2016).

1.1.1.1. Kulak Kepçesi

Kulak kepçesi, insan anatomisinde, dış kulağın görünen kısmı ve insan kulağı ile diğer memelilerinki arasındaki fark noktasıdır. İnsanlarda kulak kepçesi neredeyse ilkindir ve genellikle hareketsizdir ve başın yan tarafına yakındır. Sıkı bir deri ile kaplı ince bir sarı elastik kıkırdak tabakasından oluşur. Dış kulak kıkırdaklı şekillendirilmiştir ve düzensiz sığ bir huni oluşturan iyi tanımlanmış oyuklara, oluklara ve çıkıntılara sahiptir. Kulak kepçesindeki konka adı verilen en derin çöküntü, dış kulak yoluna veya meatusa açılır. Kulak kepçesinin kıkırdak içermeyen tek kısmı, kulak kepçesinin etli alt kısmı olan lobüldür. Kulak kepçesi, onu kafatasına ve kafa derisine bağlayan birkaç küçük temel kasa sahiptir. İnsanlarda genellikle işlevsel olmayan bu kaslar, bazı insanlarda sınırlı hareket yeteneğine sahiptir.

1.1.1.2. İşitsel Kanal

Dış işitsel kanal, başın dışından her kulağın timpanik zarına veya kulak zarı zarına giden geçittir. Dış işitsel kanalın yapısı tüm memelilerde aynıdır. Görünüşe göre, kulak kepçesinin tabanından veya dış kulağın çıkıntılı kısmından içeriye doğru uzanan ve onu orta kulaktan ayıran kulak zarı zarında kör bir şekilde sona eren, hafif kavisli bir tüptür. Kanal duvarının dıştaki üçte birlik kısmı kıkırdaktan, içteki üçte ikisi ise kemikten oluşur. Kanal yaklaşık 4 cm uzunluğundadır ve kulak zarını kaplayacak kadar uzanan deri ile kaplıdır. Dışarıya doğru yönlendirilen küçük tüyler ve serumen (kulak kiri) üreten değiştirilmiş ter bezleri, böceklerin

kulağa girmesini engellemeye yardımcı olur (Perry ve Shelley, 1955; Niemann ve Horsley, 2012).

1.1.1.3. Timpanik membran

Timpanik membrana kulak zarı da denir. Dış kulağı orta kulaktan ayırır. Ses dalgaları kulak zarına ulaştığında onun titreşmesine neden olur. Titreşimler daha sonra orta kulaktaki minik kemiklere aktarılır. Orta kulak kemikleri daha sonra titreşen sinyalleri iç kulağa aktarır. Timpanik membran, dış yüzeyi deri, iç yüzeyi ise mukoza ile kaplı ince bir bağ dokusu membranından oluşur. Timpanik membran (kulak zarı, myringa), dış akustik eti timpanik boşluktan ayıran, yaklaşık 1 cm çapında, ince, yarı şeffaf, oval bir membrandır. Dış akustik kanalın lateral ucunda yer alır ve medial olarak arkadan öne ve üstten aşağıya doğru eğilir. Bu nedenle timpanik membranın yan yüzeyi öne ve aşağıya bakar (Lim, 1968; Alberti, 2001; Maw ve ark., 2011; Carlson, 2014; Probst ve ark., 2006).

Timpanik membran, her iki tarafı epitelle kaplı ince bir bağ dokusu tabakası olan üç katmandan oluşur. Yan (dış) yüzeyi, dış akustik kanalın epidermisi ile devam eden ince bir epidermis, yani çok katmanlı skuamöz keratinize epitel ile kaplıdır. Medial (iç) yüzey, timpanik boşluğun mukoza epiteli ile devam eden basit küboidal bir epitel ile kaplıdır. Orta fibröz tabaka (lamina propria) fibroelastik bağ dokusundan oluşur ve kulak zarının kan damarlarını ve sinirlerini içerir. Bununla birlikte, çoğu bağ dokusunun aksine, fibrillerin yalnızca küçük bir kısmı tip I kollajenden oluşur ve bunun yerine çoğu tip II ve tip III kollajenden yapılıdır (Kuijpers ve ark., 1984; Carlson, 2014).

Fibröz tabaka, timpanik membranın alt kısmının kenarında kalınlaştırılarak, timpanik membranın temporal kemik üzerindeki timpanik oluğa yerleşmesini sağlayan sert bir bağ halkası oluşturur. Malleus manubrium'u timpanik membranın medial yüzeyine yapışıktır ve ön ve alt kısmını mediale çekerek ona konik bir şekil verir. Maksimum depresyonun merkezi noktasına umbo denir ve manubriumun sonunu işaret eder. Timpanik membranın lateral yüzeyine bakıldığında, umbo'nun üstünde ve önünde, malleus manubriumuna karşılık gelen malleol stria çizgisi görülebilir. Strianın hemen üzerinde, malleusun lateral

süreci çıkıntı yapar ve malleol çıkıntısını oluşturur. Timpanik membranın malleol çıkıntısının üzerindeki kısmı, timpanik sulkus arasında köprü oluşturduğundan gergin değildir ve bu nedenle pars flaccida (Shrapnell membranı olarak da bilinir) olarak adlandırılır. Kulak zarının çıkıntının altındaki geri kalanı gergindir ve pars tensa olarak adlandırılır. Timpanik membranın medial yüzeyinde, pars flaccida ve tensa arasındaki sınır, amacı lateral çıkıntıyı yerinde tutmak olan ön ve arka malleol kıvrımları ile işaretlenmiştir. Bu bağ bantları aynı zamanda timpanik membranın arkasından geçen korda timpaniye de içerir. Anatomik olarak timpanik membran, malleus manubriumu boyunca dikey olarak çizilen hayali bir çizgi ve umbodan geçen ve birinci çizgiye dik bir çizgi kullanılarak dört kadrana ayrılabilir. Kadranlar şu şekilde adlandırılır: anterosuperior, anteroinferior, posteroinferior ve posterosuperior (Lim, 1968; Alberti, 2001; Maw ve ark., 2011; Carlson, 2014; Probst ve ark., 2006).

Pars tensa ve flaccida'nın lamina propriasında da mikroyapısal farklılıklar vardır. Pars tensa radyal ve dairesel lifleri organize ederken, pars flaccida bunun yerine gevşek bir şekilde düzenlenmiş elastik kollajene sahiptir. Öte yandan, pars flaccida iyi bir şekilde damarlanmıştır ancak pars tensa'nın yarı saydam büyük kısmında kan damarları yoktur. Ayrıca pars tensadan farklı olarak pars flaccida çok sayıda mast hücresi içerir. Son olarak, yaygın inanışın aksine pars flaccida, pars tensa'dan daha kalın olmasına rağmen daha elastiktir (Lim, 1968; Alberti, 2001; Maw ve ark., 2011; Carlson, 2014; Probst ve ark., 2006).

1.1.2. Orta Kulağın Yapısı ve Fizyolojisi

Orta kulak hava dolu bir boşluktur. Sırasıyla üst ve alt bölmeye, epitimpanik bölmeye (çatı katı) ve timpanik bölmeye (atriyum) ayrılır. Dikdörtgen şeklinde olduğu için odaya benzer. Şah damarı, şah damarı, iç kulak, östaki borusu ve mastoid ile anatomik ilişkileri vardır. Bu odanın içeriği kemikçiklerden oluşur; çekiç, örs ve üzengi, yani. Bu kemik yapılar, onları titreşimlerin iç kulağa iletilmesine uygun hale getiren bağlarla asılır. Orta kulağın bu kısmına gelen titreşimler, üzengi kemiklerinin hareketi ile iç kulağa iletilir (Alberti, 2001).

Orta kulak dış kulaktan timpanik membran (kulak zarı) ile iç kulaktan ise yuvarlak ve oval pencereleri içeren bir yan duvar ile ayrılır. Orta kulağın anatomisi, işitmeyi sağlayan karmaşık sistemin sadece bir parçasıdır. Orta kulağa timpanik boşluk veya timpanum da denir (Alberti, 2001).

Orta kulak anatomisi farklı parçalara ayrılabilir: timpanik membran, timpanik boşluk, kemikçikler ve işitsel (östaki) tüp.

Her birinin kendi işlevi vardır ve hepsi birlikte çalışarak duymanıza yardımcı olur.

Timpanik Membran

Timpanik membrana kulak zarı da denir. Orta kulağı dış kulaktan ayırır. Yarı şeffaftır ve normal şartlarda her iki tarafı da havayla çevrilidir.

Kulak zarının boyutları yaklaşık 1 milimetre (mm) kalınlığında ve 10 mm çapındadır. Normalde hafif içbükeydir. Timpanik membranın pars tensa adı verilen gergin bir kısmı (sıkıca gerildiği yer) ve pars flaccida adı verilen daha gevşek bir kısmı vardır.

Timpanik membranın yapısal yapısı kısaca epitel hücreleri ve kollajen liflerin bir karışımı olarak tanımlanabilir (Luers ve Huttenbrink, 2016).

Timpanik Boşluk

Timpanik membranın medialinde, esasen orta kulağı oluşturan timpanik boşluk bulunur. Sağlıklı bir orta kulak hava ile doludur.

Dört duvarı, bir tavanı ve bir tabanı olan dikdörtgen bir boşluktur. Yan duvar timpanik membrandan oluşur. Çatı, orta kulağı orta kraniyal fossadan ayırır. Taban, orta kulağı şah damarından ayırır (Luers ve Huttenbrink, 2016).

Medial duvar orta kulağı iç kulaktan ayırır ve fasiyal sinir tarafından oluşturulan belirgin bir çıkıntı ile karakterizedir. Ön duvar orta kulağı internal

karotid arterden ayırır ve biri işitme tüpü diğeri de tensör timpani kası için olmak üzere iki açıklığa sahiptir (Luers ve Huttenbrink, 2016).

Kemikçikler

Kemikçikler, orta kulakta bulunan ve sesi iletmek için gerekli olan üç küçük kemiktir. Bunlara malleus (çekiç), incus (örs) ve stapes (üzengi) adı verilir. Sinovyal eklemler ve bağlarla birbirlerine bağlanırlar (Luers ve Huttenbrink, 2016).

Bazen bu üç kemik, kemikçik zinciri olarak adlandırılır. Bu zincir titreşimleri timpanik membrandan oval pencereye taşır. Stapes insan vücudundaki en küçük kemiktir (Luers ve Huttenbrink, 2016; Thompson ve ark., 2012).

İşitsel (Östaki) Tüp

İşitme tüpü orta kulağın ön duvarından nazofarenkse (boğazın arkası) kadar uzanır. İşitme tüpü orta kulağı havalandırır ve aynı zamanda mukus ve istenmeyen kalıntıları temizler.

Tüpün içi, mukusu boğazın arkasına aktığı tüpten dışarı süpüren küçük tüyler olan kirpiklerle kaplıdır. Bir çocuğun işitme tüpünün çapı bir yetişkininkinden çok daha küçüktür ve daha yatay olarak uzanır. Yetişkin bir işitme tüpü yaklaşık 31 mm ila 38 mm uzunluğundadır.

Orta Kulak Fonksiyonu

Orta kulağın ana işlevi, ses dalgalarını dış kulaktan kokleayı içeren ve ses girdisinin beyne iletilebildiği iç kulağa taşımaktır. Ses dalgaları dış kulağa yönlendirilir ve timpanik zara çarparak titreşmesine neden olur.

Bu titreşimler üç kemikçik aracılığıyla taşınır ve stapes orta kulağı iç kulaktan ayıran oval pencereye çarpar. Oval pencereye vurulduğunda, iç kulağın

içindeki sıvıda dalgalara neden olur ve bildiğimiz sesin yorumlanmasına yol açan bir olaylar zincirini harekete geçirir (Thompson ve ark., 2012).

1.1.3. İç Kulağın Yapısı ve Fizyolojisi

İnsan iç kulağı, orta kulak ile akustik meatus arasında yer alır ve kulak labirenti olarak etiketlenir; bu labirent, her biri ayrıca üç bölüme ayrılan kemikli veya membranöz bir labirent olabilir. 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 (Sterkers ve ark., 1988; Echteler ve ark., 1994). Membranöz labirent ayrıca yüksek potasyum konsantrasyonuna sahip endolenf adı verilen kapalı bir sıvıya sahiptir ve bileşimi perilenfinkinden farklıdır. Endolenf kokleanın parçalarından stria vaskularis'e benzemekte olan vestibüler karanlık hücrelerce üretilmekte olup (Echteler ve ark., 1994) membranöz labirent içerisinde yer alır. Burada tüysü hücreler ile etkileşime girmek suretiyle yüksek potasyum gradyanı sağlamak suretiyle tüysü hücrelerin depolarizasyonu sağlamaktadır. Tüm bunların sonunda da afferent nörotransmisyon gerçekleşir (Ciuman, 2009).

Bu yapılar iç kulağın iki sistemini oluşturur; dengenin korunmasında rol oynayan vestibüler sistem ve kulağın sadece işitmeye katılan kısmı olan koklear sistem. Vestibüler sistem proprioseptiftir (duyu organları ve sinir sistemi arasındaki geri bildirim döngüsü, dış uyaranlar buna dahil değildir), koklear sistem ise eksteroseptiftir (kokleadaki duyum, ses gibi dış uyaranlardan kaynaklanır).

1.1.3.1 Vestibüler sistem

Çoğu işitme kaybı durumuna vestibüler kusurlar eşlik etmektedir. İşitsel sistem dikkate alındığında bu durumun biraz açıklanmasında fayda vardır. Vestibüler sistem postural dengenin korunması açısından son derece önemli olan, baş pozisyonuyla göz hareketleri arasında koordinasyonun geliştirilmesinde rol oynayan iç kulak duyu sistemidir (Ekdale, 2016).

Vestibüler sistem, denge hissini ve hem kendi kendine indüklenen hem de dışarıdan üretilen kuvvetlere yanıt olarak hızlı telafi edici hareketlere izin veren vücut konumu hakkında bilgi sağlar. Vestibüler sistemin periferik kısmı, minyatür bir ivmeölçer ve atalet yönlendirme cihazı olarak görev yapan, sürekli olarak başın ve vücudun hareketleri ve konumu hakkındaki bilgileri beyin sapı, beyincik ve somatik bölgelerde bulunan bütünleyici merkezlere bildiren iç kulağın bir parçasıdır. duyu korteksler. Normalde işlevinin farkında olmasak da vestibüler sistem hem postural reflekslerde hem de göz hareketlerinde önemli bir bileşendir. Sistem hasar görürse denge, baş hareket ederken göz hareketlerinin kontrolü, uzayda yön duygusu olumsuz etkilenir. Vestibüler hasarın bu belirtileri özellikle beyin sapı hasarının değerlendirilmesinde önemlidir. Vestibüler sistemin devreleri beyin sapının büyük bir kısmına uzanır ve komadaki hastalarda bile beyin sapı tutulumunu belirlemek için vestibüler fonksiyona ilişkin basit klinik testler yapılabilir (Ekdale, 2016).

Vestibüler sistem, başımızın ve vücudumuzun uzamsal konumunun (propriyosepsiyon) ve kendi hareketimizin (kinestezi) farkında olmamızı sağlayan sinir sisteminin somatosensoriyel bir bölümüdür. Merkezi ve periferik kısımlardan oluşur (Barrett ve ark., 2012; Ekdale, 2016; Mescher, 2016).

Vestibüler sistemin periferik kısmı vestibüler labirent, vestibüler ganglion ve vestibülokoklear sinirden (CN VIII) oluşur. Vestibüler labirent, iç kulakta bulunan proprioseptif bileşenlerden oluşur (Barrett ve ark., 2012; Ekdale, 2016; Mescher, 2016);

- Başın açısal ivmesini tespit eden hücreleri içeren yarım daire kanalları;
- Başın doğrusal ivmesini ve başın uzaydaki konumunu (uzaysal oryantasyon) tespit eden hücreleri içeren utrikl ve sakkl.

Bu reseptörlerden gelen uyarılar vestibüler ganglionu iletilir. Buradan, vestibülokoklear sinirin (CN VIII) vestibüler kısmı aracılığıyla vestibüler sistemin merkezi kısmına, beyin sapındaki vestibüler çekirdeklere giderler. Vestibüler çekirdekler serebellum, omurilik, talamus ve okülomotor (III), troklear (IV) ve abduzens (VI) sinirlerinin çekirdeklerine projeksiyonlar gönderir. Bu bağlantılar aracılığıyla vestibüler sistem, baş ve boyun hareketlerinin ayarlanmasının yanı sıra tüm vücudun duruş ve dengesine, vestibülo-oküler refleks ve göz hareketlerine katkıda bulunur (Barrett ve ark., 2012; Ekdale, 2016; Mescher, 2016).

Beş organdan oluşur; birbirlerine dik açılarda bulunan ve açısal (Baş) dönüşü kontrol eden üç yarım daire kanalı ve doğrusal hızlanmada (düz çizgi hareketi) hayati bir rol oynayan iki otolit organı (Ekdale, 2016).

Labirent ve yarım daire kanalları

Vestibüler labirent, temporal kemiğin petröz kısmı içinde yer alan kemikli bir boşluktur.  yarım daire kanalının yanı sıra koklea için kemik çerçeveden oluşur. Kemik labirent  yarım daire kanalını ve iki otolitik organı (utrikl ve sakkl) barındırır. Ayrıca, işitme aygıtının bir parçası olan kokleayı da içerir (Barrett ve ark., 2012; Ekdale, 2016; Mescher, 2016).

Yarım daire kanalları

Yarım daire kanalları, labirentin kemikli semisirküler kanalları içinde yer alan üç membranöz kanaldır.  düzlemde yer alırlar ve her bir kanal diğeriyle yaklaşık 90 derecelik bir açı yapar. Böylece, yarım daire kanalları şunlardır:

- Anterior (superior), sagittal düzlemde yer alır

- Lateral (yatay), enine düzlemde yer alır
- Posterior (inferior), frontal düzlemde yer alır

Her bir kanalın terminal kısmı ampulla adı verilen ve vestibüle açılan bir dilatasyonla sonlanır. Her bir yarım daire kanalının ampullası, crista ampullaris adı verilen bir mekanoreseptör hücre kümesi içerir. Her bir crista, tüy hücreleri olarak adlandırılan özel duyuşal reseptör hücrelerinden oluşur. Yarım daire kanallarının endolenf ile dolu olduğu düşünöldüğünde, bu sıvının hareketleri tüy hücrelerini uyarır. Bu şekilde, her yarım daire kanalı, başın ilgili düzlem boyunca dönme ivmesi sırasında ne zaman hareket ettiğini algılar. Başka bir deyişle, yarım daire kanalları başın yukarı aşağı sallanması, bir yandan diğeryana sallanması veya sağa sola eğilmesi gibi baş hareketlerini algılar (Tascioglu, 2005; Zhao ve ark., 2007; Barrett ve ark., 2012; Oghalai ve Brownell, 2012; Ekdale, 2016; Mescher, 2016; Kingma ve Van de Berg, 2016).

Otolitik Organlar

Otolitik organlar, iç kulağın kemik vestibölünde yer alan iki membranöz boşluktur. Bunlar utriköl ve sakköldür (Tascioglu, 2005; Zhao ve ark., 2007; Barrett ve ark., 2012; Oghalai ve Brownell, 2012; Ekdale, 2016; Mescher, 2016; Kingma ve Van de Berg, 2016).

- Utriköl, vestibölün arka kısmında yer alır. Bir ucunda semisirküler kanallarla iletişim kurarken, diğeryucunda sakköl ile bir utrikülosakküler kanal oluşturur. Bu kanal temporal kemiğin içinden geçer ve temporal kemiğin petröz kısmının arka yüzeyine ulaşır.
- Sakköl, utrikölün anteriorunda yer alır ve ondan önemli ölçüde daha küçüktür. Sakköl, utrikülosakküler kanalla birleşmesinin yanı sıra duktus reuniens ile koklea ile iletişim kurar.

Utriköl ve sakkölde de tüy hücresi kümeleri bulunur, ancak bu kümeler utriköl makülası ve sakköl makülası olarak adlandırılır. Bu nörosensoriyel alanlar endolenften gelen uyarıma yanıt vererek başın doğrusal hareketlerini ve baş

hareket etmezken vücudun geri kalanı hareket ettiğinde uzaydaki konumunu tespit eder. Utrikül hücreleri yatay düzlemdeki hareketi algılamak için özelleşmişken, sakkül dikey hareketi algılar (Tascioglu, 2005; Zhao ve ark., 2007; Barrett ve ark., 2012; Oghalai ve Brownell, 2012; Ekdale, 2016; Mescher, 2016; Kingma ve Van de Berg, 2016).

Tüy hücreleri

Tüy hücreleri iç kulağın hareket reseptörleridir, yarım daire kanallarının ve otolitik organların duvarları içine gömülüdür. Silindir şeklindedirler ve apikal uçlarında birçok stereosilya bulunur. Her hücrede ayrıca apikal yüzeyin en lateral ucunda yer alan tek bir kinosilyum bulunur (Tascioglu, 2005; Zhao ve ark., 2007; Barrett ve ark., 2012; Oghalai ve Brownell, 2012; Ekdale, 2016; Mescher, 2016; Kingma ve Van de Berg, 2016).

- Yarım daire kanallarında, tüy hücreleri krista ampullarlardan kanalların boşluğuna doğru çıkıntı yapar. Yarım daire kanallarındaki tüy hücrelerinin apikal astarı kupula adı verilen jelatinimsi bir kitle ile kaplıdır.
- Utrikül ve sakkülün kupulası, otolitik membran adı verilen ve otolit veya otokonya adı verilen çok sayıda kalsiyum karbonat kristali içeren ek bir yüzeysel fibröz tabakaya sahiptir.

Vestibüler organlar içindeki tüy hücreleri, tüm vestibüler aparatın her yöndeki hareketlere duyarlı olacağı şekilde yönlendirilmiştir (Tascioglu, 2005; Zhao ve ark., 2007; Barrett ve ark., 2012; Oghalai ve Brownell, 2012; Ekdale, 2016; Mescher, 2016; Kingma ve Van de Berg, 2016).

Vestibüler Gangliyon

Vestibüler gangliyon (Scarpa ganglionu) iç kulak yolunun fundusu içinde yer alır. Vestibüler yolun birinci dereceden nöronları olan bipolar duyuşal nöronlardan oluşan bir kümedir (Tascioglu, 2005; Zhao ve ark., 2007; Barrett ve ark., 2012;

Oghalai ve Brownell, 2012; Ekdale, 2016; Mescher, 2016; Kingma ve Van de Berg, 2016)..

Vestibüler ganglion hücrelerinin periferik süreçleri, sırasıyla otolitik organların ve semisirküler kanalların kıl hücrelerinden gelen uyarıları alan sinir liflerini içerir (Tascioglu, 2005; Zhao ve ark., 2007; Barrett ve ark., 2012; Oghalai ve Brownell, 2012; Ekdale, 2016; Mescher, 2016; Kingma ve Van de Berg, 2016)..

Vestibüler gangliyonun merkezi süreçleri vestibülokoklear sinirin (CN VIII) vestibüler kısmının liflerini içerir (Tascioglu, 2005; Zhao ve ark., 2007; Barrett ve ark., 2012; Oghalai ve Brownell, 2012; Ekdale, 2016; Mescher, 2016; Kingma ve Van de Berg, 2016).

Vestibüler Sinir

Vestibüler sinir, vestibüler aparattan gelen denge uyarılarını iletir. İç kulak yolundan iç kulağı terk eder ve posterior kraniyal fossaya girer. Daha sonra beyin sapındaki vestibüler çekirdekler ile sinaps yapar (Tascioglu, 2005; Zhao ve ark., 2007; Barrett ve ark., 2012; Oghalai ve Brownell, 2012; Ekdale, 2016; Mescher, 2016; Kingma ve Van de Berg, 2016).

Ayrıca, bazı lifler doğrudan beyincik ile de sinaps yapar. Bu durum vestibüler siniri benzersiz kılar, çünkü birinci dereceden nöronları doğrudan beyincikle sinaps yapan tek kraniyal sinirdir (Tascioglu, 2005; Zhao ve ark., 2007; Barrett ve ark., 2012; Oghalai ve Brownell, 2012; Ekdale, 2016; Mescher, 2016; Kingma ve Van de Berg, 2016).

Vestibüler Çekirdekler

Vestibüler çekirdekler, beyin sapının romboid fossası içinde yer alan dört çekirdektir. Vestibüler yolun, vestibülokoklear sinirin vestibüler kısmı ile sinaps yapan ikinci dereceden nöronlarını içerirler. Yani, vestibüler çekirdekler şunlardır (Tascioglu, 2005; Zhao ve ark., 2007; Barrett ve ark., 2012; Oghalai ve Brownell, 2012; Ekdale, 2016; Mescher, 2016; Kingma ve Van de Berg, 2016):

- Üst vestibüler çekirdek (Bechterew'in)
- Lateral vestibüler çekirdek (Deiters'in)
- Inferior vestibüler çekirdek (Roller'in)
- Medial vestibüler çekirdek (Schwalbe'nin)

Superior ve medial vestibüler çekirdekler girdilerin çoğunu semisirküler kanalların krista ampullarlarından alır. Inferior ve lateral çekirdekler kalan lifleri inferior semisirküler kanalların yanı sıra utrikül ve sakkülden alır. Vestibüler çekirdekler periferik vestibüler yapılardan, kontralateral vestibüler çekirdeklerden, serebellumdan ve diğer duyu sistemlerinden (görsel ve somatosensoriyel sistemler) gelen girdileri entegre eder (Tascioglu, 2005; Zhao ve ark., 2007; Barrett ve ark., 2012; Oghalai ve Brownell, 2012; Ekdale, 2016; Mescher, 2016; Kingma ve Van de Berg, 2016).

1.1.3.2. Koklea

Epitel dokuyla kaplı olan spiral şeklindeki içi boş kemik yapı olan koklea bir kemik olmasına karşın işitsel sistemin parçalarından birisi olarak işitme ve iletim açısından gereklidir. Spiral şeklinden ötürü Yunanca salyangoz anlamına gelmekte olan “kokhliās” kelimesinden gelmektedir. Kokleanın bu spiraş şekli farklı frekanslar arasında ayırım yapmasına katkı sağlar. Koklea sıvılar ile dolu epitel hücreler ile kaplı olan 3 kanaltan oluşmaktadır. aynı zamanda ses enerjisini sinir lifleriyle beyne iletip sinir sinyallerine dönüştürmekle görevli olan Corti organına sahiptir (Dallos ve Fay, 2012; Patuzzi ve Robertson, 1988; Slepecky, 1996).

1.1.3.2.1. Koklea kanalları

Kokleada scala vestibuli, scala media ve scala tympani olmak üzere üç kanal bulunmakta olup bunlar kemik eksenin çevresinde spiral bir merdiven şeklinde dolanmaktadır.

Skala vestibuli

Kemiksi spiral lamina tüpün dış duvarının yaklaşık yarısına kadar ulaşır ve boşluğunu kısmen iki geçide veya skalaya böler; bunlardan üstteki skala vestibuli, alttaki ise skala timpani olarak adlandırılır. Scala vestibuli lenfle dolu olan dış kanal olup iç kulakta yer alan vestibüller ile bağlantılıdır. Tabanında oval pencere yer alır. Kokleanın orta kulaktan gelen titreşimlerini alan kısmıdır. Scala vestibuli ve skala tympani farklı ses frekanslarının yol açtığı basınç değişimini algılamaktadırlar.

Scala timpani

Alt kanal olup kokleanın 2.5 sarmal yapısının meydana getirmekte olan timpanik membrana bağlanmaktadır. Üst ucu skala vestibuli ile bağlantılı iken alt ucu da kokleayı oval pencereden ayırmaktadır.

Scala media

Koklear kanal (duktus koklearis; membranöz koklea; scala media), kokleanın kemik kanalı içine alınmış ve dış duvarı boyunca uzanan spiral şeklinde düzenlenmiş bir tüpten oluşur. Kemikli spiral lamina, modiolus ile kokleanın dış duvarı arasındaki mesafenin yalnızca bir kısmını uzatırken, bazal lamina, serbest kenarından kokleanın dış duvarına kadar uzanır ve skala timpaninin çatısını tamamlar. İkinci ve daha hassas bir zar olan vestibüler membran (Reissneri), osseöz spiral laminayı kaplayan kalınlaşmış periosteumdan, bazal laminanın dış kenarının biraz yukarısında bağlandığı kokleanın dış duvarına kadar uzanır. Böylece alttaki skala timpani ile yukarıdaki skala vestibuli arasında bir kanal kapatılır; bu duktus koklearis veya scala mediadır. Enine kesitte üçgen şeklinde olup çatısı vestibüler membrandan, dış duvarı kemik kanalı kaplayan periosteumdan, tabanı ise membrana basilaris ve lamina spiralis osseanın dış kısmından oluşur. Uçları kapalı; üst kısım lagena olarak adlandırılır ve helikotremanın üst kısmında kupulaya bağlanır; alt kısım, vestibülün resesus koklearisine yerleştirilmiştir. Alt ucuna yakın bir yerde duktus koklearis, Hensen'in canalis reuniens'i olan dar, kısa bir kanalla sakkül ile devamlılığa getirilir.

Membran basilaris üzerinde Corti'nin spiral organı bulunur. Vestibüler membran ince ve homojen olup üst ve alt yüzeyleri bir epitel tabakası ile kaplıdır. Duktus koklearisin dış duvarını oluşturan periosteum büyük ölçüde kalınlaşmış ve karakteri değişmiştir ve spiral bağ olarak adlandırılır. Bazal laminanın dış kenarına bağlantı sağlayan bazal tepe adı verilen üçgen bir çıkıntı şeklinde aşağıya doğru içeriye doğru çıkıntı yapar; Tepenin hemen üzerinde bir içbükeylik spiralis externus vardır. Spiral ligamanın üst kısmı çok sayıda kılcak halka ve küçük kan damarları içerir ve stria vaskularis olarak adlandırılır (Dallos, 1992).

1.1.3.2.2. Koklea Sıvıları

Kokleanın odacıkları perilenf, endolenf ve intrastriyal sıvı olmak üzere üç tip sıvıyla dolu olup bunlar duysal transdüksiyon için önemli olan endo-koklear potansiyeli korur. İntrastriyal sıvı sadece stria vasküleriste bulunan boşlukları doldurur.

Perilenf

Perilenf, scala vestibuli ve scala tympani'de bulunur ve sıvı bileşimi vücudun hücre dışı sıvısına benzer. Yüksek sodyum konsantrasyonuna (140 mM) ve düşük kalsiyum (1,2 mM) ve potasyum (5 mM) konsantrasyonlarına sahiptir. Skala mediadaki perilenf BOS'tan devam ederken, skala mediadaki kan plazmadan gelir.

Endolenf

Endolenf yalnızca skala ortamında bulunur ve benzersiz bir iyonik bileşime, yani vücudun başka hiçbir yerinde bulunmayan yüksek bir K⁺ konsantrasyonuna (150 mM) sahiptir. Bu yüksek K⁺ konsantrasyonu endokoklear potansiyelin korunmasına yardımcı olur. Bu nedenle endolenf kokleanın dikkat çekici bir özelliğidir. Çok düşük sodyum (1 mM) ve kalsiyum (0,002 mM) konsantrasyonlarına sahiptir (Dallos, 1992; Ghanem ve ark., 2008; Nin ve ark., 2016).

1.1.3.2.3. Reissner membranı

Scala vestibuli ve scala media arasında yer almakta olup iyon düzenlenmesinde görev yapmaktadır. Basilar zarla beraber koklea kanalındaki endolenfle dolu bir boşluk oluşturmaktadır. İki tip hücreden meydana gelmekte olan ve vasküler olmayan bir zardır. Reissner zarı, ilk olarak 1851'de Reissner tarafından bildirilen çok ince bir zardır. Embriyonik aşamada, iç ektodermal tabaka ve birkaç dış mezodermal tabaka tarafından yapılandırılmıştır. Bireyin büyümesi sırasında dış katmanların sayısı azalır ve iç ve dış olmak üzere iki hücre katmanına dönüşür (Duvall ve Rhodes, 1967; Raphael ve Altschuler, 2003).

1.1.3.2.4. Corti Organı

İç kulağın duyuşal epiteli, onu ilk tanımlayan İtalyan bilim adamının adıyla Corti organı olarak adlandırılır. Dış tüy hücrelerinin düzenli sıraları vücut organları arasında benzersizdir. Corti organı daha büyüktür ve üzerine oturduğu baziler membran koklea tabanından uzaklaştıkça daha uzundur. Boyuttaki bu farklılık, farklı ses frekanslarının, kokleanın uzunluğu boyunca ölçtüğünüz yere bağlı olarak Corti organında daha büyük titreşimlere neden olduğu gerçeğiyle tutarlıdır. Kokleanın tabanına yakın daha kısa, daha küçük yapılar yüksek frekanslara en iyi yanıtı verirken, kokleanın tepesine yakın daha uzun, daha büyük yapılar düşük frekanslara en iyi yanıtı verir. Bu, daha uzun, daha büyük tellerin daha düşük frekanslı sesleri ürettiği bir piyanonun organizasyonuna benzer. Bu segmentin içinden çıktığı kokleanın geniş tabanı sayfanın alt kısmına doğrudur. Sarmal kokleanın merkezi eksenini çizimin solundadır. Sekizinci sinir lifleri kıl hücrelerine (turuncu) giderken kemikli bir raftan geçer. Corti organı, soldaki kemik rafına ve sağdaki bir bağa (gösterilmemiştir) tutturulmuş esnek bir baziler membran üzerine oturan tüy hücreleri ve destek hücrelerinden (sırasıyla mor ve mavi) oluşur. Solda tek bir şişe şeklindeki iç tüy hücresi ve sağda üç sıra silindirik şekilli dış tüy hücresi görülmektedir. Dış tüy hücresi stereosilyalarının uçları, Corti organının üstünde yer alan ve soldaki hücrelerden (gösterilmemiştir) salgılanan tectoriyal membran adı verilen jelatinimsi bir kütleye gömülüdür. Ses iç kulağa iletilindiğinde Corti organı yukarı ve aşağı doğru titreşmeye başlar. Baziler membran iki ucundan kemik ve ligamente bağlı olduğundan, maksimum titreşim

alanı dış tüy hücrelerinin üçüncü (en sağdaki) sırasının yakınındadır. Üstteki tektoriyal membran o kadar esnek değildir, bu nedenle Corti organı ona karşı yukarı ve aşağı hareket ettikçe stereosilya bükülür. Stereosilyalar büküldükçe tüy hücrelerinin içindeki elektrik potansiyeli değişir (White ve ark., 2021).

Tektoriyal membran

Tektoriyal membran (TM), kokleadaki mekanosensör kıl hücrelerinin kıl demetlerinin üzerinde bulunan yüksek oranda hidratlı bir hücre dışı matrikstir. Demetlerin üzerindeki stratejik konumu nedeniyle, TM'nin tüy hücrelerinin uyarılmasında kritik bir rol oynadığına inanılmaktadır. Son zamanlarda, genetik çalışmalar TM'nin işitmedeki önemini doğrulamış, TM proteinlerini hedef alan genlerin manipülasyonları önemli işitme eksikliklerine yol açmıştır. Bu mutasyonlar, TM fiziksel yöneliminde ve duyu reseptörlere yapısal bağlantılarında neredeyse hiç değişmemiş olsa bile ciddi işitme bozukluklarına neden olmaktadır. TM'nin üç ana bileşeni su (%97), glikozaminoglikanlar ([GAG'lar], örneğin üronik asit ve keratan sülfat) ve kolajen (kolajen II, IX ve XI) ve kolajen olmayan proteinlerdir (α -tektörin, β -tektörin, CEACAM16, otogelin ve otogelin benzeri). TM'nin yapısal bileşenlerinin çoğu, glikoproteinler haricinde bağ dokularında yaygın olarak bulunur (Freeman ve ark. 2003). TM'lerin α - ve β -tektörin glikoproteinleri, TM'nin kuru ağırlığının büyük bir kısmını oluşturur ve TM'nin çizgili tabaka matrisinin bileşenleridir (Killick ve ark., 1995; Legan ve ark. 2000), bunların içinde kolajen fibriller gömülüdür ve koklear spirale dik radyal yönde yönlendirilmiştir (Freeman ve ark., 2003).

Mekanosensör hücreler

İnsanlardaki koklear tüylü hücreler bir sıra iç tüylü hücre ve üç sıra dış tüylü hücreden oluşur. İç tüylü hücreler gerçek duyu reseptörleridir ve işitsel sinirin beyne yansıyan liflerinin %95'i bu alt popülasyondan kaynaklanır. Dış tüylü hücrelerdeki sonlanmaların neredeyse tamamı beyindeki hücrelerden kaynaklanan efferent aksonlardan kaynaklanmaktadır. Bu efferent yolun önemine dair bir ipucu, daha önce belirtildiği gibi baziler membran hareketinin koklea içindeki aktif bir süreçten etkilendiğinin keşfedilmesiyle sağlandı. İlk olarak,

kokleanın aslında belirli koşullar altında ses yaydığı tespit edildi. Bu otoakustik emisyonlar, kulak zarına hassas bir mikrofon yerleştirilerek ve kısa bir ses tonu verildikten sonra verilen yanıt izlenerek tespit edilebilmektedir. Bu tür emisyonlar kendiliğinden de meydana gelebilir. Bu gözlemler, koklea içindeki bir sürecin ses üretme yeteneğine sahip olduğunu açıkça göstermektedir. İkincisi, dış saçlı hücrelere efferent girdi sağlayan çapraz olivokoklear demetin uyarılması, sekizinci sinir ayar eğrilerini genişletebilir. Son olarak, izole edilmiş dış tüy hücreleri, görünüşe göre transdüksiyon sürecinin tersine ilerlemesi nedeniyle, küçük elektrik akımlarına yanıt olarak hareket eder. Bu nedenle, dış tüylü hücrelerin aktif olarak kasılıp gevşeyerek kokleanın frekans çözme gücünü keskinleştirdiği ve böylece tektoryal membranın belirli konumlardaki sertliğini değiştirdiği muhtemel görünmektedir. Düşük ses yoğunluklarında baziler membranın doğrusal olmayan titreşimini açıklamak için her durumda bu tür aktif bir süreç gereklidir. Corti organındaki tüy hücrelerinde tektoryal membrana bağlanan stereocilia bulunur. Tektoryal ve baziler membranlar arasındaki geçişler bu stereosilleri hareket ettirir ve tüylü hücre yüzeyindeki reseptörleri etkinleştirir veya devre dışı bırakır. Saç hücrelerinde katyon kanalları açıldığında potasyum iyonları saç hücrelerine akar, hücreler depolarize olur ve depolarizasyon, voltaj kapılı kalsiyum kanallarının açılmasına neden olur. Kalsiyum akışı, tüylü hücrelerden işitme sinirine glutamatın salınmasına neden olur. İşitme siniri daha sonra ses dalgasından kaynaklanan bir uyarıyı beyne gönderir ve beyin bunu ses olarak tanır. İç ve dış tüylü hücrelerin yapısı belirgin biçimde farklıdır. Her iki tüylü hücre tipinin de apikal yüzeyinde stereosilyalar bulunur; ancak stereosilyaların düzeni ve bunların tektoryal membranla bağlantıları belirgin şekilde farklıdır. Her iki tüylü hücre türü için, stereosilyanın mekanik olarak bükülmesi, stereosilyanın uçlarında hücrelerin hiperpolarizasyonuna izin veren potasyum kanallarını açar. Dış tüylü hücrelerin stereocilyalarının en uzun tektoryal membranın içine gömülüdür. Baziler membran tektoryal membranla birlikte hareket ettikçe bu stereosilyalar yer değiştirir. İç tüylü hücrelerin stereocilyaları serbestçe yüzer. Viskoz perilenf sıvısının hareketi bu kanalları açacak mekanik kuvveti sağlar.

a) Dış tüylü hücreleri

İç tüylü hücreler kokleanın çıkış merkezi iken dış tüylü hücreler giriş merkezidir. İç tüylü hücre fonksiyonunun modülasyonuna yardımcı olmak için beyinden azalan girdiler alırlar (yani, ayarlama ve yoğunluk bilgilerinin modüle edilmesi). Beynin diğer bölgelerinden farklı olarak iç tüylü hücrelerin dış tüylü hücreler tarafından modülasyonu elektriksel değil mekaniktir. Dış tüylü hücrelerin aktivasyonu, hücre gövdelerinin sertliğini değiştirir; bu, skala ortamı içindeki perilemf sıvısı hareketinin rezonansını manipüle eder ve iç tüylü hücre aktivasyonunun ince ayarına izin verir. Dış tüylü hücreler, Corti organının sertliğini, bu hücrelerin yan membranında yer alan prestin adlı motor protein aracılığıyla değiştirir. Bu proteinlerin şekli voltaj değişikliklerine tepki olarak değişir. Dış tüylü hücrelerin depolarizasyonu, prestin'in kısalmasına, baziler membranın kaymasına ve membran sapsmasının artmasına neden olur, böylece iç tüylü hücreler üzerindeki etki yoğunlaşır (Ashmore, 1987; 2008).

b) İç tüylü hücreleri

İç tüylü hücreler öncelikle işitme için duyu organları olarak işlev görür. Beyne giden işitsel sinir liflerinin %95'ine girdi sağlarlar. Koklea boyunca tüylü hücre düzeninin sertliği ve boyutu, tüylü hücrelerin alçaktan yükseğe kadar çeşitli frekanslara yanıt vermesini sağlar. Apekteki hücreler düşük frekanslara yanıt verirken, kokleanın tabanındaki (oval pencerenin yakınında) tüylü hücreler daha yüksek frekanslara yanıt verir, bu da koklea boyunca tonotopik bir gradyan oluşturur. İç tüylü hücre aktivasyonu, dış tüylü hücre aktivasyonundan çok daha karmaşıktır. Sıvının scala media içindeki hareketi hem tektoryal membranın hem de Corti organının rezonansına (titreşimine) dayanır. Corti organındaki hücreler baziler membrandaki hücrelere göre çok daha esnektir. Bu hücrelerin sertliğindeki değişiklikler Corti organının rezonansını ve ardından skala medya içindeki sıvının hareketini değiştirir (White ve ark., 2021).

Destekleyici hücreler

Destek hücreleri, baş hareketi ve sesin uyarılması sırasında duyusal tüy hücrelerinin bütünlüğünü koruyan mozaik bir şekilde organize olmuş sert duyusal epitel hücreleridir. Destekleyici hücreler tüy hücrelerinin düzgün bir şekilde çalışabilmesi için gerekli olan mikroortamın korunmasında son derece önemli rol oynamaktadırlar. Basilar membranın üzerinde bir sıra şeklinde dizilmiş durumdaki bu hücrelerin farklı tipleri söz konusu olup bunlar Hensen hücreleri, falangeal hücreler (Deiters hücreleri), kolon hücreleri, Claudius hücreleri, Boettcher hücreleri ve sınır hücreleri şeklindedir. Bunlar Corti organının dış kenarından iç kenarına doğru dizilmişlerdir. Bu hücreler Corti organının yapısını ve skala mediadaki endolenf bileşimini korurlar. Destek hücreleri negatif dinlenme potansiyeline sahiptir, bu nedenle bu hücrelerde bulunan kanallar aracılığıyla Na^+ dışarı ve K^+ skala ortamına taşınma eğilimindedir (Bodian, 1983; Glueckert ve ark., 2005).

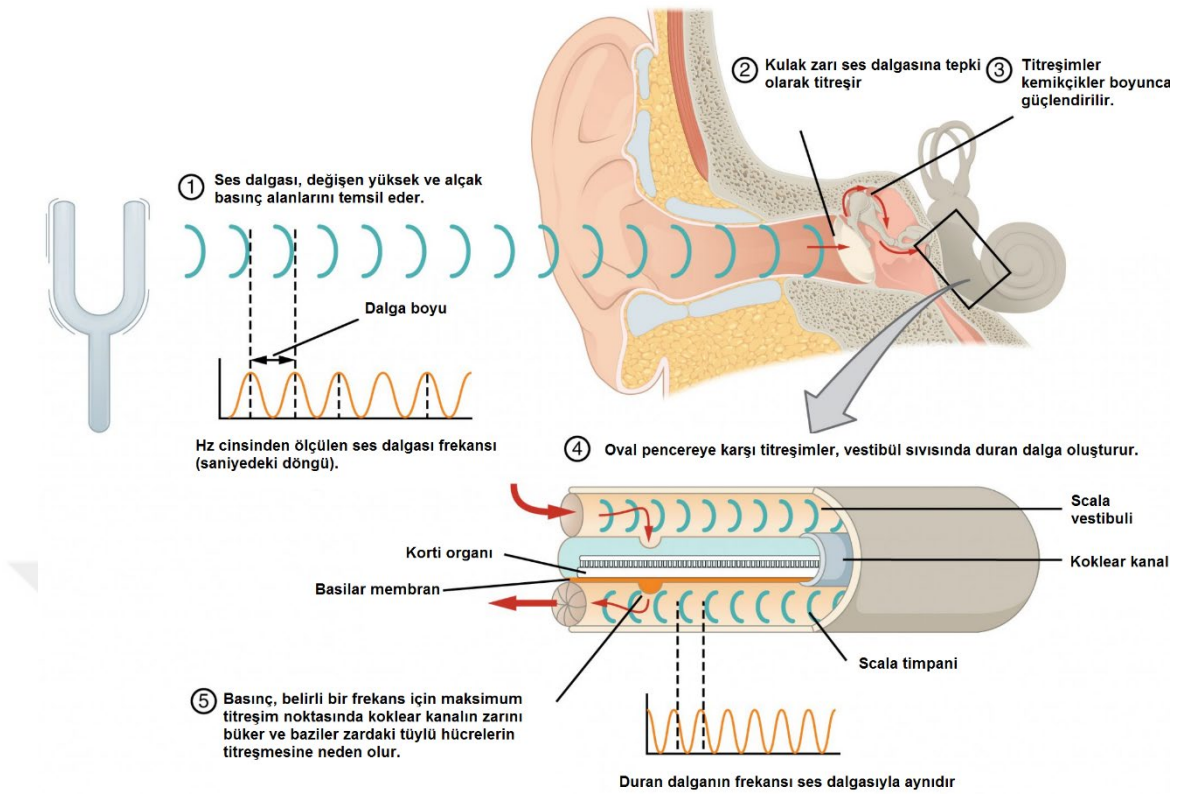
1.2. İŞİTME ANATOMİSİ VE FİZYOLOJİSİ

İşitme veya duyma, ses dalgalarının sinirsel bir sinyale dönüştürülmesidir ve bu kulak yapıları tarafından mümkün kılınır. Başın yan tarafındaki büyük, etli yapı kulak kepçesi olarak bilinir. Kulak memesinin C şeklindeki kıvrımları ses dalgalarını işitme kanalına doğru yönlendirir. Kanal, temporal kemiğin dış işitme kanalından kafatasına girer. İşitme kanalının sonunda, ses dalgaları tarafından vurulduktan sonra titreşen timpanik membran veya kulak zarı bulunur. Kulak kepçesi, kulak kanalı ve timpanik zar genellikle dış kulak olarak adlandırılır. Orta kulak, kemikçik adı verilen üç küçük kemiğin kapladığı bir boşluktan meydana gelmektedir (Alberti, 2001; Simpson, 2009; Seikel ve ark., 2015). Bu kemikçikler malleus (çekiç), incus (örs) ve stapes (üzengi) kemikçikleridir. Bunlardan malleus timpanik zara bağlı olup incus ile eklemleşmiş durumda iken incus da stapes ile eklemleşmiş durumdadır. Daha sonra stapes ses dalgalarının sinirsel sinyale dönüştürüldüğü iç kulağa bağlanmaktadır. Orta kulak timpanik zar boyunca hava basıncını dengelemeye katkı sağlayan östaki borusu vasıtasıyla yutağa bağlanmaktadır. Normalde tüp kapalı olmasına karşın yutkunma ya da esneme

esnasında yutak kaslarının kasılması sonucunda açılmaktadır (Reichenbach ve Hudspeth, 2014).

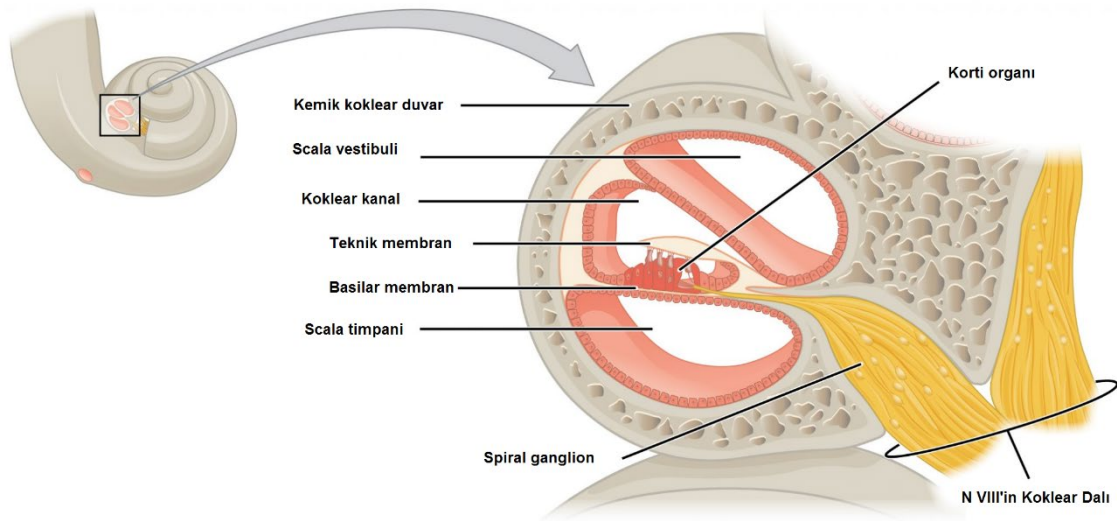
İç kulak genellikle kemikli bir labirent olarak tanımlanır çünkü temporal kemiğe gömülü bir dizi kanaldan oluşur. Sırasıyla işitme ve dengeden sorumlu olan koklea ve vestibül olmak üzere iki ayrı bölgeye sahiptir. Bu iki bölgeden gelen sinir sinyalleri ayrı lif demetleri aracılığıyla beyin sapına iletilir. Ancak bu iki ayrı demet iç kulaktan beyin sapına vestibülokoklear sinir olarak birlikte gider. Ses, spiral gangliyonların duyuşal nöronlarını içeren iç kulağın koklear bölgesinde sinir sinyallerine dönüştürülür. Bu gangliyonlar iç kulağın spiral şeklindeki kokleası içinde yer alır. Koklea, oval pencere aracılığıyla stapes ile bağlantılıdır (Alberti, 2001; Simpson, 2009; Seikel ve ark., 2015).

Oval pencere, koklea içinde skala vestibuli adı verilen sıvı dolu bir tüpün başlangıcında yer alır. Skala vestibuli oval pencereden uzanır ve ses ileten nöronları içeren kokleanın merkezi boşluğu olan koklear kanalın üzerinden geçer. Kokleanın en üst ucunda, skala vestibuli koklear kanalın üzerinde kıvrılır. Şimdi skala timpani olarak adlandırılan sıvı dolu tüp, koklear kanalın altından geçer ve kokleanın tabanına geri döner. Skala timpani, skala içindeki sıvıyı içeren bir zarla kaplı olan yuvarlak pencerede sonlanır. Kemikçiklerin titreşimleri oval pencereden geçerken, skala vestibuli ve skala timpani sıvısı dalga benzeri bir hareketle hareket eder. Sıvı dalgalarının frekansı ses dalgalarının frekanslarıyla eşleşir (Şekil 2). Oval pencereyi kaplayan membran, skala timpani içindeki sıvının hareketiyle dışa doğru şişer veya içe doğru büzülür (Alberti, 2001; Simpson, 2009; Seikel ve ark., 2015).



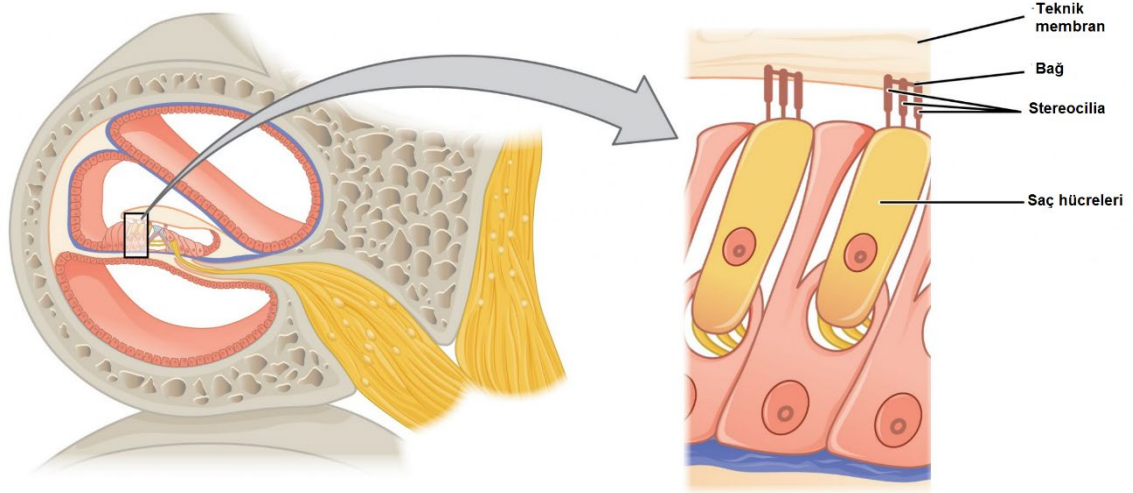
Şekil 2. Ses Dalgalarının Kokleaya İletimi

Kokleanın enine kesit görünümü, skala vestibuli ve skala timpaninin koklear kanalın her iki tarafı boyunca uzandığını gösterir (Şekil 3). Koklear kanal, iki skalanın dalga hareketini sinirsel sinyallere dönüştüren birkaç Corti organına sahip olup bunlar, koklear kanalın Corti organları ile skala timpani arasındaki tarafı olan baziler membranın üzerinde bulunur. Sıvı dalgaları skala vestibuli ve skala timpani boyunca hareket etmekte iken basilar membran ise dalgaların frekansına bağlı olarak belli bir noktada hareket etmektedir. Yüksek frekanslı dalgalar baziler membran bölgesini koklea tabanına yaklaştırır. Düşük frekanslı dalgalar ise baziler membranın kokleanın ucuna yakın bölgesini hareket ettirmektedir (Alberti, 2001; Simpson, 2009; Seikel ve ark., 2015).



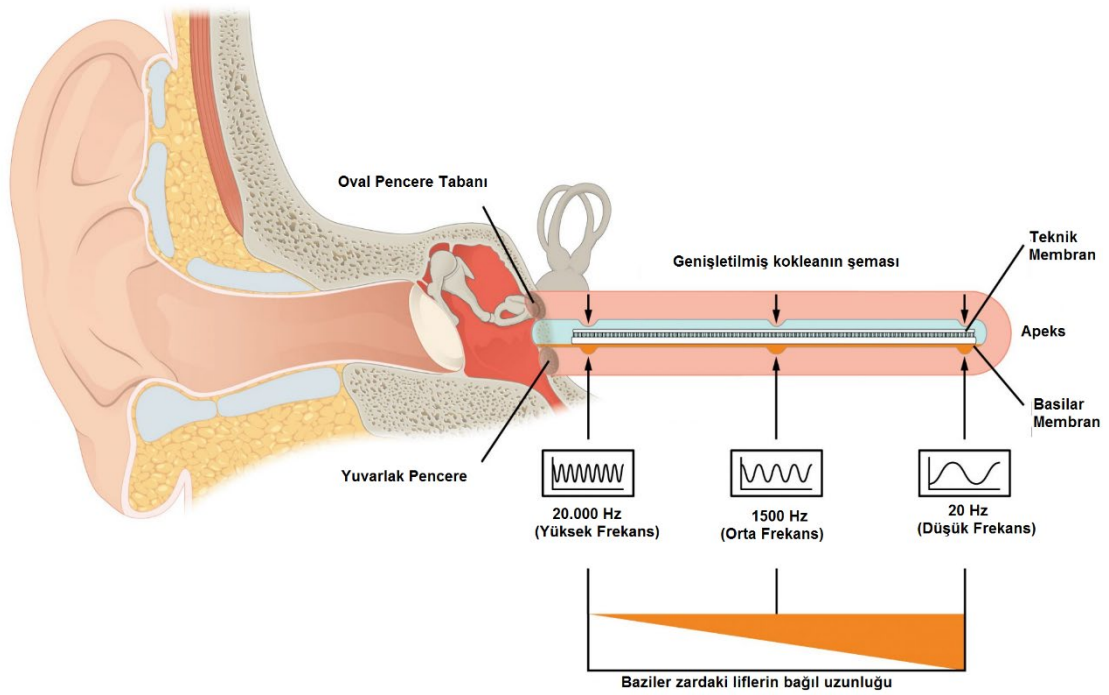
Şekil 3. Kokleanın Kesiti

Korti organları, hücrenin apikal yüzeylerinden uzanan saç benzeri stereosilyalar nedeniyle adlandırılan saç hücreleri içerir (Şekil 4). Stereosilyalar en uzundan en kısaya doğru dizilmiş mikrovillus benzeri yapılardır. Protein lifleri her dizideki bitişik kılları birbirine bağlar, böylece dizi baziler membranın hareketlerine yanıt olarak bükülür. Stereosilyalar tüylü hücrelerden yukarıya doğru Corti organının medial kısmına yapışık olan üstteki tektoryal membrana kadar uzanır. Ölçekten gelen basınç dalgaları baziler membranı hareket ettirdiğinde, tektoryal membran stereosilyum boyunca kayar. Bu, stereocilia'yı her dizinin en uzun üyesine doğru veya ondan uzağa doğru bükür. Stereocilia dizilimlerinin en uzun üyesine doğru eğildiğinde, protein bağlarındaki gerilim tüylü hücre zarındaki iyon kanallarını açar. Bu, saç hücresi zarını depolarize ederek, saç hücrelerine bağlı aferent sinir lifleri boyunca ilerleyen sinir uyarılarını tetikler. Stereocilia dizilimlerinin en kısa üyesine doğru eğildiğinde bağlardaki gerilim gevşer ve iyon kanalları kapanır. Ses olmadığında ve stereosilyalar düz durduğunda, bağlar üzerinde hala az miktarda bir gerilim vardır ve bu da tüylü hücrenin membran potansiyelini hafif depolarize halde tutar (Alberti, 2001; Simpson, 2009; Seikel ve ark., 2015).



Şekil 4. Saç hücreleri

Yukarıda da bahsettiğimiz gibi baziler membranın belirli bir bölgesi ancak gelen sesin belirli bir frekansta olması durumunda hareket edecektir. Tektoryal membran yalnızca baziler membranın hareket ettiği yerde hareket ettiğinden, bu bölgedeki tüylü hücreler yalnızca bu spesifik frekanstaki seslere yanıt verecektir. Bu nedenle sesin frekansı değiştikçe baziler membran boyunca farklı tüylü hücreler aktive olur. Koklea, insan kulağının algılayabileceği ses aralığı olan 20 ila 20.000 Hz arasındaki frekanslar için işitsel uyarınları kodlar. Hertz birimi, saniyede üretilen döngülerdeki ses dalgalarının frekansını ölçer. 20Hz'e kadar düşük frekanslar, kokleanın üst kısmındaki veya ucundaki tüylü hücreler tarafından tespit edilir. Daha yüksek 20 KHz aralığındaki frekanslar, kokleanın tabanında, yuvarlak ve oval pencerelerin yakınındaki tüylü hücreler tarafından kodlanır (Şekil 5). İşitsel uyarınların çoğu, çeşitli frekans ve yoğunluktaki seslerin bir karışımını içerir (ses dalgasının genliği ile temsil edilir). Koklear kanalın uzunluğu boyunca yer alan ve her biri belirli bir frekansa duyarlı olan tüy hücreleri, tıpkı bir prizmanın görünür ışığı bileşen renklerine ayırması gibi, kokleanın işitsel uyarınları frekansa göre ayırmasını sağlamaktadır (Simpson, 2009).



Şekil 5. Kokleada Frekans Kodlaması

1.3. İŞİTME KAYIPLARI

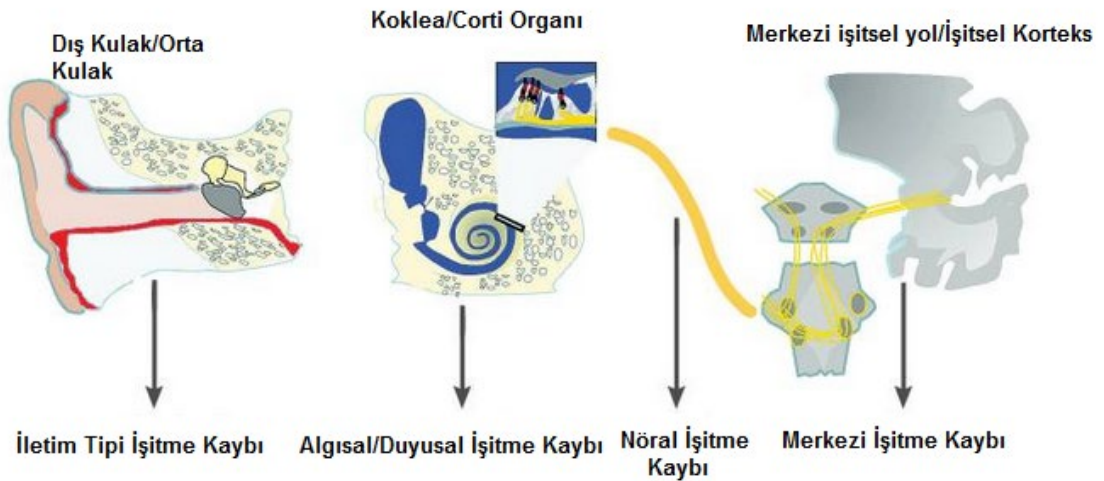
İşitme bozukluğu kavramı, mümkün olan en geniş anlamda, subjektif olarak zar zor fark edilen bozukluklardan tam sağırlığa kadar değişen işitme yeteneğinin azalması anlamına gelir. İşitme bozukluğu, sesin iç kulağa iletilmesindeki, kokleadaki duyu hücreleri tarafından algılanmasındaki veya sesin koklear sinirler, işitsel yol veya kortikal işitme merkezleri tarafından işlenmesindeki bir bozukluktan kaynaklanır. Bu bağlamda işitme kaybı, işitme organlarını etkileyen birçok farklı hastalığın belirtisidir. Hiperakuzi (sese aşırı duyarlılık), dalgalanan işitme ve kulak çınlaması gibi diğer işitme bozukluklarından farklıdır. İşitme organında, iletim yollarında veya merkezlerinde meydana gelen herhangi bir hasar sonucu işitmenin azaldığı ve seslerin algılanmadığı bir durumdur. İşitememe, anlayamama, gürültüde konuşmayı ayırt edememe ve gürültülü ortamlarda rahatsızlık duyma gibi birçok işitsel ve işitsel olmayan soruna neden olur. (Belgin, 1994; Ryan ve Dallos, 1996; Tüfekçioğlu, 1998).

1.3.1. İşitme Kaybı Tipleri

Genel klinik öneriler ile birlikte Dünya Sağlık Örgütü tarafından yapılan sınıflandırma Tablo 1’de görülmektedir. Bunun yanı sıra iletim tipi işitme kaybı, sensörnöral işitme kaybı ve merkezi işitme kaybı arasındaki temel topografik ve fonksiyonel ayrıma dayalı bir sınıflandırma da bulunmaktadır (Şekil 6). Diğer sınıflandırmalar ise yaşa, zamansal seyre, ciddiyete ve odyogramlarda frekansın bir fonksiyonu olarak işitme eşiği değişim modeline göre yapılan sınıflandırmalardır (Lehnhardt ve Laszig, 2009; Zahnert, 2010; , 10).

Tablo 1. Genel klinik önerilerle birlikte DSÖ işitme bozukluğunun ciddiyet sınıflandırması

İşitme bozukluğu dereceleri	Saf tonlu odyogramda ortalama işitme kaybı	Klinik Bulgular	Öneriler
0 – Bozukluk yok	25 dB or better	İşitme sorunları yok veya çok hafif. Fısıltıları duyabilme.	Danışmanlık, takip muayenesi; iletim tipi işitme kaybı varsa, ameliyat endikasyonunu değerlendirin.
1 – Hafif bozulma	26–40 dB	1 metreden normal sesle konuşulan kelimeleri duyabilir ve tekrarlayabilir.	Danışmanlık, işitme cihazları önerilebilir; iletim tipi işitme kaybı veya kombine işitme kaybı varsa cerrahi tedavi endike olabilir.
2 – Orta derecede bozulma	41–60 dB	1 metreden yüksek sesle konuşulan kelimeleri duyabilir ve tekrarlayabilir.	İşitme cihazı kullanımı önerilir; iletim tipi işitme kaybı veya kombine işitme kaybı varsa cerrahi tedavi endike olabilir.
3 – Şiddetli bozulma	61–80 dB	Daha iyi kulağa bağırıldığında bazı kelimeleri duyabiliyor.	İşitme cihazı kullanımı gereklidir. Harici bir işitme cihazı mümkün değilse, implante bir işitme cihazı veya koklear implant düşünülmelidir.
4 – Sağırılık dahil olmak üzere ileri derecede bozukluk	81 dB or higher	Bağırılan bir sesi bile duyamaz ve anlayamaz.	Bir işitme cihazı denemesinin başarısız olması artık genellikle koklear veya beyin sapı implantı için bir gösterge olarak kabul ediliyor. Ek olarak dudak okuma ve işaret dili öğretilebilir.



Şekil 6. İşitme organlarındaki lezyonun seviyesine göre işitme bozukluğunun topografik-fonksiyonel sınıflandırması.

İletim Tipi ve Sensörinöral İşitme Kaybı

Ses dalgaları dış kulak ve dış işitme kanalı yoluyla timpanik zara iletilir ve bu zar bir mikrofon zarı gibi titreşime geçer. Daha sonra bu mekanik titreşimler orta kulakta yer alan kemikçikler aracılığı ile koklear perilemf ve endolenfe iletilmektedir. Ses iletim yolundaki bütün bozukluklar mekanik olup toplu bir şekilde iletim tipi işitme kaybı olarak adlandırılmaktadır. Ses dalgaları kemik yolu ile iç kulağa da iletelebilmekte olup akustik olarak kafatası bir diyapozon ile uyarılması halinde kokleanın basılar membranı üzenginin titreşimi ile etkinleştirilmesinde olduğu gibi titreşmektedir. Kafatasından iç kulağa kadarki bu ses iletim yolu kemik iletimi olarak adlandırılmaktadır. Kemik iletimi sesi düzgün bir şekilde duyulamıyor ise bozukluk kokleada yahut işitsel yolun daha merkezi bileşenlerindedir. Duyusal işitme kaybı kokledeki fonksiyon bozukluğuna bağlı olarak ortaya çıkan işitme bozukluğudur. Nöral işitme kaybı ise koklear sinirin fonksiyonundaki bozukluktan kaynaklı iken merkezi işitme kaybı da merkezi işitsel yolun yahut korteksin fonksiyonundaki bozulmadan kaynaklıdır. Sensörinöral işitme kaybı terimi, koklea ve koklear sinirin eklem fonksiyon bozukluğuna bağlı işitme bozukluğunu ifade etmektedir.

İletim tipi işitme kaybı: İletim tipi işitme kaybı, ses enerjisinin iç kulaktaki işitme parçası olan kokleanıza iletilmesinde herhangi bir sorun olduğunda ortaya çıkar. İletim tipi işitme kaybının yaygın nedenleri arasında kulak kanalınızın tıkanması, kulak zarınızda bir delik, kulağınızdaki üç küçük kemikle ilgili sorunlar veya kulak zarınız ile koklea arasındaki boşlukta sıvı bulunması yer alır. Neyse ki, çoğu iletim tipi işitme kaybı vakası iyileştirilebilir. Bu tür işitme kaybı genellikle ilaç veya ameliyatla tedavi edilebilir.

Geçici iletim tipi işitme kaybı: Kendi üzerlerinde deneyler yapan araştırmacılar, östaki borusunun kapatılmasının kulak boşluğundaki basıncı iki saat içinde 165 mmWs'ye (daPa) düşürdüğünü (Pau ve diğerleri, 2009), böylece kulak zarının özellikle düşük frekanslardaki titreşimini azalttığını göstermiştir. . Östaki borusu aylarca tıkanırsa, mukozal timpanik efüzyon meydana gelir ve bu da tüm frekans aralığında 40 dB'ye kadar iletken kayıplara yol açar. Çocuklarda tüp tıkanıklığı yetişkinlere göre daha yaygındır çünkü östaki tüpleri daha dardır ve orta kulak enfeksiyonlarına daha yatkındırlar. Tüm çocukların %10 ila %30'unda üçüncü yaş günlerinden bir süre önce iletim tipi işitme kaybına yol açan timpanik efüzyon gelişir (Fiellau-Nikolajsen, 1983). Bu problemin yarı dudak, üst çene ve damak dahil olmak üzere damak ve östaki tüplerinde anatomik malformasyonları olan çocuklarda ve Down veya Turner sendromlu çocuklarda ortaya çıkma olasılığı çok daha yüksektir. Üç ay veya daha uzun süredir mevcut olan timpanik efüzyon, konuşma gelişiminin bozulmasını önlemek için timpanik drenaj ve gerekirse adenotomi ile tedavi edilmesi gerekmektedir.

Kalıcı iletim tipi işitme kaybı: İletim tipi işitme kaybı, sesin dış ve orta kulaktan iç kulağa (koklear ve işitme siniri) verimli bir şekilde geçememesidir. Bunun nedeni işitme yolunu engelleyen bir şeydir. Kalıcı iletim tipi işitme kaybı, bu durumun uzun süre devam ettiği durumdur. Kalıcı iletim tipi işitme kaybının başlıca nedenleri şunlardır:

- Kalıcı yapışkan kulak: orta kulakta sıvı varlığı uzun süreli hale geldiğinde
- Orta kulaktaki üç kemiğin (malleus, incus, stapes) hasar görmesi

- Mikrotia: dış kulağın (pinna) az gelişmesi
- Atrezi: kulak kanalının yokluğu

Algısal/Duyusal İşitme Kaybı: Corti organı, kokleanın perilenfatik titreşimleri nöral sinyallere dönüştüren kısmıdır. Bu titreşimler stereosilyaların mekanik sapmasına ve dolayısıyla geçici sıvı akımlarının apikal tüy hücresi yüzeyleri boyunca yıkanmasına neden olur. Tüy hücrelerine bu elektrolit akışı depolarizasyona neden olur. Bir geri besleme sekansında, dış tüy hücrelerinin hücre duvarları içindeki motor proteinler, belirli bir dinamik aralık içinde bu mekano-elektriksel iletim sürecinin doğrusal olmayan amplifikasyonunu sağlar (Zenner, 1994).

Tanım olarak, sensörinöral işitme kaybı Corti organının işlev bozukluğu sonucu oluşan bir kayıptır. Baskın lezyon, düşük yoğunluklu akustik sinyallerin amplifikasyonu için dış tüy hücreleri tarafından oluşturulan benzersiz feed-back sisteminin kaybıdır. Kemik iletim eşiğinde 50 dB veya daha fazla kayma, doğrusal olmayan amplifikasyon kaybı ve yanlış ayarlanmış frekans seçiciliği (distorsiyonlar) ile karakterizedir. Kokleanın fibrozisi bu işlev bozukluğunun altında yatıyor olabilir.

Mikst Tip İşitme Kayıpları: İletim ve sensörinöral anomalilerin bir arada bulunduğu işitme kayıpları olup hem hava hem de kemik yolu işitme eşiklerinde düşüş söz konusudur (Akyıldız, 2002).

Santral İşitsel İşleme Bozuklukları: Kişinin periferik işitme ve zekâsı normal olmasına karşın işitme yolu ile alınmış olan bilgilerin işlenmesinde bozukluk olması durumudur (Yalçınkaya ve Küçükünal, 2022).

Fonksiyonel İşitme Kayıpları: Bu işitme kayıpları organik kökenli olmayıp sosyal unsurlar sonucunda yahut çıkar sağlamaya dayalı olarak ortaya çıkmaktadır (Kırman ve Sarı, 2011).

1.3.2. Yetişkin Bireylerde İşitme Kaybı Prevalansı

İşitme kaybı özellikle yaşlılarda sık görülmekle birlikte tüm yetişkinlerde en sık görülen rahatsızlıklar arasındadır. Türkiye'de yetişkinlerde işitme kaybı prevalansına ilişkin çalışma sayısı sınırlı olmakla birlikte, yurt dışında çok sayıda çalışma bulunmaktadır. İşitme kaybının yaygınlığına ilişkin birçok çalışma, Amerika Birleşik Devletleri'ndeki bireylerin sağlık ve beslenme düzeylerini değerlendirmek için tasarlanan Ulusal Sağlık ve Beslenme İnceleme Araştırması'ndan (NHANES) elde edilen verilere dayanmaktadır.

NHANES'in 1999-2004 yılları arasındaki verileri incelendiğinde, 20-69 yaş arası bireylerde 500 Hz ile 4 kHz konuşma frekansı arasında işitme kaybı olan birey sayısının %16,1 (29 milyon kişi) olduğu görülmektedir. Aynı çalışmada 20-29 yaş arası genç yetişkin grubunda ise bu oran %8,5 olarak bildirilmiştir (Agrawal ve ark., 2008).

NHANES 2011-2012 verilerine göre, 20-69 yaş arası bireylerde konuşma frekanslarında işitme kaybı prevalansı %6,6 (13 milyon kişi) ve bilateral işitme kaybı %7,5 (14,7 milyon kişi) olarak bildirilmiş, bu yaş grubunda toplam işitme kaybı prevalansı ise %14,1 (27,7 milyon kişi) olarak tespit edilmiştir (Hoffman ve ark., 2017).

Ülkemizde özellikle yetişkinlerde işitme kaybı prevalansını belirlemeye yönelik bir çalışmaya rastlanmamıştır. Ancak Devlet İstatistik Enstitüsü ve Özürlüler İdaresi Başkanlığı tarafından yapılan en kapsamlı engellilik araştırmalarından biri olan Türkiye Özürlüler Araştırması'na (2002) göre işitme engelli bireylerin oranı %0,37 olarak bildirilmiştir. Ekenci (2015), oranın dünyaya kıyasla oldukça düşük olmasının nedenini engelliliğin tanımlanma şekli ve kapsamı ile açıklamakta ve bu bağlamda engelli istatistiklerinin oluşturulmasında sorulan soruların ve bilgi toplama yönteminin sonuçları etkilediğini belirtmektedir (Ekenci 2015). Türkiye Cumhuriyeti Aile ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı tarafından yayımlanan "Engelli ve Yaşlı İstatistikleri Bülteni "ne göre, Eylül 2022 itibarıyla işitme güçlüğü çeken kişilerin genel nüfus içindeki oranı %1,1'dir (836 bin kişi) (Engelli ve Yaşlı İstatistikleri Bülteni, 2022).

1.3.3. Tedavi ve Rehabilitasyon

İşitme kaybının tedavisinde kullanılacak yöntem, işitme kaybına neden olan koşullara bağlıdır. İletim tipi işitme kayıpları çoğunlukla tıbbi veya cerrahi olarak tedavi edilebilen geçici işitme kayıplarıdır. Tıbbi ya da cerrahi tedavinin seçimi işitme kaybının etiolojisine bağlıdır. Sensörinöral işitme kaybı işitme cihazları veya koklear implantlar ile tedavi edilir. İşitme cihazları iletişim sorunlarını en aza indirmek için de kullanılır (Stach, 2010).

1.4. İŞİTME CİHAZLARI

İşitme cihazları, işitme kaybının tedavi ile düzeltilemediği durumlarda kullanılan ve protez ile işitme kazancı elde etmeyi amaçlayan cihazlardır (Arslan ve Genovese, 1996). İşitme kaybının neden olduğu olumsuz etkileri en aza indirmek ya da tamamen ortadan kaldırmak ve kişinin belirli bir seviyede duyabilmesini sağlamak amacıyla kullanılan işitme cihazları en etkili tedavi yaklaşımıdır (Belgin ve Ataş, 2002). Sesleri yükseltmek için tasarlanmış olan işitme cihazları, çevreden gelen sesleri bir mikrofon aracılığıyla toplayıp yükseltir ve bir alıcı aracılığıyla kullanıcının kulağına iletir. İşitme cihazları işitme kaybını düzeltme özelliğine sahip değildir, ancak sesleri yükselterek mevcut rezidüel işitmenin etkin kullanımına katkıda bulunur (Belgin ve Ataş, 2002).

1.4.1. İşitme Cihazı Türleri

Pek çok farklı işitme cihazı türü bulunmaktadır. Bunlar Tablo 2’de görüldüğü gibi sınıflandırılmaktadır (Belgin ve Ataş, 2002; Akyıldız, 2002).

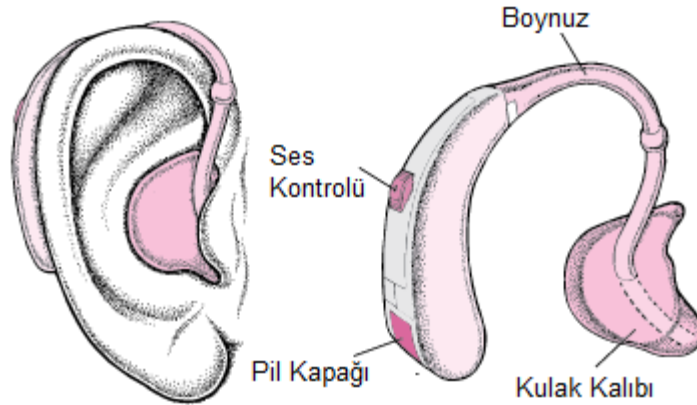
Tablo 2. İşitme cihazlarının sınıflandırılması

Hava Yolu İşitme Cihazları	Kulak Arkası
	Kulak İçi
	Kanal İçi
	Gözlük Tipi
	Cep Tipi
Kemik Yolu İşitme Cihazları	Gözlük Tipi
	Baş Bandıyla Kullanılan Cep Tipi
İmplant Edilebilir İşitme Cihazları	Kemiğe İmplant Edilebilir İşitme Cihazları
	Koklear İmplant

1.4.1.1. Hava Yolu İşitme Cihazları

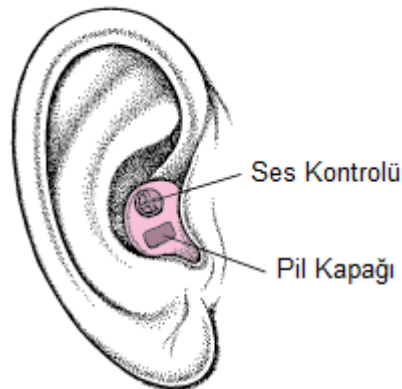
Kulak arkası, kanal içi, gözlük ve cep işitme cihazları olarak gruplandırılırlar.

Kulak arkası işitme cihazları kulak kalıbı ve işitme cihazı olmak üzere iki parçadan oluşur. Özellikle ileri derecede işitme kaybı olan bebek, çocuk ve yetişkinlerde kullanılırlar (Şekil 7) (Erdoğan, 2016).



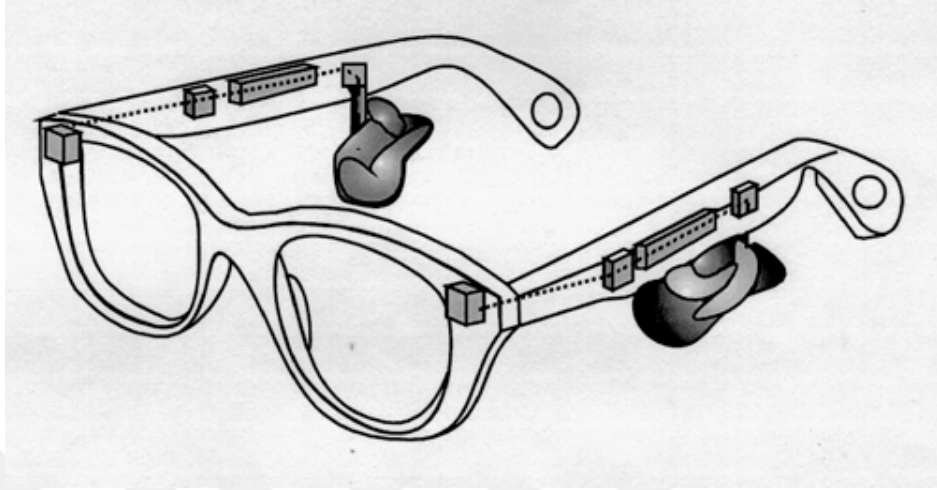
Şekil 7. Kulak Arkası İşitme Cihazı (<https://www.msdmanuals.com/en-jp/home/multimedia/figure/hearing-aids-amplifying-the-sound>)

Kanal içi işitme cihazları, kulak içi işitme cihazlarının daha küçük modelleri oldukları için en az dikkat çeken işitme cihazlarıdır. İşitme cihazı bir kulak kanalı gibi görünür ve kulak kanalının içine yerleştirilir. Orta derecede işitme kaybı olan kişiler için uygundur ve bebekler ve çocuklar için uygun değildir (Şekil 7) (Kim ve Barrs, 2006).



Şekil 8. Kanal İçi İşitme Cihazı (<https://www.msdmanuals.com/en-jp/home/multimedia/figure/hearing-aids-amplifying-the-sound>)

Gözlük Tipi İşitme Cihazları: Sınırlı kullanım alanına sahip olan bu işitme cihazları mikst tip işitme kaybı olan kişilerde kullanılabilmektedir (Kim ve Barrs, 2006; Ricketts ve ark., 2006) (Şekil 9).



Şekil 9. Gözlük Tipi İşitme Cihazı
(<https://www.rehab.research.va.gov/mono/ear/portfoli.htm>)

Cep Tipi İşitme Cihazları: Cepte taşınabilecek şekilde tasarlanmış olan işitme cihazları olup bir kordon ile kulak kalıbına bağlanmaktadır. Yaygın bir kullanıma sahip değildirler. Çok ileri derecede işitme kaybı olan kişiler için önerilmektedir (Ricketts ve ark., 2006).

1.4.1.2. Kemik Yolu İşitme Cihazları

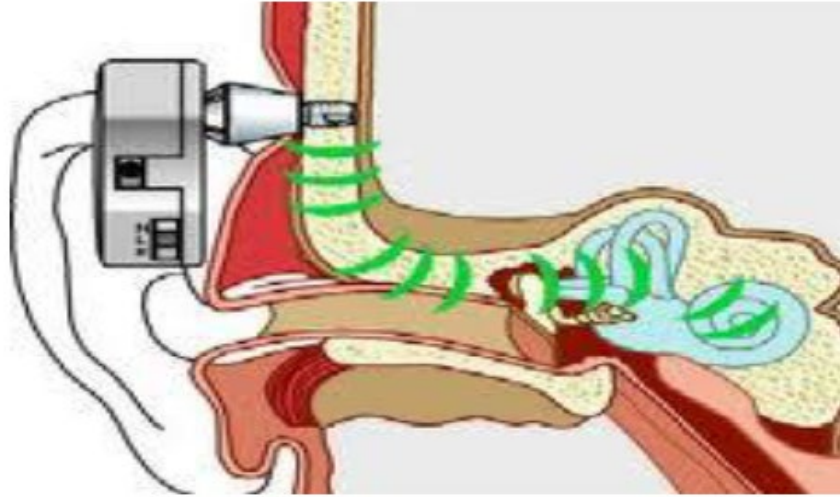
Baş Bandıyla Kullanılmakta Olan Cep Tipi İşitme Cihazları: Kulak arkası yahut kulak içi işitme cihazlarının kullanılmadığı durumlarda kullanılan bu işitme cihazları yaygın kullanıma sahip değildir (Belgin ve Ataş, 2002) (Şekil 10).



Şekil 10. Baş Bandıyla Kullanılan Cep Tipi İşitme Cihazı (Belgin ve Ataş, 2002)

1.4.1.3. İmplant Edilebilir İşitme Cihazları

Kemiğe İmplant Edilebilir İşitme Cihazları (BAHA): Bu cihazlar, geleneksel işitme cihazları ile aynı teknolojiye sahip işitme cihazlarıdır. Ancak geleneksel işitme cihazlarında mikrofon, gelen ses sinyallerini elektrik sinyallerine dönüştürür ve bunları yükseltip filtreledikten sonra hoparlöre iletir. Hoparlör bu elektrik sinyallerini tekrar ses dalgalarına dönüştürür. Buna karşın, BAHA işitme cihazlarında hoparlör bulunmaz. İki parçadan oluşur: temporal kemiğe çivilenen iç parça ve geleneksel işitme cihazından oluşan dış parça. BAHA işitme cihazlarında, dış kısım ses sinyallerini elektrik dalgalarına dönüştürür, yükseltir ve filtreler ve ardından ses dalgalarını şakak kemiğine çivilenmiş olan iç kısma iletir. Ses dalgaları iç parçanın titreşmesine neden olarak temporal kemiği uyarır. Bu işitme cihazları, iletim tipi veya mikst işitme kaybı olan hastalarda kullanılır (Karamert ve ark., 2016). Bunun temel nedeni, kulak arkasına yerleştirilen kemik vibratörünün etkili bir şekilde çalışabilmesi için kemikle sıkı bir temas halinde olması gerektiğidir. Bu da metal, deri ya da plastik bantlarla sağlanabilmektedir. Bu da hastalar tarafından estetik gerekçelerle reddedilmektedir.



Şekil 11. Kemiğe İmlante Edilebilir İşitme Cihazı (Karamert ve ark., 2016)

Koklear İmplant: Mekanik ses enerjisini elektrik sinyallerine dönüştürüp doğrudan kokleaya aktararak seslerin algılanmasını sağlayan elektronik cihazlardır. Bilateral ve çok ileri derecede sensorinöronal işitme kaybı olan ve geleneksel işitme cihazlarından yeterince fayda görmeyen hastalara uygulanır (Sennaroğlu ve ark., 2002).

Koklear implantın iç ve dış parçaları vardır. Mikrofon, konuşma işlemcisi ve harici anten harici parçalardır. Mikrofon, akustik bilgiyi alan, elektrik sinyallerine dönüştüren ve konuşmacıya ileten parçadır. Konuşma işlemcisi alınan sinyali kodlar, yükseltir ve iç kulak uyarımı için uygun hale getirir ve ardından elektriksel uyarı harici antene iletilir. Dış anten, elektriksel impulsu deriden iç antene ileten kısımdır. İç kısımlar iç anten, alıcı-stimülatör ve elektrot demetinden oluşur. İç anten, elektrik akımını alıcı-stimülatöre aktaran parçadır. Alıcı-uyarıcı, sinyale göre ilgili elektrotları uyarmakla görevli parçadır. Elektrot demeti elektriksel uyarıyı iç kulağa aktarır ve kokleadaki ilgili lokalizasyonu uyarır (Koçyiğit ve ark., 2018).



Şekil 12. Koklear İmplant Uygulanmış Bir Çocuk (Koçyiğit ve ark., 2018)

1.4.2. İşitme Cihazı Uygulaması

İşitme cihazı, işitme kaybı olan bireyin tıbbi veya cerrahi yöntemlerle tedavi edilemediği durumlarda kullanılır. İşitme cihazı önerilebilmesi için kaybın artmasını ya da yaşlanmayı beklemek doğru değildir (Akşit ve ark., 2020).

İşitme cihazı kullanımına aday olan hastaları değerlendirirken dikkat edilmesi gereken noktalar aşağıdaki gibidir (Akşit ve ark., 2020):

İşitme kaybının tipi ve derecesi:

- İletim tipi işitme kayıplarında sorun konuşmanın algılanması ile ilgili değil, ses şiddetinin kaybı ile ilgilidir ve amplifikasyon bu tür işitme kayıplarını ortadan kaldırmak için yeterlidir (Akşit ve ark., 2020).

- Sensörinöral işitme kaybında ise işitme cihazları işitme kaybını gidermeye yöneliktir (Akşit ve ark., 2020).

Odyogramın Şekli:

- Düz odyogramlarda ve yavaş yavaş yükselen/düşen odyogramlarda işitme cihazları ile daha etkili sonuçlar alınırken, düzensiz, çanak/ters çanak şeklinde, aniden yükselen ve düşen odyogramlarda cihaz başarısı düşmektedir (Akşit ve ark., 2020).

Konuşma Ayırımı Sonuçları: İşitme cihazlarından beklenen fayda ile konuşmayı ayırt etme skoru arasında pozitif bir ilişki vardır. Başka bir deyişle, konuşmayı ayırt etme skoru yüksek olanlarda işitme cihazlarından beklenen fayda daha yüksektir (Akkaplan ve ark., 2021).

Tolerans Sorunu: Rahatsız edici ses seviyesi ile konuşma alım eşiği arasındaki fark dinamik bir aralıktır ve bu aralığın azalması cihazdan beklenen faydanın azalmasına yol açar. Tolerans problemi düşük olan, diğer bir deyişle yüksek sese toleransı yüksek olan kişilerin işitme cihazı için daha uygun adaylar olduğu belirtilmektedir (Hodgsan, 1981).

1.4.2.1. Cihazlama Öncesi (Prefitting) Dönem

İyi bir öykü ve kulak-burun-boğaz muayenesi cihazlama öncesi döneminin ilk aşamasını oluşturur. Öyküde hastanın yaşı, eğitimi, mesleği, işitme kaybının süresi, başlangıç şekli, geçirilmiş kulak hastalıkları veya operasyon varlığı, mevcut sistemik hastalıkları, kullandığı ilaçlar vb. sorgulanmalıdır. Muayene sırasında DKY'de bül, stenoz, kollaps, enfeksiyon, ekzostoz veya osteoma gibi oluşumlar dikkate alınmalıdır. Kulak zarı ve orta kulakta renk değişiklikleri, kalsifikasyonlar, membrandaki değişiklikler, perforasyonlar ve akıntılar dikkate alınmalıdır (Norman et al., 1994).

Cihazlama öncesi dönemin ikinci aşamasında odyolojik değerlendirme yapılır. İmmünometrik değerlendirme, saf ses odyometrisi ve konuşma odyometrisi gibi odyolojik değerlendirmelerin yanı sıra gerekli görüldüğü takdirde patolojinin yerini belirlemek için objektif testler de yapılabilir. Odyolojik incelemeler sonucunda işitme cihazı kullanımı için uygun olan adaylar belirlenir (Mueller ve ark., 2013).

1.4.2.2. Cihazlama (Fitting) Dönemi

İşitme cihazı takılması aşamasında hastanın yaşı, işitme kaybının derecesi ve tipi, hastanın eğitim, ekonomik ve sosyokültürel düzeyi göz önünde bulundurulmalıdır. Bilişsel ve motor beceriler de değerlendirilmelidir. Fitting sırasında cihaza bağlı oluşabilecek her türlü sorun hasta ile önceden paylaşılmalıdır. Cihazlama hastaya özel kulak kalıpları kullanılarak yapılmasına özen gösterilmelidir. İşitme kaybının derecesine, konfigürasyonuna ve kulak muayenesi sonuçlarına göre farklı kalıplar ve modifikasyonlar kullanılabilir (Markides, 1986; Picou ve ark., 2022).

1.4.2.3. Cihazlama Sonrası (Postfitting) Dönem

Cihaz uygulamasını yapan klinisyen, hasta ve ailesini gerçekçi beklentiler ve cihaz uygulamasının sonuçları hakkında bilgilendirmelidir. Gerçekçi beklentiler açıklanırken işitme kaybı ile ilgili tüm konular göz önünde bulundurulmalı ve tüm sorular yanıtlanmalıdır. Hastaların bu dönemde karşılaştıkları sorunlar aşağıda sıralanmıştır (Picou ve ark., 2022):

- Konuşma anlaşılabilirliğinde azalma
- Dinamik aralığın daralması
- Azaltılmış frekans seçiciliği
- Azaltılmış zamansal çözünürlük

1.4.3. İşitme Cihazından Duyulan Faydayı Etkileyen Faktörler

Odyolojik ve odyolojik olmayan faktörlerin etkileşiminden ötürü işitme cihazı süreci işitme sorunu olan kişilere özgü bir süreç oluşturmaktadır. İşitme cihazından duyulan fayda üzerinde etkili olan faktörler odyolojik ve odyolojik olmayan faktörler şeklinde iki grup altında ele alınmaktadır (Vestergaard Knudsen ve ark., 2010).

1.4.3.1. Odyolojik Faktörler

İşitme kaybının türü, derecesi, konfigürasyonu, işitme kayıplı geçirilen süre ve işitsel işleme süreçleri, gürültü toleransı, işitme cihazıyla özellikler işitme cihazından duyulan faydayı etkilemektedir (Vestergaard Knudsen ve ark., 2010).

Farklı tip ve konfigürasyona sahip işitme kayıpları farklı türde ve sıklıkta işitme problemlerine neden olmaktadır. Aynı saf ses ortalaması bulunan iki kişinin odyogram konfigürasyonunun yüksek frekanslara doğru düşüş kaydeden (sloping) ya da düz (flat) olma durumuna göre cihazdan duydukları fayda değişiklik göstermektedir. İletim, mikst ve sensörinöral işitme kayıpları amplifikasyona farklı yanıt vermekle beraber (Blamey ve ark., 2015) konu üzerine gerçekleştirilen bazı çalışmalarda cihazdan duyulan faydanın işitme kaybının tipine göre farklılık göstermediği bildirilmiştir (Turan, 2015).

Yapılan çalışmalarda işitme kaybının derecesiyle işitme cihazından duyulan fayda arasında ilişkiye yönelik farklı sonuçlar bildirilmiştir. Ivory ve arkadaşları (2009) tarafından yapılan çalışmada işitme engelli bireylerin 1000-4000 Hz saf ses ortalamalarına göre işitme kaybı dereceleri sınıflandırılmış ve buna göre işitme cihazının tüm gruplarda fayda sağladığı tespit edilmiş olmakla beraber işitme kaybının derecesindeki artışa bağlı olarak cihazdan duyulan faydanın arttığı bildirilmiştir (Ivory ve ark., 2009). Stark ve Hickson (2004) tarafından yapılan bir başka çalışmada da işitme kaybı derecesindeki artışa bağlı olarak bireylerin daha fazla işitme zorluğu yaşadıkları ve amplifikasyonla bu zorluklarda azalma olduğu, bunun da cihazdan duyulan fayda düzeyini artırdığı bildirilmiştir (Stark ve Hickson, 2004).

Turan (2015) tarafından yapılan çalışmada APHAB anketi kullanılarak işitme cihazından duyulan fayda araştırılmıştır. Çalışma sonunda işitme kaybı derecesindeki artışa bağlı olarak cihazdan duyulan memnuniyetin azaldığı bildirilmiştir (Turan, 2015).

Metselaar ve arkadaşları (2009) tarafından APHAB anketi kullanılarak gerçekleştirilen bir başka çalışmada ise işitme kaybının derecesiyle cihazdan

duyulan memnuniyet arasında anlamlı bir ilişki olmadığı bildirilmiştir (Metselaar ve ark., 2009).

Blamey ve arkadaşlarına (2015) göre ortamın sessiz yahut gürültülü olmasına bağlı olarak işitme kaybının derecesi ve işitme cihazından elde edilen fayda arasındaki ilişki farklılık arz etmektedir. Sessiz ortamlarda işitme kaybı derecesi arttıkça cihazdan duyulan fayda da artmakta iken gürültülü ortamlarda ise işitme kaybının derecesi arttıkça cihazdan duyulan fayda değişmemektedir (Blamey ve ark., 2015).

Hickson ve arkadaşları (2014) yapmış oldukları çalışmada işitme cihazı kullanma süresi ile cihazdan duyulan fayda arasındaki ilişkiyi retrospektif olarak değerlendirmişlerdir. Çalışmada işitme cihazı başarısıyla odyolojik olmayan faktörlerin çok daha ilişkili olduğu, işitme kaybının derecesi ve işitme kayıplı olarak geçirilen sürenin işitme cihazı başarısıyla ilişkili olmadığı bildirilmiştir (Hickson ve ark., 2014).

Nabelek (2005) yapmış olduğu çalışmada başarılı işitme cihazı ayarlaması açısından kabul edilebilir gürültü düzeyinin önemli olduğunu ifade etmiştir (Nabelek, 2005). Kabul edilebilir gürültü düzeyinin işitme cihazından duyulan faydayı açıklamada anlamlı bir etkiye sahip olup olmadığını belirlenmesi için Taylor (2008) tarafından gerçekleştirilen çalışmada IOI-HA anketi ile işitme cihazı yararı ölçülmüştür. Çalışma sonucunda IOI-IHA skorlarıyla kabul edilebilir gürültü düzeyi arasında anlamlı ilişki olduğu bildirilmiştir (Taylor, 2008).

İşitme kayıplı olarak geçirilen süreyle işitsel işleme sorunlarının da cihazdan duyulan faydayı etkilediği ifade edilmektedir. İşitsel işleme bozukluğu herhangi bir yaşta hastaları etkilemekle birlikte 70-80 yaş arasında en azından hafif bir dereceye kadar yaygın olarak görülmekte olup bireylerin zorlu dinleme şartlarında konuşmayı anlama performanslarını olumsuz yönde etkilemektedir. İşitme cihazı kullananlarda önemli sorunlardan birisi olarak görülmesine rağmen ek olarak iyi bir danışmanlık planlaması yapılması halinde bu kişilerin iyi birer işitme cihazı adayı oldukları ifade edilmektedir. Böyle hastalara işitme cihazına ilişkin beklentilerini azaltmak adına danışmanlık hizmeti

vermek, işitsel rehabilitasyon programları uygulamak vb uygulamalar cihazdan fayda görme olasılığının da artmasını sağlayacaktır (Mueller ve ark., 2011).

1.4.3.2. Odyolojik Olmayan Faktörler

İşitme cihazından duyulan memnuniyet düzeyini etkileyen odyolojik olmayan faktörler olarak kişilik, yaş, cinsiyet, tutum, özyeterlilik, bilişsel süreçler, bilhassa yaşlı grupta el becerisi ve sağlık okuryazarlığı gibi faktörler yer almaktadır (Vestergaard Knudsen ve ark., 2010).

Gatehouse ve Gordon (1990) yapmış oldukları çalışmada yaşlı bireylerin kendileriyle aynı odyogram sonuçlarına sahip genç bireylere göre daha fazla işitme engeli bildirdiğini, bunun neticesinde de işitme cihazından daha az yarar gördüklerini bildirmiştir (Cox ve Alexander, 1992). Genç ve yaşlı bireyler arasında bu şekilde bir fark bulunmakla beraber yaşlı grup kendi içerisinde 65-80 yaş ve 85 yaş olmak üzere iki gruba ayrıldığında iki grup arasında işitme engeli ve işitme cihazından elde edilen fayda arasında anlamlı bir farklılık bulunmadığı, diğer bir ifadeyle yaşlı grup içerisinde yalnızca yaş değişkeninin işitme cihazından elde edilen faydayı kısıtlayıcı bir faktör olmadığı belirtilmiştir (Chang ve ark., 2008).

Yapılan çalışmalarda işitme cihazından duyulan memnuniyet üzerinde cihaz kullanımına yönelik tutumun önemli olduğu bildirilmiştir. Yapılan çalışmalarda işitme cihazı kullanımına ilişkin olumlu tutuma sahip olanların işitme cihazından daha fazla fayda sağladığı bildirilmiştir (Gatehouse, 1994; Cox ve ark., 2007; Hickson ve ark., 2014).

İşitme cihazından duyulan fayda üzerinde etkili olduğu ifade edilen faktörlerden bir diğeri de kişiliktir. Cox ve Alexander (1999) tarafından APHAB anketi kullanılarak yapılan çalışmada kişilik özellikleriyle subjektif işitme cihazı faydası arasındaki ilişki incelenmiştir. Çalışma sonucunda dışa dönük kişilik özelliğine sahip işitme engelli bireylerin bütün konuşmaya dayalı iletişim durumlarında işitme cihazından daha fazla fayda algıladıkları bildirilmiştir (Cox ve Alexander, 1999).

İşitme cihazından algılanan fayda üzerinde etkili olan diğer faktörler ise el becerileri, sağlık okuryazarlığı, yaşa bağlı görme problemleri ile bilişsel becerilerdir (Kumar ve ark., 2000; Humes ve ark., 2003; Saunders, 2015).

1.5. KONUŞMA ODYOMETRİSİ

Konuşma odyometrisi, müşterinin konuşma seslerini ayırt etme, arka plandaki gürültüde konuşmayı algılama, sunulan sinyalleri anlama ve sunulan bilgileri hatırlama yeteneğini anlamak için yapılan bir konuşma testi veya test bataryasıdır. Konuşma odyometrisi, uyaran olarak konuşmanın kullanıldığı bir dizi odyometrik testi tanımlamak için kullanılan bir şemsiye terimdir. Konuşma odyometrisini deneğe hem sessiz hem de gürültülü ortamda (örn. konuşma gevezeliği veya konuşma gürültüsü) konuşma sunarak gerçekleştirebilirsiniz. İkincisi gürültüde konuşma testidir. Konuşma odyometrisi, odyoloğun test bataryasındaki temel bir testtir çünkü saf ton odyometrisi (işitme hassasiyetinin birincil testi), kişinin konuşmayı tanıma yeteneğinin sınırlı bir öngörüsüdür. Bir kişinin konuşma seslerine erişimini iyileştirmek genellikle onlara işitme cihazı takmanın ana motivasyonudur. Bu nedenle, işitme kaybı olan bir kişinin, amplifikasyonu ayarlamadan önce konuşmayı nasıl tanıdığını veya ayırt ettiğini anlamak önemlidir ve konuşma odyometrisi bunu yapmanın bir yöntemini sağlar.

Saf ses odyometrisi ile ölçülen işitme duyarlılığındaki azalma, konuşmayı anlamada daha fazla güçlükle sonuçlanır. Bununla birlikte literatür, benzer odyogramlara sahip aynı yaştaki iki bireyin oldukça farklı konuşma tanıma skorlarına sahip olabileceğini de göstermektedir. Bu nedenle, bir odyolog konuşma odyometrisi yaparak bir kişinin konuşma bilgisine ne kadar iyi erişebildiğini belirleyebilir.

Bu bilginin elde edilmesi, teşhis sürecinde kilit öneme sahiptir. Örneğin, farklı işitme kaybı türleri arasında ayırım yapılmasına yardımcı olabilir. Konuşma odyometrisinden elde edilen bilgileri (yeniden) rehabilitasyon sürecinde de kullanabilirsiniz. Örneğin, sonuçlar sizi yönlü mikrofonlar veya uzak mikrofon

cihazları gibi uygun amplifikasyon teknolojisine yönlendirebilir. Konuşma odyometrisi ayrıca odyoloğa bir deneğin yeni işitme cihazlarıyla ne kadar iyi duyacağına dair bir öngörü sağlayabilir.

Konuşma algılama eşiği (SDT)

Burada, test cihazı konuşmayı farklı yoğunluk seviyelerinde sunacak ve hasta konuşmayı ne zaman algılayabildiğini belirleyecektir. Amaç, hastanın denemelerin %50'sinde konuşmayı algıladığı seviyeyi belirlemektir. Bu, konuşma algılama eşiğidir. Bunu konuşmayı ayırt etme eşiği ile karıştırmamak önemlidir. Konuşmayı ayırt etme eşiği, bir kişinin konuşmayı tanıma yeteneğine bakar.

Konuşma algılama eşiğinin, saf ses odyometrisinden hesaplanan saf ses ortalaması ile iyi korelasyon gösterdiği bulunmuştur. Bu nedenle, klinik ortamda konuşma algılama testinin ana uygulaması odyogramın doğrulanmasıdır.

Konuşma algı eşiği (SDT), vakaların %50'sinde konuşmanın bir kişi tarafından duyulabileceği seviyedir. Hava iletimli odyometri için değerli bir çapraz kontrol görevi görür ve saf ton ortalaması (PTA) ile yakından hizalanmalıdır. PTA tipik olarak 500, 1000 ve 2000 Hz'de elde edilen eşik değerlerinin ortalaması alınarak hesaplanır. PTA ve SDT arasında ± 6 dB'lik bir fark iyidir, ± 7 ila 12 dB yeterlidir ve ± 13 dB veya daha fazlası kötüdür.

Konuşma algılama eşiği bazen SRT olarak kısaltılan konuşma alım eşiği olarak anılır; SRT olarak kısaltılan konuşma tanıma eşiğiyle karıştırılmamalıdır. Bu nedenle konuşma algılama eşiği terimi kullanılmış ve SDT olarak kısaltılmıştır.

Konuşma tanıma eşiği (SRT)

Konuşmayı ayırt etme testi olarak da bilinen konuşma tanıma testinde, deneğin yalnızca konuşmayı algılaması değil, aynı zamanda sunulan kelime veya kelimeleri de doğru bir şekilde tanıması gerekir. Bu, konuşma testinin en popüler şeklidir ve işitme kaybı olan bir kişinin ideal koşullarda konuşmayı nasıl ayırt edebileceğine dair fikir verir.

Dünyanın her yerinde bu bilgiyi elde etme yöntemleri farklıdır ve bu durum genellikle konuşma tanıma testi konusunda kafa karışıklığına yol açmaktadır. Konuşma tanıma testinin gerçekleştirilme biçiminde farklılıklar olmasına rağmen, küresel olarak kullanılan bazı temel hesaplamalar ve test parametreleri vardır.

Konuşma tanıma eşiği (SRT), bir kişinin tipik olarak sayıları veya spondaik kelimeleri içeren konuşma materyalinin %50'sini doğru bir şekilde tekrarlayabildiği minimum işitme seviyesidir. Bu ölçüm, konuşma için işitme hassasiyetinin bir göstergesi olarak hizmet eder ve Kelime Tanıma (WR) testleri gibi diğer değerlendirmeler için bir temel oluşturarak daha sonraki değerlendirmeler için uygun başlangıç noktalarının belirlenmesine olanak tanır.

Kelime tanıma skoru (WR)

Kelime tanıma testinde deneğe tek yoğunlukta fonetik olarak dengeli kelimelerden oluşan bir liste sunarsınız ve ondan duyduğu kelimeleri tekrarlamasını istersiniz. Hastanın bu kelimeleri doğru ya da yanlış tekrarlaması durumunda puan alırsınız. Doğru kelime yüzdesi olarak ifade edilen bu puan, doğru olarak tanımlanan kelime sayısının sunulan toplam kelime sayısına bölünmesiyle hesaplanır. Kelime tanıma puanı (WR) bazen SDS (konuşmayı ayırt etme puanı) olarak adlandırılır ve doğru (ayırt etme puanı) veya yanlış (ayırt etme kaybı) yüzdesi olarak ifade edilen, doğru şekilde tekrarlanan kelimelerin sayısını temsil eder. Doğruya basmak kelimenin %100 doğru olduğu anlamına gelirken, yanlış ise %0 doğruya karşılık gelir.

Skor, hastanın belirli bir yoğunluk seviyesinde hangi fonemleri duymakta zorluk çektiği hakkında bilgi sağlayan bir fonem skoru olarak elde edilebilir. Bu, danışmanlık ve rehabilitasyon amaçları için faydalıdır.

Konuşmayı Ayırt Etme Oranı (Speech Discrimination Score – SDS) Testi

Konuşmayı Ayırt Etme Oranı (Speech Discrimination Score – SDS) Testi; hastanın en rahat duyabileceği ses şiddeti seviyesinde, en zor tahmin edebileceği tek heceli kelimenin tekrarının yaptırılması doğrultusunda uygulanmaktadır.

Hastanın yaşadığı işitme kaybı; konuşmaları anlamasında problem yaşanmasına neden olmakla birlikte, birçok başka hastalığa da beraberinde getirebilmektedir. Bu doğrultuda SDS Testi ile hastaların hem işitme kayıplarının hem de diğer hastalıklarının önüne geçilmesi amaçlanmaktadır (Aksoy ve DüNDAR, 2007).

SDS Testi kapsamında kullanılan konuşmayı ayırt etme materyali, fonetik dengeye sahip kelimelerden oluşmaktadır. Konuşmayı ayırt etme oranı (speech discrimination score – SDS) ya da konuşmayı alma eşik seviyesi 40 dB üzerindeki şiddette olan hastanın en rahat dinleyebildiği seviyede, hastaya tek heceli olan yirmi beş kelime söylenmekte ve bu kelimelerin tekrarlanması istenmektedir. Hastanın, tekrarlayabildiği her kelime için 4 puan alması söz konusudur. SDS Testi'nin uygulanması kapsamında hasta tarafından doğru tekrarlanabilen kelimelerin yüzdesi belirlenmekte ve kelime tekrar oranı % 88 ve üzerinde olduğunda, işitme düzeyi normal kabul edilmektedir (Şahin – Kamışlı ve diğerleri, 2015). SDS Testi, aşağıda verilen belirlemelerin yapılabilmesine yönelik kullanılabilmektedir (Kemaloğlu, 2017):

- SDS Testi; hastaların işitme kaybı derecelerinin, iletişim işlevlerine etkisinin belirlenmesinde kullanılabilmektedir.
- SDS Testi, işitme kaybına neden olan anatomik lezyonun söz konusu olduğu bölgenin belirlenmesinde kullanılabilmektedir.
- SDS Testi, hastaların işitme – konuşma rehabilitasyonunun etkinliğinin belirlenmesinde kullanılabilmektedir.
- SDS Testi, işitme cihazlarının performansının değerlendirilmesinde kullanılabilmektedir.

En Rahat Dinleme Eşiği (Most Comfortable Loudness – MCL) Testi

En Rahat Dinleme Eşiği (Most Comfortable Loudness – MCL) Testi, hastanın konuşma seslerini en rahat duyabildiği seviye olarak nitelendirilen “en rahat dinleme eşiği (most comfortable loudness – MCL)” belirlenerek uygulanmaktadır. MCL Testi uygulanırken, hastaya SRT seviyesinin üzerine 25

dB ile 45 dB arasında konuşma uyararı verilmektedir. MCL seviyesinin belirlenmesi sürecinde, 25 dB ile 45 dB arasında ifade edilen konuşma uyararı düzeyinin daha düşük seviyede belirlenmesi söz konusu olabilmektedir (Mengü ve diğerleri, 2019).

MCL Testi kapsamında, sürekli konuşma sinyali ya da iki ya da üç heceli kelime listeleri kullanılabilir. MCL Testi kapsamında yapılan belirlemeler, SDS

Testi'nin uygulanacağı seviyenin belirlenmesi açısından da değerlendirmede bulunma olanağı sunmaktadır. Bununla birlikte MCL Testi, işitme cihazı önerilmesi sürecinde amplifikasyon oranının belirlenmesinde de kullanılabilir (Özcebe ve diğerleri, 2019).

Rahatsız Edici Ses Seviyesi (Uncomfortable Loudness Level – UCL) Testi

Rahatsız Edici Ses Seviyesi (Uncomfortable Loudness Level – UCL) Testi, hastanın konuşma seslerini rahatsız edici olarak tanımladığı ya da hasta için rahatsız edici ses seviyesi (uncomfortable loudness level – UCL) olarak ifade edilen ses seviyesinin belirlenmesi doğrultusunda uygulanmaktadır. UCL Testi kapsamında; MCL Testi kapsamında kullanılan uyarılara yer verilebildiği gibi, frekansa özgü konuşma uyarıları da kullanılabilir (Şahin – Kamışlı, 2015). Normal bir kulağın, 100 dB HL işitme seviyesi şiddetindeki sesleri tolere edebilmesi söz konusudur. Bu doğrultuda hastanın 100 dB ya da daha düşük şiddette olan seslerden rahatsızlık duyması, koklear patolojinin varlığına yönelik değerlendirmede bulunulmasına neden olmaktadır. Bu kapsamda belirlemeler yapılması durumunda işitme cihazı seçimi ya da işitme cihazının maksimum çıkış gücünün ayarlanmasında, UCL değerlerinin gözetilmesi gerekmektedir (Ünal, 2011).

1.6. İŞİTME PERFORMANSININ ARTIRILMASINA YÖNELİK KULLANILAN KAZANÇ FORMÜLLERİ

İşitme performansını artırmak için kullanılan kazanç formülleri, işitme cihazı uygulamalarına objektiflik kazandırması ve uygulamalardaki sorunları ortadan kaldırması açısından önemlidir (Vestergaard, 2006). Bu amaçla kullanılan kazanç formülleri ile işitme kaybının tipi, derecesi ve konfigürasyonu, işitme cihazı kullanım deneyimleri, yaş ve cinsiyet değişkenlerine göre amplifikasyon miktarı hesaplanabilmektedir (Polat, 2002). Ayrıca kazanç formülleri ile bireyselleştirilmiş uygulamalar yapılabilmekte ve VAI kapsamında hesaplanan değerlerin doğrulanması mümkün olabilmektedir (Berger, 1991).

Kazanç formülleri genellikle saf ses işitme eşiklerine ve en rahat ya da en rahatsız edici ses seviyesine dayanmaktadır. İşitme eşiklerine dayanarak, en rahat kazanç ve en rahatsız edici ses seviyelerini tahmin etmek mümkündür. Ancak elde edilecek hedef kazanç miktarı kazanç formülüne bağlı olarak değişebilir (Polat, 2002).

1.6.1. Lineer Kazanç Formülleri

Lineer kazanç formülleri, lineer işitme cihazları için geliştirilen kazanç formüllerini ifade eder (Stephens, 2002). Lineer kazanç formülleri genellikle Lybarger (1967) tarafından geliştirilen " $\frac{1}{2}$ kazanç formülüne" dayanmaktadır. "POGO (Prescription of Gain / Output) Gain Formula", "Berger Gain Formula", "Libby Gain Formula", "DSL Gain Formula", "NAL Gain Formula" ve "NAL - R (National Acoustic Laboratories - Revised) Gain Formula" lineer kazanç formülleri olarak sayılabilir (Szwoch ve Kostek, 2006). Doğrusal kazanç formülleri genellikle konuşma seviyesindeki sesleri duyulabilir hale getirmek ve yüksek şiddetteki seslerin rahatsızlık vermesini önlemek için kullanılır (Humes, 1996). Bununla birlikte, işitme eşiğini temel aldıkları için doğrusal kazanç formülleri, güvenilirlik düzeyleri yüksek kazanç formülleri olarak kabul edilir ve işitme cihazı uygulamalarına nesnellik sağlayabilir (Gedik, 2001). Doğrusal kazanç formüllerinin en büyük dezavantajı, giriş ses şiddetine bağlı olarak kazanç değişimlerinin hesaplanmasına izin vermemesidir (Stephens, 2002). Bu dezavantajı nedeniyle günümüzde işitme cihazı uygulamalarında doğrusal

kazanç formülleri değil doğrusal olmayan kazanç formülleri kullanılmaktadır (Erişçi, 2018).

1.6.2. Lineer Olmayan Kazanç Formülleri

Lineer işitme cihazları için geliştirilen lineer kazanç formülleri, teknolojik gelişmelerin getirdiği lineer olmayan işitme cihazları için yetersiz kalmaktadır. Bu doğrultuda doğrusal olmayan işitme cihazları için farklı doğrusal olmayan kazanç formülleri geliştirilmiştir (Yılmaz ve ark., 2021). Doğrusal olmayan kazanç formülleri ile hedef kazanç sadece tek bir ses yüksekliği seviyesine göre değerlendirilmez. Bu doğrultuda doğrusal olmayan kazanç formülleri genel olarak ses yüksekliğinde normalizasyon sağlasa da kullanılan kazanç formülüne bağlı olarak kazanç farklılıkları oluşabilmektedir. Dolayısıyla ihtiyaç duyulan ön bilgi ve hedef belirlemenin altında yatan stratejiler her doğrusal olmayan kazanç formülü için farklılık gösterir (Lindley & Palmer, 1997). Doğrusal olmayan kazanç formülleri, orta ila yüksek sesleri en rahat işitme seviyesine getirmek, normal işiten bireylerin duyabileceği ölçüde amplifikasyon sağlamak ve hafif, orta ve orta ila ileri derecede işitme kaybının kazancını idealize etmek için kullanılır (Taylor & Teter, 2009). "FIG6 Kazanç Formülü", "IHAF (Independent Hearing Aid Fitting Forum) Kazanç Formülü", "DSL [i/o] (İstenen Duyum Seviyesi Giriş/Çıkış) Kazanç Formülü", "DSL v5 (İstenen Duyum Seviyesi Sürüm 5) Kazanç Formülü", "NAL-NL1 (National Acoustic Laboratories-Nonlinear Version 1) Kazanç Formülü" ve "NAL-NL2 (National Acoustic Laboratories-Non-Linear Version 2) Kazanç Formülü" doğrusal olmayan kazanç formülleri olarak kabul edilebilir (Keidser ve ark., 2012). Her işitme cihazı markasının kendi kazanç formülü vardır. Ancak VAS sistemlerinde işitme cihazlarının kazanç formüllerinde hedef kazançların bulunmaması önemli bir dezavantaj olarak değerlendirilmektedir (Erdoğan ve Arslan, 2016). FIG6 Kazanç Formülü ve IHAF Kazanç Formülü ise genellikle günümüzde kullanılan işitme cihazlarında yer almayan bağımsız bilgisayar destekli programlar kapsamında kullanılan kazanç formüllerini ifade etmektedir (Marozeau ve Florentine, 2007).

1.6.2.1. DSL I/O ve DSL

DSL [i/o] Kazanç Formülü ve en son versiyonu olan DSL v5 Kazanç Formülü, işitme cihazının çıkış seviyesinin hastaların dinamik aralığı içinde kalacak şekilde hesaplanmasını ifade eder. Buna göre, DSL [i/o] Kazanç Formülü ve DSL v5 kazanç formülü, hastaların eşik seviyelerini dikkate alarak hedef kazançları hesaplamak için kullanılır (Beck, Moodie, & Speidel, 2007). DSL [i/o] Kazanç Formülü, nispeten daha uzun süre gerektiren işitme testlerinin çocuklarda uygulanamaması nedeniyle öncelikle çocuklar için geliştirilmiştir. Bu doğrultuda DSL [i/o] Kazanç Formülü özellikle pediatrik gruba yönelik olsa da DSL [i/o] Kazanç Formülünün her yaş grubundan işitme kaybı olan bireyler için kullanılabileceği görülmektedir. DSL [i/o] Kazanç Formülü ile hastanın rahatsız olduğu ses seviyesi, hastanın eşik seviyesi dikkate alınarak ya da hastanın yaşı doğrultusunda uzmanların uygun bulduğu kazanç formülleri kullanılarak hesaplanmaktadır (Marozeau & Florentine, 2007).

1.6.2.2. NAL–NL1

Bitişik konuşma frekanslarının ses yüksekliğini normalleştirmek yerine eşitlemeye yönelik temel NAL felsefesi, kompresyon işitme cihazları için yeni NAL-NL1 fitting yönteminin arkasındaki temel felsefe olmaya devam etmektedir. Buna ek olarak, NAL-NL1, ileri ila çok ileri derecede işitme kaybı olan kişiler için amplifikasyonla ilgili olarak NAL-RP'nin özel hususlarını içerir. NAL-NL1'in gelişimini açıklayan literatür, 'işitilebilirlik' ve 'etkin işitilebilirlik' terimleri arasında ayırım yapmaktadır (Dillon, et al. 1998).

İşitilebilirlik, gerçek işitme eşikleri biliniyorsa, duyum seviyesi açısından ölçülebilir. Öte yandan 'etkin işitilebilirlik', konuşma sesleri duyulabilir hale geldikten sonra bu seslerden ne kadar bilgi çıkarılabileceğini ifade eder. Dillon ve diğerlerine (1998) göre, işitme kaybı arttıkça, insanlar daha az işitilebilirlikle daha fazla 'etkili işitilebilirliğe' sahip olma eğilimindedir. Başka bir deyişle, ileri ya da daha fazla işitme kaybı olan hastalar için, küçük bir duyum seviyesi bir miktar bilgi verebilirken, yüksek bir duyum seviyesi konuşmayı anlamak için çok fazla bilgi

katmayacaktır. İleri derecede işitme kaybı olanlar için, işitilebilirliğe neredeyse hiç ilave 'etkili işitilebilirlik' eşlik etmeyebilir.

Yeni NAL-NL1 fitting yöntemi, 65 dB SPL girişleri için NAL-R & NAL-RP tarafından verilenlere çok benzer ekleme kazancı hedefleri sağlar. Dillon ve arkadaşlarına (1998) göre, NAL-NL1'in geliştirilmesindeki temel amaç, maksimum etkin işitilebilirlikle sonuçlanacak çeşitli giriş seviyeleri için kazancı belirlemektir. Diğer NAL yöntemlerinde olduğu gibi tek kısıtlama, toplam destekli konuşma sinyali için genel destekli ses yüksekliği algılarının konuşma için olandan daha az veya eşit olması gerektiğiydi.

NAL-NL1 kazanç hedeflerini hesaplamak için, 10 dB'lik artışlarla 30 ila 90 dB SPL giriş seviyeleri için çeşitli odyometrik konfigürasyonlara sahip 52 kişi için kazanç hesaplamaları yapılmıştır. Tüm bu değişkenleri içeren herhangi bir hesaplama kesinlikle çok fazla 'sayı hesabı' içerir ve bu NAL-NL1'in geliştirilmesi için de geçerliydi. Hafiften ileri dereceye kadar değişen hafif eğimli işitme kaybı odyogramları için, ortaya çıkan ekleme kazancının NAL-RP tarafından sağlanana yakın olduğu görülmüştür. Diğer NAL'lerle tutarlı olarak, çoğu işitme kaybı türü için, konuşmanın orta frekanslarının, daha düşük ve daha yüksek komşu konuşma frekanslarına benzer ses yüksekliğinde olduğu bulunmuştur. Böylece nihai hedefe ulaşılmıştır: maksimum konuşma anlaşılabilirliği ile birlikte tüm konuşma frekansı bantlarında eşit ses yüksekliği. (NAL, 2022).

NAL–NL1 Kazanç Formülü, ses şiddetine yönelik algının işitme kaybının derecesine göre değerlendirilebilmesini sağlamakta ve bu doğrultuda frekansa özgü normalizasyon yapılabilmesini olanaklı kılmaktadır. NAL–NL1 Kazanç Formülü bu özelliği ile konuşmayı ayırt etme düzeyinin artırılmasını sağlamaktadır (Byrne ve ark., 2001). NAL–NL1 Kazanç Formülü ile işitme kaybı konfigürasyonuna göre frekansa özgü kazanç elde edilebilmektedir. Bu doğrultuda NAL–NL1 Kazanç Formülü; hafif dereceli ve orta dereceli işitme kayıplarında, uç frekanslar hariç olmak üzere şiddet algısı normalizasyonunu olanaklı kılabilir (NAL, 2022). NAL–NL1 Kazanç Formülü, herhangi bir öntest yapılmasını ve hasta kooperasyonu gerektirmemektedir. Bu niteliği ile de

NAL–NL1 Kazanç Formülü, işitme cihazı uygulamalarında kolaylık sağlayan bir kazanç formülü olarak değerlendirilmektedir. NAL–NL1 Kazanç Formülü, bağımsız bir bilgisayar programı olarak ya da işitme cihazı içerisinde kullanılabilmektedir (Dillon, 1999).

1.6.2.3. NAL–NL2

NAL-NL2, Ulusal Akustik Laboratuvarlarından (NAL) geniş dinamik aralıklı sıkıştırma (WDRC) aletlerinin takılması için geliştirilmiş ikinci nesil bir reçete prosedürüdür. Önceki model olan NAL-NL1 (Dillon, 1999) gibi, NAL-NL2 de açıkça anlaşılabilir ve genel ses yüksekliğinin rahat olmasını sağlar. Bu amaç temel olarak bu işitme cihazının diğerleri için en önemli olduğu inancından kaynaklanmaktadır, ancak aynı zamanda yerelleştirme, ton kalitesi, seslerin sıcaklık algısı ve doğallık gibi diğer parametreleri optimize etmek için kazanımların nasıl ayarlanacağı konusunda daha az hücrenin mevcut olup olmadığından da kaynaklanmaktadır. Her iki formül de, hedefe yönelik, uyarlanabilir bilgisayar kontrollü bir süreçte bir konuşma kullanım modeli ve bir ses depolama modelinin birleştirilmesiyle elde edilir. NAL-NL2'nin teorik bileşeninde, geçtiğimiz yıl NAL-NL1 ile bakım verilerinin rehberli düzenlemeleri gerçekleştirilmiştir (Keidser ve diğerleri, 2012; NAL, 2022).

2. BÖLÜM

GEREÇ VE YÖNTEM

2.1. KATILIMCILAR

Araştırmaya, 49 – 79 yaş aralığında 41 kadın ve 59 erkek olmak üzere toplam 100 işitme kaybı yaşayan hasta dahil edilmiştir. Araştırmanın örneklem grubunda yer alan katılımcılara, “Bilgilendirilmiş Gönüllü Onam Formu” imzalatılmıştır.

Bireylerin Araştırmaya Dâhil Edilme Kriterleri

- Araştırmaya gönüllü olarak katılmak isteyen hastalar, araştırmaya dâhil edilmiştir.
- Otoskopik bakısı normal olan hastalar, araştırmaya dâhil edilmiştir.

Bireylerin Araştırma Dışı Bırakılma Kriterleri

- Dış ve orta kulak patolojisi olan.
- Timpanik membran perforasyonu olan hastalar.
- Dış kulak kanalında herhangi bir enfeksiyon ya da akıntı görülen hastalar.
- Dış kulak kanalı aşırı kıllı olan hastalar.
- Dış kulak kanalı dar olan hastalar.
- Gerçek kulak ölçümü normal kazanç eğrisi içerisinde olmayan hastalar
- Okuryazar olmayan hastalar
- Zihinsel yetersizliği olan hastalar.

- Herhangi bir nörolojik sorunu olanlar
- Araştırmaya gönüllü olarak katılmak istemeyen hastalar.

2.2. VERİ TOPLAMA ARAÇLARI

Konuşmayı Ayırt Etme Skoru: Konuşmayı ayırt etme notu bireyin diğer bireyler ile iletişime geçtiğinde kaç tane kelime algıladığıdır. Bireyler konuşmayı tanıma ve ayırt etme gibi ölçümlerden geçirilir. Doğru ve yanlış bilinen kelimeler hesaplanarak konuşmayı ayırt etme skoru bulunur. Konuşmayı ayırt etme notu bireyin diğer bireyler ile iletişime geçtiğinde kaç tane kelime algıladığıdır. Bireyler konuşmayı tanıma ve ayırt etme gibi ölçümlerden geçirilir. Doğru ve yanlış bilinen kelimeler hesaplanarak konuşmayı ayırt etme skoru bulunur.

Konuşmayı ayırt etme ölçümü yapılmadan önce bireylerin genel bir testten geçerek sesleri duyma aralığı belirlenmelidir. Belirlenen kelimeler bireylere dinletilir ve bu test ses seviyesi düşürülerek birkaç kez daha tekrarlanır. Bireylerin doğru sayıları hesaplanarak konuşmayı ayırt etme skoru ortaya çıkar.

Konuşmayı ayırt etme skoru kelimelerin hesaplanan sonuçları ile değerlendirilerek elde edilmektedir. Normal işiten bireylerin skorları %65-97, Sınırdaki olan bireylerin %65-96, Hafif seviyede ki bireylerin %65-88, orta seviyede ki bireylerin %65-66, Şiddetli seviyedeki bireylerin %65-26 düzeylerinde olması gerekir.

Hiç bir manipülasyon yapmadan serbest alanda her hastaya NAL-NL1, NAL-NL2 ve DSL v.5 fitting programıyla fonetik liste okunarak diskriminasyon skorları değerlendirildi.

2.3. İSTATİSTİKSEL ANALİZ

Çalışmamız sonucunda elde edilen verilerin istatistiksel analizleri için SPSS 21.0 programı kullanılmış olup ortalama değerler, standart sapma, yüzdelik oranlar tanımlayıcı istatistikler olarak verilmiştir. Kolmogorov-Smirnov testi ile verilerin parametrik olup olmadığına karar verilmiştir. İki parametrelili değişkenler için bağımsız değişkenler t testi, sürekli değişkenler arasındaki ilişkinin

belirlenmesi için ise Pearson's korelasyon analizi uygulanmıştır. Kazanç formülleriyle elde edilen konuşmayı ayırt etme skorları arasındaki farklılığı belirlemek için eşleşmiş örneklem t testi kullanılmış olup sonuçlar %95 ($p<0.05$) anlamlılık düzeyinde değerlendirilmiştir.



3. BÖLÜM

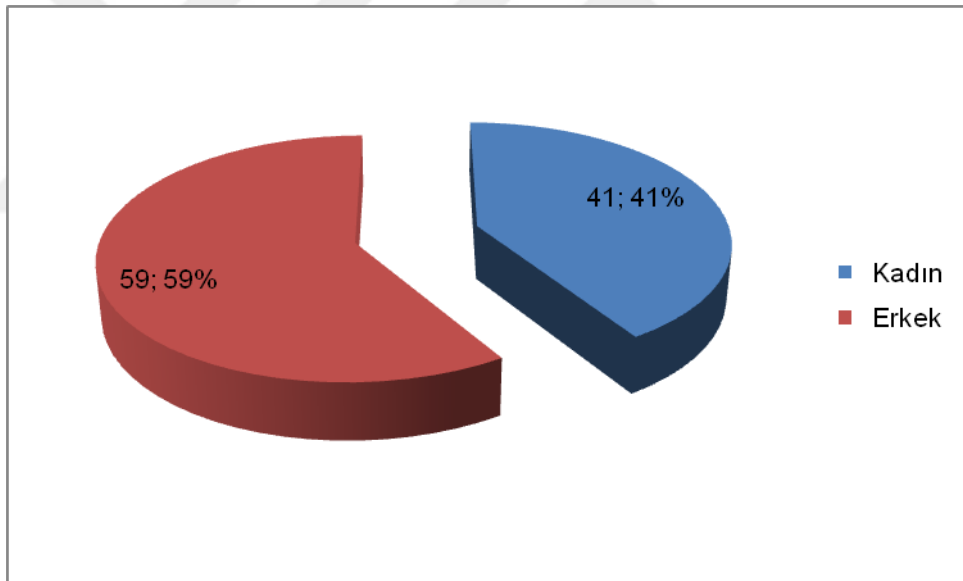
BULGULAR

3.1. DEMOGRAFİK ÖZELLİKLERE İLİŞKİN TANIMLAYICI İSTATİSTİKLER

Çalışmaya işitme cihazı kullanan toplam 100 hasta dahil edilmiştir. Katılımcıların 49'u (%49) kadın, 51'i (%51) ise erkekti (Tablo 3, Şekil 13).

Tablo 3. Katılımcıların cinsiyetine göre dağılımı

Cinsiyet	N	%
Kadın	41	41.0
Erkek	51	59.0



Şekil 13. Katılımcıların cinsiyetine göre dağılımı

Çalışmaya dahil edilen işitme kayıplı bireylerin yaşları 49-79 arasında değişmekte olup yaş ortalaması 58.72 ± 8.13 idi (Tablo 4).

Tablo 4. Katılımcıların yaş ortalaması

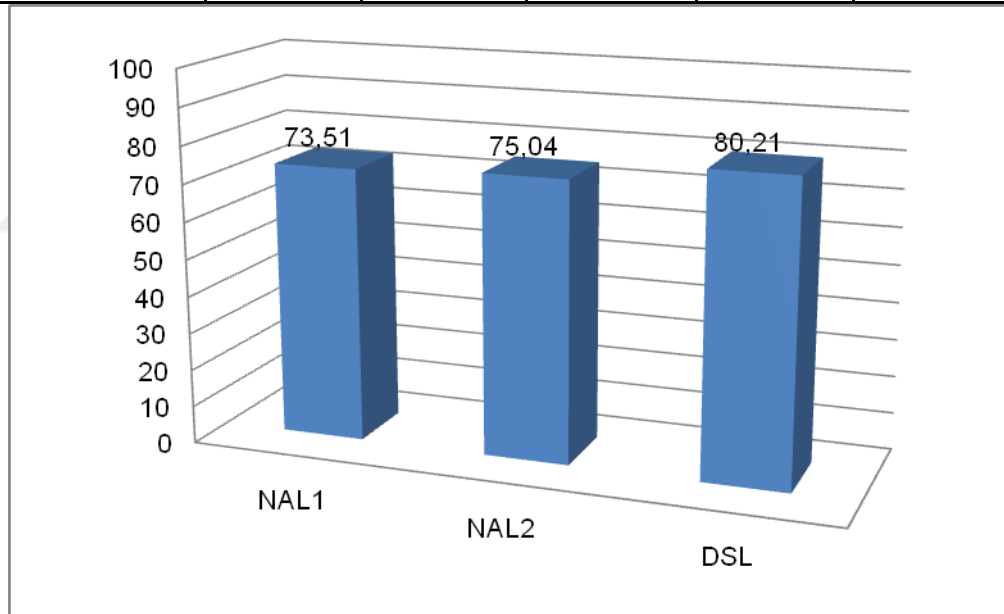
	N	Min.	Maks.	Ort.	Ss ($\pm$)
Yaş	50	49,00	79,00	58,77	8,13

3.2. NAL-NL1, NAL-NAL 2 ve DSL KAZANÇ FORMÜLLERİNE GÖRE KONUŞMAYI AYIRT ETME SKORLARINA İLİŞKİN BULGULAR

İşitme cihazı kullanan katılımcıların NAL-NL 1, NAL-NL2 ve DSL v.5 kazanç formüllerine göre konuşmayı ayırt etme skorları incelendiğinde DSL v.5 kazanç formülüne göre elde edilen konuşmayı ayırt etme skorunun NAL-NL1 ve NAL-NL 2'ye göre daha yüksek olduğu görülmüştür (Tablo 5; Şekil 14).

Tablo 5. Katılımcıların NAL-NL 1, NAL-NL 2 ve DSL Kazanç Formüllerine Göre Konuşmayı Ayırt Etme Skorları

	N	Min.	Maks.	Ort.	Ss (±)
NAL1	100	20,00	100,00	73,51	16,76
NAL2	100	28,00	100,00	75,04	16,79
DSL	100	28,00	100,00	80,21	16,02

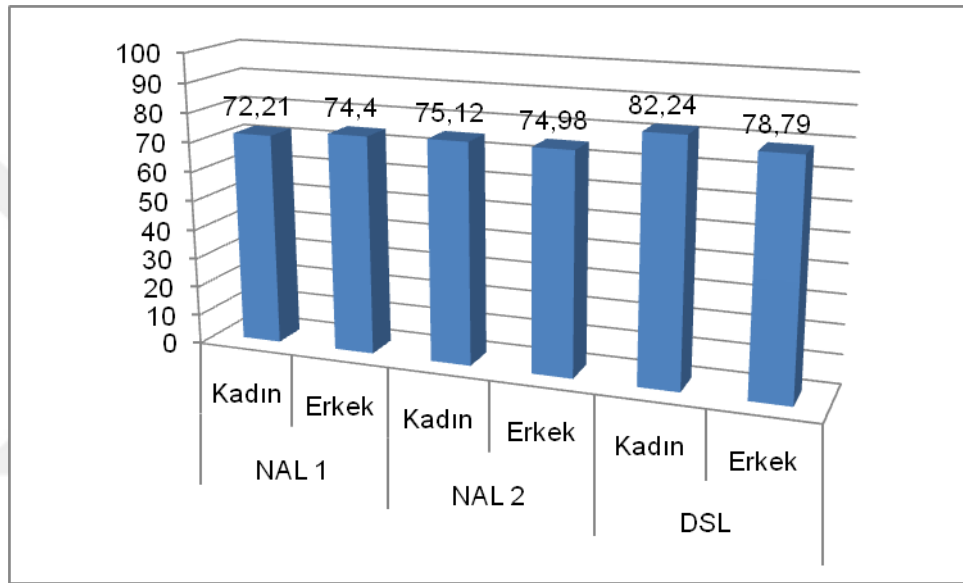


Şekil 14. Katılımcıların NAL-NL 1, NAL-NL 2 ve DSL Kazanç Formüllerine Göre Konuşmayı Ayırt Etme Skorları

Katılımcıların cinsiyetine göre NAL-NL 1, NAL-NL 2 ve DSL kazanç formüllerine göre konuşmayı ayırt etme skorlarında farklılaşma olup olmadığını belirlemek için yapılan istatistiksel analiz neticesinde gruplar arasında anlamlı farklılık olmadığı görülmüştür ($p>0.05$) (Tablo 6; Şekil 15).

Tablo 6. Katılımcıların cinsiyetine göre NAL-NL 1, NAL-NL 2 ve DSL Kazanç Formüllerine Göre Konuşmayı Ayırt Etme Skorlarının Karşılaştırılması

	Cinsiyet	N	Ort.	Ss (±)	t	p
NAL 1	Kadın	41	72,21	14,09	-.640	.524
	Erkek	59	74,40	18,45		
NAL 2	Kadın	41	75,12	17,87	.040	.983
	Erkek	59	74,98	16,16		
DSL	Kadın	41	82,24	14,32	1.059	.292
	Erkek	59	78,79	17,08		



Şekil 15. Katılımcıların cinsiyetine göre NAL-NL 1, NAL-NL 2 ve DSL Kazanç Formüllerine Göre Konuşmayı Ayırt Etme Skorları

Katılımcıların yaşı ile NAL-NL-1, NAL-NL 2 ve DSL kazanç formülleri sonucunda elde edilen konuşmayı ayırt etme skorları arasında ilişki olup olmadığını belirlemek için yapılan Pearson korelasyon analizi neticesinde yaş ile NAL-NL1, NAL-NL2 ve DSL kazanç formülleri kullanılarak elde edilen konuşmayı ayırt etme skorları arasında negatif yönde, yüksek düzeyde ilişki saptanmıştır ($p < 0.001$) (Tablo 7). Başka bir deyişle yaşı arttıkça NAL-NL 1, NAL-NL 2 ve DSL kazanç formülleri sonrasında elde edilen konuşmayı ayırt etme düzeyleri anlamlı şekilde azalmaktadır.

Tablo 7. Katılımcıların yaşı ile NAL-NL 1, NAL-NL 2 ve DSL Kazanç Formüllerine Göre Konuşmayı Ayırt Etme Skorları Arasındaki İlişki

		NAL1	NAL2	DSL
Yaş	r	-,826	-,763	-,873
	p	,000	,000	,000
	N	100	100	100

NAL-NL1 ve NAL-NL 2 kazanç formülleri kullanılarak elde edilen konuşmayı ayırt etme skorları arasında farklılık olup olmadığını belirlemek için yapılan eşleşmiş örneklem t testi neticesinde NAL-NL 2 kazanç formülü kullanılarak elde edilen konuşmayı ayırt etme skorunun daha yüksek olduğu saptansa da gruplar arasındaki farkın anlamlı düzeyde olmadığı görülmüştür ($p>0.05$) (Tablo 8).

Tablo 8. NAL-NL 1 ve NAL-NL 2 Kazanç Formüllerine Göre Konuşmayı Ayırt Etme Skorlarının Karşılaştırılması

		Ort.	Ss ($\pm$)	t	p
Pair 1	NAL1	73,51	16,76	-,808	.421
	NAL2	75,04	16,79		

NAL-NL1 ve DSL kazanç formülleri kullanılarak elde edilen konuşmayı ayırt etme skorları arasında farklılık olup olmadığını belirlemek için yapılan eşleşmiş örneklem t testi neticesinde DSL v.5 kazanç formülü kullanılarak elde edilen konuşmayı ayırt etme skorunun istatistiksel açıdan anlamlı şekilde NAL-NL1 kazanç formülü kullanılarak elde edilen konuşmayı ayırt etme skorundan daha yüksek olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$) (Tablo 9). Diğer bir ifadeyle DSL v.5 kazanç formülünün konuşmayı ayırt etme düzeyinde NAL-NL 1 kazanç formülüne kıyasla daha etkili olduğu söylenebilir.

Tablo 9. NAL-NL 1 ve DSL Kazanç Formüllerine Göre Konuşmayı Ayırt Etme Skorlarının Karşılaştırılması

		Ort.	Ss ($\pm$)	t	p
Pair 1	NAL1	73,51	16,76	-3.347	.001
	DSL	80,21	16,02		

NAL-NL 2 ve DSL kazanç formülleri kullanılarak elde edilen konuşmayı ayırt etme skorları arasında farklılık olup olmadığını belirlemek için yapılan eşleşmiş örneklem t testi neticesinde DSL v.5 kazanç formülü kullanılarak elde edilen konuşmayı ayırt etme skorunun istatistiksel açıdan anlamlı şekilde NAL-NL2 kazanç formülü kullanılarak elde edilen konuşmayı ayırt etme skorundan daha yüksek olduğu tespit edilmiştir ($p < 0.05$) (Tablo 10). Diğer bir ifadeyle DSL v.5 kazanç formülünün konuşmayı ayırt etme düzeyinde NAL-NL 2 kazanç formülüne kıyasla daha etkili olduğu söylenebilir.

Tablo 10. NAL-NL 2 ve DSL Kazanç Formüllerine Göre Konuşmayı Ayırt Etme Skorlarının Karşılaştırılması

		Ort.	Ss ($\pm$)	t	p
Pair 1	NAL2	75,04	16,79	-2.908	.004
	DSL	80,21	16,02		

4. BÖLÜM

TARTIŞMA

NAL-NL1 ve DSL'nin fitting yöntemleri de DSL'nin savunucuları tarafından karşılaştırılmıştır (Scolle & Seewald, 1999). Bu arada, DSL'nin işitme kaybını ve destekli hedefleri bir 'SPL-o-gram' üzerinde gösterdiği bilinmelidir ki bu DSL tarafından rutin olarak yapılmaktadır. Bu grafikteki tüm desibeller SPL cinsinden gösterilir, böylece işitme kaybı ve işitme cihazlarının aynı dili konuşması sağlanır. SPL-o-gram, normalde herhangi bir grafikte olduğu gibi, 'yukarı çıktıkça' SPL'nin arttığını ve 'sağa gittikçe' Hz'nin arttığını gösterir. SPL-o-gramında, işitme kaybı kelimenin tam anlamıyla 'taban', rahatsız edici ses yüksekliği seviyeleri 'tavan' ve destekli hedefler bu ikisinin arasındadır. DSL I/O yazılımında ve işitme cihazı üreticilerinin çeşitli fitting yazılım paketlerinde görülebilen SPL-o-gram, çok anlamlıdır ve danışmanlık için açıklamaları netleştirir.

DSL ve NAL-NL1 savunucuları arasında, işitme cihazı kazancı ve çıkışı için hedeflerin belirlenmesinde 'normalleştirme' ve 'eşitleme'nin ne işe yarayacağı konusunda bazı anlaşmazlıklar vardır.

Scolle'ye (2000) göre, DSL fitting yazılımı, komşu konuşma frekanslarının ses yüksekliğini eşitlemek veya normalleştirmek için ayarlanabilir. Yazılımı kullanan çoğu klinisyen ses yüksekliğini eşitleme seçeneğini tercih etmektedir. Scolle'ye göre ironik bir şekilde, eğer 'normalleştirme' seçeneği seçilirse, DSL hedefleri NAL-NL1 hedeflerine daha çok benzemektedir çünkü düşük frekanslar 'eşitleme' seçeneği seçildiğinde olduğu kadar yükseltilmemektedir. DSL savunucuları tarafından yapılan aşağıdaki hedef karşılaştırmaları eşitlenmiş ses yüksekliği ayarları ile yapılmıştır.

İşitme cihazında programlanan kazancın gerçek kulakta elde edilen kazanca tam olarak karşılık gelmediği daha önce gösterilmiştir (Hawkins ve Cook, 2003). Ayarlama prosedürünün hedeflerine ulaşıldığından emin olmanın en etkili

yolu elektroakustik doğrulamadır (Dillon ve Keidser, 2003; Aarts ve Caffee, 2005; Valente, 2006).

Bir işitme cihazında bir reçete algoritması uygulandığında, 2cc kuplörün ortalama değerlerine göre uygulanır. Bireyin kulağında bulunan sonucun hedefe yakın olması beklenir; ancak, sadece 2cc ortalama değerlerine dayanır ve bireysel kulaklar arasında farklılıklar vardır. Bu amaçla, ön programlama için reçete algoritmalarını ve bireyselleştirilmiş ölçümün önemini anlamak gerekli hale gelmektedir (Dworsack-Dodge, 2013).

Bu faktörlerle ilgili olarak, yetişkin ve yaşlı popölasyonla ilgili klinik uygulamada neler yapıldığı sorgulanmaktadır. şu anda bu popölasyon için seçim ve doğrulama protokolleri, programlamaya dönüştürölen yetişkin kulakların ortalama parametreleri dikkate alınarak standartlaştırılmış bir şekilde geręekleřtirilmektedir. Ancak yeni ęalıřmalar, yaşlılarda kulağa ulaşan sesin dinamiklerine müdahale eden ve dış akustik meatusun değişmesi nedeniyle amplifikasyonunu azaltan bireysel özellikler olduğunu göstermektedir (Scolle, 2006; Roedas ve ark., 2014).

İşitme cihazı elektroakustik özelliklerini belirlemek için, etkilenen nüfusun bireysel ihtiyaçlarına yönelik karmaşık matematiksel uygulamalar olan reçete prosedürleri önerilmektedir. Örneğin, NAL-NL2 (16) e DSL v5.0a (17) reçete prosedürleri.

NAL-NL2 reçete prosedürü, National Acoustic Laboratories (NAL) prosedürlerinin ikinci nesli ve Desired Sensation Level (DSL) prosedürlerinin en son versiyonu olan DSL v5.0a, önceki versiyonlarından daha az kazanç sunmasıyla öne çıkmaktadır (Keidser ve ark., 2011; Scolle ve ark., 2005; Keidser ve ark., 2012). Bu jenerik reçetelerin önceki versiyonları, öngörölen kazanç açısından büyük farklılıklar göstermekte olup DSL v4, NAL-NL1'den önemli ölçüde daha fazla kazanç öngörmektedir. İki reçetenin son versiyonu çok daha benzer hale gelmiştir (Johnson ve Dillon, 2011), ęünkü DSL v5.0a yetişkin işitme

cihazı kullanıcıları için DSL v4'ten önemli ölçüde daha az kazanç reçete etmektedir (Scolle ve ark., 2005).

İşitme cihazı kullanıcılarında NAL-NL1, NAL-NL2 ve DSL kazanç formülleri uygulanarak konuşmayı ayırt etme skorlarındaki farklılıklarının değerlendirilmesi amacıyla yaptığımız çalışma neticesinde NAL-NL2 kazanç formülü sonucunda elde edilen konuşmayı ayırt etme skorunun NAL-NL1'e göre daha yüksek olduğu saptansa da gruplar arasındaki farkın istatistiksel açıdan anlamlı düzeyde olmadığı görüldü. Keidser ve arkadaşları (2011) tarafından yapılan çalışmada NAL-NL2'nin NAL-NL1'e kıyasla daha etkili bir kazanç formülü olduğu bildirilmiştir. Leavitt ve arkadaşları (2017) tarafından yapılan çalışmada NAL-NL1 ve NAL-NL2 kazanç formüllerine göre konuşmayı ayırt etme skorlarında anlamlı fark olmadığı bildirilmiştir. NAL-NL1 kazanç formülü konuşmanın anlaşılabilirliğinin artırılmasında en fazla tercih edilen kazanç formüllerindendir. NAL-NL1 kazanç formülüyle kompresyon eşiğinin üzerindeki her bir girdi düzeyine yönelik olarak ve konuşma sesi yüksekliğinin normal bir insanın algılayabileceği düzeyin üzerinde olmayacak şekilde ayarlanmasıyla konuşmayı anlama düzeyinin en yüksek seviyeye çıkarılması amaçlanmaktadır (NAL, 2022).

Çalışmamız sonucunda yaş ile NAL-NL1, NAL-NL2 ve DSL v.5 kazanç formülleri kullanılarak elde edilen konuşmayı ayırt etme skorları arasında negatif yönde ilişki saptandı. Rajkumar ve arkadaşları (2017) tarafından yapılan çalışmada NAL-NL1 ve NAL-NL2 kazanç formülleri kullanılarak elde edilen konuşmayı ayırt etme skorlarının yaştaki artışa bağlı olarak anlamlı şekilde düştüğünü bildirmişlerdir.

Çalışmamız sonucunda DSL kazanç formülü kullanılarak elde edilen konuşmayı ayırt etme skorunun NAL-NL1 ve NAL-NL2'ye göre anlamlı şekilde daha yüksek olduğu saptandı. Scolle ve arkadaşları (2010) yapmış oldukları çalışmada DSL v.4 kazanç formülünün NAL-NL1'e göre daha etkili olduğunu bildirmişlerdir. Ching ve arkadaşları (2010) tarafından yapılan çalışmada da benzer şekilde DSL v.4 kazanç formülünün NAL-NL2 kazanç formülünden daha etkili olduğu saptanmıştır. Quar ve arkadaşları (2013) tarafından yapılan

Çalışmada da çalışmamızdan elde edilen sonuçla benzer şekilde DSL v.5 kazanç formölünün NAL-NL1'den daha etkili olduğu tespit edilmiştir. Ching ve arkadaşları (2015) tarafından gerçekleştirilen bir diğer çalışmada NAL-NL1 ile DSL v.5 kazanç formülleri karşılaştırılmış olup çalışma sonucunda DSL v.5 kazanç formölünün NAL-NL1'e göre daha etkili olduğu bildirilmiştir. Ching ve arkadaşları (2013) tarafından yapılan çalışmada DSL kazanç formölünün NAL-NL2'ye göre daha etkili olduğu bildirilmiştir. Bertozzo ve Blasca (2019) tarafından gerçekleştirilen çalışmada DSL v.5 kazanç formölünün NAL-NL1'e göre daha etkili olduğu bildirilmiştir. Pittman ve Stewart (2023) yapmış oldukları çalışmada DSL v.5 kazanç formölünün NAL-NL2'den daha üstün olduğunu bildirmişlerdir.



SONUÇ

Çalışmamızdan elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibidir:

- DSL v.5 kazanç formülüne göre elde edilen konuşmayı ayırt etme skorunun NAL-NL1 ve NAL-NL 2'ye göre daha yüksek olduğu görülmüştür
- Katılımcıların cinsiyetine göre NAL-NL 1, NAL-NL 2 ve DSL kazanç formüllerine göre konuşmayı ayırt etme skorlarında anlamlı farklılık olmadığı görüldü
- İşitme cihazı kullananların yaşları arttıkça NAL-NL 1, NAL-NL 2 ve DSL kazanç formülleri sonrasında elde edilen konuşmayı ayırt etme düzeyleri anlamlı şekilde azalmaktadır.
- NAL-NL 2 kazanç formülü kullanılarak elde edilen konuşmayı ayırt etme skorunun daha yüksek olduğu saptansa da gruplar arasındaki farkın anlamlı düzeyde olmadığı görülmüştür
- DSL v.5 kazanç formülü kullanılarak elde edilen konuşmayı ayırt etme skorunun istatistiksel açıdan anlamlı şekilde NAL-NL1 kazanç formülü kullanılarak elde edilen konuşmayı ayırt etme skorundan daha yüksek olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$)
- DSL v.5 kazanç formülünün konuşmayı ayırt etme düzeyinde NAL-NL 2 kazanç formülüne kıyasla daha etkili olduğu görülmüştür.

Sonuç olarak, yetişkinlere yönelik kazanç formüllerini karşılaştırmak için benimsenen modelleme yaklaşımı, DSL m[i/o] ve NAL-NL2'nin geniş bir giriş seviyesi aralığında tahmin edilen konuşma anlaşılabilirliğini en üst düzeye çıkardığını öne sürüyor. Tarifeler, özellikle orta ve yüksek giriş seviyelerinde, ses yüksekliği tahminlerinde belirgin şekilde farklılık göstermektedir.

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.
- 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
- Akkaplan, S., Batuk, M., & Sennaroğlu, G. (2021). İşitme Cihazı Kullanıcısı Bebeklerin Görsel Pekiştirmeli Konuşmayı Ayırt Etme Yöntemi ile Değerlendirilmesi: Olgu Sunumu. *Türk Odyoloji ve İşitme Araştırmaları Dergisi*, 4(3), 86-90.
- Akşit, A. M., Kaya, M., Ferdal, A., & Kösemihal, E. (2020). İşitme cihazı uygulamalarında yöntemsel tercihler. *Türk Odyoloji ve İşitme Araştırmaları Dergisi*, 3(1), 1-7.
- Aksoy, S. ve DüNDAR, S. E. (2007). Programlanabilir işitme cihazlarında farklı formüllerin gürültüde konuşmayı ayırt etme üzerine etkileri. *Kulak Burun Boğaz (KBB) İhtisas Dergisi*, 17(5), 278 – 282
- Akyıldız, N. (1998). Dış Kulak Anatomisi. Kulak Hastalıkları ve Mikrocerrahisi. Bilimsel Tıp Yayınevi, Ankara
- 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

- Alshuaib, W. B., Al-Kandari, J. M., & Hasan, S. M. (2015). Classification of hearing loss. *Update On Hearing Loss*, 4, 29-37.
- American Academy of Audiology (2008). Guidelines for the audiologic management of adult hearing impairment [Internet]. United States: American Academy of Audiology; 2008 [citado em 2018 Jul 16]. Disponível em:
web.s3.amazonaws.com/migrated/haguidelines.pdf_53994876e92e42.70908344.pdf
- American Speech-Language-Hearing Association (2015) Recommended Protocols for Instrumental Assessment of Voice. American Speech-Language-Hearing Association, Rockville, MD.
- Anatomy of the Human Ear (2023, 2 Ocak). Erişim Adresi: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Anatomy_of_the_Human_Ear.svg.
- Anthwal N, Thompson H. (2016). The development of the mammalian outer and middle ear. *Journal of Anatomy*. 228(2):217-232
- Arlinger, S. (2003). Negative consequences of uncorrected hearing loss-a review. *International journal of audiology*, 42, 2S17-2S20.
- Arslan, E., & Genovese, E. (1996). Hearing aid systems in undeveloped, developed and industrialized countries. *Scandinavian audiology. Supplementum*, 42, 35-39.
- Ashmore J. (2008). Cochlear outer hair cell motility. *Physiological Reviews*. 88(1):173-210
- Ashmore JF. (1987). A fast motile response in Guinea-pig outer hair cells: The cellular basis of the cochlear amplifier. *The Journal of Physiology*. 388:323-347

- Aslan A, Belgin E. (2004). Kulak Anatomisi ve İşitme Fizyolojisi. Koç C, (ed). Kulak Burun Boğaz Hastalıkları ve Baş-Boyun Cerrahisi. Ankara, Güneş Tıp Kitapevi
- Austin DF. (2000). Kulak Anatomisi. In: Ballenger JJ, Snow JB, (eds), Hafız G. (çev. ed.). Otolaringoloji Baş ve Boyun Cerrahisi. İstanbul, Nobel Tıp Kitabevleri 2000; 838–57
- 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
- Bayazit, Y. A., Ozer, E., Kanlikama, M., Durmaz, T., & Yilmaz, M. (2005). Bone cement ossiculoplasty: incus to stapes versus malleus to stapes cement bridge. *Otology & Neurotology*, 26(3), 364-367.
- Beken, S., Önal, E., & Kemaloğlu, Y. (2014). Yenidoğanda işitmenin gelişimi ve işitme tarama testleri. *Bozok Tıp Dergisi*, 4(3), 57-62
- Belgin, E. (1994). İşitme Fizyolojisi. Koç C. editör. Kulak Burun Boğaz Hastalıkları ve Baş-Boyun Cerrahisi. 1. baskı. Ankara, Güneş Kitabevi; 1994: 63-71.
- Belgin, E., (2004). İşitme Fizyolojisi. Çalışma Yaşamında Gürültü ve İşitmenin Korunması. Erişim: https://www.ttb.org.tr/kutuphane/isak_gurultu_kitap.pdf#page=8. Erişim Tarihi: 06.11.2022
- Belgin E, Ataş A. (2002). İşitme Cihazları. Kulak Burun Boğaz Hastalıkları ve Baş Boyun Cerrahisi. İstanbul: Turgut Yayıncılık
- Berger, K. W. (1991). Introduction to three current hearing aid fitting methods. *American Journal of Otolaryngology*, 12, 40 – 45
- Bertoazzo, M. C., & Blasca, W. Q. (2019, August). Comparative analysis of the NAL-NL2 and DSL v5. 0a prescription procedures in the adaptation of

hearing aids in the elderly. In *CoDAS* (Vol. 31). Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia.

Blamey, P. J., Blamey, J. K., & Saunders, E. (2015). Effectiveness of a teleaudiology approach to hearing aid fitting. *Journal of Telemedicine and Telecare*, 21(8), 474-478.

Bodian D. (1983). Electron microscopic atlas of the simian cochlea. *Hearing Research*. 9(2):201-246

Byrne, D., Dillon, H., Ching, T., Katsch, R. and Keidser, G. (2001). NAL–NL1 procedure for fitting nonlinear hearing aids: Characteristics and comparisons with other procedures. *Journal of the American Academy of Audiology (JAAA)*, 12, 37 – 51.

Carlson B. (2014). Chapter 13. Sense Organs. Carlson, Human Embryology and Developmental Biology. 5th ed. Philadelphia, PA: WB Saunder, pp. 269-293

Çeliker, F. B., Terzi, S., Beyazal, M., Çeliker, M., Özgür, A., İneçikli, M. F., ... & Dursun, E. (2018). İletim Tipi İşitme Kayıplarının Nedenini Saptamada Yüksek Çözünürlüklü Bilgisayar Tomografinin Değeri. *Van Tıp Dergisi*, 25(3), 399-402.

Chang, W. H., Tseng, H. C., Chao, T. K., Hsu, C. J., & Liu, T. C. (2008). Measurement of hearing aid outcome in the elderly: Comparison between young and old elderly. *Otolaryngology—Head and Neck Surgery*, 138(6), 730-734.

Ching TY, Scollie SD, Dillon H, Seewald R, Britton L, Steinberg J. (2010). Prescribed real-ear and achieved real-life differences in children's hearing aids adjusted according to the NAL-NL1 and the DSL v.4.1 prescriptions. *Int J Audiol*.49(Suppl 1):16-25.

Ching, T. Y., Johnson, E. E., Seeto, M., & Macrae, J. H. (2013). Hearing-aid safety: A comparison of estimated threshold shifts for gains recommended

by NAL-NL2 and DSL m [i/o] prescriptions for children. *International journal of audiology*, 52(sup2), S39-S45.

Ching, T. Y., Quar, T. K., Johnson, E. E., Newall, P., & Sharma, M. (2015). Comparing NAL-NL1 and DSL v5 in hearing aids fit to children with severe or profound hearing loss: Goodness of fit-to-targets, impacts on predicted loudness and speech intelligibility. *Journal of the American Academy of Audiology*, 26(03), 260-274.

Ching, T. Y., Scollie, S. D., Dillon, H., & Seewald, R. (2010). A cross-over, double-blind comparison of the NAL-NL1 and the DSL v4. 1 prescriptions for children with mild to moderately severe hearing loss. *International Journal of Audiology*, 49(sup1), S4-S15.

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

Cochlear-Vestibular Anatomy (2023, 2 Ocak). Erişim Adresi: <https://i.pinimg.com/originals/46/25/da/4625da78bdcd47a8be9d8dceae0a9598.jpg>.

College of Audiologists and Speech-Language Pathologists of Ontario (2014). Preferred practice guideline for the prescription of hearing aids to adults [Internet]. Toronto: CASLPO; 2014 [citado em 2018 Jul 16]. Disponível em: http://www.caslpo.com/sites/default/uploads/files/PPG_EN_Prescriptions_Hearing_Aids_Adults.pdf

Cox, R. M., & Alexander, G. C. (1992). Maturation of hearing aid benefit: objective and subjective measurements. *Ear and Hearing*, 13(3), 131-141.

Cox, R. M., Alexander, G. C., & Gray, G. A. (2007). Personality, hearing problems, and amplification characteristics: contributions to self-report hearing aid outcomes. *Ear and hearing*, 28(2), 141-162.

- Curhan, G., & Curhan, S. (2016). Epidemiology of hearing impairment. *Hearing Aids*, 21-58.
- Dallos P, Fay RR. (2012). The Cochlea. Vol. 8. Switzerland: Springer Science & Business Media; 2012. pp. 435-502
- Dallos P. (1992). The active cochlea. *Journal of Neuroscience*.12(12):4575-4585
- 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.
- Dillon H, Keidser G. (2003). Is probe-mic measurement of hearing aid gain-frequency response best practice? *Hear J*. 56(10):28-30.
- Dillon, H. (1999). NAL–NL1: A New prescriptive fitting procedure for non – linear hearing aids. *The Hearing Journal*, 52(4), 10 – 16
- Dillon, H. (2012). Hearing Aids, First Ed., Boomerang Press, Australia, 349-370
- Duvall AJ, Rhodes VT. (1967). Reissner's membrane: an ultrastructural study. *Archives of Otolaryngology*. 86(2):143-151
- Dworsack-Dodge M. (2013). The Devil is in the fitting details [Internet]. AudiologyOnline; 2013 [citado em 2018 Jul 16]. Disponível em: <http://www.audiologyonline.com/articles/devil-in-fitting-details-11566>
- Echteler SM, Fay RR, Popper AN. (1994). Structure of the mammalian cochlea. In: Comparative Hearing: Mammals. New York: Springer. pp. 134-171
- Eggermont, J. J. (2017). *Hearing loss: Causes, prevention, and treatment*. Academic Press.
- Ekdale EG. (2016). Form and function of the mammalian inner ear. *Journal of Anatomy*. 228(2):324-337

- Erdoğan, A. A. (2016). Yaşlılık döneminde işitme kaybı ve işitme kaybına yaklaşımlar. *Turkish Journal of Family Medicine and Primary Care*, 10(1).
- Fiellau-Nikolajsen M. (1983). Epidemiology of secretory otitis media A descriptive cohort study. *Ann Otol Rhinol Laryngol*. 92:172–177
- 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
- Frolenkov GI, Atzori M, Kalinec F, Mammano F, Kachar B. (1998). The membrane-based mechanism of cell motility in cochlear outer hair cells. *Molecular Biology of the Cell*. 9(8):1961-1968
- Fuente, A. M. (2013). Adaptation of the Amsterdam Inventory for Auditory Disability and Handicap into Spanish. *Disability & Rehabilitation*, 34(24), 2076-2084
- Gatehouse, S. (1994). Components and determinants of hearing aid benefit. *Ear and Hearing*, 15(1), 30-49.
- Gatehouse, S., & Gordon, J. (1990). Response times to speech stimuli as measures of benefit from amplification. *British journal of audiology*, 24(1), 63-68.
- 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
- Glista D, Hawkins M, Moodie S, Scollie SD. Understanding how RECDs fit into the “Big Picture” of hearing aid fitting. *Hear Ver*. 2016;23(3):26.
- 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

- Gürsel, B., Kılıç, R. (2004). Sensörinöral işitme kayıpları. İçinde: Koç C (editör). *Kulak Burun Boğaz Hastalıkları ve Baş-Boyun Cerrahisi*. 1. Baskı. Ankara, Güneş Kitabevi
- Gygi, B., & Ann Hall, D. (2016). Background sounds and hearing-aid users: A scoping review. *International journal of audiology*, 55(1), 1-10.
- Hall III, J. W., Hackett, J., & Cylmer, M. (2000). Diagnostik Odiyoloji ve İşitme Cihazları. J. J. Ballenger, & J. B. Snow içinde, *Otorinolarinolojisi Baş ve Boyun Cerrahisi* (s. 953-973). Doğan Şenocak (Çev.). İstanbul: Nobel Tıp Kitabevleri
- Hawkins DB, Cook JA. (2003). Hearing aid software predictive gain values: how accurate are they? *Hear J*. 56(7):26-34.
- Hearing Aids: Amplifying the Sound (2023, 2 Ocak). Erişim Adresi: <https://www.msmanuals.com/en-jp/home/multimedia/figure/hearing-aids-amplifying-the-sound>.
- Heggdal, P. O. L., Nordvik, Ø., Brännström, J., Vassbotn, F., Aarstad, A. K., & Aarstad, H. J. (2018). Clinical application and psychometric properties of a Norwegian questionnaire for the self-assessment of communication in quiet and adverse conditions using two revised APHAB subscales. *Journal of the American Academy of Audiology*, 29(01), 025-034.
- Hickson, L., Meyer, C., Lovelock, K., Lampert, M., & Khan, A. (2014). Factors associated with success with hearing aids in older adults. *International journal of audiology*, 53(sup1), S18-S27.
- Hızal, E., (2010). İşitsel Sinir Sisteminin Fonksiyonel Anatomisi. Odyolojinin Temelleri. Titreşimden Seslere içinde Çeviri Editörü İ. Yılmaz, San Diego
- Hodgsan, W.R. (1981). Clinical measures for hearing aid selection. In Hodgson W.R., Skinner P.H. (Ed.). *Hearing aid assesment and use in audiologic habilitation*, W. and W. Corp., Baltimore, 152-71.

- Hoffman, H. J., Dobie, R. A., Losonczy, K. G., Themann, C. L. and Flamme, G. A. (2017). Declining prevalence of hearing loss in US adults aged 20 to 69 years. *JAMA Otolaryngology–Head and Neck Surgery*, 143(3), 274-285.
- Hudspeth, A. J. (2013). SnapShot: auditory transduction. *Neuron*, 80(2), 536-e1.
- Humes, L. E. (1999). Dimensions of hearing aid outcome. *Journal of the American Academy of Audiology*, 10(01), 26-39.
- Hüttenbrink KB. (1994). Die chronische Otitis media In: Naumann H H, Helms J, Herberhold C, Kastenbauer E (eds): Oto-Rhino-Laryngologie in Klinik und Praxis.. Stuttgart. Thieme Verlag. 1994:601–632
- Inner Ear (2023, 2 Ocak). Erişim Adresi: <https://www.uptodate.com/contents/images/PC/80127/Cochlearvestibularantedit.jpg>.
- Ives, D. G., Bonino, P., Traven, N. D. and MD, L. H. K. (1995). Characteristics and comorbidities of rural older adults with hearing impairment. *Journal of the American Geriatrics Society*, 43(7), 803 – 806
- Ivory, P. J., Hendricks, B. L., Van Vliet, D., Beyer, C. M., & Abrams, H. B. (2009). Short-term hearing aid benefit in a large group. *Trends in amplification*, 13(4), 260-280.
- Janfaza P, Nadol JB. (2002). Temporal Kemik ve Kulak. In Janfaza P, Nadol JB, Gala R, Fabian RL, Montgomery WW (eds), Cansız H, (çev. Ed.). Boyun Cerrahi Anatomisi, İstanbul, Nobel Tıp Kitapevleri
- Johnson EE, Dillon HA. (2011). Comparison of gain for adults from generic hearing aid prescriptive methods: impacts on predicted loudness, frequency bandwidth, and speech intelligibility. *J Am Acad Audiol*. 22(7):441-59.
- Johnson EE. (2013). Modern prescription theory and application: realistic expectations for speech recognition with hearing aids. *Trends Hear*, 17(3):143-70.

- Karamert, R., Eravcı, F., & Aksoy, B. (2016). Kemiğe implante edilebilir işitme cihazları. *12. Uluslararası Kulak Burun Boğaz ve Baş Boyun Cerrahisi Kongresi*, Ankara, Turkey
- Katz J. (2000). *Handbook of Clinical Audiology*. Baltimore ABD: Lippicott Williams and Wilkins
- Katz, J., Chasin, M., English, K. M., Hood, L. J., & Tillery, K. L. (Eds.). (2015). *Handbook of clinical audiology* (Vol. 7). Philadelphia, PA: Wolters Kluwer Health.
- Kaya M, Gündüz M. (2015). *İşitme Sistemi Anatomi ve Fizyolojisi*. Gündüz M. (Editör.) Odyolojide Temel Kavramlar ve Yaklaşımlar. Ankara: Nobel Tıp Kitabevi
- Keidser G, Dillon H, Carter L, O'brien A. (2012). NAL-NL2 empirical adjustments. *Trends Amplif.* 16(4):211-23.
- Keidser G, Dillon H, Flax M, Ching T, Brewer S. (2011). The NAL-NL2 prescription procedure. *Audiol Res.* 1(1):e24.
- Keidser, G., Dillon, H., Carter, L. and O'Brien, A. (2012). NAL–NL2 empirical adjustments. *Trends in Amplification*, 16(4), 211 – 223
- Keidser, G., Dillon, H., Flax, M., Ching, T., & Brewer, S. (2011). The NAL-NL2 prescription procedure. *Audiology research*, 1(1), e24
- Kenar, F., & Ayçiçe, A. (2015). Endüstriyel Odyoloji ve Gürültüye Bağlı İşitme Kayıpları. *Türkiye Klinikleri, Kulak Burun Boğaz-Özel Konular*, 8(2), 132-6.
- Kim SH, 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.
- Kim, D. O. (1985). Functional roles of the inner and outer-hair-cell subsystems in the cochlea and brainstem. *Hearing science*, 241-262.

- Kingma H, Van de Berg R. (2016). Anatomy, physiology, and physics of the peripheral vestibular system. *Handbook of Clinical Neurology*.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.
- Kuijpers W, Van der Beek J, Jap P, Tonnaer E. (1984). The structure of the middle ear epithelium of the rat and the effect of Eustachian tube obstruction. *The Histochemical Journal*. 16(8):807-818
- 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. McGraw-Hill
- Lehnhardt E, Laszig R. (2009). Praxis der Audiometrie Stuttgart. Georg Thieme Verlag. 2009:47–52
- Lim DJ. (1968). Tympanic membrane: Electron microscopic observation part I: Pars tensa. *Acta Oto-Laryngologica*. 66(1-6):181-198
- Lim, R., & Brichta, A. M. (2016). Anatomical and physiological development of the human inner ear. *Hearing research*, 338, 9-21.
- Markides, A. (1986). Shortpaper: age at fitting of hearing aids and speech intelligibility. *British journal of audiology*, 20(2), 165-167.
- 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.
- Mescher A. (2016). Chapter 23. The eye and ear: Special sense organs. Junqueira's Basic Histology: Text & Atlas. 14th ed. 2016. pp. 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.
- Moore, B. C., & Popelka, G. R. (2016). Introduction to hearing aids. *Hearing aids*, 1-19.
- Moore, B.C., (2012). An introduction to the psychology of hearing. Brill
- Mozaffari, M., Nash, R., & Tucker, A. S. (2021). Anatomy and development of the mammalian external auditory canal: implications for understanding canal disease and deformity. *Frontiers in Cell and Developmental Biology*, 8, 1760.
- Müderris, T., Muz, S. E., Kesici, G. G., & İslamoğlu, Y. (Eds.). (2020). *Kulak Burun Boğaz Hastalıklarında Temel Yaklaşım ve Yönetim*. Akademisyen Kitabevi.
- Mueller, H. G., Bentler, R., & Ricketts, T. A. (2013). *Modern hearing aids: Pre-fitting testing and selection considerations*. Plural Publishing.
- Mueller, H. G., Weber, J., & Bellanova, M. (2011). Clinical evaluation of a new hearing aid anti-cardioid directivity pattern. *International journal of audiology*, 50(4), 249-254.

- Mujdeci, B., Inal, O., Turkyilmaz, M. D., & Kose, K. (2016). Turkish Translation, Reliability and Validity of the Amsterdam. *Journal of Indian Speech Language & Hearing Association*, 30(2), 40-45
- Mukerji, S., Windsor, A. M., & Lee, D. J. (2010). Auditory brainstem circuits that mediate the middle ear muscle reflex. *Trends in amplification*, 14(3), 170-191.
- Munro KJ, Toal S. (2005). Measuring the Real-ear to coupler difference transfer function with an insert earphone and a hearing instrument: are they the same? *Ear Hear*. 26(1):27-34.
- Murphy, M. P., & Gates, G. A. (1997). Hearing loss: does gender play a role?. *Medscape women's health*, 2(10), 2-2.
- Nabelek, A. K. (2005). Acceptance of background noise may be key to successful fittings. *The Hearing Journal*, 58(4), 10-15.
- Nakajima, H. H., Ravicz, M. E., Merchant, S. N., Peake, W. T., & Rosowski, J. J. (2005). Experimental ossicular fixations and the middle ear's response to sound: evidence for a flexible ossicular chain. *Hearing research*, 204(1-2), 60-77.
- NAL. (2022). NAL–NL1. NAL, <https://www.nal.gov.au/>
- 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: 02.11.2022
- 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, et al. (2016). HIBINO H: 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(10):1637-1649
- Norman, M., George, C. R., & McCarthy, D. (1994). The effect of pre-fitting counselling on the outcome of hearing aid fittings. *Scandinavian audiology*, 23(4), 257-263.
- Nuutinen J, Kärjä J, Karjalainen P. (1983). Measurement of mucociliary function of the eustachian tube. *Archives of Otolaryngology*. 109(10):669-672
- Oghalai JS, Brownell WE. (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
- Patuzzi R, Robertson D. (1988). Tuning in the mammalian cochlea. *Physiological Reviews*. 68(4):1009-1082
- Pau HW, Sievert U, Just T, Sade J. (2009). Pressure changes in the human middle ear without opening the eustachian tube. *Acta Oto-Laryngologica*. 129:1182–1186
- Pepermans, E., & Petit, C. (2015). The tip-link molecular complex of the auditory mechano-electrical transduction machinery. *Hearing research*, 330, 10-17.
- Perry ET, Shelley WB. (1955). The histology of the human ear canal with special reference to the ceruminous gland. *The Journal of Investigative Dermatology*. 25(6):439-451
- Pickles, J. O. (2015). Auditory pathways: anatomy and physiology. *Handbook of clinical neurology*, 129, 3-25.
- Picou, E. M., Roberts, R. A., Angley, G., & Ricketts, T. A. (2022, May). Applying the hearing aid fitting standard to selection for adults. In *Seminars in Hearing* (Vol. 43, No. 02, pp. 066-078). Thieme Medical Publishers, Inc..

- Pittman, A. L., & Stewart, E. C. (2023). Task-Dependent Effects of Signal Audibility for Processing Speech: Comparing Performance With NAL-NL2 and DSL v5 Hearing Aid Prescriptions at Threshold and at Suprathreshold Levels in 9-to 17-Year-Olds With Hearing Loss. *Trends in Hearing*, 27, 23312165231177509.
- Polat, Z. (2002). *Rekrutment fenomeni olan hastalarda farklı kazanç limitleme metotlarının konuşmayı ayırt etme üzerine etkileri* (Yayımlanmamış doktora tezi). Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara
- Polonenko MJ, Scollie SD, Moodie S, Seewald RC, Lurnagaray D, Shantz J, et al. (2010). Fit to targets, preferred listening levels, and self-reported outcomes for the DSL v5.0a hearing aid prescription for adults. *Int J Audiol*. 49(8):550-60.
- Probst R, Grevers G, Iro H. (2006). Basic Otorhinolaryngology: A Step-by-Step Learning Guide. Vol. vii. New York: Georg Thieme Verlag.
- Pujol, R., Lavigne-Rebillard, M., & Uziel, A. (1991). Development of the human cochlea. *Acta Oto-Laryngologica*, 111(sup482), 7-13.
- Quar, T. K., Ching, T. Y., Newall, P., & Sharma, M. (2013). Evaluation of real-world preferences and performance of hearing aids fitted according to the NAL-NL1 and DSL v5 procedures in children with moderately severe to profound hearing loss. *International Journal of Audiology*, 52(5), 322-332.
- Rajkumar, S., Muttan, S., Pillai, B., Jaya, V., & Vignesh, S. S. (2014). Adaptive Expert System for Digital Hearing Aids Gain recommendations using Linear and Non Linear Prescriptive Procedures. *WSEAS Transactions on Biology and Biomedicine*, 11, 1-9.
- Rajkumar, S., Muttan, S., Sapthagirivasan, V., Jaya, V., & Vignesh, S. S. (2017). Software intelligent system for effective solutions for hearing impaired subjects. *International Journal of Medical Informatics*, 97, 152-162.

- Raphael Y, Altschuler RA. (2003). Structure and innervation of the cochlea. *Brain Research Bulletin*. 60(5-6):397-422
- Reichenbach, T., & Hudspeth, A. J. (2014). The physics of hearing: fluid mechanics and the active process of the inner ear. *Reports on Progress in Physics*, 77(7), 076601.
- Ricketts, T. A., DeChicchis, A. R., & Bess, F. H. (2006). Hearing aids and assistive listening devices. *Head and Neck Surgery-Otolaryngology. Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins*, 155.
- Roedas AP, Blasca WQ, Lauris JRP, Oliveira JRM. (2014). Correlação entre as características da ressonância e o envelhecimento da orelha externa. *CoDAS*. 26(2)
- Ryan AF, Dallos P. (1996). The Physiology of the Cochlea. In Northern J, editors. *Hearing Disorders*. 3 rd ed. Boston: Allyn and Bacon;1996:15-31
- Şahin Kamışlı, G. İ., Mengü, G. Bayramoğlu, İ., Kemaloğlu, Y. K. (2015). Konuşma odyometrisi ve çocuklar için kelime listeleri geliştirilmesi üzerine bir derleme. *Türkiye Klinikleri Ear Nose and Throat – Special Topics*, 8(2), 13 – 25
- Sandlin, R. E. (2000). *Textbook of hearing aid amplification: Technical and clinical considerations*. Singular.
- Saunders, G. (2015). Hearing aid outcomes and the influence of non-auditory factors. *Hearing Review*, 22(9), 19.
- Schaub, A. (2008). Signal processing in a hearing aid. *Acoustical Society of America Journal*, 124(2), 707.
- Scollie S, Seewald R, Cornelisse L, Moodie S, Bagatto M, Larnagaray D, et al. (2005). The desired sensation level multistage input/output algorithm. *Trends Amplif*. 2005;9(4):159-97.

- Scollie S. (2006). The DSL method: improving with age. *Hear J.* 2006;59(9):10.
- Scollie, S., Ching, T. Y., Seewald, R., Dillon, H., Britton, L., Steinberg, J., & Corcoran, J. (2010). Evaluation of the NAL-NL1 and DSL v4. 1 prescriptions for children: Preference in real world use. *International Journal of Audiology*, 49(sup1), S49-S63.
- Seibert, J. W., & Danner, C. J. (2006). Eustachian tube function and the middle ear. *Otolaryngologic Clinics of North America*, 39(6), 1221-1235.
- Seikel, J. A., Drumright, D. G., & King, D. W. (2015). *Anatomy & physiology for speech, language, and hearing*. Cengage Learning.
- Seikel, J. A., Drumright, D. G., & King, D. W. (2015). *Anatomy & physiology for speech, language, and hearing*. Cengage Learning.
- Sennaroğlu L, Sennaroğlu G, Yücel E. (2002). Koklear İmplantasyon. Kulak Burun Boğaz Hastalıkları ve Baş Boyun Cerrahisi. İstanbul: Turgut Yayıncılık.
- Şerbetçioğlu, B., & Kırkım, G. (2003). İşitme Cihazları. O. Çelik içinde, *Otoloji ve Nöro-otoloji* (s. 1127-1168). İstanbul: Elif Ofset Matbaacılık
- Simpson, A. (2009). Frequency-Lowering Devices for Managing High-Frequency Hearing Loss: A Review. *Trends Amplif*, 13; 87-106
- Simpson, A. N., Matthews, L. J., Cassarly, C., & Dubno, J. R. (2019). Time from hearing-aid candidacy to hearing-aid adoption: A longitudinal cohort study. *Ear and hearing*, 40(3), 468.
- Slepecky NB. (1996). Structure of the mammalian cochlea. In: *The Cochlea*. New York, NY: Springer, pp. 44-129
- Smith, R. J., Bale Jr, J. F., & White, K. R. (2005). Sensorineural hearing loss in children. *The Lancet*, 365(9462), 879-890.
- Stach, B. A. (2010). *Clinical Audiology: An Introduction*. Clifton Park: Cengage Learning. 96-168.

- 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.
- Sterkers O, Ferrary E, Amiel C. (1988). Production of inner ear fluids. *Physiological Reviews*. 68(4):1083-1128
- Tascioglu AB. (2005). Brief review of vestibular system anatomy and its higher order projections. *Neuroanatomy*. 4(4):24-27
- Taylor, B. (2008). The Acceptable Noise Level Test as a predictor of real-world hearing aid benefit. *The Hearing Journal*, 61(9), 39-40.
- 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
- Tüfekçioğlu U. (1998). İşitme Engelliler. Özel Eğitim. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Fakültesi Yayınları
- Ünsal, D., Ünsal, S., Ark, N. (2015). *Geriatrik Odyoloji*. Odyolojide Temel Kavramlar ve Yaklaşımlar. Ankara: Nobel Tıp Kitabevi
- Valente M. (2006). Guideline for audiologic management of the adult patient [Internet]. AudiologyOnline; 2006 [citado em 2018 Jul 16]. Disponível em: <http://www.audiologyonline.com/articles/guideline-for-audiologic-management-adult-966>
- Vestergaard Knudsen, L., Öberg, M., Nielsen, C., Naylor, G., & Kramer, S. E. (2010). Factors influencing help seeking, hearing aid uptake, hearing aid use and satisfaction with hearing aids: A review of the literature. *Trends in amplification*, 14(3), 127-154.

- Weinstein, B. E. (2000). Aging of the outer, middle, and inner ear, and neural pathways. *Geriatric audiology*, 55-113.
- 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
- Whitfield, T. T. (2015). Development of the inner ear. *Current opinion in genetics & development*, 32, 112-118.
- Willi, U. B., Ferrazzini, M. A., & Huber, A. M. (2002). The incudo-malleolar joint and sound transmission losses. *Hearing research*, 174(1-2), 32-44.
- Yalçinkaya, F., & Küçükünal, I. (2022). Santral İşitsel İşleme Bozuklukları- Terapi ve Yönetimi. İçinde, Temel Klinik Odyoloji 7. Baskı, Ankara Özgür Matbaacılık Basım Yayın Dağ. San. Tic. A.Ş.
- Yun, D. H., Yoon, T. H., & Lee, K. S. (2000). Subjective Satisfaction in Hearing Aid Users by APHAB. *Korean Journal of Otorhinolaryngology-Head and Neck Surgery*, 43(7), 698-702.
- Yurtsever, S. (2008). Multipl Sklorizisli Hastalarda ABR Sonuçları. İstanbul
- Zahnert, T. (2010). Schwerhörigkeit-Ätiologie, Diagnostik und auditive Rehabilitation. *Laryngo-rhino-otologie*, 89(11), 669-693.
- Zenner HP. (1994). The role of outer hair cell damage in the loss of hearing. *Ear Nose Throat J.* 76, 140:143–144.
- 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

Ek 3. Fonetik Liste

Liste 1

- Kas
- At
- Ney
- Öç
- Bir
- Küf
- Saz
- Fon
- Pes
- Yün
- Bek
- Pay
- Sel
- Aç
- Dün
- Koz
- Ürk
- Zar
- Boy
- Baş
- Türk
- Yaş
- Ver
- Çak
- Şap

Liste 2

- Beş
- Göz
- İn
- Kar
- Laf
- Diş
- Muz
- Ak
- Örf
- Çat
- Koç
- Fal
- Ney
- Şen
- Ruh
- Dağ
- Tel
- Kız
- Set
- Yıl
- Kök
- Pil
- Zam
- Yık
- Bey

Liste 3

- Az
- Borç
- Düş
- Et
- Hür
- Kaz
- Çok
- Muş
- Ol
- Leş
- Pot
- Bal
- Tuş
- Şef
- Pek
- Çiz
- Fer
- Hat
- Ve
- Öp
- İç
- Bel
- Kurt
- Yem
- Zıt