



**T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ-CERRAHPAŞA
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**



YÜKSEK LİSANS TEZİ

**İŞİTME CİHAZLARINDA MİKROFON
YÖNSELLİĞİNİN İŞİTSEL BECERİLERE
ETKİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

GÖKHAN YAZ

**DANIŞMAN
DR. ÖĞR. ÜYESİ EYYUP KARA**

**ODYOLOJİ ANABİLİM DALI
ODYOLOJİ, DİL VE KONUŞMA BOZUKLUKLARI
TEZLİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**

İSTANBUL-2020

TEZ ONAYI

Bu çalışma 08.09.2020 Tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Odyoloji Anabilim Dalı, Odyoloji, Dil ve Konuşma Bozuklukları Tezli Yüksek Lisans Programı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

TEZ JÜRİSİ

Dr.Öğr.Üyesi Eyyup KARA
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Sağlık Bilimleri Fakültesi

Prof. Dr. Ahmet ATAŞ
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Cerrahpaşa Tıp Fakültesi

Doç. Dr. Ömer Necati DEVELİOĞLU
Sağlık Bilimleri Üniversitesi
Hamidiye Tıp Fakültesi

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

GÖKHAN YAZ



İTHAF

Daima yanımda olup, beni koşulsuz destekleyen sevgili aileme ithaf ediyorum.

TEŞEKKÜR

Lisans ve yüksek lisans öğrenim hayatım boyunca, bilgilerini ve deneyimlerini paylaşarak meslek hayatımda bugün olduğum noktaya gelmemde çok büyük bir emeği olan, tez sürecimde bana her türlü desteği sağlayan ve yardımlarını hiçbir şekilde esirgemeyen değerli hocam ve tez danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Eyyup Kara'ya,

Akademik hayatımda kıymetli bilgileri ve deneyimleriyle yetiştirdiğim, değerli görüşleriyle mesleki hayatımda bana yol gösteren ve öğrencisi olmaktan onur duyduğum değerli hocam Odyoloji Bölüm Başkanı Prof. Dr. Ahmet Ataş'a ve tüm Cerrahpaşa Odyoloji ekibine,

Mesleki duruşu ve akademik kişiliği ile bana örnek olan, desteği ile her daim yanımda olan, tanımaktan ve birlikte çalışıyor olmaktan mutluluk duyduğum değerli hocam Doç. Dr. Ömer Necati Develioğlu'na ve tüm Gaziosmanpaşa EAH KBB ve Odyoloji ekibindeki çalışma arkadaşlarıma,

Değerleri bilgileri ve tecrübeleriyle beni yetiştiren, her daim yanımda olan değerli hocam Doç. Dr. Zahra Polat'a,

Tez sürecimde, iş hayatımda ve sosyal yaşantımda yanımda olan değerli dostlarım Abidin Kaya'ya, Nurcan Ünal'a, Sedanur Burhan'a, Enise Akdemir'e ve Fatmanur Arslan'a,

Hayatım boyunca her anımda yanımda olan, aldığım her kararda beni destekleyen, sevgileri ile beni motive eden ve yoluma ışık tutan canım aileme sonsuz teşekkürlerimi, minnettarlığımı ve saygılarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAYI	İİ
BEYAN.....	İİİ
İTHAF.....	İV
TEŞEKKÜR.....	V
İÇİNDEKİLER	VI
TABLolar LİSTESİ.....	İX
ŞEKİLLER LİSTESİ	X
SEMBOLLER / KISALTMALAR LİSTESİ	Xİİ
ÖZET	XV
ABSTRACT.....	XVİ
1. GİRİŞ VE AMAÇ.....	1
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1. Periferik İşitme Sistemi.....	4
2.1.1. Dış Kulak	4
2.1.2. Orta Kulak.....	5
2.1.3. İç Kulak.....	6
2.2. Santral İşitme Sistemi	9
2.3. İşitme Kayıpları	12
2.3.1. İşitme Kaybı Tipleri.....	12
2.3.1.1. İletim Tipi İşitme Kaybı.....	13
2.3.1.2. Sensörinöral Tipte İşitme Kaybı	13
2.3.1.3. Mikst Tipte İşitme Kaybı	13
2.3.1.4. Retrokoklear İşitme Kaybı	14
2.3.1.5. Fonksiyonel işitme Kaybı	14
2.3.2. İşitme Kaybı Dereceleri	15
2.3.3. İşitme Kaybının Konuşmaya ve İletişime Etkisi.....	16
2.4. İşitme Kaybının Tanılanması.....	16
2.4.1. İmmittansmetrik Değerlendirme	16
2.4.2. Saf Ses Odyometri	17
2.4.3. Konuşma Odyometrisi	18

2.5. Gürültüde Yapılan İşitme Testleri	19
2.5.1. Gürültüde Konuşma Algısı (Speech Perception in Noise-SPIN).....	21
2.5.2. Bağlantılı Cümle Testi (Connected Sentence Test-CST)	22
2.5.3. Gürültüde Dinleme Testi (Hearing In Noise Test-HINT).....	22
2.5.4. CUNY Cümle Testi (City University of New York Sentences Test)	23
2.5.5. Bamford-Kowal-Bench Speech in Noise Testi-BKB-SIN.....	23
2.5.6. Gürültüde Kelime Testi (Word In Noise Test-WIN)	24
2.5.7. Hızlı-Gürültüde Konuşma Testi (Quick Speech In Noise- Quick SIN).....	24
2.5.8. Speech Recognition In Noise Test-SPRINT	24
2.6. Türkçe Matriks Testi-TURMatriks	25
2.6.1. TURMatriks Testi Uyarıları	25
2.6.2. TURMatriks Testinin Uygulanışı.....	28
2.7. İşitme Cihazları	30
2.7.1. İşitme Cihazının Temel Bileşenleri.....	30
2.7.1.1. Mikrofon	30
2.7.1.2. Amplifikatör.....	31
2.7.1.3. Hoparlör	32
2.7.2. İşitme Cihazı Türleri	33
2.7.3. İşitme Cihazlarında Yönsellik.....	34
2.7.3.1. İşitme Cihazı Mikrofonları ve Yönsellik Mekanizması.....	35
2.7.3.2. Mikrofon Yönsellik Modları	36
2.7.4. İşitme Cihazı Fittingi ve Doğrulama Yöntemleri	40
2.7.4.1. İşitme Cihazı Fittingi.....	40
2.7.4.2. İşitme Cihazı Ayarı Doğrulama Yöntemleri	40
2.7.4.2.1. Sübjektif Doğrulama	41
2.7.4.2.2. Odyolojik Değerlendirmeye Doğrulama	41
2.7.4.2.3. Teknik Doğrulama	41
2.8. Gerçek Kulak Ölçümü (Real Ear Measurement-REM).....	42
2.8.1. REM Uygulaması.....	42
2.8.1.1. Prob Tüp Kalibrasyonu	43
2.8.1.2. Hastanın Hazırlanması	44
2.8.1.3. Otoskopik Bakı.....	45
2.8.1.4. Prob Tüp Yerleşimi	45

2.8.1.5. Gerçek Kulak Cihazsız Yanıtı (Real Ear Unaided Response-REUR) Ölçümü	46
2.8.1.6. Gerçek Kulak Oklüde Yanıtı (Real Ear Ocluded Response-REOR) Ölçümü	47
2.8.1.7. Gerçek Kulak Cihazlı Yanıtı (Real Ear Aided Response-REAR)	47
2.8.1.8. Hedef Eşleme	48
3. GEREÇ VE YÖNTEM	49
3.1. Katılımcılar	49
3.1.1. Dahil edilme ve dışlanma kriterleri	49
3.2. Metot	49
3.2.1. İmmittansmetrik değerlendirme	50
3.2.2. Odyolojik Değerlendirme	50
3.2.2.1. Saf Ses Odyometri	50
3.2.2.2. Konuşma Odyometrisi	51
3.2.3. Gerçek Kulak Ölçümü	51
3.2.4. Türkçe Matriks Testi	52
3.2.5. İstatistiksel Analiz	54
4. BULGULAR	56
5. TARTIŞMA	67
KAYNAKLAR	77
ETİK KURUL KARARI	92
İNTİHAL RAPORU İLK SAYFASI	93
ÖZGEÇMİŞ	94

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 2-1: İşitme Kaybı Derecelerinin Sınıflandırılması.	15
Tablo 2-2: Gürültüde Konuşma Testleri.	20
Tablo 2-3: SNR Kaybının Dereceleri.	21
Tablo 2-4: Türkçe Matriks Testi Konuşma Materyali.	26
Tablo 2-5: Yönel mikrofönların yönellik ve uni-direksiyonellik indeksleri.	38
Tablo 3-1: Deneklere Uygulanan Türkçe Matriks Testi Prosedürleri, Mikrofon Yönellik Modları ve Test Sırasının Sunumu.	53
Tablo 4-1: Katılımcıların Yaş ve Cinsiyet Dağılımları.	56
Tablo 4-2: Katılımcıların Saf Ses Odyometri Bulguları.	56
Tablo 4-3: Katılımcıların Konuşma Odyometrisi Sonuçları.	57
Tablo 4-4: Farklı mikrofön yönellik modlarında, Adaptif-Sessiz ve Adaptif-Gürültü prosedürlerinde %50 SRT'nin elde edildiğı şiddet seviyelerinin dB cinsinden karşılaştırılması.	58
Tablo 4-5: Farklı mikrofön yönellik modları için Non-Adaptif Matriks Prosedürü +10 dB SNR ve Non-Adaptif Matriks Prosedürü 0 dB SNR testlerinde elde edilen SDS değerlerin %'lik cinsinden karşılaştırılması.	59
Tablo 4-6: Farklı mikrofön yönellik modlarında, Adaptif-Gürültü Prosedürü testinde elde edilen SNR (dB) değeri negativitesinin, Non-Adaptif Prosedür +10 dB SNR testinde elde edilen yüksek SDS (%) performansı ile ilişkisinin değerlendirilmesi.	60
Tablo 4-7: Farklı mikrofön yönellik modlarında, Adaptif-Gürültü Prosedürü testinde elde edilen SNR (dB) değeri negativitesinin, Non-Adaptif Prosedür 0 dB SNR testinde elde edilen en yüksek SDS (%) performansı ile ilişkisinin değerlendirilmesi.	61
Tablo 4-8: TURMatriks alt testlerinden elde edilen sonuçların, çok yönlü ve yönel mikrofön modlarının karşılaştırılması.	63
Tablo 4-9: TURMatriks alt testlerinden elde edilen sonuçların, çok yönlü ve asimetrik yönel mikrofön modları ile karşılaştırılması.	64
Tablo 4-10: TURMatriks alt testlerinden elde edilen sonuçların, yönel ve asimetrik yönel mikrofön modları ile karşılaştırılması.	66

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2-1: Dış Kulak Anatomisi.....	4
Şekil 2-2: Orta Kulak Anatomisi.	5
Şekil 2-3: İç Kulak Anatomisi.	7
Şekil 2-4: Santral İşitme Sistemi.	10
Şekil 2-5: HINT-Test Koşulları.	23
Şekil 2-6: TURMatriks Testindeki Fonemlerin Yüzdelik Dağılımları.	27
Şekil 2-7: TURMatriks Gürültüsü ve Uzun Periyotlu Konuşma Gürültüsü Spektrumları.	28
Şekil 2-8: Farklı dil için matriks testlerinin teste özgü konuşma anlaşılabilirlik fonksiyonları.	28
Şekil 2-9: Elektret Mikrofon Kesiti.	31
Şekil 2-10: Hoparlör Kesiti.....	32
Şekil 2-11: İşitme Cihazı Türleri.	33
Şekil 2-12: Çok yönlü ve yönsel mikrofonlar ile pinnanın frekansa özgü yönsellik indeksleri.....	35
Şekil 2-13: Çok yönlü mikrofonların kutupsal örüntüsü.	37
Şekil 2-14: Yönsel Mikrofonların Sınıflandırılması.....	38
Şekil 2-15: Mikrofon yönsellik modları. Taralı alanlar, mikrofonların hassasiyet alanlarını göstermektedir. Mavi taralı alanlar gürültü kaynağına; kırmızı taralı alanlar konuşma sinyaline yakın işitme cihazlarının taraflarıdır.....	39
Şekil 2-16: REM Prosedürü Parametreleri.	43
Şekil 2-17: Prob Tüp Kalibrasyonunda Yerleşim.....	44
Şekil 2-18: Prob tüp kalibrasyonu.	44
Şekil 2-19: Hastanın Konumu.....	45
Şekil 2-20: Otoskopik Bakı.....	45
Şekil 2-21: Gerçek kulak ölçümünde prob tüp yerleşimi.	46
Şekil 2-22: Gerçek Kulak Cihazsız Yanıtı örneği.	46
Şekil 2-23: Gerçek Kulak Oklüde Yanıtı örneği.	47
Şekil 2-24: Gerçek Kulak Cihazlı Yanıtı örneği.....	48
Şekil 2-25: REAR ve REUR ölçümleri. Gerçek Kulak Ek Kazancı.	48
Şekil 3-1: Aurical Aud Odyometre Cihazı.	51

Şekil 3-2: Aurical Freefit Gerçek Kulak Ölçüm Cihazı.	52
Şekil 3-3: Türkçe Matriks Testi Uygulaması.....	53
Şekil 4-1: Farklı mikrofon yönsellik modlarında, Adaptif-Sessiz ve Adaptif-Gürültü prosedürlerinde %50 SRT'nin elde edildiği şiddet seviyelerinin dB cinsinden karşılaştırılması.	58
Şekil 4-2: Farklı mikrofon yönsellik modları için Non-Adaptif Matriks Prosedürü +10 dB SNR ve Non-Adaptif Matriks Prosedürü 0 dB SNR testlerinde elde edilen SDS değerlerin %'lik cinsinden karşılaştırılması.	59
Şekil 4-3: Çok yönlü ve yönsel mikrofon modlarının TURMatriks alt testlerinde elde edilen verileri.	62
Şekil 4-4: Çok yönlü ve asimetric yönsel mikrofon modlarının, TURMatriks alt testlerinde elde edilen verileri.....	64
Şekil 4-5: Yönsel ve asimetric yönsel mikrofon modlarının, TURMatriks alt testlerinde elde edilen verileri.	65

SEMBOLLER / KISALTMALAR LİSTESİ

REM	Real Ear Measurement-Gerçek Kulak Ölçümü
SNR	Signal Noise Ratio-Sinyal Gürültü Oranı
WHO	World Health Organization
NIDCD	National Institute on Deafness and Other Communication Disorders.
DKY	Dış Kulak Yolu
TM	Timpanik Membran
Na ⁺	Sodyum
K ⁺	Potasyum
DTH	Dış Tüy Hücresi
İTH	İç Tüy Hücresi
KN	Koklear Nükleus
SOC	Superior Olivar Complex-Superior Olivar Kompleks
MSO	Medial Superior Olivar
LSO	Lateral Superior Olivar
LL	Lateral Lemniscus
VNLL	Ventral Nükleus Lateral Lemniscus
DNLL	Dorsal Nükleus Lateral Lemniscus
IC	Inferior Colliculus-Inferior Kollikulus
MGB	Medial Geniculat Body-Medial Genikulat Cisim
OKD	Olivokoklear Demet
LOK	Lateral Olivokoklaer
MOK	Medial Olivokoklear
ASHA	American Speech-Language-Hearing Association
CN	Kranial Sinir
SNİK	Sensörinöral İşitme Kaybı
FİK	Fonksiyonel İşitme Kaybı
KBB	Kulak Burun Boğaz

SPL	Sound Pressure Level-Ses Basınç Seviyesi
HL	Hearing Level-İşitme Seviyesi
SSO	Saf Ses Ortalaması
dB	Desibel
Hz	Hertz
m	Metre
ml	Mililitre
ANSI	American National Standards Institute
SAT	Speech Awareness Threshold-Konuşma Fark Etme Eşiği
SRT	Speech Reception Threshold-Konuşmayı Alma Eşiği
SDS	Speech Discrimination Score-Konuşmayı Ayırt etme Skoru
MCL	Most Comfortable Level-En Rahat Ses Seviyesi
UCL	Uncomfortable Level-Rahatsız Edici Ses Seviyesi
SPIN	Speech Perception In Noise- Gürültüde Konuşma Algısı Testi
R-SPIN	Revised-Speech Perception In Noise
CST	Connected Sentence Test-Bağlantılı Cümle Testi
SIN	Speech In Noise
HINT	Hearing In Noise Test-Gürültüde Dinleme Testi
CUNNY	City University of New York Cümle Testi
BKB-SIN	Bamford-Kowal-Bench Speech in Noise Testi
WIN	Word In Noise-Gürültüde Kelime Testi
Quick-SIN	Quick Speech In Noise Testi
SPRINT	Speech Recognition In Noise Test
KTE	Kolay Tahmin Edilebilirlik
ZTE	Zor Tahmin Edilebilirlik
BSA	British Society of Audiology
ICRA	The International Collegium of Rehabilitative Audiology
OMA	Oldenburg Measurement Application
İC	İşitme Cihazı
CMOS	Tamamlayıcı Metal Oksit Yarı İletken

RIE	Receiver In Ear-Hoparlör Kulak İçi
CIC	Complete-In Canal-Komple Kanal İçi
DI	Directivity Index-Yönsellik İndeksi
UI	Uni-direksiyonelik İndeksi
APHAB	İşitme Cihazından Sağlanan Faydanın Kısaltılmış Profili
KUIK	Konuşma, Uzaysal İşitme ve Ses Kalitesi Ölçeği
IOI-HA	Uluslararası İşitme Cihazı Değerlendirme Envanteri
SADL	Günlük Hayatta Amplifikasyon Memnuniyeti
LTASS	Long-term Average Speech Spectrum
REUR	Real Ear Unaided Response-Gerçek Kulak Cihazsız Yanıtı
REOR	Real Ear Ocluded Response- Gerçek Kulak Oklüde Yanıtı
REAR	Real Ear Aided Response-Gerçek Kulak Cihazlı Yanıtı
REIG	Real Ear Insertion Gain-Gerçek Kulak Ek Kazancı
ISTS	International Speech Test Signal-Uluslararası Konuşma Testi Sinyali
ITD	Interaural Time Difference-Kulaklar arası Zaman Farkı
ILD	Interaural Loudness Difference-Kulaklar arası Şiddet Farkı
FINSIMAT	Finnish Simplified Matrix Sentence Test
FFR	Frequency Following Responses
EAS	Elektroakustik Stimülasyon

ÖZET

YAZ, G. (2020). İşitme Cihazlarında Mikrofon Yönselliğinin İşitsel Becerilere Etkilerinin Değerlendirilmesi. İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Odyoloji ABD. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul.

İşitme cihazı kullanan bireylerin gürültü varlığında konuşmayı anlama performanslarında düşüş gözlenmektedir. Kaynağın yakınında bulunan yönsel mikrofonlar ise gürültüde konuşma anlaşılabilirliğini arttırmanın en etkili yoludur. İşitme cihazlarında çok yönlü ve yönsel mikrofonların dışında, çevresel farkındalığı korurken, yönsel mikrofonların avantajlarından da yararlandığı, ipsilateral işitme cihazı mikrofonu çok-yönlü iken kontralateral işitme cihazının mikrofonunun yönsel olduğu asimetrik yönsellik teknolojileri de mevcuttur.

Çalışmamızda, gürültü varlığında işitme cihazı mikrofon yönsellik modlarının konuşma performansı üzerindeki etkilerini değerlendirmek amacıyla; bilateral flat orta veya orta ileri derecede sensörinöral tipte işitme kaybına sahip 20-50 yaş aralığında 32 katılımcı dahil edilmiştir. Katılımcılar, değerlendirme sırasında bilateral işitme cihazı kullanmıştır ve işitme cihazı fittingi REM prosedürü kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Hastaların farklı mikrofon yönsellik modlarındaki konuşma performansları, Türkçe Matriks Testi uygulanarak elde edilmiştir.

Elde edilen veriler doğrultusunda tüm mikrofon yönsellik modları için, Adaptif Prosedür sessiz ve gürültü varlığında karşılaştırıldığında kritik SNR değeri artışı anlamlı bulunmuştur ($p<0.01$) ve Adaptif-Gürültü Prosedürü ile Non-Adaptif Prosedür arasında performans artışında anlamlı bir ilişki bulunmuştur ($p<0.01$). Asimetrik yönsellikte ise çok yönlü mikrofon moduna göre yüksek performans gözlenmesi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$).

Çalışmamızın sonucunda, mikrofon yönsellik modlarının gürültü varlığında SNR'yi iyileştirerek konuşma performansını arttığı gözlenmiştir. Ayrıca yönsel mikrofonların aksine, asimetrik yönsel mikrofonlar çok yönlü mikronlara göre daha avantajlı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: İşitme cihazı, yönsellik, asimetrik yönsellik, sinyal gürültü oranı, konuşma anlaşılabilirliği.

ABSTRACT

YAZ, G. (2020). Evaluation of Effects of Microphone Directionality on Hearing Abilities in Hearing Aids. İstanbul University-Cerrahpasa Institute of Graduate Studies, Audiology, Language and Speech Disorder. Master Thesis. İstanbul.

In presence of noise, individuals who use hearing aids show decrease in their speech performance. Directional microphones near the source are the most effective way to increase speech intelligibility in noise. Except omnidirectional and directional microphones in hearing aids, there are also asymmetric directional technologies in which microphone of the contralateral hearing aid is directional when microphone of ipsilateral hearing aid was omnidirectional, whilst maintaining environmental awareness with benefiting from advantages of directional microphones.

In our study, in order to evaluate effects of microphone directionality modes of hearing aids on speech performance in presence of noise; 32 participants were included between the ages of 20-50 with bilateral flat moderate or moderately severe sensorineural hearing loss. Participants had bilateral hearing aids during the assessment and hearing aid fittings were performed using the REM procedure. Speech performances of patients in different microphone directionality modes were obtained by applying Turkish Matrix Test.

According to the data obtained, significant increase was found on critical SNR value when Adaptive Procedure in quiet compared to in noise for all microphone directionality modes ($p < 0.01$) and a significant relationship was found between Adaptive-Noise Procedure and Non-Adaptive Procedure ($p < 0.01$). In asymmetric directionality, high performance observation was found statistically significant compared to omnidirectional microphone mode ($p < 0.05$).

As a result of our study, it has been observed that microphone directionality modes improving speech performance by improving SNR in presence of noise. It is also concluded that unlike directional microphones, asymmetric directional microphones are more advantageous than omnidirectional microphones.

Key Words: Hearing aid, directionality, asymmetric Directionality, signal noise ratio, speech intelligibility.

1. GİRİŞ VE AMAÇ

İşitme sisteminin, işitsel uyarana hassasiyetindeki azalma, işitme kaybı olarak tanımlanmaktadır. İşitme kaybı, dünya çapında milyonlarca insanı etkilemektedir ve küresel olarak engelliliğin dördüncü önde gelen nedeni olduğu tahmin edilmektedir (Cunningham & Tucci, 2017). Dünya nüfusunun yaklaşık olarak %15'i, farklı derecelerde işitme kaybına sahiptir (WHO, 2011). Ülkemizde ise 2,5-3,5 milyon işitme kayıplı bireyin bulunduğu bildirilmiştir (Yıldız et al., 2018). İşitme kaybının, günlük yaşam üzerine, büyük etkileri olmakla beraber; hayat kalitesinde azalma, iletişim becerilerinde bozulma ve algısal kapasitede düşüş ile karakterize birçok soruna yol açabilmektedir (Ciorba et al., 2012). İşitme kayıplı bireylerde, kaybın olumsuz etkilerini ortadan kaldırmak ve kişinin akustik uyarana erişimini tekrardan sağlamak amacıyla işitme cihazları kullanılmaktadır (NIDCD, 2015).

Arka plan gürültüsü varlığında konuşmayı anlamak, işitme cihazı kullanıcılarının yaşadığı en büyük güçlüklerden biridir. Bunun bir nedeni, sensörinöral işitme kaybı olan dinleyicilerin aynı bilgiyi anlamak için normal işiten bireylerden daha iyi sinyal gürültü oranlarına (Signal Noise Ratio-SNR) ihtiyaç duymalarıdır (Metz, 2014). Kaynağın yakınında bulunan yönsel mikrofonlar ise (işitsel uzayda iki veya daha fazla kaynaktan gelen sesleri algılayarak çalışan) gürültülü ortamlarda konuşma anlaşılabilirliğini arttırmanın en etkili yoludur. Yönsel mikrofonlar, önden gelen sinyalleri arttırıp, yandan veya arkadan gelen sinyalleri azaltarak SNR'yi iyileştirirler (Dillon, 2012).

Binaural yönsel stratejiye dayalı işitme cihazları, simetrik ve asimetrik durumlarda hem yönsel hem de çok yönlü mikrofon modlarını kullanmaktadırlar. İşitme cihazları, konuşma anlaşılabilirliğini optimize etmek için bu modlar arasında otomatik geçiş yapacak şekilde tasarlanmıştır. Aynı zamanda bu otomatik geçiş ile konuşma anlaşılabilirliğini tehlikeye atmadan çok yönlü mikrofonların lokalizasyon ve ses kalitesi avantajları sağlanmaktadır (Dillon, 2012).

Çoğu işitme cihazı donanımı için varsayılan ayar olarak çok-yönlü bir mikrofonlar kullanılır (Kim & Bryan, 2011). Yönsel mikrofonlar ise hedef konuşma

uyaranı veya baskın arka plan gürültüsü kaynaklarının işitme cihazı kullanıcılarına odanın kritik mesafesinden daha yakın olması durumunda etkilidir (Dillon, 2012).

İşitme cihazı kullanıcılarının, çevresel farkındalığı korurken, yönsel mikrofonların avantajlarından da yararlandığı, bir taraftaki işitme cihazı mikrofonu çok yönlü iken kontralateral işitme cihazının mikrofonunun yönsel olduğu asimetrik yönsellik teknolojileri de mevcuttur (Hornsby & Ricketts, 2007).

Yönsel mikrofonların konuşma anlaşılabilirliğine olumlu etkilerini gösteren çalışmalar mevcut olmakla birlikte, işitme cihazı kullanıcılarının gürültülü ortamlarda işitme cihazları yönselliğinden konuşma anlaşılabilirliği açısından fayda görmesi konusunda tartışmalar halen mevcuttur. Bununla birlikte, yönsellik algoritmaları belirlenirken konuşma anlaşılabilirliğinin da haricinde, çevresel farkındalık ve lokalizasyon becerileri gibi bazı faktörler de göz önünde bulundurulmalıdır (Kirkwood & Jespersen, 2017).

Gürültüde konuşma anlaşılabilirliğini değerlendirmek için kullanılan en güncel test bataryası Türkçe Matriks Testi'dir (HörTech gGmbH, 2015). Adaptif ve non-adaptif prosedürleri bulunan testte, hedef uyaran olarak özne, rakam, sıfat, nesne ve fiilden oluşan beş kelimeli cümleler kullanılmaktadır. Arka planda ise hedef uyaranların üst üste 30 defa bindirilmesiyle elde edilmiş gürültü kullanılır. Gürültü seviyesi 65 dB şiddet seviyesine sabitlenerek, 0 dB SNR ile başlanan testte adaptif prosedür de gürültü seviyesi katılımcının cevabına bağlı olarak otomatik olarak yazılım tarafından değiştirilmektedir. Bu yöntemle gürültüde %50 konuşmayı anlama eşiğinin elde edildiği en düşük SNR tespit edilecektir. Non-adaptif prosedürde şiddet seviyesi sabittir ve arka plan gürültüsü varlığında konuşmayı ayırt etme performansı değerlendirilir.

İşitme kayıplı bireylerde, işitme cihazı etkinliğini değerlendirmek için gürültüde konuşma testleri uygulanmalıdır. Bu testler, günlük hayatta kişinin karşılaştığı akustik ortamları ve iletişim becerilerini etkileyen faktörleri daha iyi yansıtmaktadır. Ek olarak, sinyal-gürültü oranını artırarak, konuşma algısında iyileşme sağlayan mikrofon yönselliği teknolojilerini değerlendirmek amacıyla, gürültüde konuşma testleri uygulanabilir. Çalışmamızın amacı, arka plan gürültüsü gibi olumsuz faktörlerin bulunduğu, zorlu dinleme koşullarında en yüksek konuşma anlaşılabilirliği sağlayan mikrofon yönsellik modunu belirlemek, işitsel sahneye bağlı olarak en uygun işitme

cihazı programlamasını gerçekleştirmek ve bu yolla hastanın işitme cihazından memnuniyetini arttırmaktır.



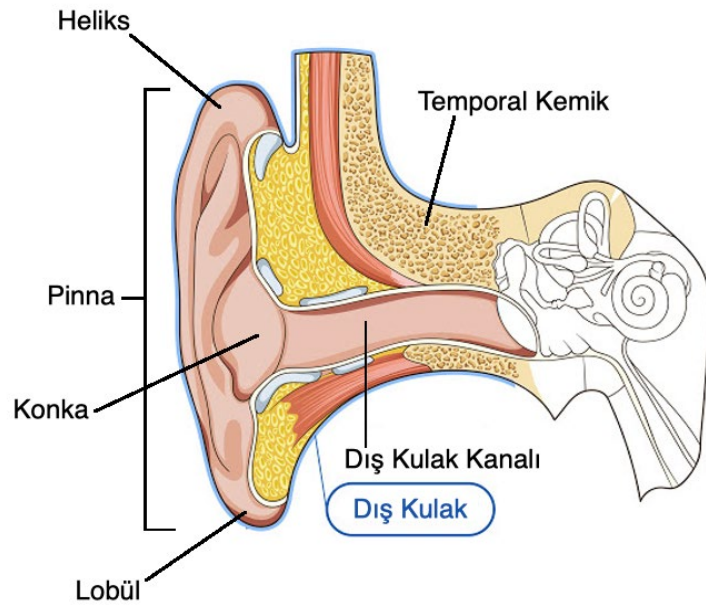
2. GENEL BİLGİLER

2.1. Periferik İşitme Sistemi

İşitme ve denge sisteminin periferik yapılarının bulunduğu kulak üç bölümden oluşmaktadır: Dış kulak, orta kulak ve iç kulak (Mcfarland, 2014). Dış kulak ve orta kulak, sesin tüy hücreleri tarafından işitme sinirinin liflerinde nöral bir koda dönüştürülmeden önce seslerin frekansa özgü uyarımın gerçekleştiği kokleaya iletimini sağlar. İç kulak ise denge duyusunun bulunduğu vestibüler sistem yapıları ve işitme reseptör hücrelerinin bulunduğu kokleadan oluşmaktadır (Moller, 2006).

2.1.1. Dış Kulak

Periferik işitme sisteminin ilk kısmı olan dış kulak, pinna ve dış kulak yolundan oluşmaktadır (Şekil 2-1), (Anthwal & Thompson, 2016). Dış kulağın ana işlevi, sesi toplamak ve timpanik membrana iletmektir. Pinna, akustik enerjiyi dış kulak yoluna (DKY) odaklayan bir “ses hunisi” gibi davranır ve DKY bu sesi timpanik membrana (TM) iletir. Bununla birlikte, bu yapıların her ikisi de rezonans yoluyla sinyalin nispi gücünü artıran anatomik şekillere sahiptir (Seikel et al., 2010).



Şekil 2-1: Dış Kulak Anatomisi.

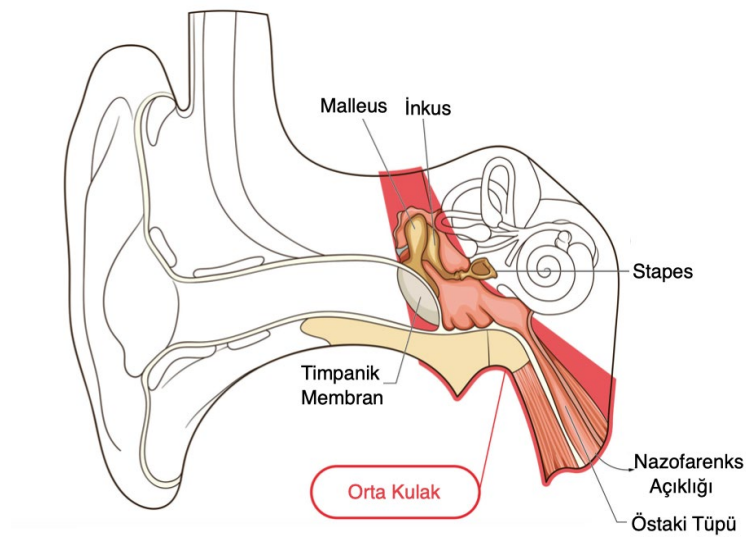
(www.lakeenthearing.com)

Pinna, işitsel uzayda sesin lokalizasyonuna yardımcı olmak ve ses enerjisini “yakalamak” gibi önemli işlevlere sahiptir (Seikel et al., 2010). İnteraural ipuçlarının olmadığı medial düzlemde bile vertikal lokalizasyon, dış kulak kanalına girmeden önce pinnada meydana gelen yansıma ve rezonanslarla mümkün olmaktadır. Bu yansımalar; başın konumu ve kaynağın yükselmesine bağlı olarak belirli frekans cevabında değişiklikler oluşturarak spektral tepelere ve çentiklere neden olur. Ön-arka yön tayininde rol oynayan pinna, temel olarak 6 ile 16 kHz aralığında, önden gelen yüksek frekanslı sesleri amplifiye eder, ancak arkadan geldiklerinde zayıflatır (Dillon, 2012).

Konka (Concha auriculae), dış kulak yolu olarak bilinen kulak kanalının girişidir. DKY, konka derinliğinden ölçüldüğünde yaklaşık 7 mm çapında ve 2,5 cm uzunluğunda bir kanaldır ve timpanik membranda sonlanmaktadır. Rezonans boşlukları olarak DKY ve konka hem işitmeye katkıda bulunur hem de rezonans frekansının belirlenmesinde rol oynar. Rezonans frekansı, DKY hacmi ve uzunluğuna bağlıdır (Seikel et al., 2010).

2.1.2. Orta Kulak

Orta kulak, temporal kemikte bulunan içi hava dolu kavitedir. Kavite içinde asılı olan üç orta kulak kemikçğine sahiptir: Malleus, inkus ve stapes. Bu kemikçikler, TM ile oval pencere arasında sesi dış kulaktan iç kulağa ileten bir zincir oluşturur (Şekil 2-2). Mukoza kaplı östaki tüpü de orta kulak kavitesindedir (Anthwal & Thompson, 2016).



Şekil 2-2: Orta Kulak Anatomisi.

(www.lakeenthearing.com)

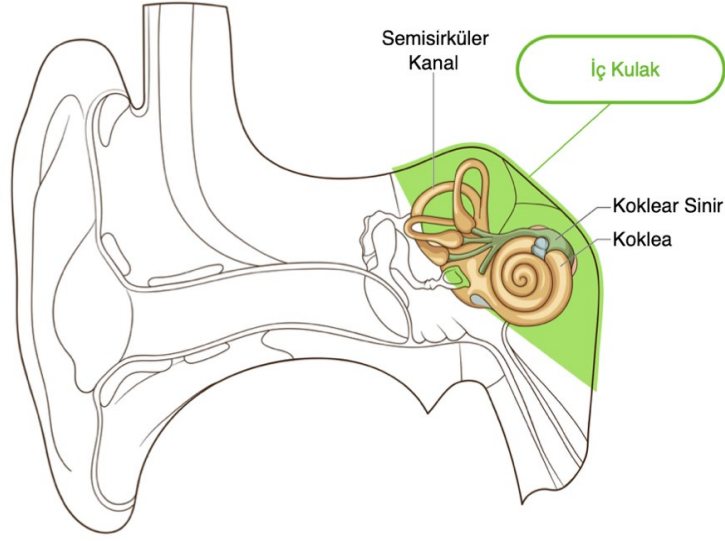
TM, akustik enerjiye yanıt olarak titreşen ince ve esnek bir zarıdır. Oval bir şekle sahiptir ve yaklaşık 8 mm genişliğinde ve 10 mm yüksekliğindedir. TM, üç katmandan oluşur: Dış, orta ve iç tabaka. Dış tabaka, yassı epitelden oluşan ektodermden kaynaklanır. Orta tabaka hem radyal hem de çevresel liflerden oluşur ve mezenkimden kaynaklanır. İç tabaka, kübik mukozal epitelden oluşur ve endodermden kaynaklanır. Orta tabakadaki lifler, timpanik membranın gücünü korumak ve aynı zamanda timpanik membranın farklı frekanslardaki seslere cevaben düzgün titreşimine yardımcı olmak için önemlidir (Oghalai & Brownell, 2008).

Orta kulak kavitesi, kemikçik sistemini destekleyen bağları ve kasları da barındırır. Bu sistem timpanik membrandan iç kulağa akustik titreşimleri iletir. TM, malleusun (manubrium) uzun kısmı ile medial olarak gerilir. Malleus, orta kulak kemikçiklerinin en büyüğüdür ve 9 mm uzunluğundadır. Tensör timpani kasının tendonu manubriumun üst kısmına yapışır. İnkus, malleus ile medial olarak ve stapes ile inferior bir projeksiyon yoluyla eklemlenir. Stapes, insan vücudundaki en küçük kemiktir. Stapes tabanı, kokleanın oval penceresine bağlanır ve sesi iç kulağa iletir. Stapes kasının tendonu, stapes bacaklarına tutunur. Bu kasın kasılması ile kemikçik zincirinin katılığı arttırılır. Refleks aktivasyonu, yüksek şiddetli seslere karşı koruma sağlar ve kokleaya iletilen sesi azaltır.

Faringotimpanik tüp ya da östaki tüpü, yaklaşık 35 ila 38 mm uzunluğundadır ve timpanik kaviteden nazofarenkse doğru aşağı ve medial olarak uzanır. Tüp, yutma ve esneme sırasında tensör veli palatini, levator veli palatini ve tensör timpani kaslarının katkısıyla açılır. Orta kulak basıncı ile dış atmosfer basıncını dengeler ve timpanik membranın çeşitli atmosferik basınçlarda verimli bir şekilde çalışmasını sağlar. Bu tüp ayrıca orta kulak kavitesini drene eder ve orta kulağın havalanmasını sağlar (Mcfarland, 2014).

2.1.3. İç Kulak

Kulağın işitme ve denge reseptörlerini bulunduran bölümü, iç kulaktır. İşitme reseptörünü bulunduran kokleaya giriş kısmına, vestibül denir. Koklea, işitmenin reseptör yapılarının yerleşmiş olduğu membranöz labirent ve onu çevreleyen kavite olan kemik labirentten oluşmaktadır (Şekil 2-3), (Seikel et al., 2020).



Şekil 2-3: İç Kulak Anatomisi.

(www.lakeenthearing.com)

Koklea, Yunanca da “cochlos” sözcüğünün karşılığı olup salyangoz anlamına gelmektedir. Üzeri otik kapsül denilen, ince bir laminar kemik tabakası ile örtülü olan koklea temporal kemik içine yerleşmiş durumdadır. Koklea, insanda yaklaşık 35 mm uzunluğunda ve modiulus adıyla bilinen kemik yapının etrafında 2,5 sarmal yapmaktadır. Modiulus kokleanın merkezi eksenini oluşturur ve sinir fibrilleri, kan damarları, bağ dokuları içermektedir (Gelfand, 2016b).

Membranöz labirent, Baziler ve Reissner membranları ile kokleanın tamamı boyunca üç kanala (skala) ayrılır: Skala vestibüli, skala timpani, skala media. Skala vestibüli, vestibül ile doğrudan temasta olan tek kanaldır. Skala media yani koklear kanal, skala vestibüli ve skala timpani arasında yer almaktadır ve bu kanallarla doğrudan bağlantısı yoktur. Bu kanal, intraselüler sıvı içeriğine benzer olarak K^+ konsantrasyonu yüksek; Na^+ konsantrasyonu düşük olan endolenfi içermektedir. Skala vestibuli ile skala timpani, ekstraselüler sıvı içeriğine benzer olarak Na^+ konsantrasyonu yüksek, potasyum (K^+) konsantrasyonu düşük olan perilenfi içermektedir. Perilenf içeren bu kanallar, kokleanın apeksinde yer alan ve helikotrema adı verilen küçük bir boşluk ile birbirine bağlanır (Gelfand, 2016b; Mcfarland, 2014).

Otik kapsül, oval pencere ve yuvarlak pencere olarak adlandırılan iki açıklığa sahiptir. Skala vestibüli oval pencereden başlayarak kokleanın apikal bölgesine kadar uzanır. Helikotrema ile skala timpaniye bağlandıktan sonra skala timpani kokleanın bazaline uzanır ve yuvarlak pencerede sonlanır (Gelfand, 2016b).

Sesin, koklear sıvıya aktarılması ile ilgili iki sorun vardır. Bunlardan biri, iki ortamın, havanın ve sıvının akustik özelliklerindeki (İmpedans) büyük fark nedeniyle bir sıvının harekete geçirilmesinde seslerin etkisiz olmasıyla ilgilidir. Diğer sorun, koklear sıvının titreşmesine neden olan iki pencerede hareket eden kuvvet arasındaki fark olması ile ilgilidir.

Düşük impedanslı hava ortamdan gelen akustik enerjinin, yüksek impedanslı koklea endolenfine iletiminde orta kulak, impedans transformatörü görevi görür. Sesi oval pencereye aktarır ve koklear sıvıya ses transferini gerçekleştirir. Orta kulak, kokleanın iki penceresi üzerinde etkili olan kuvvette bir fark yaratır ve böylece koklear sıvının ve baziler membranın titreşip gelen sesin etkili bir şekilde aktarılmasını sağlar (Moller, 2006).

Baziler membran, skala mediayı skala timpaniden ayıran fibröz bir membrandır. Helikotrema'ya doğru gittikçe genişleyen bir yapıya sahip olan membran, 20.000-30.000 kadar baziler lif içermektedir. Bu lifler, membranın başlarında (Bazalinde) kısa ve kalın iken; kokleanın apeksine doğru gittikçe boyları uzar ve çapları küçülür. Zardaki bu değişkenlik ile gelen sesin frekansına göre baziler membranın farklı bölümlerinin titreşmesi sağlanır. Her bir sesin frekansı, baziler membranın özel bir bölgesini diğerlerine göre daha fazla titreştirir ve titreşimin miktarı da gelen dalganın genliği (şiddeti) ile orantılıdır. Yüksek frekanslı sesler, zarın bazalinde rezonans oluşturup maksimum titreşim gerçekleştirirken, alçak frekanslı sesler zarın apikal kısmında maksimum titreşim gerçekleştirir. Von Békésy, seslerin baziler membran boyunca ilerleyen dalga hareketi oluşturduğunu ve bu ilerleyen dalga hareketiyle baziler membranın, işitilen seslerin frekans analizinin kokleada gerçekleştirilmesini sağladığını ve frekansa spesifik maksimal uyarımı yani koklear tonotopizasyonu oluşturduğunu göstermektedir (Gelfand, 2016b; Rance et al., 2004; von Békésy, 1960).

Baziler membran üzerine yerleşmiş ve işitme reseptörleri olan tüy hücrelerini içeren yapı, korti organı olarak adlandırılır. Korti organı işitmenin son sensör organıdır. Bu organ, membranöz labirentten köken alan tüy ve destek hücrelerini, özelleşmiş bir baziler membranı, tektorial membranı ve sinir liflerini içermektedir. Korti organında iki tip tüylü hücre vardır: dış tüy hücreleri (DTH); iç tüy hücreleri (İTH). Her bir korti organında tek sıra halinde sıralanmış yaklaşık 3500 tane iç tüylü hücresi ve 3-4 sıra halinde sıralanmış yaklaşık 12000 adet dış tüylü hücresi mevcuttur. Tüm tüy hücreleri mekanik dönüştürücülerdir. Mekanik salınımlar ile gelen uyarımları elektriksel

sinyallere dönüştürler ve bu elektrik sinyaller, temas eden afferent sinir liflerine ardından da işitsel nöral yol boyunca ilerleyerek kortekse iletilir (Fettiplace & Hackney, 2006; Gelfand, 2016b; Vollrath et al., 2007).

2.2. Santral İşitme Sistemi

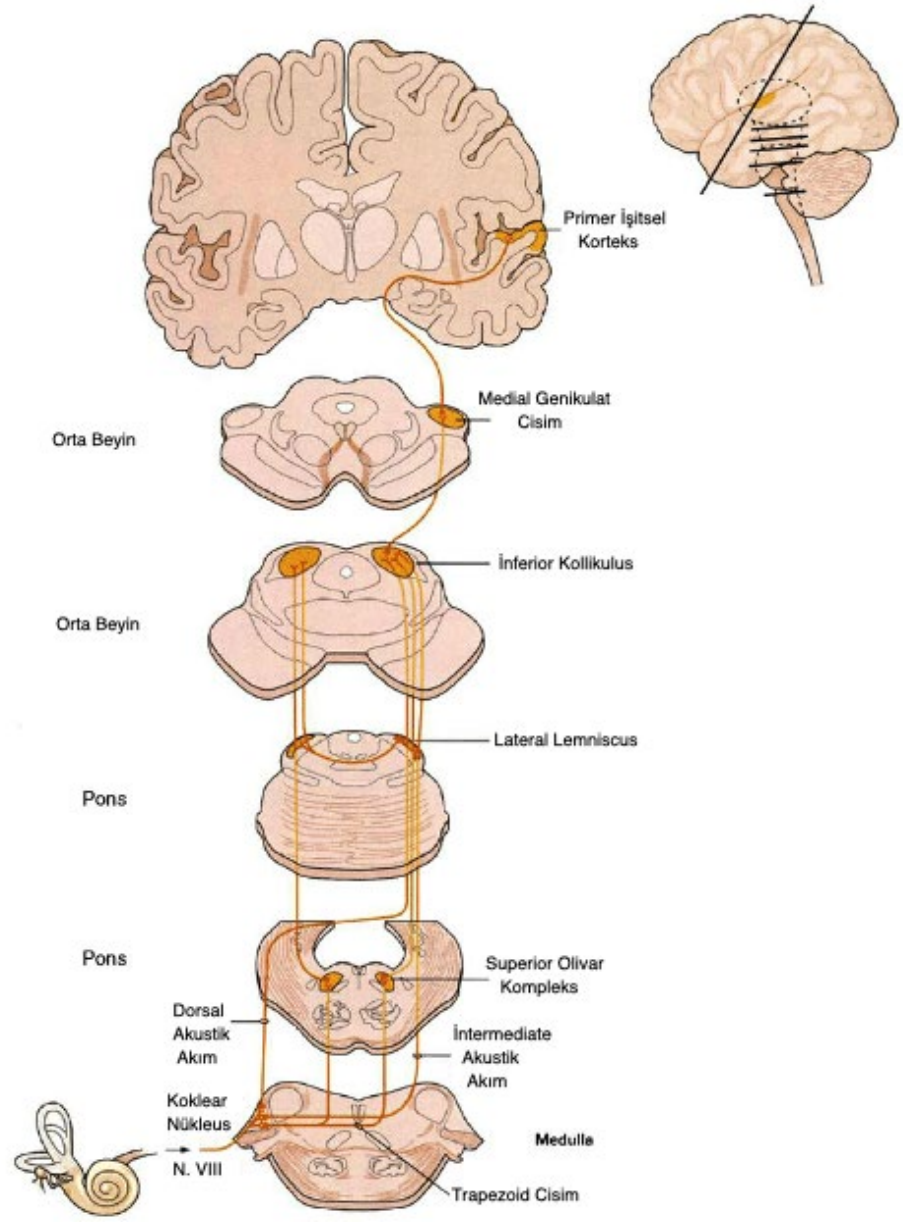
Santral işitme sistemi, işitsel bilginin tüy hücreleri ile sinaps yapan spiral ganglion hücrelerinin aksonlarından üst merkezlere iletilmesiyle işitme sürecine katılan beyinsapı seviyesi ve üstü nöral yapılardır (Ehret & Romand, 1997).

Santral işitme sistemi, afferent ve efferent lifler içermektedir. Bu sistem yapıları, koklear sinir, koklear nükleus, superior olivar kompleks, lateral lemniscus, inferior kollikulus, medial genikulat cisim ve işitsel kortekstir (Şekil 2-4).

Koklear nükleus (KN), beyin sapının pons kısmında yer alan santral işitsel sinir sisteminin ilk nöral istasyonudur. KN, iki ana bölümden oluşur: Dorsal koklear nükleus ve ventral koklear nükleus. Ventral koklear nükleus ise anteroventral ve posteroventral koklear nükleus olmak üzere iki alt bölümden oluşur (Gelfand, 2010). Ventral koklear nükleus'tan çıkan yollar, ventral akımı oluşturur ve bu yol zaman-şiddet farklılıklarını işleme ve binaural lokalizasyonu ile ilişkilidir. Dorsal koklear nükleustan çıkan lifler, dorsal akımı oluşturur ve bu yol konuşmanın tanınması, frekans bilgisinin işlenmesi ve tonotopizasyon ile ilişkilidir (Csillag, 2005; Pickles, 2012).

KN'den bilateral işitsel girdi alması sayesinde her iki kulaktan gelen bilgiyi entegre eden ilk nöral çekirdek, superior olivar komplekstir. Superior Olivar Kompleks, üç ana çekirdekten oluşmaktadır: Medial superior olivar (MSO); lateral superior olivar (LSO); trapezoid cisim. MSO, nöral aktivasyonun binaural zaman bilgisini karşılaştırırken; LSO, binaural şiddet bilgisini karşılaştırır ve yönsel işitmede etkin rol oynar (Moller, 2006; J. K. Moore, 1987).

Lateral Lemniscus (LL), işitsel beyin sapı ile işitsel orta beyini birbirine bağlayan sinir liflerinden oluşmaktadır. İşitsel bilgi, koklear nükleustan superior olivar komplekse (SOC) ve oradan da LL'ye gelmektedir. LL yoluyla işitsel bilgi inferior kollikulusa (IC) iletilmektedir (Felmy, 2019). LL, temel olarak; ventral çekirdek (VNLL), dorsal çekirdek (DNLL) ve intermediate/ara çekirdek bölümlerinden oluşmaktadır (Gelfand, 2010). Bu çekirdeklerden DNLL lokalizasyon bilgisinin kesinliğini, kontrastı ve dinamik ranjını artırıcı olarak görev yapar (Pecka et al., 2010).



Şekil 2-4: Santral İşitme Sistemi.

(Graven & Browne, 2008)

LL'den çıkan liflerin büyük bir çoğunluğunun projekte olduğu IC, mezensefalon seviyesinde bilateral yerleşim gösteren kompleks işitsel nöral çekirdeklerdir (Ehret & Romand, 1997). IC, anatomik ve fizyolojik yöntemlere dayanarak bölümlere ayrılmıştır. IC'nin santral çekirdeği, LL'den kaynaklanan işitsel sinyaller için ana istasyon iken; dorsal korteks, perisantral ve lateral çekirdekler, santral çekirdek ile etkileşime girmenin

yanı sıra diğer sinir sistemleri ile birçok bağlantıda yer alır. Bu nedenle, IC multisensör entegrasyonda önemli bir rol oynar.

İşitsel nöral yol, İC'den çıkan lifler ile talamik seviyede bulun medial genikulat cisime (MGB) devam eder (Ferraro & Minckler, 1977). Primer işitsel korteks seviyesindeki üst işleme merkezlerine işitsel bilgiyi aktarmaktadır (Devlin et al., 2006). Kazanç kontrolünden sorumlu olan MGB, konuşulan cümledeki kelimelerin tahmin edilmesi için önemli olan, işitsel dikkati ve hafızayı arttırmaya katkıda bulunur (Bartlett, 2013). Ek olarak konuşmanın ve sesteki emosyonel ipuçlarının diskriminasyonu yanı sıra sesin lokalizasyonu ve tanınması esnasında da MGB aktivasyonu gözlenmektedir (Ethofer et al., 2012).

İşitsel korteks; core, belt ve parabelt ile çevrili ana işitsel bölge olup, medial genikulat cisiminden çıkan afferent girdileri alan ve akustik uyarana yanıt veren nöronları içeren serebral korteksin temporal bölgesidir (Brugge & Reale, 1985). Afferent işitsel bilginin nihai hedefidir. Heschl Girus olarak adlandırılan işitsel korteks bölgesi ise primer işitsel korteks olarak kabul edilir (Campain & Minckler, 1976). Tonotopik organizasyonun bulunduğu Heschl Girus'da alçak frekanslar laterale lokalize iken; yüksek frekans bölgeleri medial yerleşimlidir. Ayrıca Heschl Girus, şiddet kodlaması yapan lifler de barındırmaktadır (Musiek & Baran, 2007).

Korpus kallosum, serebrumun her iki hemisferini birbirine bağlayan en büyük komissural liftir ve bir hemisferden diğerine bilgi aktarımından sorumludur (Musiek & Baran, 2007). Yoğun miyelinizasyona sahip bir yapıdır. Hemisferlerin her ana bölgelerinden lifler alan korpus kallosum, hemisfer arasında bilgi akışı sağlayarak bianural koordinasyon gerektiren görevlerin yerine getirilmesi, dikotik dinleme gibi binarual işleme gerektiren işlemlerin gerçekleştirilmesi ve her iki hemisferin de kendine özgü katkılarıyla bilişsel süreçlerin gerçekleşmesi gibi görevlerde kilit rol oynamaktadır. Hem işitsel algı hem de konuşma algısı için oldukça önemlidir (Musiek et al., 2012).

Santral işitme sisteminde afferent işitsel lifler ile benzer bir yol izleyen, inen liflerden oluşan efferent işitsel sistem de mevcuttur. İşitsel korteks seviyesinde sekonder bölgeden köken alarak başlayan efferent lifler, MGB, IC ve LL'yi geçerek superior olivar kompleks seviyesine gelirler ve bu bölgede olivokokleer demet (OKD) olarak bilinirler. OKD, burada lateral olivokoklear (LOK) ve medial olivokoklear (MOK) sistemler olmak üzere, iki inen yola bölünür. LOK, bir ipsilateral yolken; MOK

kontralateral bir yoldur. KN seviyesinden inerek internal akustik kanaldan geçen olivokoklear demetler, kokleaya ulaşırlar. LOK lifleri, kokleada İTH'lerden çıkan afferent liflere bağlanırken; MOK lifleri doğrudan DTH'lere bağlanır (Sahley et al., 1997).

Efferent işitsel sistem fonksiyonu, özellikle rostral bölge fonksiyonu, ile ilgili halen bilinmeyenler mevcuttur. Yapılan hayvan deneylerinde, olivokoklear demetin elektriksel uyarımı sonucu, afferent liflerin aktivasyonunda düşüşler gözlenmiştir (Galambos, 1956). Kontralateral kulağa gürültü verilmesi sonucunda da afferent liflerin aktivasyonunda benzer düşüşler gözlenmiştir (Folsom & Owsely, 1987). Bu durum, kontralateral supresyon olarak adlandırılmaktadır. Otoakustik emisyonlar ve uyarılmış potansiyeller kullanılarak bu etki değerlendirilebilir. Olivokoklear demetin bu fonksiyonu, gürültü varlığında dinleme koşullarında, işitme ve konuşma anlaşılabilirliği üzerine olumlu etkisi olan mekanizmalardan biri olarak kabul edilmektedir (Musiek et al., 2012).

2.3. İşitme Kayıpları

İşitsel bozukluklar, birçok nedenden kaynaklanabilmektedir ve işitme duyarlılığının azalması yani işitme kaybı ise en yaygın görülen formudur. Santral işitsel işleme bozuklukları ve fonksiyonel işitme kayıpları ise diğer işitsel bozukluklardır.

İşitme kaybı, işitsel mekanizmanın hassasiyetinde bir azalma ile karakterizedir. Bu azalma sonucu, akustik uyaranların algılanması için uyaranın daha yüksek şiddet seviyelerinde sunulması ihtiyacı doğmaktadır. Kaybın tipi, derecesi ve konfigürasyonu karakteristik özellikleridir. İşitme kaybının tipi, işitsel sistemdeki bozukluğun yeri ile ilişkiliyken; kaybın derecesi ise bozukluğun etkilenme düzeyiyle ilişkilidir. Ek olarak işitme kaybının başlangıç zamanı, kaybın devam ettiği süreç ve unilateral/bilateral etkilenim varlığı ise işitme kaybına yaklaşımda göz önünde bulundurulması gereken diğer faktörlerdir (Stach, 2008).

2.3.1. İşitme Kaybı Tipleri

İşitme kaybı tanılanırken, genellikle üç karakteristik özellik göz önünde bulundurulur; işitme kaybının tipi, işitme kaybının derecesi ve işitme kaybının konfigürasyonu. Bunlardan işitme kaybının tipleri, lezyonun işitsel sistemi etkilediği bölgeye göre sınıflandırılmasına dayanmaktadır (ASHA, 2015).

2.3.1.1. İletim Tipi İşitme Kaybı

Dış kulak ve orta kulak kaynaklı patolojiler iletim tipi işitme kaybına sebep olmaktadır. İletim tipi işitme kayıpları, akustik uyarının normal bir şekilde iç kulağa iletiminin engellenmesi ile oluşur. Bu durum, iletilen sesin zayıflaması ile karakterize olup; hava yolu cevaplarının kötüleşmesi ile karakterizedir. Teorik olarak, iç kulağın ve nöral yapıların etkilenimi söz konusu olmadığından dolayı kemik iletimi etkilenmemektedir ve odyometrik incelemede hava-kemik aralığı mevcuttur. Ancak bazı durumlarda, dış kulak yolu rezonansının ve orta kulak kemik iletiminin etkilenimi sonucu sensörinöral işitme kayıplarındaki kadar olmasa da kemik iletiminde de hava yolu iletimine eşlik eden minimal düşüşler gözlenebilir (F. N. Martin & Clark, 2014).

2.3.1.2. Sensörinöral Tipte İşitme Kaybı

Sensör ve nöral olmak üzere sensörinöral işitme kayıpları, akustik uyarının dış ve orta kulak yapılarından mekanik vibrasyonlar halinde kokleaya iletilmesi sonrası, koklear yapılardan 8. Kranial sinire (CN VIII) iletimindeki veya santral işitsel sistemdeki bozukluklardan kaynaklanmaktadır. Sensör (koklear) kayıplar, koklear yapı ve fonksiyondaki herhangi bir bozukluktan kaynaklanabilir, ancak koklear işitme kaybına sebep olabilen en savunmasız iç kulak yapıları, korti organında bulunan dış tüy hücrelerdir. Koklear patolojilerin varlığı, reseptör hücrelerin duyarlılığının düşmesine, spektral çözünürlüğün azalmasına ve dinamik aralığın daralmasına sebep olabilmektedir.

Sensörinöral tipte işitme kayıpları genellikle kalıcıdır, ancak bazı durumlarda fluktuasyon gösterebilir ve bazı durumlarda tedavi edilebilir. İşitsel duyarlılığın etkilenimi, çok hafif dereceden, çok ileri dereceye kadar değişkenlik gösterebilmektedir. Etiyolojik kökene bağlı olarak, kayıp progresyon gösterebilmektedir (Stach & Ramachandran, 2014).

2.3.1.3. Mikst Tipte İşitme Kaybı

Mikst tipte işitme kaybı hem iletim komponentin hem de sensörinöral komponentin birlikte görüldüğü işitsel bozukluk durumudur (Swanepoel & Laurent, 2019). Mikst tip işitme kayıplarının başlıca nedenleri, konjenital dış, orta ve/veya iç kulak malformasyonları, atrezi, kronik otitis media gibi faktörlerdir. İşitme kaybının etiyojisine bağlı olarak, işitmeye uygun müdahale seçenekleri, farmakolojik veya

cerrahi tedavilerin uygulanması ya da amplifikasyonun sağlanmasıdır (Declau et al., 1999; Skarzyński et al., 2019).

2.3.1.4. Retrokoklear İşitme Kaybı

Santral işitsel sistemin yapısal lezyonlarından kaynaklanan, işitsel hassasiyetteki azalma ve işitsel işleme becerilerindeki bozulmayla karakterize işitsel bozukluklardır. Neoplazm, travma ve felç durumlardan kaynaklanabilmektedir. Retrokoklear patolojiden çocuklarda nöral işitme bozuklukları nispeten nadirdir (Stach & Ramachandran, 2014). Lezyonun yerine bağlı olarak, beyinsapı seviyesindeki lezyon varlığında intra-aksiyal bozukluklar terimi kullanılırken; beyinsapı dışındaki bölgelerdeki lezyon varlığında ekstra-aksiyal terimi kullanılmaktadır (Gelfand, 2016c).

Nöral işitsel bozukluklarının en yaygın semptomu, arka plan gürültüsü varlığında akustik bilginin ayırt edilmesindeki güçlülüdür. Bu tarz işitme kayıplarında kişiler, uzaysal işitmeyi uygun bir şekilde yapılandıramaz. Bu durum uzaysal (spatial) ipuçlarının etkin bir şekilde işlenememesi ve genellikle gürültüde işitme güçlüğü anlamına gelir. Özellikle bu durum sınıf gibi kalabalık ve arka plan gürültüsünün mevcut olduğu ortamlarda belirginleşir. Bir başka yaygın semptom, özellikle arka plan gürültüsü varlığında bir ses kaynağının lokalizasyonundaki zorluktur. Bu durum gürültüde dinleme ve sohbeti takip etme zorluğu ya da konuşmacılar arasında hızlı geçişlerde konuşmakta olan kişiyi hızlıca tespit edememek gibi ek güçlüklerle neden olabilmektedir (Mansouri et al., 2018; Rance et al., 1998; Stach & Ramachandran, 2014).

2.3.1.5. Fonksiyonel işitme Kaybı

Fonksiyonel işitme kaybı (FİK) için psödohipoakuzi terimi de kullanılmaktadır ve Yunanca'dan gelen “yanlış işitme kaybı” anlamına gelmektedir. Kişilerin altta yatan herhangi bir anatomik ve / veya fizyolojik neden olmamasına karşın; gerçek işitme eşik değerlerinin üzerindeki seviyelerde işitsel uyaranlara cevap vermesiyle karakterizedir (Mendel & Danhauer, 1999; Olsen, 1991).

2004 yılında Austen ve Lynch, FİK kavramını açıklamada konversiyon bozukluğu ve simülasyon kavramlarıyla açıklamanın yetersiz olduğunu düşünmüşler ve bu ikisinin arasında köprü görevi gören 3. bir sınıflandırma getirmişlerdir. Bunlardan ilki olan simülasyon, para kazanmak veya istenmeyen faaliyetlerden kaçınmak gibi dış kazanç için kasıtlı olarak yanlış veya abartılı semptomların üretilmesini ifade eden

oldukça spesifik bir terimdir (American Psychiatric Association, 2000). Konversiyon bozukluğu, psikojenik kökenli kabul edilebilir. Organik temelli bozuklukların aksine, zihinsel veya ruhsal faktörler tarafından bir semptom veya hastalığın üretilmesiyle karakterizedir (Shahrokh & Hales, 2003). Kişiler işitme kaybına sahip olduklarına inandıkları için gerçek bir nonorganik işitme kaybına sahiptirler ve test durumu içinde ve dışında, işitme engelliler gibi işlev görürler. Son durum olan yapay işitme kayıplarında ise, işitme kaybı bilinçlidir, ancak simülasyonunu aksine iç kazanç ön plandadır (Peck, 2011).

2.3.2. İşitme Kaybı Dereceleri

İşitme kaybının derecesi, kaybın ciddiyetini ifade eder. İşitsel keskinliğin sınırlaması oranı olarak ifade edilebilir (ASHA, 2015; Flexer & Madell, 2014). İşitme kaybının derecesini belirlerken; saf ses odyometri testinde 500, 1000, 2000 ve 4000 Hz frekanslarında elde edilmiş işitme eşiklerinin ortalaması alınır ve bu değer saf ses ortalaması olarak adlandırılır. Saf ses ortalamalarına göre, işitme kaybının derecelendirilmesi tabloda gösterilmektedir (Tablo 2-1).

Tablo 2-1: İşitme Kaybı Derecelerinin Sınıflandırılması.

(Clark, 1981).

İşitme Kaybının Derecesi	İşitme Kaybının Aralığı (dB HL)
Normal	-10-15
Çok Hafif	16-25
Hafif	26-40
Orta	41-55
Orta-İleri	56-70
İleri	71-90
Çok İleri	91+

2.3.3. İşitme Kaybının Konuşmaya ve İletişime Etkisi

Konuşma, zaman ve mekân sınırlarının ötesinde iletişim kurabilme yeteneğini ortaya çıkaran eşsiz bir insani kabiliyettir ve işitsel bozukluklar sonucu, olumsuz yönde etkilenebilmektedir. Sensorinöral tipte işitme kaybı olmak üzere, işitme kayıplarının, konuşma algısındaki güçlüklerle birlikte, bir diğer uzun vadeli etkisi duyuşal yoksunluktur. Gelişmekte olan işitsel sisteme duyuşal girdinin önemli ölçüde azaltılmasının, işitsel yolların hem anatomik hem de fizyolojik değişimlerini indükleyeceği savunulmaktadır (Grimault et al., 2000). Değişiklikler, yoksunluğun bir sonucu olarak ortaya çıkar; ancak daha sonraki duyuşal girdilerin bir sonucu olarak, yeniden yapılanma ve uyum sağlama süreci gerçekleşir.

İşitme kayıplı bireylerde, farklı derecelerde konuşma bozuklukları meydana gelmektedir. İşitme kaybının derecesi, tipi, konfigürasyonu, işitme kaybının meydana geldiği yaş, kullanılan amplifikasyonun tipi ve süresi, işitme kayıplı bireyin aldığı eğitimin süresi ve niteliğine bağlı olarak konuşmada meydana gelen bozuklukların derecesi farklılıklar göstermektedir. İşitme kaybı derecesi ne kadar fazla ise konuşma karakteristiğinin korunması bir o kadar güçleşecektir.

Erişkin grupta işitme kaybının birincil etkisi, aile ve arkadaş çevresi ile olan ilişkileri olumsuz yönde etkileyebilecek ve çalışma hayatında sorun yaratabilecek iletişim bozukluğudur (Cunningham & Tucci, 2017). Yapılan araştırmalar, işitme kaybı olan bireyler için depresyon ve sosyal izolasyonun kaçınılmaz bir durum olduğunu göstermektedir (Heffernan et al., 2016; Strawbridge et al., 2000). İşitme kaybının bireyin psikolojisi üzerindeki etkileri sonucunda ortaya çıkan stigma etkisi, bireyin işitme kaybından önce kendini bir parçası olarak gördüğü gruplar ile etkili bir şekilde iletişim kurmasını engelleyebilir (Hogan et al., 2013).

2.4. İşitme Kaybının Tanılanması

2.4.1. İmmittansmetrik Değerlendirme

Orta kulak yapıları, dış kulak yolundan gelen akustik enerjiyi mekanik enerjiye dönüştüren bir çevirici rolü üstlenir. Orta kulağın bu süreçteki rolü, doğrudan timpanik membran ve kemik zinciri incelenerek değerlendirilememektedir. Bu kapsamda indirekt bir ölçüm yöntemi olan akustik immittansmetri kullanılmaktadır (Hunter & Shahnaz, 2014).

Akustik immitansmetri değerlendirmeleri, immitansmetre cihazı ile gerçekleştirilir. Kulağın akustik immitansı, dış kulak yoluna prob ucu adı verilen bir aparat yerleştirilmesiyle ölçülür. Prob ucu, kulak yolundan hava kaçağı olmayacak şekilde esnek plastikten yapılmış olan prob ile kulağa yerleştirilir. Prob ucu, prob ile tıkanmış dış kulak yolunda basınç değişikliği yapan manometre, dış kulak yoluna prob ton gönderen hoparlör ve gönderilen prob tonu monitörize eden mikrofonu içermektedir (Gelfand, 2016a).

Akustik immitansmetri Testleri;

- Timpanometri, dış kulak yolu ve timpanik membran arasında kalan bölgenin hava basıncındaki değişimler sonucu, orta kulağın akustik enerjiyi iletme yeteneğinin ölçülmesidir (ANSI S3.39, 1987).
- Akustik Refleks lm, yüksek şiddetli akustik uyaran varlığında akustik refleks mekanizması uyarılır ve stapes kası kasılır. Bu kasılma orta kulağın akustik immitansında değişikliğe yol açar, orta kulak iletim sisteminde stiffness yaratarak impedansı arttırır. İmpedans artışıyla komplians azalır ve bu ani değişimin ölçümü olarak refleks gözlenir (Lilly & Shanks, 1981).
- Akustik Refleks Decay, sürekli akustik uyaram sırasında, stapes kasının refleks kontraksiyonunun sürdürülüp srdrlmediğinin bir ölçüsüdür (Gelfand, 2016a).
- staki Fonksiyon Testi, staki tüpünün pasif açılma kapasitesini göstermek için kullanılan bir testtir (Hall & Chandler, 1994).

2.4.2. Saf Ses Odyometri

Saf ses odyometri testi, odyometre adı verilen ses jeneratörlerinden hava ve kemik yolu iletimi aracılığı ile gönderilen sesin, kişi tarafından duyumunun nicel ölçümlerini yapmaktadır. Kişinin algıladığı en düşük şiddet seviyesinin saptanması amaçlanır.

Saf ses odyometri testinde temel olarak, akustik uyaranın hava yolu ve kemik yolu iletimleri ile işitme eşiklerinin belirlenmesi esastır. Hava yolu eşikleri, tüm işitsel yolu değerlendirir ve genellikle kulaklık kullanılarak ölçülür. Kulaklıktan gönderilen

ses ile işitme hassasiyeti her bir kulakta ayrı ayrı değerlendirilebilir. Kemik yolu eşikleri, genellikle mastoid kemiğe yerleştirilen kemik vibratör aracılığı ile ölçülür. Her kulak ayrı ayrı değerlendirme işlemi, test edilmeyen kulağa maskeleyen gürültüsü uygulanarak gerçekleştirilir (Schlauch & Nelson, 2015).

2.4.3. Konuşma Odyometrisi

Saf ses odyometri kapsamında tonal uyaranların kullanımı, temel olarak sesin varlığının farkındalığı ve duyulabilirliği üzerinedir. Bununla birlikte, konuşma uyaranlarının kullanımı, konuşmanın duyulabilirliği ile birlikte anlaşılabilirliği ile de ilişkilidir (Gelfand, 2016d). Konuşma Odyometrisi, işitsel fonksiyonları değerlendirmek için konuşma uyaranlarını kullanan prosedürleri ifade eder (Konkle & Rintelmann, 1983).

Konuşma odyometrisi kapsamında, eşik saptama ve konuşma performansı belirleme gibi amaçlarla uygulanan alt testler mevcuttur. Bunlar;

- Konuşma Fark Etme Eşiği (*Speech Awareness Threshold-SAT*), hastanın, konuşmayı tanımlayabildiği ve varlığını belirleyebildiği en düşük şiddet seviyesidir ve dB HL cinsinden rapor edilir (F. N. Martin & Clark, 2014).
- Konuşmayı Alma Eşiği (*Speech Reception Threshold-SRT*), hastanın kelimeleri %50 oranında tekrarlayabildiği en düşük şiddet seviyesidir ve dB HL veya dB SPL cinsinden rapor edilir (McArdle & Hnath-Chisolm, 2015).
- Konuşmayı Ayırt etme Skoru (*Speech Discrimination Score-SDS*), sessiz ortamda ve eşik üstü seviyede, genellikle MCL seviyesinde, uygulanan kelime tanıma testidir (F. N. Martin & Clark, 2014).
- En Rahat Ses Seviyesi (*Most Comfortable Level-MCL*), hastanın konuşma uyarını dinlerken en rahat ettiği, rahat algılayabildiği ve uyarını dinlemeyi tercih ettiği şiddet seviyesidir.

- Rahatsız Edici Ses Seviyesi (Uncomfortable Level-UCL), hastanın konuşma uyarınının sunum seviyesinin arttırılması sonucu rahatsız edici derecede yüksek olduğunu düşündüğü ses şiddet seviyesidir (Gelfand, 2016d).

2.5. Gürültüde Yapılan İşitme Testleri

İşitme kayıplı bireyler, genellikle konuşma seslerinin bozulmuş algısından yakınırırlar ve bu durumun etkenlerinden biri, konuşma uyarınının yapı taşları olan vokal ve konsonantların eşik yükselmesinden dolayı zayıflayarak iletilmesidir (Singh & Allen, 2012). Bununla birlikte, konuşma seslerinin net duyulabilir olmasına rağmen; konuşmayı alma becerilerinin zayıf olduğu durumlar da mevcuttur (Bernstein et al., 2013). Bu durumun ise konuşmadaki spektral ve temporal bilgilerin işlenmesindeki problemlerden kaynaklanmaktadır. Özellikle işitme kayıplı ve santral işitsel işleme bozukluğu olan bireyler, arka plan gürültüsü varlığında işitsel bilgiyi işlemede güçlük yaşamaktadırlar (Souza et al., 2015).

İşitsel işleme, santral işitme sisteminde işitsel bilginin algısal işlenmesi, anlamlandırılması ve altında yatan elektrofizyolojik aktivite ile ilişkilidir (Geffner & Ross-Swain, 2007). Santral işitsel işleme bozukluğu ise santral işitme sisteminin, işitsel bilgiyi işlerken kullandığı becerilerden bir veya daha fazlasında görülen zayıf performans ile karakterizedir. Bu beceriler; sesin lateralizasyonu ve lokalizasyonu, işitsel ayırt etme, işitsel patern ayırt etme, işitmenin temporal yönleri, bozulmuş akustik uyarın varlığında işitsel performans ve rakip akustik uyarın varlığında işitsel performanstır (Delecrode et al., 2014).

İşitsel işleme becerileri ve gürültülü ortamlarda konuşmayı anlama güçlüğü, saf ses odyometri tarafından çok iyi yansıtılamamaktadır. Günlük hayatta sessiz ortamda dinleme koşulları ve izole tek heceli kelimeler ile karşılaşılacakla birlikte, arka plan gürültüsü varlığında sekiz ile dokuz heceli cümleler halinde konuşma uyarınlarıyla karşılaşılacaktır (Plomp & Mimpen, 1979; Smoorenburg, 1992). Bu nedenle hastaların problemlerini daha iyi anlamak için gürültülü ortamlarda iletişim yeteneğini değerlendirmek gerekmektedir. Bu doğrultuda, gürültüde konuşma testleri, son yıllarda odyolojik teşhislerde giderek daha önemli hale gelmiştir (Zokoll et al., 2015).

Arka plan gürültüsü varlığında konuşmayı ayırt etmede güçlük yaşayan bireyler, işitme kayıplı bireyler ve işitme cihazı kullanıcı olan bireyleri fonksiyonel değerlendirme yapabilmek için birçok gürültüde konuşma testi mevcuttur (Tablo 2-2).

Tablo 2-2: Gürültüde Konuşma Testleri.

Speech Perception In Noise-SPIN	(Kalikow et al., 1977)
Revised Speech Perception In Noise-R-SPIN	(Bilger, 1984)
Connected Speech Test-CST	(Cox et al., 1987)
Speech In Noise-SIN	(M. C. Killion & Villchur, 1993)
Hearing In Noise Test-HINT	(Nilsson et al., 1994)
City University of New York Sentences (CUNY)	(Boothroyd et al., 1985) (Peasgood et al., 2003)
Bamford-Kowal-Bench Speech In Noise-BKB-SIN	(Niquette et al., 2003)
Word In Noise-WIN	(Wilson, 2003)
Quick Speech In Noise- Quick SIN	(Killion et al., 2004)
Speech Recognition In Noise Test-SPRINT	(Cord et al., 2009)

Sessiz ortamda tek heceli kelimelerle yapılan konuşmayı ayırt etme testi yerine, gürültüde konuşma testlerinin uygulanması, günlük hayatta dinleme koşullarını simüle ederek, konuşma anlaşılabilirliğinin ve iletişim becerilerinin daha iyi değerlendirmesini sağlayacaktır. Ek olarak bu testler, amplifikasyonun faydalarını ile sınırlılıklarını değerlendirmede ve hastalara aktarmada oldukça kullanışlıdır.

Gürültüde konuşma testleri, sinyal gürültü oranına bağlı olarak ikiye ayrılmaktadır. Bunlar, test öncesinde klinisyen tarafından belirlenerek test boyunca değişmeyen *sabit SNR* ve test boyunca hastanın cevaplarına bağlı olarak değişen *adaptif SNR*'dir (Kuk et al., 2019).

Sabit SNR ile yapılan testlerde hastanın cevaplarının doğruluğuna göre yüzdelik konuşma anlaşılabilirliği performansı elde edilir. Bu testlerin avantajı, işitme cihazlarından görülen faydayı hastaya aktarmada kolay anlaşılır yüzdelik-doğru skor olarak elde

edilmesidir. Dezavantajları ise amplifikasyondan görülen faydanın değerlendirilmesi için doğru SNR değerine karar verilmesi güçlüğüdür.

Tablo 2-3: SNR Kaybının Dereceleri.

(Killion & Niquette, 2000).

SNR Kaybı	SNR Kaybı Dereceleri
0-2 dB	Normal
2-7 dB	Hafif Derecede SNR Kaybı
7-15 dB	Orta Derecede SNR Kaybı
15 dB+	İleri Derecede SNR Kaybı

Adaptif SNR testlerinde, konuşmanın ya da gürültünün şiddet seviyesinin test boyunca değişmesi sonucu %50 konuşma anlaşılabilirliğinin elde edildiği SNR belirlenir. Bu değişim hastanın verdiği cevapların doğruluğuna bağlı olarak gerçekleşmektedir. Elde edilen SNR değerleri, hastanın SNR kaybı hakkında klinisyene bilgi vermektedir (Tablo 2-3). SNR kaybı, bir hastanın, normal işiten bireylere göre, gürültü varlığında konuşmayı ne kadar iyi anlayacağının bir ölçüsüdür. İşitme kayıplı bireylerde SNR kaybının artışı sonucu, özellikle gürültü varlığında konuşma sinyali şiddet seviyesinin daha da arttırılması ihtiyacını doğurmaktadır. İşitme cihazları ile hastaların daha efektif değerlendirilmesi, uygun cihaz seçiminin yapılması, doğru mikrofön yönsellik modlarının belirlenmesi ve hastaların işitme cihazlarından memnuniyetlerinin artması açısından SNR kaybının bilinmesi büyük öneme sahiptir (Taylor, 2003).

2.5.1. Gürültüde Konuşma Algısı (Speech Perception in Noise-SPIN)

SPIN Testi, arka plan gürültüsü varlığında kelime tanıma becerilerini değerlendirmek üzere tasarlanmıştır. Dinleyicinin görevi, konuşmanın arka planında sunulan hedef cümleyi dinlemek ve ardından cümlede son kelimesini tekrarlamaktır.

SPIN testi, 50 cümlelik sekiz ayrı form içermektedir. Bu cümleler, SNR +8 dB seviyesinde sabitlenerek sunulur. Son kelime tek hecelidir. Her bir formdaki 25 cümle, sınırlı ipucu ile sunulur ve hedef kelimenin tahmin edilmesi kolaydır (Kolay Tahmin Edilebilirlik-KTE). Diğer 25 cümledeki hedef kelimenin ise tahmin edilmesi zordur (Zor Tahmin Edilebilirlik-ZTE). Ayırt etme skoru, doğru olarak belirlenen KTE ve ZTE

kelimelerinin yüzdesi olarak hesaplanır (M. J. Martin et al., 2013; Schum & Matthews, 1992)

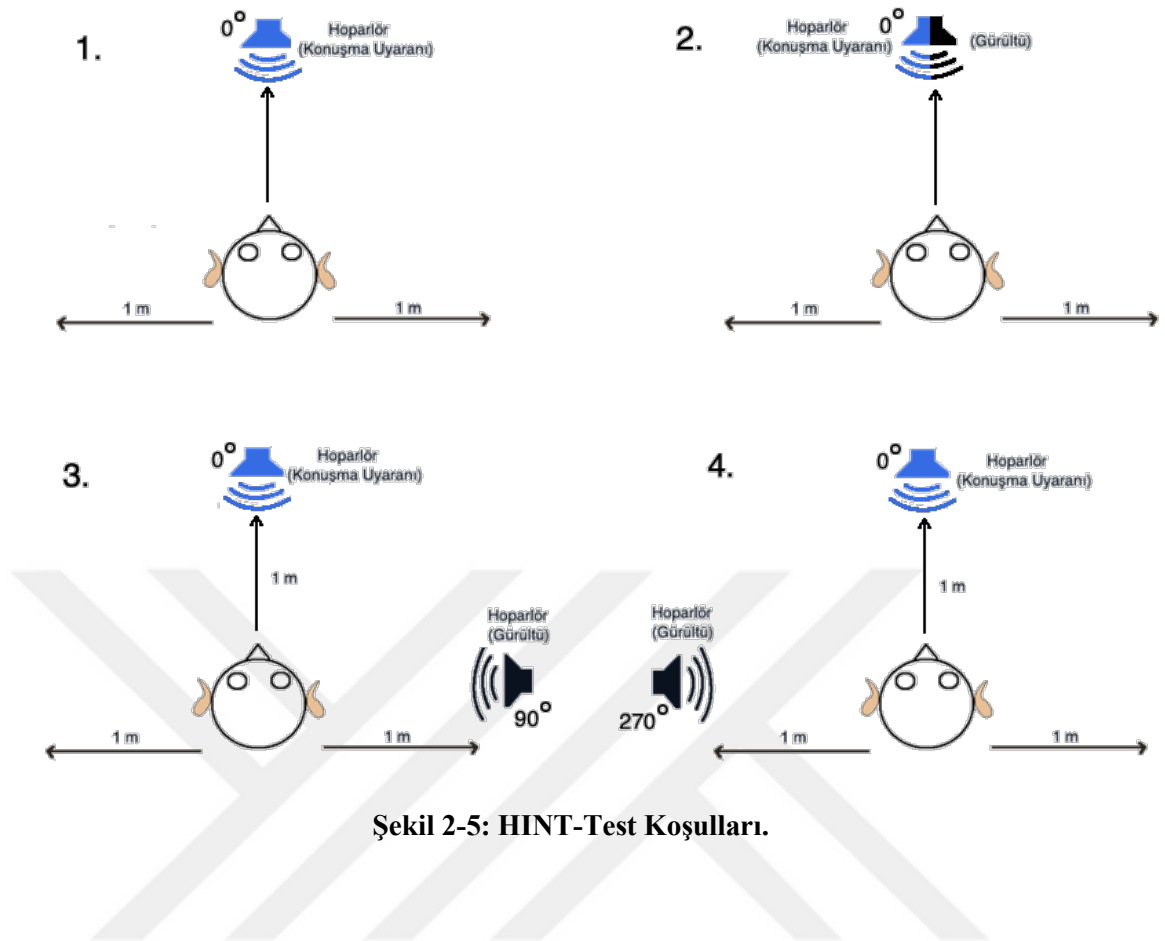
2.5.2. Bağlantılı Cümle Testi (Connected Sentence Test-CST)

Bağlantılı cümle testi, esas olarak işitme cihazından görülen faydayı değerlendirmek üzere geliştirilmiştir. Testin konuşma materyali, bağlantılı konuşma cümleleri içeren, 48 pasajdan oluşmaktadır. Her değerlendirmede rastgele dört pasaj seçilir ve çoklu konuşmacı gürültüsü eşliğinde hastaya sunulur. Gürültü seviyesi sabittir ve + 12 rau/dB olarak belirlenmiştir. Her pasajda 25 anahtar kelime bulunmaktadır ve kişinin anahtar kelimeleri tekrarlaması istenir. Tüm pasajlar, normal işiten bireyler için, eşit derecede anlaşılardır. Anahtar kelimeler, pasajlar arasında farklılık göstermektedir, ancak anlaşılabilirlik açısından pasajlar arasında bir farklılık bulunmamaktadır. Anahtar kelimelerin tekrarlaması sonucu, yüzdelik konuşma performansı elde edilir (Cox et al., 1987).

2.5.3. Gürültüde Dinleme Testi (Hearing In Noise Test-HINT)

HINT, temel olarak sessiz ve gürültülü dinleme koşullarında konuşma anlaşılabilirliğini değerlendiren test metotlarından biridir. Öncelikle işitme kaybının konuşma anlaşılabilirliği üzerine etkilerini incelemek için sessiz ortamda konuşmayı alma eşiği ile değerlendirilir. Sonrasında gürültünün konuşma algısı üzerine etkilerini değerlendirmek için üç farklı gürültü varlığında dinleme koşulunda teste devam edilir (Şekil 2-5).

HINT’de sessiz ve gürültü varlığında dinleme koşullarının hepsinde konuşma uyarını 0° azimuttan gönderilmektedir. Her üç gürültü varlığında dinleme koşullarında gürültünün gönderildiği hoparlör konumu değişmektedir. İlk gürültüde dinleme koşulunda gürültü de konuşma uyarını gibi 0° azimuttan gönderilir. İkinci koşulda gürültü 90° azimuttan gönderilirken; son aşamada 270° azimuttan gönderilmektedir (Solı & Wong, 2008). Gürültüde dinlemenin her koşulunda, gürültü 65dB HL seviyesinde sabitlenir ve sunulan cümlelerin ses şiddet seviyesi, hastanın doğru şekilde tekrar edip etmediğine bağlı olarak test boyunca değişmektedir (M. J. Martin et al., 2013; Zokoll et al., 2015).



Şekil 2-5: HINT-Test Koşulları.

2.5.4. CUNY Cümle Testi (City University of New York Sentences Test)

CUNY Cümle Testi, esas olarak farklı duyuşsal ipuçları varlığında okuma ve konuşma becerilerini değeriendirilmek için geliştirişmiştir (Boothroyd et al., 1985). Peasgood ve ark. tarafından 2003 yılında, işitme cihazı ve koklear implant kullanıcıları çocukların dinleme becerilerini değeriendirmek için uyarlanmıştır. Çocukların günlük dinleme koşullarını ve akustik çevrelerini simüle etmek için SNR +10 dB olarak sabitlenerek, 102 kelimelik liste kullanılır. Yüzdelik konuşma performansı elde edilir. Diğer gürültüde konuşma testlerinden farkı, işitsel uyarın varlığında dudak okuma ile görsel ipuçlarını da kullanarak görsel-işitsel entegrasyondan faydalanmaktadır. Test dudak okuma ve gürültü olmaksızın da uygulanabilir (BSA, 2018; Craddock et al., 2016)

2.5.5. Bamford-Kowal-Bench Speech in Noise Testi-BKB-SIN

BKB-SIN esas olarak koklear implant adayları ya da kullanıcıları olan çocukları değeriendirmek üzere geliştirişmiştir (Etymotic Research, 2005). 1. Sınıf düzeyinde okuma düzeyinde cümleler kullanılarak tasarlanmıştır ve HINT testi gibi yüksek

semantik ve sentaktik bağlam içermektedir. Arka plan gürültüsü olarak çoklu-konuşmacı gürültüsü kullanılmaktadır. 10 cümlelik, 18 liste mevcuttur. Cümleler, -6 dB ile 21 dB SNR aralığında adaptif prosedür kullanılarak uygulanır, %50 konuşmayı aldığı seviyesi belirlenir (Wilson et al., 2007).

2.5.6. Gürültüde Kelime Testi (Word In Noise Test-WIN)

WIN, arka plan gürültüsü varlığında, tek heceli kelimenin gönderilmesiyle uygulanır. 35 sözcük listesi mevcuttur ve her liste 70 tek heceli kelimeden oluşmaktadır. Arka plan gürültüsü olarak, çoklu konuşmacı gürültüsü gönderilir ve gürültü seviyesi test boyunca sabit kalır. Ancak konuşma uyarınının ses şiddet seviyesi, test boyunca hastanın cevaplarına göre adaptif olarak artar ya da azalır. Uyarılar kulaklık kullanılarak gönderilir ve her kulak için ayrı ayrı değerlendirme yapılır. Kişinin %50 konuşma anlaşılabilirliğinin elde edildiği SNR belirlenir (Wilson, 2003).

2.5.7. Hızlı-Gürültüde Konuşma Testi (Quick Speech In Noise- Quick SIN)

Quick SIN, orijinal SIN testinin daha hızlı ve daha güvenilir bir versiyonudur. Test, arka planda sunulan çoklu konuşmacı gürültüsü varlığında altı cümleden oluşmaktadır. SNR test boyunca değiştirilerek, farklı zorluk seviyelerinde konuşma anlaşılabilirliği değerlendirilir. Bu testte hedef cümlelerin şiddet seviyesi sabit kalırken; gürültü seviyesi değişmektedir. SNR'deki bu değişkenlik, test protokolü gereği gürültü şiddet seviyesinin değiştirilmesi ile gerçekleştirilir ve bu işlem yazılım tarafından otomatik olarak yapılmaktadır.

Quick SIN testinde hedef cümleler, MCL seviyesinde sunulmaktadır. Gürültünün sunum seviyesi ise SNR +25 dB seviyesinden başlar ve test boyunca 5 dB'lik adımlarla otomatik olarak azaltılır. En kolay görev, 25 dB SNR sunum seviyesi iken; en zor görev 0 dB SNR olarak belirlenmiştir. Her bir SNR'de sunulan cümlede beş anahtar kelime barındırmaktadır ve hasta tarafından doğru tekrarlanan her anahtar kelime için bir puan verilir. Doğru anahtar sözcük sayısı 25.5 dB referansından çıkarılır (M. J. Martin et al., 2013; Taylor, 2003)

2.5.8. Speech Recognition In Noise Test-SPRINT

SPRINT, ABD ordusu tarafından aktif görevli askerlerde işitme kaybını tanımlamak için tasarlanmıştır. Test, çoklu konuşmacı gürültüsü ve önceden kaydedilmiş tek heceli kelimelerin, kulaklıklar aracılığı ile eş zamanlı olarak

gönderilmesiyle uygulanır. Test, 200 tek heceli kelime içermektedir ve SNR +9dB olarak belirlenmiştir. Normal işitmeye sahip bireylerin, kelimelerin en az %95 doğruluk payıyla tekrar etmeleri beklenir (M.T. Cord et al., 2009).

2.6. Türkçe Matriks Testi-TURMatriks

Matriks testi, SPIN ve HINT gibi gürültü varlığında konuşma becerilerini değerlendiren test metotlarından biridir. Matriks testi harici gürültüde konuşma testleri, her ne kadar SRT tahmini için kullanışlı olsa da tahmin edilebilirliği arttıran semantik ipuçlarının varlığı, sadece açık uçlu cevap formatı ile uygulanmaları ve sınırlı sayıda cümle mevcudiyeti nedeni ile araştırmalar veya rehabilitatif çalışmaların etkinliğini değerlendirmek için tekrar kullanılabilirliğinin düşük olması gibi sınırlılıkları mevcuttur. Bu sınırlılıklardan kaçınmak amacıyla Matriks testi, Oldenburg Cümle Testi temel alınarak, ilk olarak Hagerman tarafından 1982 yılında İsveççe için geliştirilmiştir (Kollmeier et al., 2015).

Günümüzde matriks testinin, Türkçe dahil olmak üzere birçok dilde uyarlaması mevcuttur. Gürültüde konuşma anlaşılabilirliği gibi becerilerin etkili bir şekilde değerlendirilebilmesi amacı ile testin Türkçe normalizasyonu yapılmıştır (Zokoll et al., 2015).

2.6.1. TURMatriks Testi Uyarıları

Türkçe Matriks testinde kullanılan uyarılar, konuşma uyararı ve arka plan gürültüsüdür. Testin konuşma uyarıları, Fidan ve Ergenç tarafından 2015 yılında, Hagerman ve *The International Collegium of Rehabilitative Audiology (ICRA)* tarafından önerilen dizayna göre oluşturulmuştur (Zokoll et al., 2015).

TURMatriks konuşma uyarılarının her biri, aynı cümle yapısına sahip beş kelimelik cümleler serisinden oluşmaktadır. 50 kelimelik konuşma materyali arasından, her bir gruptan rastgele kelime seçimi ile on cümlelik listeler oluşturulmuştur. Oluşturulan cümle listelerindeki kelimeler isim, sayı, sıfat, nesne ve fiil olarak sınıflandırılmıştır (Tablo 2-4).

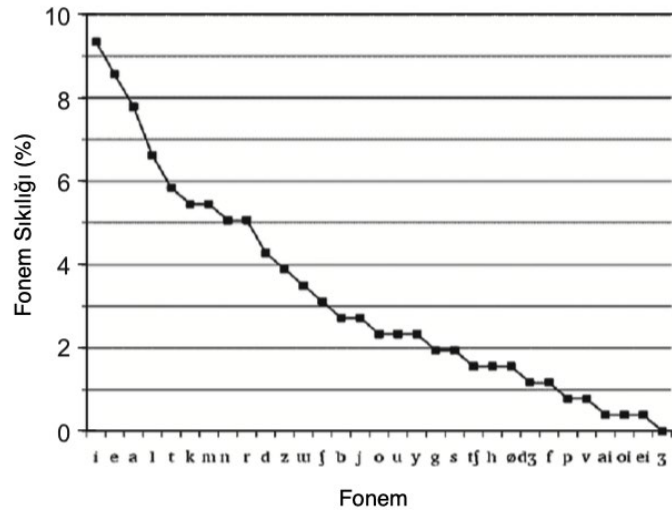
Tablo 2-4: Türkçe Matriks Testi Konuşma Materyali.

(Zokoll et al., 2015).

ÖZNE	SAYI	SIFAT	NESNE	YÜKLEM
Gönül	Yedi	Mavi	Sepet	Haketmiş
Zuhal	Bir	Yeni	Kilim	Verdi
Fırat	Sekiz	Beyaz	Yatak	Satmış
Hikmet	Üç	Küçük	Çatal	Getirdi
Nurşen	Altı	Yeşil	Cımbız	Bulmuş
Tuncay	Beş	Temiz	Balon	Çizdi
Poyraz	Dokuz	Renkli	Gömlek	Fırlatmış
Seyhan	On	Bordo	Minder	Gördü
Meltem	İki	Güzel	Terlik	Kazanmış
Dilek	Dört	Siyah	Fincan	Yolladı

Matriks testine dahil edilen kelimeler seçilirken, Türkçe'nin gündelik hayatta en sık kullanılan kelimeleri arasından seçilmiştir. Farklı yaş gruplarına uygulanabilirliği sağlamak amacıyla da semantik tarafsızlığa ve kelimelerin aşinalıklarına dikkat edilmiştir. Kelime listeleri oluşturulurken, soyut kelimeler envanterden çıkarılmıştır. Ek olarak /ğ/ foneminin, konsonant olup olmadığı tartışmasının bulunması, kendinden önceki vokalleri uzatması, öncesinde ya da sonrasında gelen fonemlerden etkilenmesi ve zayıf bir ses olması gibi handikapları bulunması nedeniyle; kelime listesindeki kelimeleri seçerken bu fonemin olmamasına dikkat edilmiştir (Fidan, 2011; Kılıç, 2003). Kullanılan fonemlerin yüzdelik dağılımları, Şekil 2-6'da gösterilmiştir.

İsimler ve nesneler, birleşimleri / ko-artikülasyonu önlemek için, konsonant ile başlayıp ve yine konsonant ile biten iki heceli kelimelerden oluşmaktadır. Bu kelimelerde son ek kullanılmamaktadır. Sıfatlar, konsonantla başlayan iki heceli kelimelerden oluşmaktadır ve son ek kullanılmamıştır. Sayılar, 1 ile 10 dahil olmakla birlikte, bu aralıktan seçilmiştir ve kelimeler seçilirken bazı ya da hiç gibi ifadelerin kullanımından kaçınılmıştır. Fiiller, iki ile üç heceli kelimelerden oluşmaktadır ve tüm fiiller konsonant ile başlamaktadır. Ayrıca tüm fiillerde son ek olarak geçmiş zaman kipi kullanılmaktadır (Zokoll et al., 2015)

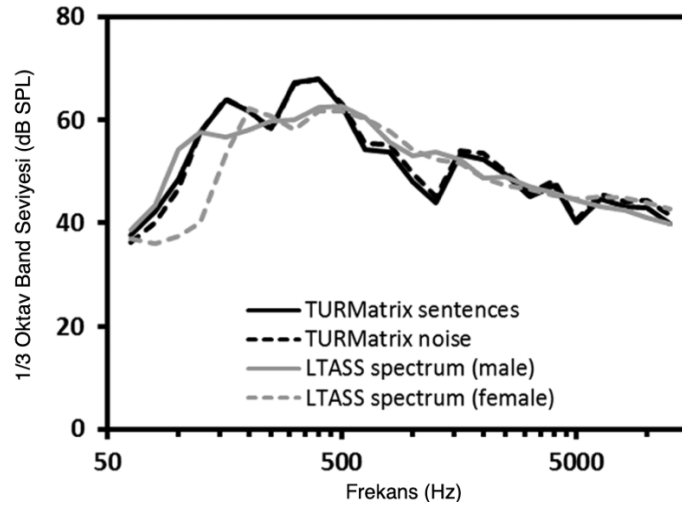


Şekil 2-6: TURMatriks Testindeki Fonemlerin Yüzdelik Dağılımları.

(Zokoll et al., 2015).

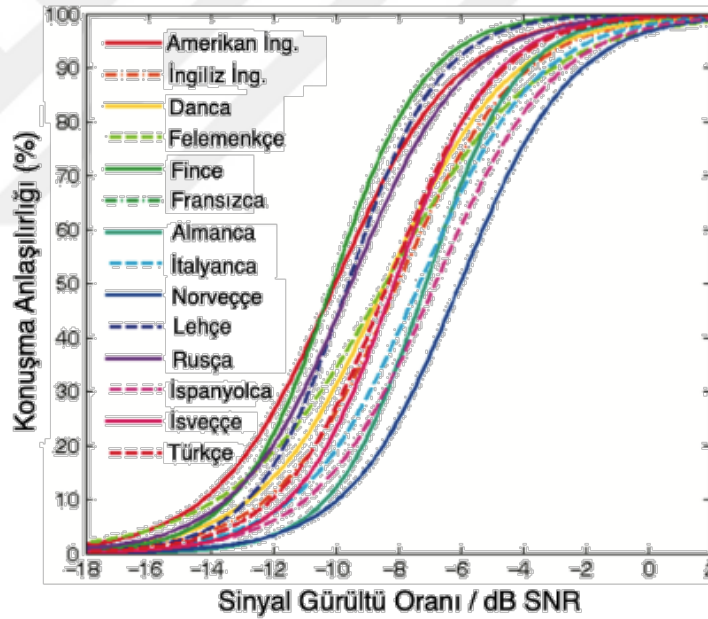
TURMatriks testinde kullanılan konuşma gürültüsü, testin Almanca versiyonunda da yapıldığı gibi (K Wagener et al., 1999; Kirsten Wagener et al., 2003), maskeleye gürültüsü, tüm cümlelerin 30 kez üst üste bindirilmesiyle yarı sabit bir gürültü yaratarak yeniden sentezlenen konuşma materyalinden üretilmiştir. Elde edilen arka plan gürültüsü, konuşma sinyaliyle aynı uzun-periyotlu ortalama spektrumu sergilemektedir ve etkili spektral maskeleyi gerçekleştirebilmektedir (Şekil 2-7). Alçak frekans bölgesini daha iyi simüle etmesi ve etkili spektral maskeleye nedeniyle testte erkek konuşmacı sesinin kaydedilmesi tercih edilmiştir (Byrne et al., 2001).

Açık uçlu yanıt formatı kullanılarak, sabit SNR'de yapılan ölçümler ile farklı dillere uyarlanmış matriks testleri için referans SNR değerleri ve konuşma anlaşılabilirliği fonksiyonu Şekil 2-8'de gösterilmiştir. Türkçe Matriks Testi adaptif ölçümlerdeki referans SNR değeri, -7.2 ± 0.8 dB SNR olarak saptanmıştır (Zokoll et al., 2012). Referans SNR değerlerinde dillere özgü farklılıkların gözlenmesi, o dillerde baskın olarak kullanılan fonemlerin spektral bölgeleri ve test uyaranındaki konuşmacıya özgü kişisel farklılıklardan dolayı kaynaklanmaktadır (Kollmeier et al., 2015).



Şekil 2-7: TURMatrix Gürültüsü ve Uzun Periyotlu Konuşma Gürültüsü Spektrumları.

(Zokoll et al., 2015).



Şekil 2-8: Farklı dil için matriks testlerinin teste özgü konuşma anlaşılabilirlik fonksiyonları.

(Kollmeier et al., 2015).

2.6.2. TURMatrix Testinin Uygulanışı

TURMatrix Testi, Oldenburg Measurement Applications (OMA) adı verilen profesyonel bir yazılım aracılığı ile uygulanır. Yazılım, klinik odyometrelere entegre çalışmaktadır ve birçok klinik odyometre ile uyumludur (HörTech gGmbH, 2015). Testte supraaural ya da insert kulaklıklar kullanarak, kulağa spesifik gürültüde konuşma

becerileri değerlendirilebilirken; kişiye 1'er m uzaklıkta yerleşim gösteren iki hoparlör kullanımı ile işitme cihazı (İC) ya da koklear implant kullanıcısı olan bireylerin serbest alanda cihazlı gürültüde konuşma değerlendirmeleri yapılabilmektedir Testin, adaptif olarak değişkenlik gösteren SNR varlığında ve sabit SNR varlığında konuşma anlaşılabilirliğini değerlendiren alt prosedürleri mevcuttur.

TURMatriks Testi adaptif prosedürü, sessiz ve gürültü eşliğinde %50 konuşmayı alma eşiğinin belirlenmesi amacıyla uygulanmaktadır. Ancak %20 ya da %80 konuşmayı alma eşiğini belirlemek de mümkündür (Puglisi et al., 2015). Adaptif-sessiz prosedürde, hastalara sadece test cümleleri sunulmaktadır ve test başlangıcındaki uyaran sunum seviyesi, 25 dB'dir. Hastaların yanıtlarına göre, cümlelerin sunum seviyesi, yazılım tarafından otomatik olarak değiştirilmektedir.

Gürültüde SRT tahmini yapmakta olan adaptif-gürültü prosedüründe ise hastaya test cümleleriyle birlikte arka planda matriks gürültüsü verilmektedir. Gürültü sunum seviyesi, hastanın rahatça duyabileceği bir seviyede sabitlenir ve varsayılan değer olarak 65 dB kabul edilir. Test cümleleri ise test başlangıcında 0 dB SNR ile sunulur ve adaptif-sessiz prosedürde de olduğu gibi hastaların yanıtlarına göre, cümlelerin sunum seviyesi, yazılım tarafından kendiliğinden değiştirilmektedir. Her iki prosedürde de hasta sunulan cümledeki kelimelerin 3 ile 5'ini doğru bir şekilde tekrarlarsa, cümlelerin sunum seviyesi, yazılım tarafından otomatik olarak azaltılmaktadır ve daha zorlaştırılmış dinleme koşulunda bir sonraki cümle gönderilmektedir. Eğer hastalar, 3 kelimeden daha az doğru tekrar yapmış ise, yazılım tarafından cümlelerin sunum seviyesi otomatik olarak attırılacaktır ve daha kolaylaştırılmış dinleme koşulunda sonraki cümle gönderilecektir (HörTech gGmbH, 2015; Kollmeier et al., 2015).

Gürültüde konuşma anlaşılabilirliğini değerlendiren Non-Adaptif prosedürde, klinisyen tarafından belirlenmiş, SNR değeri mevcuttur ve bu değer test boyunca değişmemektedir. Buna bağlı olarak, non-adaptif prosedürde, matriks testi cümleleri 65 dB seviyesinde sunulurken; gürültünün sunum seviyesi SNR değerine bağlı olarak belirlenmektedir ve test boyunca belirlenen şiddet seviyeleri sabit kalmaktadır. Bu prosedür sonucu, hastanın cevaplarına göre yüzdelik cinsinden konuşma performansı skoru elde edilir.

TURMatriks testinin tüm prosedürlerinde “eğitim etkisi” göz önünde bulundurulmalıdır. Bu amaçla hem açık uçlu yanıt formatında hem de kapalı uçlu yanıt formatında, diğer dillerdeki matriks testleriyle karşılaştırılma yapılmıştır (Warzybok et

al., 2015; Zokoll et al., 2012). Cevap formatından bağımsız olarak, ilk 2 ölçümde SRT’de belirgin iyileşmeler gözlenmiş olmakla birlikte; sonraki ölçümlerde bu iyileşme 1 dB’in altına düşmüştür ve diğer diller için de bu durum uyumludur. Eğitim etkisinin önüne geçerek, istikrarlı ve tekrarlanabilir sonuçlar elde etmek için, her biri 20 cümlelik iki test listesinin eğitim için test öncesi uygulanması önerilmektedir (Kollmeier et al., 2015; Puglisi et al., 2015).

2.7. İşitme Cihazları

İşitme cihazları, işitme kayıplı bireylerin karşılaştığı işitsel problemlerin üstesinden gelmek ve yaşam kalitelerini artırmak için geliştirilmiş elektroakustik cihazlardır (Venkateswar & Mehendale, 2013). Temel çalışma prensibi, gelen seslerin şiddet seviyelerini yükseltmeye dayanır. İşitme cihazının mikrofonuna ulaşan ses dalgaları, zayıf bir elektriksel sinyale dönüştürülür. Dönüştürülmüş elektriksel sinyal, amplifikatör aracılığı ile güçlendirilir ve güçlendirilmiş sinyal, hoparlör tarafından tekrardan akustik enerjiye dönüştürülerek dış kulak yoluna iletilir. Dış kulak yoluna iletilen akustik enerji, her zaman mikrofon tarafından alınan enerjiden daha fazladır (Tate Maltby, 2002).

Modern işitme cihazları, gelen sesi olduğu gibi yükselten basit yükselteçlerden oldukça farklıdır, karmaşıktır. Karmaşık işlemler ve görevler yapan dijital işitme cihazları, birçok parçadan meydana gelmektedir; mikrofon, preamplifier, amplifikatör, analog-dijital dönüştürücü ve dijital sinyal işlemci gibi dijital devreler, filtreler, akustik damperler, batarya ve cihaz kabini (Dillon, 2012; Popelka & Moore, 2016).

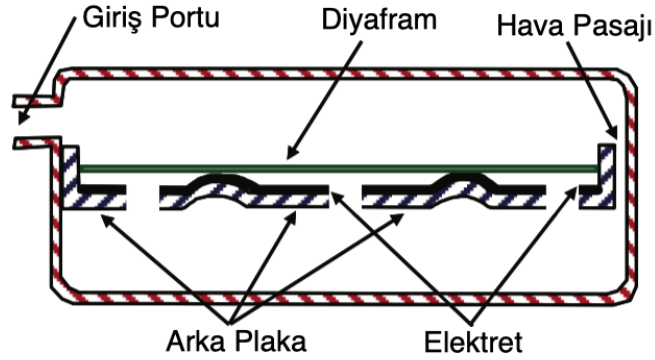
2.7.1. İşitme Cihazının Temel Bileşenleri

2.7.1.1. Mikrofon

Akustik uyararla temas eden, işitme cihazının ilk komponenti, sesi elektriksel sinyale dönüştüren mikrofondur. Mikrofon, enerjiyi bir formdan diğerine dönüştürdüğü için dönüştürücü olarak da bilinir. Mükemmel çalışan bir mikrofon için, mikrofondan çıkan elektriksel sinyalin dalga formu, mikrofona giren akustik sinyalin dalga formu ile aynı olmalıdır (Tate Maltby, 2002).

Farklı tip teknolojiler kullanılarak üretilmiş mikrofonlar mevcuttur. Ancak 1980’lerden beri yaygın olarak kullanılan mikrofon türü, elektret mikrofonlardır (Killion & Carlson, 1974). Elektret mikrofonlarda ses dalgaları, giriş portundan içeri

girer ve diyafram olarak adlandırılan, oldukça esnek ve ince metal bir plakaya ulaşır. Ses dalgasının basıncı, diyaframın aşağı ve yukarı hareket etmesine neden olur. Diyaframın hareketi, arka plakaya yaklaşıp uzaklaşması ile sonuçlanır (Şekil 2-9).



Şekil 2-9: Elektret Mikrofon Kesiti.

(Dillon, 2012).

Ses dalgalarının neden olduğu hava basıncıyla hareketlenen diyafram ile arka plaka arasında “elektret” adı verilen, ince ve yarı iletken madde arka plakayı kaplamaktadır. Elektretin, bir tarafı elektron bakımından zenginken; diğer tarafında durum tam tersidir ve bu elektrik yükü dağılımı kalıcıdır. Diyaframın hareketi ile yaklaşma ve uzaklaşma sırasında, tabakalar arası mesafenin değişmesi nedeniyle; elektret, tabakalar arası elektriksel kuvvetin değişmesini sağlar. Bu durum sonucu gerçekleşen diyafram ve arka plaka voltaj değişiklikleri, akustik enerjinin elektriksel sinyale dönüşmesiyle sonuçlanır. Bu dönüşüm sonrasındaki işlem, alan etkili transistör olarak bilinen mikrofon amplifikatörü tarafından gerçekleştirir. Mikrofon amplifikatörü, ana amplifikatöre sesi iletmeden önce amplifiye ederek daha büyük bir akım iletiminin gerçekleştirilmesini sağlar (Dillon, 2012; Popelka & Moore, 2016).

2.7.1.2. Amplifikatör

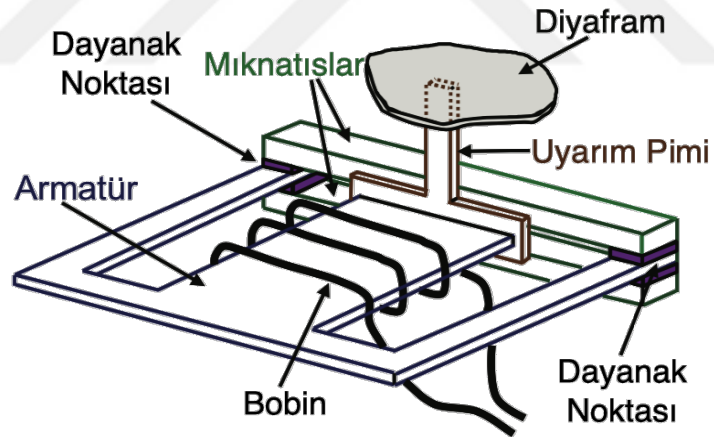
Mikrofonlar tarafından üretilen küçük elektriksel sinyaller, işitme cihazı amplifikatörü tarafından daha güçlü hale getirilir. Amplifikatörler için “Kazanç sağlayan devre” tanımı yapılabilir, bunun nedeni enerji girişinden daha yüksek seviyede enerji çıkışı sağlamasıdır. Sinyalin çok yüksek seviyeye yükselmesi durumunda ise, olası distorsiyonu önlemek adına kazançların azaltılmasında da kompresyon amplifikatörleri rol oynamaktadır. Amplifikatörlerin bu işlemleri gerçekleştirmesi

sürecinde, sisteme entegre olan ve transistör adı verilen yarı iletken bileşenlerin rolü büyüktür (Tate Maltby, 2002).

Transistör, kendi içinde bir amplifikatördür, ancak işitme cihazlarından talep edilen gelişmiş kontrol ve amplifikasyon işlemlerini sağlamak için birçok transistöre ihtiyaç duyulmaktadır. Bir akımın, daha küçük bir akımla kontrol edilmesini sağlamaktadırlar. Genel olarak iki farklı teknoloji türünden biri kullanılarak yapılmaktadır; bipolar ve CMOS (Tamamlayıcı Metal Oksit Yarı İletken) transistörler. Her tip transistörün kendince avantajları mevcuttur. Bipolar transistörler, daha düşük iç gürültüye sahip olma eğilimindedir; CMOS transistörleri ise daha az pil gücü kullanma eğilimindedir. Her iki tip de işitme cihazlarında kullanılır ve her ikisi de kabul edilebilir derecede düşük iç gürültü üretimine ve güç tüketimine sahiptir (Dillon, 2012).

2.7.1.3. Hoparlör

Hoparlör, amplifiye edilmiş ve işlenmiş elektriksel sinyallerin, tekrar sese dönüştürülmesi işlemini gerçekleştiren, işitme cihazı bileşenidir. Bu dönüşüm işleminin altında manyetik kuvvetlerle çalışma prensibi yatmaktadır (Egolf et al., 1989).



Şekil 2-10: Hoparlör Kesiti.

(Dillon, 2012).

Elektriksel akım, hoparlör bileşenlerinden armatür adı verilen metal plakayı saran bobinden geçer ve bobinin geçici manyetik alan oluşturmasını sağlar. Akımın yön değiştirmesi ile birlikte, armatür dönüşümlü olarak sabitlenmiş iki mıknatıs tarafından hareket ettirilir. Armatür çok incedir ve bükülebilir, bu nedenle armatürün orta kolunun

ucu mıknatıslar arasında aşağı ve yukarı kolayca hareket ettirilebilir. Armatürün hareketli serbest ucu, uyarım pimi ile diyaframa bağlanır. Böylece hareket eden armatür ile birlikte, diyaframın vibrasyonu sağlanır ve elektriksel sinyalin yeniden akustik sinyale dönüşümü tamamlanır (Şekil 2-10), (Killion et al., 2016).

2.7.2. İşitme Cihazı Türleri

İşitme cihazlarının aynı fonksiyonu görmekle birlikte, birçok farklı türü mevcuttur (Şekil 2-11). Kimisi tek kasa halinde kulak içine yerleştirilirken; bazıları kulak arkasında ve pinnaya asılı olarak kullanılmaktadır (Popelka & Moore, 2016). Birbirinden farklılık gösteren bu işitme cihazlarının sınıflandırılması yapılırken; işitme cihazının yerleştirildiği bölge ve hoparlör gibi transdüserlerin bulunduğu bölgeler dikkate alınarak sınıflandırılmaktadır (Dillon, 2012).



Şekil 2-11: İşitme Cihazı Türleri.

(www.resoundpro.com)

Kulak arkası işitme cihazları, adından da anlaşılacağı üzere, pinnanın arkasına yerleştirilen işitme cihazı tipidir ve işitme cihazları arasında kullanımı en yaygın olanıdır. Temel olarak iki bölümden oluşmaktadır. Mikrofon, hoparlör ve elektronik sistemin yer aldığı cihaz kabini ilk bölümüdür. Diğer bölümleri ise, hoparlörün sesi ilettiği akustik tüp ve konkaya yerleştirilen kulak kalıbı gibi parçalarıdır (Kochkin, 2010).

Kulak arkası işitme cihazlarına oldukça benzeyen, ancak akustik tüp yerine ince elektrik kablosu içeren ve hoparlörün kanal içinde bulunduğu işitme cihazı tipleri de (Receiver in Ear-RIE) mevcuttur. Hoparlör, kulak kalıbı ya da dome adı verilen aparat aracılığı ile kulak kanalına yerleştirilebilir (NIDCD, 2015).

İşitme cihazının dış kulak yolunun girişi olan konkayı dolduran, kulak kanalının uzunluğunun yarısına kadar ilerleyen ve tek bir kabinden oluşan işitme cihazı tipleri de mevcuttur. Bu tip işitme cihazları, kulak içi işitme cihazları olarak adlandırılırlar

(Venkateswar & Mehendale, 2013). Kulak içi işitme cihazlarının, yalnızca konkanın alt bölgesini dolduran yarım konka tipi ya da sadece üst bölgesini dolduran ve RIE teknolojisinden de faydalanan Cymba-kulak içi tipi gibi çeşitleri de mevcuttur.

Kulak içi işitme cihazlarının, konkanın çok küçük bir bölümünü kaplayan ve dış yüzünün dış kulak kanalına bakan işitme cihazı tipleri, kanal içi işitme cihazları olarak adlandırılır.

Kulak kanalının içine tamamen yerleşmiş işitme cihazları, komple kanal içi (Complete-in Canal-CIC) işitme cihazları olarak bilinmektedir. Bu cihazlar, konkadan geçerek, kolaylıkla kulak kanalına yerleşime el verecek kadar küçük parçalardan üretilmişlerdir ve kulak kanalından çıkarılmasının sağlanması için ucunda kısa bir misina bulunmaktadır. Konkaya uzanan bu tutamaç sayesinde, kolayca çıkarılabilmektedirler (NIDCD, 2015).

Komple kanal içi işitme cihazlarının, medial ucunun timpanik membranın birkaç mm gerisine kadar derin yerleşiminin olduğu tipi, peri-timpanik CIC olarak adlandırılır (Popelka & Moore, 2016).

Gözlük tipi işitme cihazları da mevcuttur. Bu tip işitme cihazlarında cihazın komponentleri, gözlüğün sapına yerleştirilmiştir.

2.7.3. İşitme Cihazlarında Yönsellik

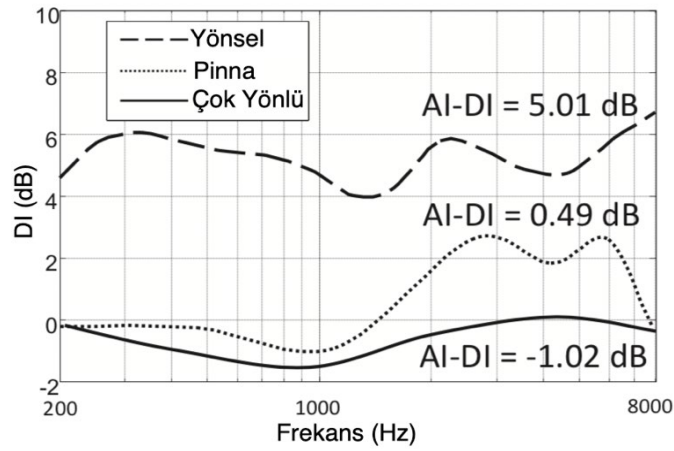
Günlük yaşantıda, arka plan gürültüsü varlığında konuşmayı anlama, işitme cihazı kullanıcılarının yaşadığı en büyük sorunlardan birisidir ve akustik bilgiyi anlamlandırabilmek için, normal işiten bireylerden daha yüksek sinyal gürültü oranına ihtiyaç duymaktadırlar.

Sinyal gürültü oranını arttırmak için, iki temel yaklaşım bulunmaktadır. Bunlar, işleme temelli ve mikrofon temelli yaklaşımlardır. İşleme temelli yaklaşımlar, mikrofondan gelen sesin, cihaz içinde değerlendirilmesi ve kazanç karakteristiklerinin değiştirilmesi ile konuşma sinyalinin attırılıp gürültünün baskılanmasıyla ilişkilidir. Mikrofon temelli yaklaşımlar ise mikrofonu kaynağa yaklaştırarak, sinyal gürültü oranını, sinyalin lehine çevirmek ya da yönsel mikrofonlar kullanmak ile karakterizedir (Metz, 2014).

Yönsel mikrofonlar, sinyal gürültü oranını iyileştirerek gürültüde konuşma anlaşılabilirliğini arttırmanın en etkili yoludur. Önden gelen sinyalleri arttırır ve yandan veya arkadan gelen sinyalleri azaltarak SNR'yi iyileştirebilirler. Sinyal gürültü

oranındaki bu iyileşmeler, büyük algısal değişikliklere yol açabilir (T. A. Ricketts & Dittbener, 2002).

Mikrofonların yönsel duyarlılığı, genellikle kutupsal hassasiyet paterni ile gösterilir. Farklı kutupsal örüntülerin varlığı ve mikrofon yönselliklerinin sınıflandırılması ise yönsellik indeksi ile ilişkilidir. Yönsellik faktörü, ses her yönden eşit şiddet seviyesinde geldiğinde, önden gelen kaynak için mikrofonun gücüne karşılık gelirken; yönsellik indeksi (Directivity Index-DI) ise yönsellik faktörünün desibel cinsinden eşdeğeridir (Şekil 2-12),(Dillon, 2012).



Şekil 2-12: Çok yönlü ve yönsel mikrofonlar ile pinnanın frekansa özgü yönsellik indeksleri.

(Metz, 2014).

2.7.3.1. İşitme Cihazı Mikrofonları ve Yönsellik Mekanizması

İşitme cihazlarında, gelen akustik uyarıları, elektriksel sinyallere dönüştüren bir veya daha fazla mikrofon bulunabilir. Bu mikrofonlar, akustik uyarana hassasiyetleri ve verdikleri tepkiye göre sınıflandırılabilir.

Çok yönlü mikrofonlar, temel olarak, diyafram ile ikiye bölünmüş kapalı bir kutu olarak tanımlanabilir. Mikrofon hassasiyeti, sesin geldiği yönden bağımsızdır. Diyaframa uygulanan basınç sonucu oluşan voltaj değişiklikleri, yön fark etmeksizin eşit derecede yükseltilerek amplifikatöre iletilir.

Yönsel mikrofonlar, çok yönlü mikrofonların aksine; farklı açılardan gelen seslere farklı oranlarda hassasiyet göstermektedirler. Bu hassasiyet farklılıkları,

mikrofon mekanizması ve sayısına göre ikiye ayrılmaktadır; mekanik yönsel mikrofonlar ve çoklu-mikrofonlu yönsel mikronlar (Metz, 2014).

Mekanik yönsel mikrofonlar ya da birinci dereceden yönsel mikrofonlar, tek mikrofonludur ve bu mikrofonların iki girişi bulunmaktadır. Bu mikrofonlar, ön ve arka girişlerdeki zaman farkını temel alarak yönselliği gerçekleştirirler. Zaman farkı, dış gecikme ve iç gecikme ile oluşmaktadır. Dış gecikme, sesin ön ve arka girişleri arası zaman farkıdır. İç gecikme ise arka girişten gelen sesin, mekanik süzgeçlerle geciktirilmesi işlemidir. Mekanik yapı nedeniyle yönselliğin sabit kalması, bu mikrofonların en büyük dezavantajıdır (Killion et al., 2016; Metz, 2014).

Çift-mikrofonlu yönsel mikrofonlar da mekanik yönsel mikrofonlarla benzer çalışma prensibine sahiptir. İki mikrofonunun da frekans cevapları aynı olan çift-mikrofonlu yönsel mikrofonlar ile mekanik yönsel mikrofonların arasındaki en büyük fark, iç gecikmenin çift-mikrofonlu yönsel mikrofonlarda dijital olarak gerçekleştirilmesidir. Bu dijital değişiklikler, çift-mikrofonlu yönsel mikrofon çıktılarının uzun süreli kayıtlarının alınması ve bu süreçte oluşan değişiklikleri temel alınarak kalibre edilmesiyle sağlanır.

2.7.3.2. Mikrofon Yönsellik Modları

İşitme cihazı mikrofonlarında yönselliğinin temelinde, sesin iç ve dış gecikmeleri yatmaktadır ve iç gecikmenin dış gecikmeye bölünmesi oranı doğrudan yönsellik indeksi ile ilişkilidir. Bu oran, kutupsal hassasiyet paternini belirlemektedir (Killion et al., 2016).

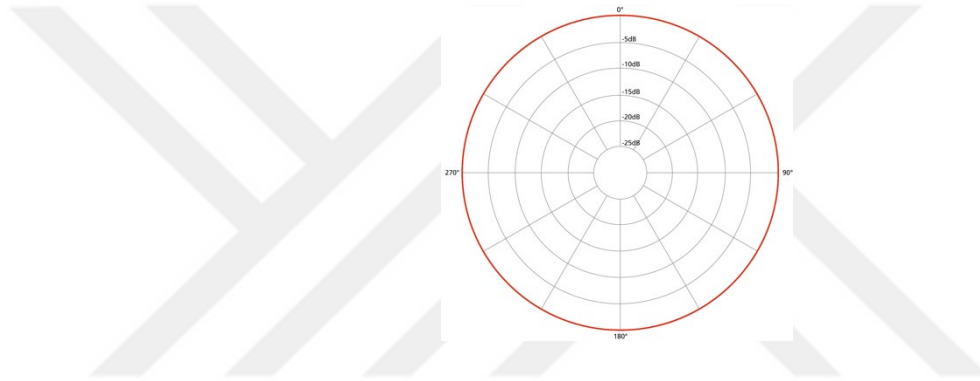
Çok-yönlü mikrofonlarda, mikrofon yönselliği ve belirli bir yönden gelen seslere hassasiyet bulunmazken; yönsel mikrofonlarda gecikme oranına göre sınıflandırmalar yapılabilmektedir.

En büyük dezavantajı, sabit kutupsal örüntü paterni olan mekanik yönsel mikrofonların aksine; mikrofon yönsellik modları arasında, akustik ortamın durumuna göre, otomatik geçiş yapılması mümkündür. Bu durum adaptif yönsellik olarak adlandırılmaktadır. Adaptif yönsellikte, arka plan gürültüsünü baskılayarak, hedef uyarana karşı hassasiyeti maksimuma çıkartmak esastır. Böylece gürültünün olumsuz etkileri minimize edilerek, daha yüksek konuşma anlaşılabilirliğinin elde edilmesi mümkün olmaktadır (Metz, 2014).

Adaptif yönsellik, dört temel basamakta gerçekleşmektedir. Sinyal tespiti ve analizi, uygun modun belirlenmesi (çok yönlülük/yönsellik), uygun kutupsal örüntünün hesaplanması ve kararın gerçekleştirilmesi işlemlerinden oluşmaktadır (Chung, 2004).

2.7.3.2.1. Çok Yönlü Mikrofonlar

Yönsellik indeksi, 1'den 0'a değişkenlik göstermektedir. Yönsellik indeksinin 0 olması durumu ise çok yönlü mikrofonlar için geçerlidir. Çok-yönlü mikrofonlarda herhangi bir yönden gelen sese karşı, hassasiyet durumu mevcut değildir. Her yönden gelen seslere aynı düzeyde hassasiyet ile tepki verirler (Şekil 2-13).



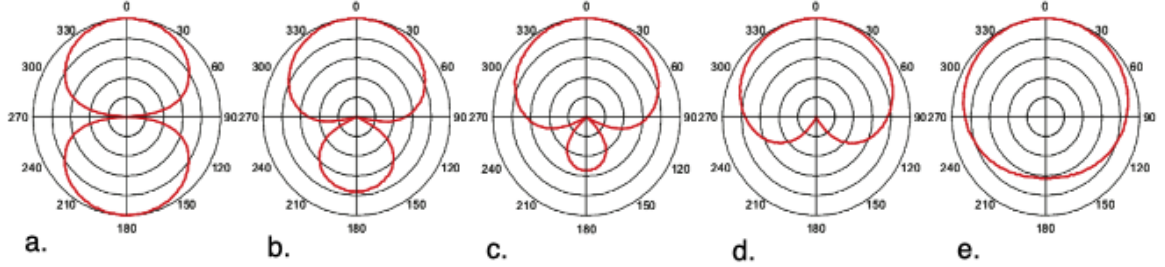
Şekil 2-13: Çok yönlü mikrofonların kutupsal örüntüsü.

2.7.3.2.2. Yönsel Mikrofonlar

Yönsellik indeksi, diğer yönlerden gelen seslerin horizontal düzlem kaynaklı (2DI) veya tüm işitsel uzay kaynaklı (3DI) sesler ile karşılaştırılması ile elde edilir. Gelen seslerin, sadece ön ve arka oranı ise uni-direksiyonellik indeksi olarak adlandırılmaktadır. Arka plan gürültüsü varlığında işitme cihazı kullanıcılarına avantaj sağlayan yönsel mikrofonlar, yönsellik indeksi, uni-direksiyonellik indeksi ve gecikme oranlarına göre sınıflandırılmaktadır (Tablo 2-5).

Önden gelen seslere, arkadan gelen seslerden daha duyarlı olan mikrofonlar, kardiodik mikrofonlardır. Gecikme oranının 1'den 0'a doğru azalmasıyla birlikte, mikrofon hassasiyet modeli, kardiodiden süper-kardioide, hiper-kardioide ve figür-8'e doğru değişim göstermektedir (Şekil 2-14). Kardiodik yönsel mikrofonlardan, figür-8 yönsel mikrofonlara doğru devam ettikçe; arka yönden gelen seslere karşı hassasiyet

artarken, yanlardan gelen seslere karşı hassasiyet azalmaktadır. Figüre-8 mikrofonlarda, ön ve arka yön hassasiyeti aynıdır (Akeroyd & Whitmer, 2016).



Şekil 2-14: Yönsel Mikrofonların Sınıflandırılması.

a. Figür-8 b. Hiper Kardiod c. Süper Kardiod d. Kardiod e. Useless
(Dillon, 2012).

Tablo 2-5: Yönsel mikrofonların yönsellik ve uni-direksiyonellik indeksleri.

(Dillon, 2012).

Yönsellik	Figür 8	Hiper Kardiod	Süper Kardiod	Kardiod	Useless
Gecikme Oranı	0.000	0.333	0.577	1.00	2.000
2D Dİ	3.0	4.6	4.8	4.3	3.0
3D Dİ	4.8	6.0	5.7	4.8	3.2
2D Uİ	0.0	7.4	12.1	11.0	5.6
3D Uİ	0.0	8.5	11.6	8.6	4.4

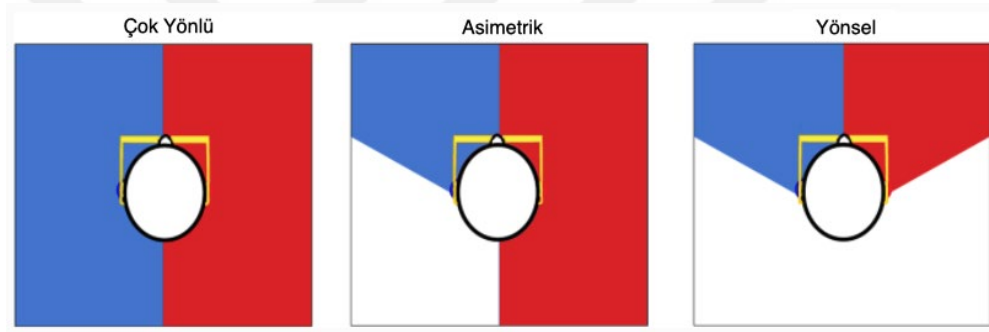
2.7.3.2.3. Asimetrik Yönsellik

İşitme cihazlarında gelişen kablosuz bağlantı ve akıllı dinleme teknolojileri ile işitme cihazları arası mesafeler azalmış olmakla beraber, birçok yeni gelişime ve farklı yaklaşıma zemin hazırlanmıştır. Bu doğrultuda yapılan çalışmalar, özellikle gürültüde işitsel performansı arttırmak ve olumsuz dinleme koşullarının etkilerini azaltmak üzerine odaklanmıştır (Giuliani & Brayda, 2019).

İşitme cihazlarında sinyal gürültü oranını arttırmak amacıyla bilateral yönsel mikrofon kullanımı tercih edilmektedir. Ancak simetrik yönsel modların aksine;

hastanın işitme cihazlarının birinde yönsel mikrofon modları kullanılırken, diğer tarafta çok yönlü mikrofon modu kullanılabilmektedir (Şekil 2-15). Bu durum, asimetrik yönsellik olarak adlandırılmaktadır (Bentler et al., 2004).

Hastanın konuşma anlaşılabilirliğini artırmak amaçlanırken; aynı zamanda çevresel farkındalığın da korunması, asimetrik yönselliğin esas hedefidir. Gelişmiş adaptif mikrofon teknolojileri sayesinde, akustik ortam her an analiz edilmektedir ve kutupsal örüntü bu analizlere senkron yeniden düzenlenmektedir. Özellikle kablosuz bağlantı teknolojilerinin gelişmesi ve işitme cihazları arası iletişimin de artması ile anlık değişen akustik ortam koşullarına göre; konuşma sinyaline yakın tarafın işitme cihazı çok yönlü mikrofon moduna geçiş yapar ve tüm uyarınları kişiye iletmeyi hedefler. Karşı taraftaki işitme cihazı ise yönsel moda geçiş yapar ve gürültünün etkilerini minimize eder.



Şekil 2-15: Mikrofon yönsellik modları. Taralı alanlar, mikrofonların hassasiyet alanlarını göstermektedir. Mavi taralı alanlar gürültü kaynağına; kırmızı taralı alanlar konuşma sinyaline yakın işitme cihazlarının taraflarıdır.

(Devocht et al., 2016).

Günlük hayatta, gürültü kaynağının geldiği yönlerin çeşitlik göstermesi, çoklu konuşmacı varlığı, konuşma uyarınının günlük dinleme zamanının %30'unun üzerinde önden gelmemesi ve hareket halindeki ses kaynağı gibi durumlar, mikrofon yönselliğinden sağlanabilecek faydaları sınırlamaktadır. Değişen ortam koşullarına uyum sağlayarak, konuşma anlaşılabilirliğini olumsuz etkileyen faktörlerin üstesinden gelmesi, asimetrik yönselliğin en büyük avantajıdır (Cord et al., 2011).

2.7.4. İşitme Cihazı Fittingi ve Doğrulama Yöntemleri

2.7.4.1. İşitme Cihazı Fittingi

İşitme cihazı fittingi, uygun işitme cihazı seçimin yapılması ve seçilen cihazın programlanması süreçlerini kapsamaktadır. İşitme cihazı fittinginde temel amaç, hastanın işitme eşiklerine göre, hedef kazanç olarak adlandırılan, istenen amplifikasyon miktarını hesaplamaktır. Bu doğrultuda kullanılan birçok kazanç algoritması mevcuttur (Metselaar, 2010).

İşitme cihazı fittingi, yapılan işlemler gereği, birkaç hafta veya ay sürebilen uzun bir süreçtir. Bu süreçte odyolojik bulgular, yaşanan işitsel problemler, gürültüde konuşma becerileri, yönsel mikrofon kullanma ihtiyacı ve hastanın çevresel faktörleri gibi hususlara dikkat edilmesi gerekmektedir.

İşitme cihazı fittinginde, birden fazla işitme cihazının denenmesi önerilmektedir ve bu durum karşılaştırmalı fitting olarak adlandırılır. Hastaya cihazları karşılaştırma yapma imkânı vermesi ve hasta memnuniyetini arttırması gibi nedenlerden dolayı önerilmektedir.

İşitme cihazı programlaması, her işitme cihazı için, kendi üretici firması tarafından geliştirilmiş yazılım aracılığıyla gerçekleştirilir. Saf ses ortalamaları ve UCL gibi odyolojik bulgulara dayanarak, frekansa spesifik kazançlar hesaplanır ve işitme cihazı programlaması gerçekleştirilir. Deneyimsiz veya deneyimli işitme cihazı kullanıcısı olmak, programlama sürecinde farklı yaklaşımlar gerektirebilir. İlaveten, hastanın işitme cihazını günlük yaşantısında kullanması sonrası, işitme cihazı kazanç ayarlarında ek değişiklikler de yapılabilir (Ulrich Hoppe & Hesse, 2017).

Hastaların birçoğu, başlangıçta işitme cihazı ile dinlemeyi tolere edemez. Değişen sese geçiş, farklı algılanır ve hasta için işitme alışkanlığı gerekir. Bu süreç, birkaç hafta veya ay sürebilmektedir. Özellikle işitsel yoksunluğunun yıllarca devam ettiği durumlarda, daha sık işitme cihazı ayarı yapılması gerekmektedir. Amplifikasyona adaptasyon sonrası, işitme cihazı kazançları, gereken seviyeye yükseltilebilir. Tekrarlayan fitting oturumları ile kademeli kazanç ayarlarını attırmak ve adaptasyon sürecini planlamak, odyoloğun yöneteceği bir süreçtir.

2.7.4.2. İşitme Cihazı Ayarı Doğrulama Yöntemleri

İşitme cihazlarının başarısı, ilk etapta, her zaman net olarak algılanamamaktadır. Genel olarak, kullanıcılar başlangıçta sesi daha iyi duyduklarını bildirirler. Ancak

konuşma anlaşılabilirliği ile ilgili kesin hüküm verilememektedir. Bazı durumlarda da yeni sesin rahatsız edici bir faktör olarak algılanması ve günlük yaşam koşullarının etkisinin ilk fitting oturumunda kestirilememesi gibi durumlar, amplifikasyon başarısını sorgulatmaktadır. Bu durumlarda klinisyenin işitme cihazı doğrulama yöntemlerine başvurması gerekmektedir. İşitme cihazı doğrulama yöntemleri; sübjektif doğrulama, odyolojik değerlendirmelerle doğrulama ve teknik doğrulama olarak sıralanabilir (Ulrich Hoppe & Hesse, 2017).

2.7.4.2.1. Sübjektif Doğrulama

İşitme ile ilişkili yaşam kalitesi, günlük yaşamda konuşmanın anlaşılması, yönsel işitme ve algılanan ses kalitesi ile ilgili çok sayıda memnuniyet anketi mevcuttur ve bu anketler aracılığı ile sübjektif doğrulama gerçekleştirilmektedir. APHAB (İşitme Cihazından Sağlanan Faydanın Kısaltılmış Profili), KUIK (Konuşma, Uzaysal İşitme ve Ses Kalitesi Ölçeği) ve IOI-HA (Uluslararası İşitme Cihazı Değerlendirme Envanteri) gibi anketler, işitme cihazı fitting sürecinin sübjektif doğrulamasını yapmak amacıyla kullanabilmektedir.

2.7.4.2.2. Odyolojik Değerlendirmeye Doğrulama

Odyolojik değerlendirme ile doğrulama, hastanın işitme cihazları ile saf ses işitme eşiklerinin belirlenmesi ve konuşma testlerinin tekrarlanmasıyla başlamaktadır (Brosch & Delb, 2015).

Hastaların, işitme cihazlı rutin odyolojik değerlendirmeleri sonrasında, günlük yaşam dinleme koşullarını daha iyi simüle etmesi nedeniyle, hastanın gürültüde konuşma testleri ile değerlendirilmesi gerekmektedir. Gürültüde kelime ve cümle testleri, %50 konuşma anlaşılabilirliğinin saptandığı sinyal-gürültü oranını belirleyebilmektedir. Gürültüde işitme testleriyle yapılan doğrulama sayesinde, hastanın gürültüde konuşma performansı ve işitme kalitesi hakkında daha gerçekçi sonuçlar elde edilebilmektedir (Hoppe, 2016).

2.7.4.2.3. Teknik Doğrulama

İşitme cihazının bireysel işitme kaybını uygun bir şekilde telafi edebildiğini doğrulamak için teknik doğrulama yöntemleri kullanılabilir. Teknik doğrulama, DKY girişinde bulunan mikrofona ulaşan ses ile dış kulak yolundaki ses basıncını karşılaştıran gerçek kulak ölçümü ile gerçekleştirilebilir (Holube et al., 2010).

2.8. Gerçek Kulak Ölçümü (Real Ear Measurement-REM)

İşitme cihazı fittinginde, kazanç formülleriyle sesin istenilen düzeyde timpanik membrana iletilip iletilmediğini kontrol etmek amacıyla doğrulama yöntemleri kullanılmaktadır (Munro & Muller, 2016). Doğrulama yöntemleri kullanılarak işitme cihazı fittinginin yapılmasının gerekliliği, kullanılan kazanç formülüne spesifik pek çok çalışmada desteklenmektedir (Byrne et al., 2001; Keidser et al., 2012; Moore et al., 2010; Scollie et al., 2005). Çalışmalarda doğrulanmış kazanç formülleri sonucu, hastaların işitsel performanslarında anlamlı iyileşmeler gözlenmiştir.

İşitme cihazı üreticilerinin, cihazlarının fittingleri için ürettikleri yazılımlarda hedef kazancı öngören algoritmalar mevcuttur. Ancak bu yazılımlara göre; işitme cihazlarının gerçek kulak çıkışı, genellikle ön görülden farklı olmaktadır. Bu nedenle işitme cihazı çıkışının, DKY'de timpanik membranın yakınına yerleştirilmiş olan prob mikrofonu ile yapılan REM prosedürü kullanılarak doğrulanması ve kazanç ayarlaması yapılması oldukça önemlidir (Aazh et al., 2012).

İşitme cihazı fitting protokolünün üç temel hedefi vardır; düşük ses seviyelerinde duyulabilirliği geri kazandırmak, orta ses seviyelerinde konuşmanın anlaşılabilirliğini iyileştirmek ve yüksek ses seviyelerinde kazancı sınırlayarak hastanın rahatsız olmasını önlemek. Bu hedefler doğrultusunda REM prosedüründe elde edilen yanıtlar, 3 temel hedef kazanç eğrisiyle eşleştirilerek fitting oturumu gerçekleştirilir. Alt kazanç eğrisi, işitme eşiklerini temsil ederken; rahatsız olunan ses seviyesini üst kazanç eğrisi temsil eder. Alt ve üst kazanç eğrilerinin sınırları, işitme kayıplı bireyin dinamik aralığını temsil eder. Orta ses seviyesini temsil eden kazanç eğrisi, günlük konuşma seviyesine karşılık gelir. Yaklaşık değerler olarak, bu eğri de normal işiten bireyler için dinamik aralığın ortasına denk gelen LTASS'a eşdeğerdir (Munro & Muller, 2016).

2.8.1. REM Uygulaması

REM uygulamasında, hastanın işitme kaybına uygun işitme cihazı seçimi gerçekleştirildikten sonra, fitting yazılımına hastanın doğum tarihi, odyometrik bulguları, ventilasyon durumu, bilateral/unilateral cihaz varlığı, transdüser tipi gibi bilgilerin girilmesi ve kazanç formülünün belirlenmesi işlemleri gerçekleştirilir. Bilgilerin girilmesi işlemi sonrası, yazılım tarafından tahmini kazançlar belirlenir ve işitme cihazı, bu kazançlara göre programlanır (Şekil 2-16).

Fitting Details	
Target Rule: NAL-NL1	Date of Birth: 1.01.1990
Fitting Mode: Real Ear	
Applied REUG: Predicted (NAL-NL1)	Applied RECD: Predicted (NAL-NL1)
H.I. Type: BTE	Transducer: Headphones
Venting: Occluded	Use Bone Conduction: No
Amplification: Binaural	
☐ Use OpenREM calibration	
>> Advanced Setting Apply Close Help	

Şekil 2-16: REM Prosedürü Parametreleri.

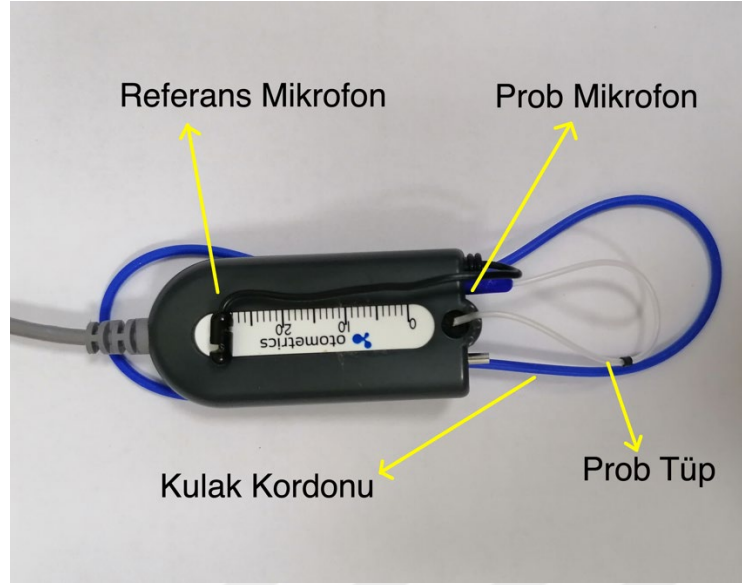
Yazılım tarafından ön görülen kazançların oluşturulması işlemi sonrasında ses çıkışını, hedef kazançla eşleme amacıyla gönderilen ses basınç seviyesinin, DKY'ye iletilen ses basınç seviyesiyle karşılaştırılarak doğrulanması gereklidir. Bu karşılaştırma ise prob mikrofonlar sayesinde mümkündür (Mason & Popelka, 1986).

REM Prosedürü Aşamaları;

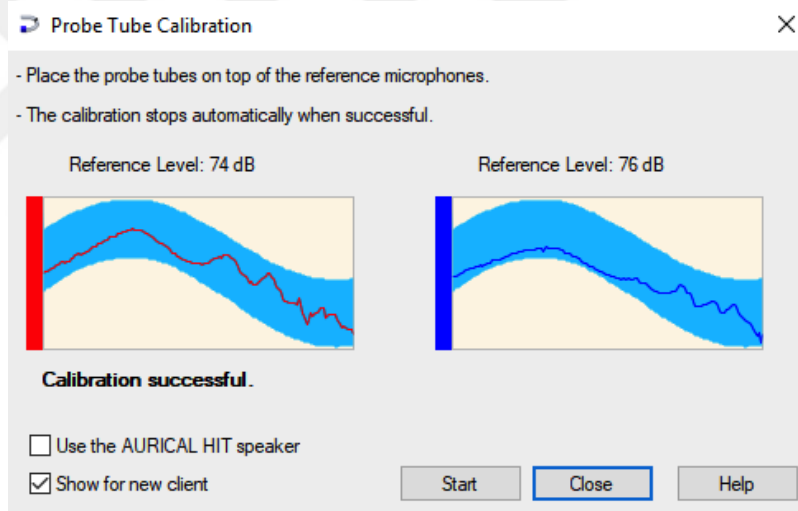
REM sistemi, prop tüp olarak adlandırılan, esnek ince delikli bir tüp ile DKY'ye akustik olarak bağlanmış bir mikrofon içermektedir. Ek olarak, sistemde bir referans mikrofon da mevcuttur. Frekans cevapları farklı olması sayesinde bu mikrofonların, birbirine karşılık kalibre edilebilmesi ve oturum boyunca bu bilgilerin saklanması mümkündür (Munro & Muller, 2016).

2.8.1.1. Prob Tüp Kalibrasyonu

Aynı doğrultuda yerleştirilmiş referans mikrofon ve prob tüp, hoparlör hizasında konumlanır (Şekil 2-17). Geniş bant uyaran kullanılarak 65 dB SPL seviyesinde mikrofon yanıtları kaydedilir. Yanıtların, referans aralıkta olması beklenir, değil ise kalibrasyon işlemi tekrarlanır (Şekil 2-18). Her yeni prob tüp kullanımı ile beraber kalibrasyon işleminin tekrarlanması gerekir.



Şekil 2-17: Prob Tüp Kalibrasyonunda Yerleşim.



Şekil 2-18: Prob tüp kalibrasyonu.

2.8.1.2. Hastanın Hazırlanması

Hastanın test konumu oldukça önemlidir. Hasta, hoparlörden yaklaşık 1 m mesafede otururken; 0° ya da 45° azimut ile 0° elevasyonda hoparlör konumu tercih edilir (Şekil 2-19).



Şekil 2-19: Hastanın Konumu.

2.8.1.3. Otoskopik Bakı

DKY’de buşon varlığının en büyük etkisi, buşonun prob tüpün ucunu doldurmasıdır. Bu durum varlığında, REM’de sinyal seviyesi çok düşük gözükecektir. Ser men varlığı ise, DKY hacmini etkilemektedir ve alçak frekans kazançlarını etkilemektedir. Bu gibi klinik tabloların önüne geçmek adına, REM  ncesi otoskopik muayene gereklidir ( ekil 2-20), (Dillon, 2012).

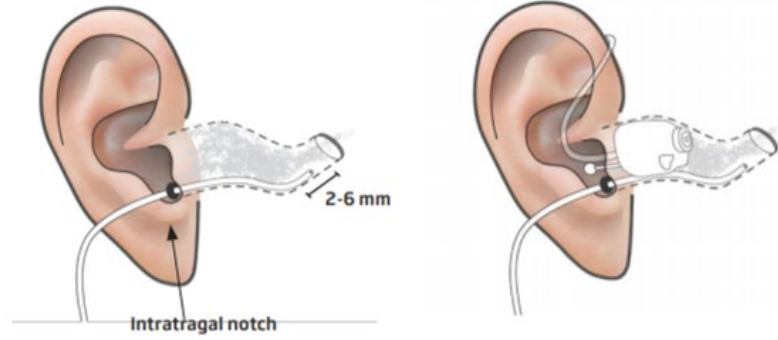


Şekil 2-20: Otoskopik Bakı.

2.8.1.4. Prob T p Yerleşimi

En yaygın yaklaşı , tipik DKY boyutları hakkındaki bilgilere dayanarak sabit bir yerleştirme derinliği kullanmaktır. Ortalama erişkin DKY uzunluğu 25 mm'dir ve intertragal çentikten DKY girişi ise 10 mm'dir (Zemplenyi et al., 1985). Bu nedenle, 30

mm'lik bir yerleştirme derinliği, prob tüp ucunu timpanik membranın 5 mm gerisine kadar yerleştirecektir (Şekil 2-21).

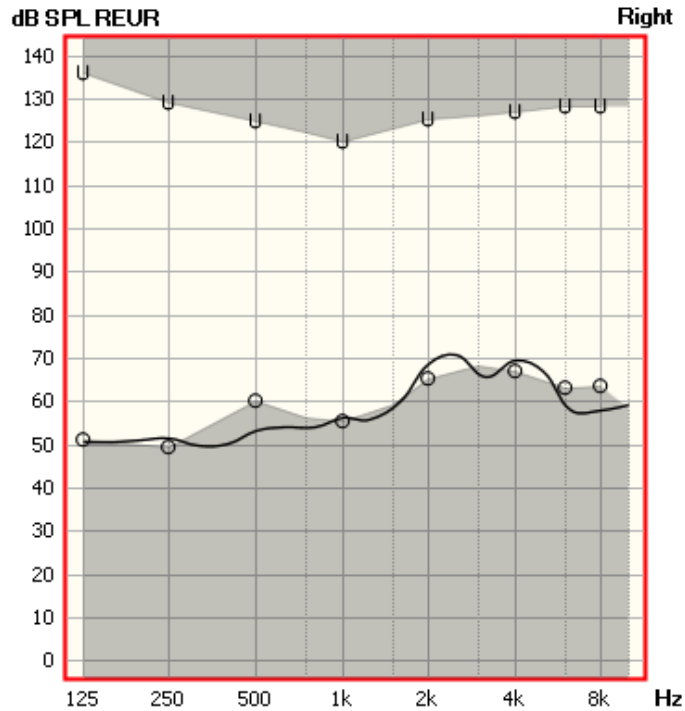


Şekil 2-21: Gerçek kulak ölçümünde prob tüp yerleşimi.

(www.oticon.global.com)

2.8.1.5. Gerçek Kulak Cihazsız Yanıtı (Real Ear Unaided Response-REUR) Ölçümü

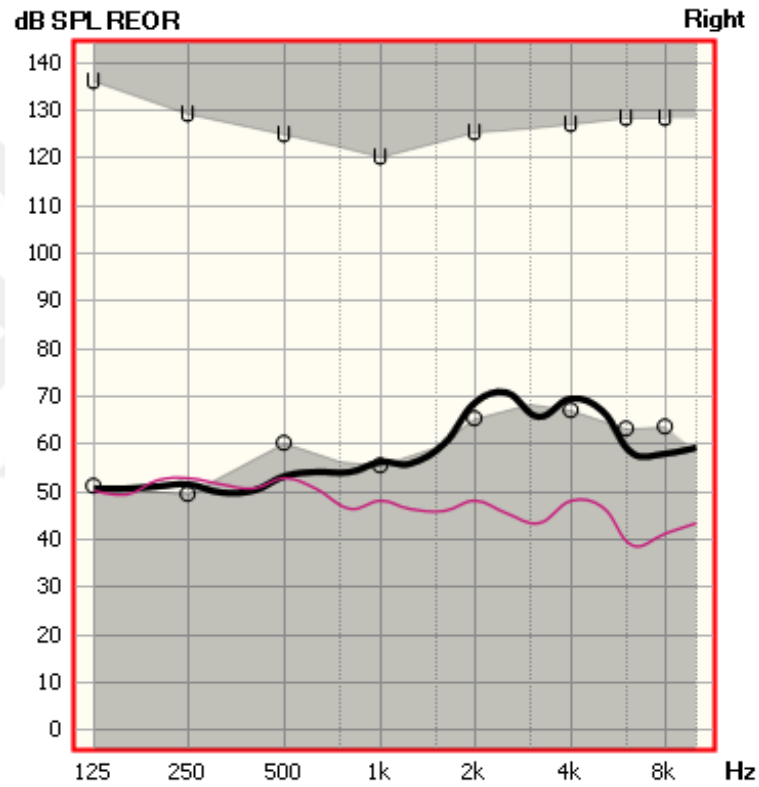
Gerçek kulak cihazsız kazancı olarak da ifade edilebilir. REUR, DKY ve konkanın rezonans özelliklerini yansıtır (Şekil 2-22). REUR'un en yaygın klinik kullanımı, gerçek kulak ek kazancının hesaplanması için referans değer olarak kullanılmasıdır (Munro & Muller, 2016).



Şekil 2-22: Gerçek Kulak Cihazsız Yanıtı örneği.

2.8.1.6. Gerçek Kulak Oklüde Yanıtı (Real Ear Ocluded Response-REOR) Ölçümü

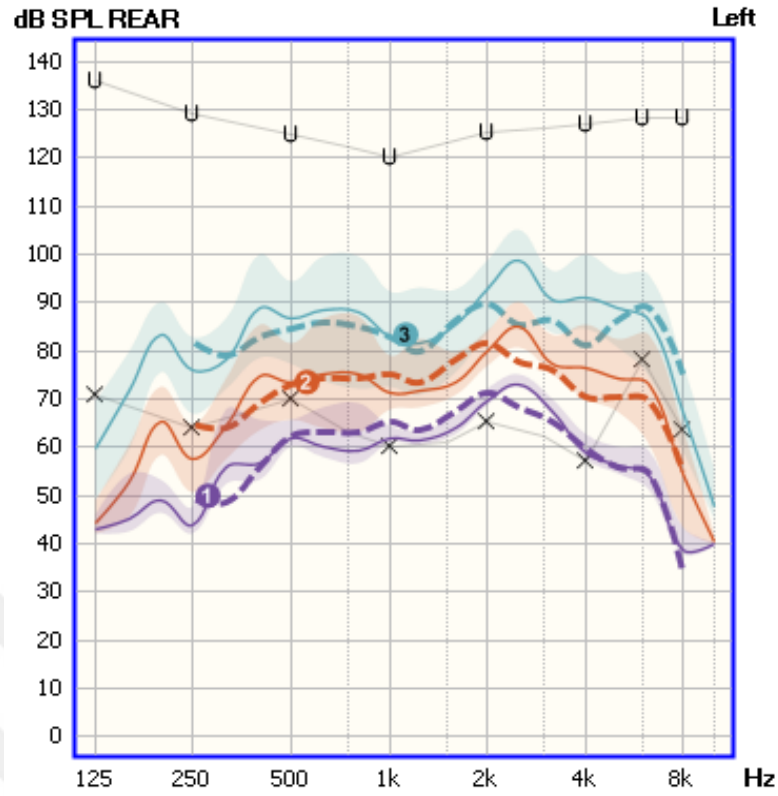
REOR, işitme cihazı ile DKY tıkanmışken; DKY rezonansını yansıtır (Şekil 2-23). Tıkalı ve tıkanmamış DKY koşullarında, ses seviyeleri arasındaki fark olan gerçek kulak oklüde kazancı saptanır. REOR'u ölçmenin amacı, işitme cihazı ve kulak kalıbı kullanımının, akustik etkilerini belirlemektir. REOR, doğal DKY rezonansının zayıflaması nedeniyle, genellikle REUR'un altına düşer.



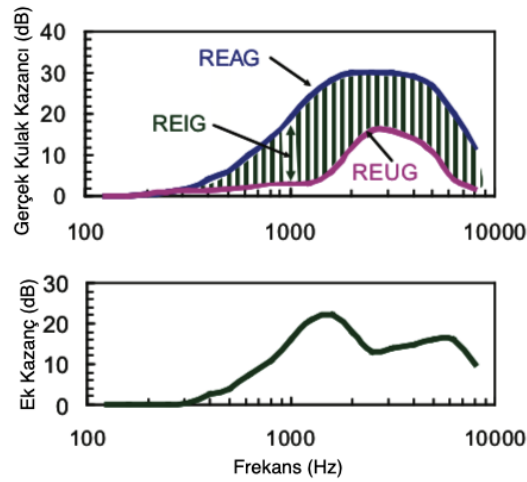
Şekil 2-23: Gerçek Kulak Oklüde Yanıtı örneği.

2.8.1.7. Gerçek Kulak Cihazlı Yanıtı (Real Ear Aided Response-REAR)

Gerçek kulak cihazlı yanıtı, işitme cihazı DKY'ye yerleştirilmiş ve çalışır halde iken, DKY rezonansını yansıtır (Şekil 2-24). REAR ile REUR'un birbirinden çıkarılmasıyla gerçek kulak ek kazancı (Real Ear Insertion Gain-REIG) elde edilir (Şekil 2-25).



Şekil 2-24: Gerçek Kulak Cihazlı Yanıtı örneği.



Şekil 2-25: REAR ve REUR ölçümleri. Gerçek Kulak Ek Kazancı.

(Dillon, 2012).

2.8.1.8. Hedef Eşleme

REM yanıtları, hedef kazanç eğrileri ile eşleşene kadar, işitme cihazı kazançlarında modifikasyonlar yapılır.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışmamız, Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Yerel Etik Kurulu tarafından 05.12.2019 tarihli ve 59491012-300-154161 sayılı karar ile onaylanmıştır. Çalışma, İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi KBB-Odyoloji Bölümü'nde Aralık 2019-Nisan 2020 tarihleri arasında yapılmıştır. Çalışmaya katılan tüm katılımcılara çalışmanın amacı, uygulanacak yöntemler anlatılmıştır ve gönüllü onam formları imzalatılarak yazılı izinleri alınmıştır.

3.1. Katılımcılar

Çalışmaya, işitme cihazı deneyimi olmayan bilateral orta veya orta-ileri derecede sensörinöral tipte işitme kaybına sahip 32 katılımcı dahil edilmiştir. Çalışmaya katılanların 18'i kadın, 14'ü erkek olup; katılımcıların yaş ortalamaları 40,40'dır.

3.1.1. Dahil edilme ve dışlanma kriterleri

Çalışmaya Dahil Edilme Kriterleri,

- Normal otoskopik bulgulara sahip olmak,
- Normal immitansmetrik bulgulara sahip olmak,
- Yapılan odyolojik değerlendirmelerde saf ses ortalamalarına göre bilateral orta veya orta-ileri derecede, flat tip konfigürasyonlu sensörinöral tipte işitme kaybına sahip olmak,
- Konuşmayı ayırt etme skoru ile saf ses işitme eşikleri ortalamasının uyumlu olması,
- 20-50 yaş aralığında olmak,

Çalışmaya dahil edilme kriterlerini karşılamayan tüm bireyler çalışmanın dışında bırakılmıştır.

3.2. Metot

Çalışmaya dahil edilen tüm katılımcılara, öncelikle otoskopik muayene yapılmıştır. REM işlemine engel olacak buşon varlığı durumunda, küretle çıkarma ya da

aspirasyon teknikleriyle dış kulak yolu temizlenmiştir. Otoskopik muayene sonucu, iletim tipi işitme kaybına sebep olabilecek patolojiye sahip olanlar çalışmaya dahil edilmemiştir. Otoskopik muayene sonrası katılımcılara, immitansmetrik değerlendirme ile saf ses odyometrisi ve konuşma testlerinden oluşan odyolojik değerlendirme yapılmıştır. Sonrasında bilateral orta derecede sensörinöral tipte işitme kaybına sahip olan katılımcılarda, işitme cihazı denemesi yapılmıştır. Çalışmamızda, Beltone Trust 17- Receiver In Ear (RIE) model işitme cihazı kullanılarak, mikrofon yönsellik modları değerlendirilmiştir. Bilateral işitme cihazı programlanmasında, üç farklı mikrofon yönsellik modunda, işitme cihazı fittingi yapılmıştır. Mikrofon yönsellik modları harici işitme cihazının diğer özellikleri, devre dışı bırakılmıştır. İşitme cihazı fittingi, REM prosedürü uygulanarak gerçekleştirilmiştir. Fitting kapsamında üç ayrı mikrofon yönsellik modu için yapılan kazanç ayarlamaları, işitme cihazlarına kaydedilmiştir. Fitting sonrasında katılımcılara, Türkçe Matriks Testi-TURMatriks (GN Otometrics; Taastrup, Denmark) uygulanmıştır. Her üç mikrofon yönsellik modunda elde edilen Türkçe Matriks Testi sonuçları karşılaştırılmıştır.

3.2.1. İmmittansmetrik değerlendirme

Çalışmaya dahil edilen tüm katılımcıların orta kulak fonksiyonları, GSI Tymptstar V.2 (Grason-stadler Inc. Tiger/USA) immitansmetre cihazıyla değerlendirilmiştir. Timpanometrik ölçümler 226 Hz’de 85 dB SPL prob ton uyaran gönderilerek gerçekleştirilmiştir. Değerlerin normal aralıkta olma koşulu, statik komplians değeri için 0,3-1,3ml arasında ve timpanik tepe basıncı değerinin -100 daPa ile + 50 daPa arasında olması kabul edilmiştir. Akustik refleks ölçümleri 500, 1000, 2000 ve 4000 Hz frekanslarında gerçekleştirilmiştir.

3.2.2. Odyolojik Değerlendirme

3.2.2.1. Saf Ses Odyometri

Çalışmaya dahil edilen tüm katılımcıların saf ses odyometri testi, Aurical Aud (GN Otometrics; Taastrup, Denmark) klinik odyometre cihazı ile yapılmıştır (Şekil 3-1).

Saf ses odyometri kapsamında katılımcıların hava yolu ve kemik yolu işitme eşikleri saptanmıştır. Hava yolu işitme eşikleri, TDH39 kulaklıklar aracılığıyla 125-8000 Hz arasında belirlenmiştir. Kemik yolu işitme eşikleri, B71 kemik vibratör

aracılığıyla 500-4000 Hz arasında belirlenmiştir. Saf ses ortalamalarını belirlemek için 500, 1000, 2000 ve 4000 Hz işitme eşiklerinin ortalaması alınmıştır.



Şekil 3-1: Aurical Aud Odyometre Cihazı.

(www.hearing-balance.natus.com)

3.2.2.2. Konuşma Odyometrisi

Çalışmaya dahil edilen tüm katılımcıların konuşma testleri, Aurical Aud (GN Otometrics; Taastrup, Denmark) odyometre cihazı ile yapılmıştır.

Konuşma odyometrisi kapsamında katılımcıların, “Konuşmayı Alma Eşiği, Konuşmayı Ayırt Etme Skoru, En Rahat Ses Seviyesi ve Rahatsız Olunan Ses Seviyesi” belirlenmiştir. Konuşmayı alma eşiği, Hacettepe Türkçe Fonetik Dengeli Üç Heceli Kelime Listesi kullanılarak belirlenmiştir. Konuşmayı ayırt etme skoru, Hacettepe Türkçe Fonetik Dengeli Tek Heceli Kelime Listesi kullanılarak belirlenmiştir. Konuşma testlerindeki uyaranlar taşıyıcı cümle eşliğinde sunulmuştur.

3.2.3. Gerçek Kulak Ölçümü

Çalışmaya dahil edilen tüm katılımcıların, cihazsız ve cihazlı yanıtları Aurical Free Fit (GN Otometrics A/S Denmark) cihazı ile belirlenmiştir (Şekil 3-2).

İşitme cihazlarının yönsellik modları dışındaki tüm eklentileri kapatılmıştır. Çok yönlü, yönsel ve asimetrik yönsel olmak üzere; her üç mikrofon yönsellik modunun da bulunduğu programlarda işitme cihazı kazançları belirlenirken gerçek kulak ölçümü prosedürü kullanılmıştır.

Gerçek kulak ölçümü öncesinde prob tüp kalibrasyonu ve hoparlör kalibrasyonu yapılmıştır. Sonrasında otoskopik bakıdan destek alarak prob tüp timpanik membranın 5 mm gerisine kadar dış kulak yoluna yerleştirilmiştir.

Sırasıyla; gerçek kulak cihazsız yanıtları ve gerçek kulak oklüde kulak kazançları ölçülmüştür. Daha sonradan cihazlı yanıtlar, her üç mikrofon yönsellik modu için ayrı ayrı belirlenmiştir. Uyaran olarak, uluslararası konuşma testi sinyali (International Speech Test Signal-*ISTS*) kullanılmıştır. Uyaran süresi, 15 sn olmakla birlikte; 50 dB, 70 dB ve 90 dB şiddet seviyelerinde uyaranlar gönderilmiştir. Cihazlı yanıtlarda elde edilen yanıtlar, hedef kazanç eğrileriyle eşleştirilene kadar işitme cihaz kazançlarında değişiklikler yapılarak işitme cihazı fittingi tamamlanmıştır.

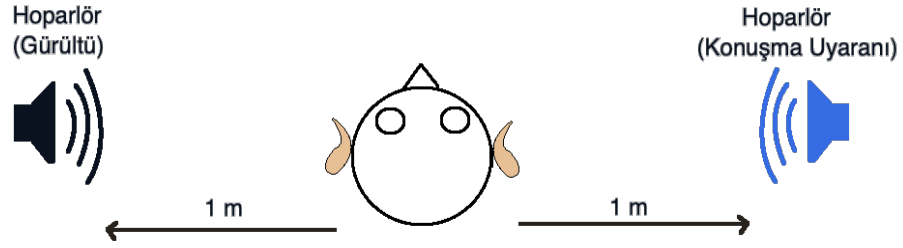


Şekil 3-2: Aurical Freefit Gerçek Kulak Ölçüm Cihazı.

(www.hearing-balance.natus.com)

3.2.4. Türkçe Matriks Testi

Gürültüde konuşma performansı değerlendirmek için *Türkçe Matriks Testi*'nin adaptif ve non-adaptif prosedürleri uygulanmıştır. Çalışmaya dahil edilen tüm katılımcıların Türkçe Matriks Testi, Aurical Aud (GN Otometrics; Taastrup, Denmark) klinik odyometre cihazı ile Oldenburg Measurement Applications (OMA) yazılımı kullanılarak uygulanmıştır. Test uyarını ve arka plan gürültüsü, iki hoparlör aracılığı ile sunulmuştur. Test uyarınının verildiği hoparlör 90° azimut yerleşimlidir. Arka plan gürültüsünün sunulduğu hoparlör ise 270° azimut yerleşimlidir. Hoparlörlerin ikisi de deneğe 1 m uzaklıkta olacak şekilde yerleştirilmiştir (Şekil 3-3).



Şekil 3-3: Türkçe Matriks Testi Uygulaması.

Türkçe Matriks Testi kapsamında, adaptif ve non-adaptif prosedürler uygulanmıştır. Katılımcılara uygulanan adaptif prosedür, sessiz ve gürültü varlığında dinleme koşullarında uygulanmıştır. Non-adaptif prosedür ise 0 dB SNR ve +10 dB SNR dinleme koşullarında gerçekleştirilmiştir. Testin uygulanışı için oluşturulmuş protokol Tablo 3-1’de gösterilmiştir.

Tablo 3-1: Deneklere Uygulanan Türkçe Matriks Testi Prosedürleri, Mikrofon Yönsellik Modları ve Test Sırasının Sunumu.

Test Sırası	Mikrofon Yönsellik Modu	Adaptif Prosedür	Non-Adaptif Prosedür
1	Çok Yönlü	Sessiz	
2	Yönsel	Sessiz	
3	Asimetrik Yönsel	Sessiz	
4	Çok Yönlü	Gürültü	
5	Yönsel	Gürültü	
6	Asimetrik Yönsel	Gürültü	
7	Çok Yönlü		+10 dB SNR
8	Yönsel		+10 dB SNR
9	Asimetrik Yönsel		+10 dB SNR
10	Çok Yönlü		0 dB SNR
11	Yönsel		0 dB SNR
12	Asimetrik Yönsel		0 dB SNR

Adaptif-sessiz prosedüründe; konuşma uyararı sunumuna, 90° azimut yerleşimli hoparlörden 25 dB şiddet seviyesinde başlanmıştır. Konuşma uyararının şiddet seviyesi, test boyunca katılımcının cevaplarına bağlı olarak, artış ve azalış şeklinde değişmektedir. Şiddet seviyesinin değişimi ise katılımcıların cevaplarına bağlı olarak, yazılım tarafından otomatik olarak gerçekleştirilmektedir.

Adaptif-gürültü prosedüründe; konuşma uyararı, 90° azimut yerleşimli hoparlörden 65 dB şiddet seviyesinde sunularak teste başlanmıştır. Gürültünün şiddet seviyesi, 65 dB seviyesinde sunulmuştur ve test boyunca bu seviyede sabit tutulmuştur. Gürültü seviyesi sabit olarak kalırken; konuşma uyararı seviyesi test boyunca katılımcının cevaplarına bağlı olarak, artış ve azalış şeklinde değişmektedir. Şiddet seviyesinin değişimi ise katılımcıların cevaplarına bağlı olarak, yazılım tarafından otomatik olarak gerçekleştirilmektedir.

Non Adaptif prosedürde; sinyal gürültü oranı (SNR) sabit tutulmuştur. 0 dB SNR ve +10 dB SNR, sinyal gürültü oranlarında gerçekleştirilen Non-Adaptif prosedürde, konuşma uyararı 65 dB şiddet seviyesinde sunulmuştur. Gürültü şiddet seviyeleri ise SNR'ye bağlı olarak; Non-Adaptif 0 dB SNR dinleme koşulunda 65 dB şiddet seviyesinde ve Non-Adaptif +10 dB SNR dinleme koşulunda ise 55 dB şiddet seviyesinde sunulmuştur. Her iki Non-Adaptif prosedürde de konuşma uyararı, 90° azimut yerleşimli hoparlörden sunulurken; gürültü 270° azimut yerleşimli hoparlörden sunulmuştur.

Türkçe Matriks Testi kapsamında belirtilen 4 alt testin her biri, her üç mikrofon yönsellik modu için de ayrı ayrı uygulanmıştır.

3.2.5. İstatistiksel Analiz

Yapılan post hoc power analizine göre; ortalamalar arasındaki 18.68 birimlik farkı, standart sapmalar sırasıyla 5.45 ve 1,94 olarak alıp, anlamlı olarak belirleyebilmek için %95 güven düzeyinde ve 0.05 anlamlılık seviyesinde $n=32$ kişi ile %85 güç elde edilmiştir.

Verilerin dağılımı, *Shapiro Wilk* testi ile değerlendirilmiştir. Normal dağılıma sahip verilerin iki grup arasındaki karşılaştırmasında bağımsız örneklem *t-testi* kullanılmıştır. Normal dağılıma sahip olmayan verilerin iki grup arasındaki karşılaştırmasında, *Mann Whitney U* testi uygulanmıştır. Nümerik değişkenler arasındaki ilişkinin

incelenmesinde, *Spearman Korelasyon analizi* kullanılmıştır. Normal dağılıma sahip nümerik verilerin tanımlayıcı istatistikleri, *ortalama±standart sapma*, normal dağılıma sahip olmayan nümerik verilerin tanımlayıcı istatistikleri, *medyan (minimum-maximum)* olarak açıklanmıştır. Tüm istatistiksel analizler IBM SPSS Statistics 22.0 programında $p=0.05$ anlamlılık seviyesinde analiz edilip raporlanmıştır.



4. BULGULAR

Çalışmaya, yaşları 20-50 (40.41 ± 9.92) arasında değişen $n=32$ (18 Kadın, 16 Erkek) işitme kayıplı birey dahil edilmiştir. Katılımcıların yaş ve cinsiyet dağılımları, Tablo 4-1’de gösterilmiştir.

Tablo 4-1: Katılımcıların Yaş ve Cinsiyet Dağılımları.

Cinsiyet				Yaş		
Kadın		Erkek		Minimum	Maksimum	Ort. $\pm$ ss.
Sayı	%	Sayı	%			
18	56.25	14	43.75	20	50	40.41 ± 9.92

Katılımcıların saf ses odyometrisinde elde edilen hava yolu ve kemik yolu eşikleri ile dört frekans ortalaması (500, 1000, 2000 ve 4000 Hz) alınarak elde edilen saf ses ortalamaları (SSO), Tablo 4-2’de gösterilmiştir.

Tablo 4-2: Katılımcıların Saf Ses Odyometri Bulguları.

Test Kulağı	Hava Yolu SSO (dB)	Kemik Yolu SSO (dB)
	Ort. $\pm$ ss.	Ort. $\pm$ ss.
Sağ	52.78 ± 6	48.16 ± 5.90
Sol	53.81 ± 5.32	48.53 ± 5.21

Katılımcıların konuşma odyometrisinde, SRT testinden elde edilen bulgular dB cinsinden; SDS testinden elde edilen bulgular %’lik performans cinsinden Tablo 4-3’de gösterilmiştir.

Tablo 4-3: Katılımcıların Konuşma Odyometrisi Sonuçları.

Test Kulağı	SRT (dB)	SDS (%)
	Ort. $\pm$ ss.	Ort. $\pm$ ss.
Sağ	48.28 $\pm$ 6.91	80.34 $\pm$ 7.91
Sol	49.63 $\pm$ 6.76	80.69 $\pm$ 7.49

Tüm katılımcılara, her üç mikrofon yönsellik modunda, TURMatriks alt testleri uygulanmıştır. Bu alt testler; Test 1: Adaptif-Sessiz Prosedürü, Test-2: Adaptif-Gürültü Prosedürü, Test-3: Non-Adaptif Prosedür +10 dB SNR, Test-4: Non-Adaptif Prosedür 0 dB SNR olmak üzere kategorilendirilmiştir. İşitme cihazı mikrofon yönsellik modları ise; çok yönlü, yönsel, asimetrik yönsel olmak üzere kategorilendirilmiştir.

Katılımcılara farklı mikrofon yönsellik modlarında, sessiz ortamda ve gürültülü ortamda adaptif matriks prosedürleri uygulanmıştır. Her iki prosedürde elde edilen %50 konuşmayı alma seviyesine ilişkin değerler Şekil 4-1’de gösterilmiştir.

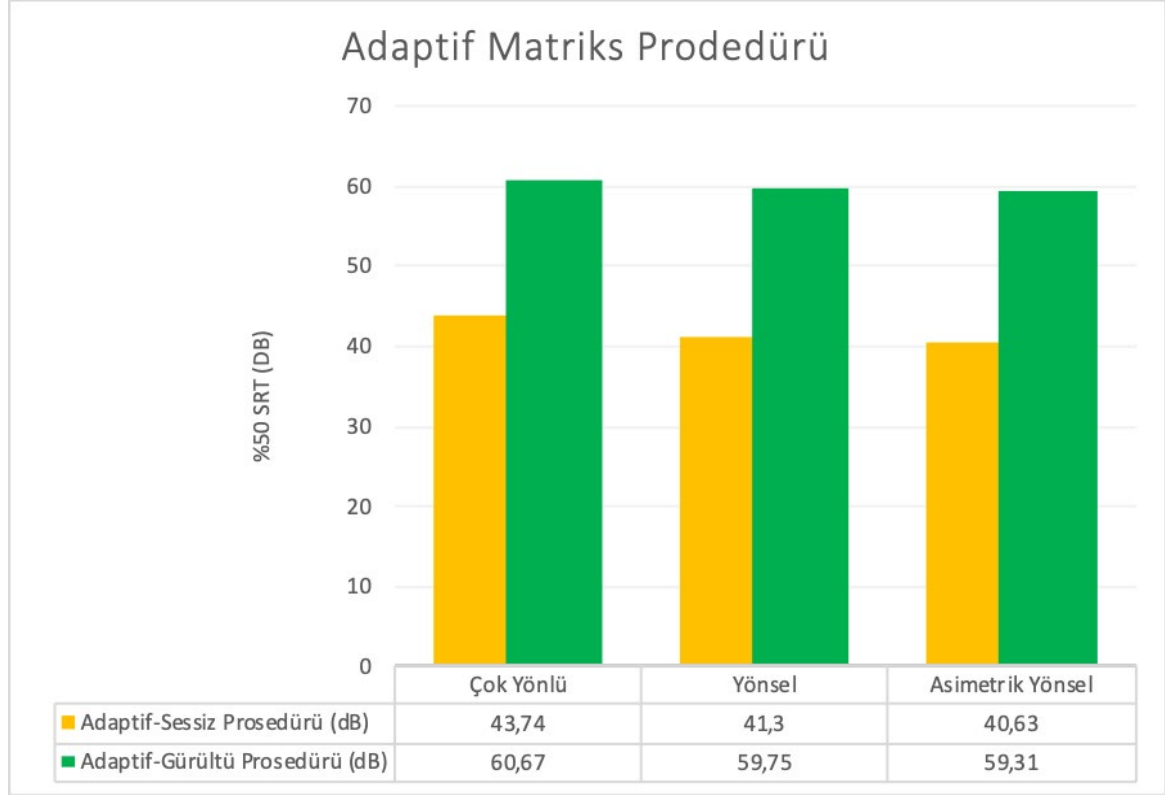
Tablo 4-4 incelendiğinde, aynı cihazın 3 farklı modunda, Adaptif-Sessiz Prosedürü ve Adaptif-Gürültü Prosedürü uygulanmış olup, elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında, her üç mikrofon yönsellik modu için de uygulanan prosedürler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gözlenmiştir($p<0.001$).

Çok yönlü mikrofon modu ile Adaptif-Sessiz Prosedür sonucunda elde edilen değerlerin gürültülü ortamda uygulanan prosedürden elde edilen değerlere kıyasla anlamlı olarak daha düşük olduğu sonucuna varılmıştır. Buna göre; gürültülü ortamda %50 konuşmayı alma seviyesinin arttığı ve performansın kötüleştiği görülmektedir (Tablo 4-4).

Yönsel mikrofon modu ile Adaptif-Sessiz Prosedür sonucunda elde edilen değerlerin gürültülü ortamda uygulanan prosedürden elde edilen değerlere kıyasla anlamlı olarak daha düşük olduğu sonucuna varılmıştır. Buna göre; gürültülü ortamda %50 konuşmayı alma seviyesinin arttığı ve performansın kötüleştiği görülmektedir (Tablo 4-4).

Asimetrik yönsel mikrofon modu ile Adaptif-Sessiz Prosedür sonucunda elde edilen değerlerin gürültülü ortamda uygulanan prosedürden elde edilen değerlere kıyasla anlamlı olarak daha düşük olduğu sonucuna varılmıştır. Buna göre; gürültülü

ortamda %50 konuşmayı alma seviyesinin arttığı ve performansın kötüleştiği görülmektedir (Tablo 4-4).



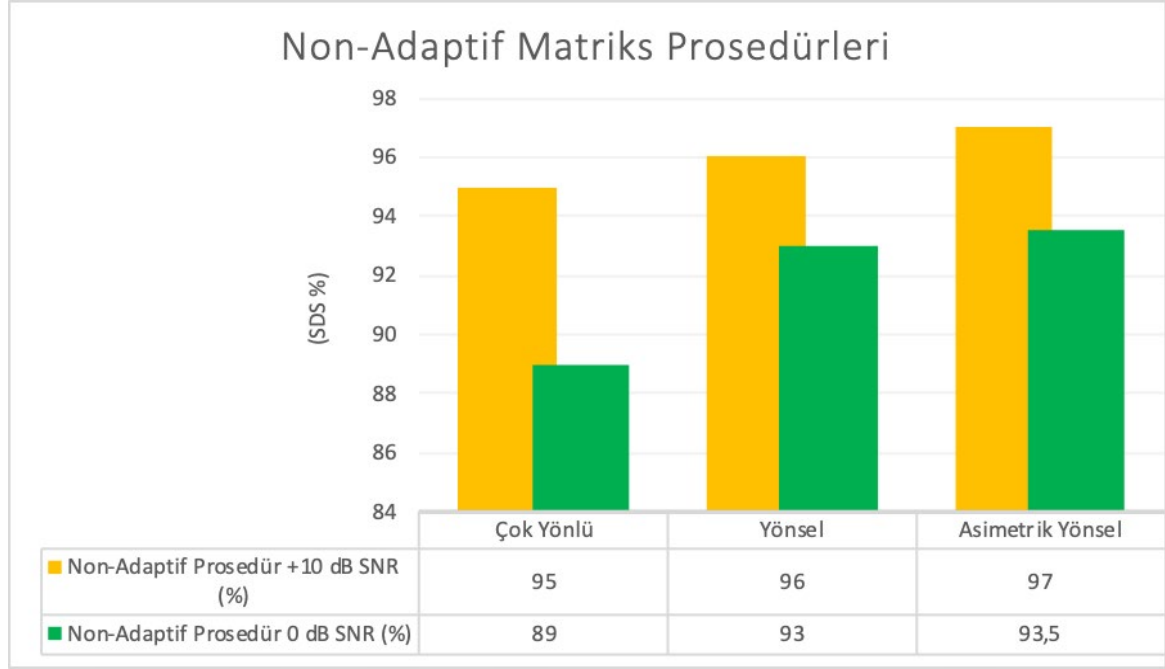
Şekil 4-1: Farklı mikrofön yönsellik modlarında, Adaptif-Sessiz ve Adaptif-Gürültü prosedürlerinde %50 SRT'nin elde edildiği şiddet seviyelerinin dB cinsinden karşılaştırılması.

Tablo 4-4: Farklı mikrofön yönsellik modlarında, Adaptif-Sessiz ve Adaptif-Gürültü prosedürlerinde %50 SRT'nin elde edildiği şiddet seviyelerinin dB cinsinden karşılaştırılması.

Mikrofön Yönsellik Modları	Adaptif-Sessiz Prosedürü (dB) (Ort ± ss)	Adaptif-Gürültü Prosedürü(dB) (Ort ± ss)	p ^{a,b} -value
Çok Yönlü	43.74±6.35	60.67±2.30	p ^a <0.001
Yönsel	41.30(30.70-54.30)	59.75(56.10-68.40)	p ^b <0.001
Asimetrik Yönsel	40.63±5.45	59.31±1.94	p ^a <0.001

P^a: Bağımsız örneklem t testine ait p değeridir. P^b: Mann Whitney U testine ait p değeridir. *Veriler ortalama±standart sapma ve medyan(min-max) olarak açıklanmıştır.

Katılımcılara farklı mikrofon yönsellik modlarında, Non-Adaptif Matriks Prosedürü +10 dB SNR ve Non-Adaptif Matriks Prosedürü 0 dB SNR testleri uygulanmıştır. Her iki alt testte elde edilen konuşma anlaşılabilirliği performansı Şekil 4-2’de gösterilmiştir.



Şekil 4-2: Farklı mikrofon yönsellik modları için Non-Adaptif Matriks Prosedürü +10 dB SNR ve Non-Adaptif Matriks Prosedürü 0 dB SNR testlerinde elde edilen SDS değerlerin %’lik cinsinden karşılaştırılması.

Tablo 4-5: Farklı mikrofon yönsellik modları için Non-Adaptif Matriks Prosedürü +10 dB SNR ve Non-Adaptif Matriks Prosedürü 0 dB SNR testlerinde elde edilen SDS değerlerin %’lik cinsinden karşılaştırılması.

Mikrofon Yönselik Modları	Non-Adaptif Prosedür +10 dB SNR (SDS %) Ort (Min-Max)	Non-Adaptif Prosedür 0 dB SNR (SDS%) Ort (Min-Max)	P ^{a,b} -value
Çok Yönlü	95(49-100)	89(59-98)	p ^b =0.008
Yönsel	96(64-100)	93(61-100)	p ^b =0.079
Asimetrik Yönsel	97(69-100)	93.50(64-100)	p ^b =0.037

P^b: Mann Whitney U testine ait p değeridir. *Veriler medyan(min-max) olarak açıklanmıştır.

Tablo 4-5 incelendiğinde, aynı cihazın 3 farklı modunda, Non-Adaptif Matriks +10 dB SNR prosedürü ve Non-Adaptif Matriks 0 dB SNR prosedürü uygulanmış olup,

elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında çok yönlü mikrofon modu ve asimetrik yönlü mikrofon modunda uygulanan prosedürler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmuştur (sırasıyla $p=0.008$, $p=0.037$).

Yönsel mikrofon modunda, Non-Adaptif Matriks +10 dB SNR prosedürü ve Non-Adaptif Matriks Prosedürü 0 dB SNR prosedürü uygulanmış olup elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında istatistiksel olarak testler arasında anlamlı bir farklılık bulunamamıştır (Tablo 4-5), ($p=0.079$).

Hem çok yönlü mikrofon modu hem de asimetrik yönsel mikrofon modunda, Non-Adaptif Matriks Prosedürü +10 dB SNR prosedürü sonucunda elde edilen değerlerin Non-Adaptif Matriks Prosedürü 0 dB SNR prosedürden elde edilen değerlere kıyasla anlamlı olarak daha yüksek olduğu sonucuna varılmıştır. Buna bağlı olarak, Non-Adaptif Matriks Prosedürü 0 dB SNR prosedüründe konuşma anlaşılabilirliğinin azaldığı ve performansın kötüleştiği görülmektedir (Tablo 4-5).

Üç farklı mikrofon yönsellik modunda Gürültülü Ortamda Adaptif Matriks Prosedürü ve Non-Adaptif Matriks Prosedürü +10 dB SNR prosedüründen elde edilen sonuçlar arasındaki ilişkiye ve Gürültülü Ortamda Adaptif Matriks Prosedürü ve Non-Adaptif Matriks Prosedürü 0 dB SNR prosedüründen elde edilen sonuçlar arasındaki ilişkiye yönelik Spearman Korelasyon analizi sonuçları Tablo 4-6 ve Tablo 4-7’de özetlenmiştir.

Tablo 4-6: Farklı mikrofon yönsellik modlarında, Adaptif-Gürültü Prosedürü testinde elde edilen SNR (dB) değeri negativitesinin, Non-Adaptif Prosedür +10 dB SNR testinde elde edilen yüksek SDS (%) performansı ile ilişkisinin değerlendirilmesi.

		Non-Adaptif Prosedür +10 dB SNR	
Çok Yönlü	Adaptif-Gürültü Prosedürü	r	-0.646
		p	$p<0.001$
		Non-Adaptif Prosedür +10 dB SNR	
Yönsel	Adaptif-Gürültü Prosedürü	r	-0.646
		p	$p<0.001$
		Non-Adaptif Prosedür +10 dB SNR	
Asimetrik Yönsel	Adaptif-Gürültü Prosedürü	r	-0.595
		p	$p<0.001$

*p değerleri Spearman korelasyon katsayısına ait p değeridir.

İşitme cihazının çok yönlü, yönsel ve asimetrik yönsel modlarında, Adaptif-Gürültü Prosedürü testinde elde edilen SNR (dB) değerleri ve Non-Adaptif Prosedür +10 dB SNR testinde elde edilen SDS (%) değerleri arasındaki ilişki incelenmiştir ve her üç mikrofon yönsellik modu için negatif yönde anlamlı bir ilişki saptanmıştır ($p<0.001$). Buna göre katılımcılara, her üç yönsellik modunda ayrı ayrı Adaptif-Gürültü Prosedürü uygulandığında, daha düşük SNR değerlerinin elde edilmesiyle birlikte Non-Adaptif Prosedür +10 dB SNR testlerinden elde edilen konuşma performanslarında anlamlı olarak iyileşme gözlenmiştir (Tablo 4-6).

Tablo 4-7: Farklı mikrofon yönsellik modlarında, Adaptif-Gürültü Prosedürü testinde elde edilen SNR (dB) değeri negativitesinin, Non-Adaptif Prosedür 0 dB SNR testinde elde edilen en yüksek SDS (%) performansı ile ilişkisinin değerlendirilmesi.

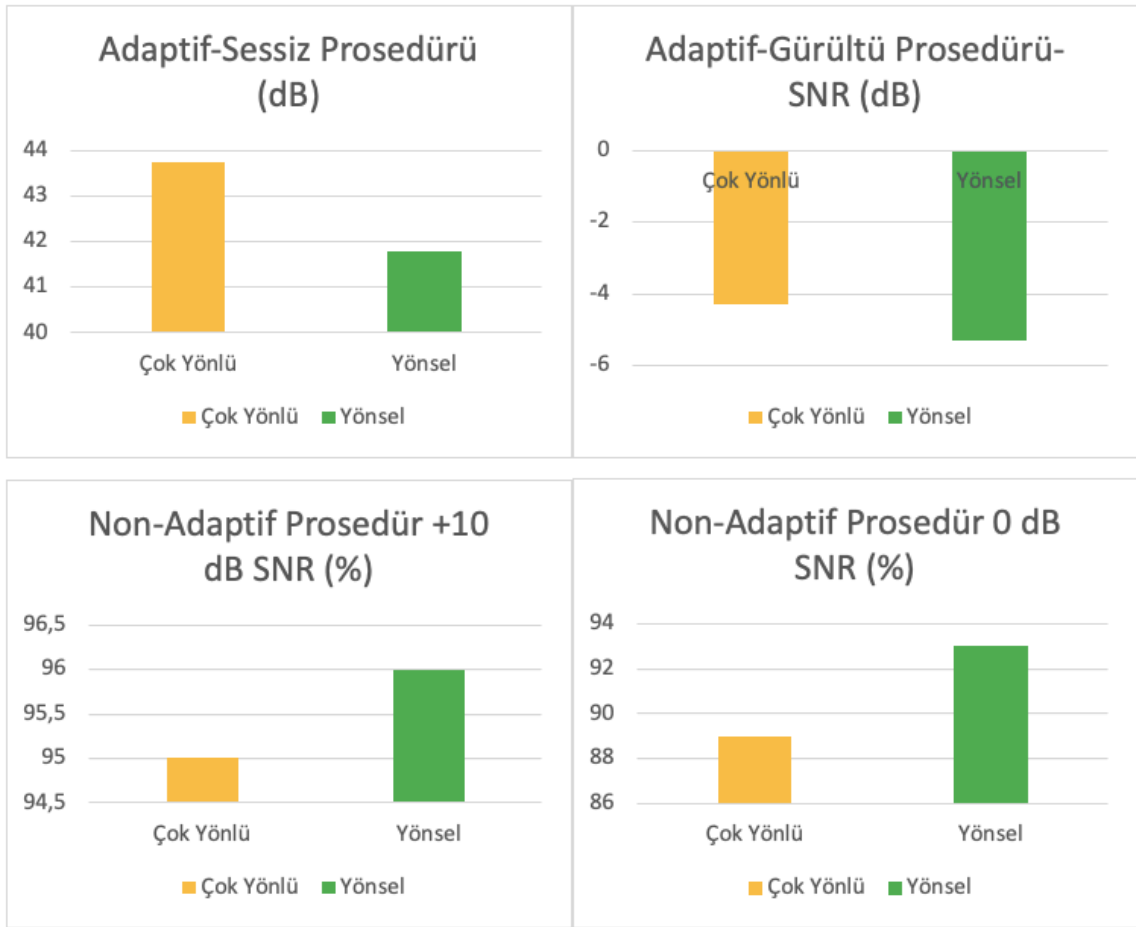
		Non-Adaptif Prosedür 0 dB SNR	
Çok Yönlü	Adaptif-Gürültü Prosedürü	<i>r</i>	-0.700
		<i>p</i>	$p<0.001$
		Non-Adaptif Prosedür 0 dB SNR	
Yönsel	Adaptif-Gürültü Prosedürü	<i>r</i>	-0.710
		<i>p</i>	$p<0.001$
		Non-Adaptif Prosedür 0 dB SNR	
Asimetrik Yönsel	Adaptif-Gürültü Prosedürü	<i>r</i>	-0.764
		<i>p</i>	$p<0.001$

*p değerleri Spearman korelasyon katsayısına ait p değeridir.

İşitme cihazlarının çok yönlü, yönsel ve asimetrik yönsel modlarında Adaptif-Gürültü Prosedürü testinde elde edilen SNR (dB) değerleri ve Non-Adaptif Prosedür +10 dB SNR testinde elde edilen SDS (%) değerleri arasındaki ilişki incelenmiştir ve her üç mikrofon yönsellik modu için negatif yönde anlamlı bir ilişki saptanmıştır ($p<0.001$). Buna göre katılımcılara, her üç yönsellik modunda ayrı ayrı Adaptif-Gürültü Prosedürü uygulandığında, daha düşük SNR değerlerinin elde edilmesiyle birlikte Non-Adaptif Prosedür 0 dB SNR testlerinden elde edilen performanslarda anlamlı olarak iyileşme gözlenmiştir (Tablo 4-7).

Her bir alt test için mikrofon yönsellik modları arasında ikili olarak elde edilen değerlerin arasındaki farklılığın değerlendirilmesine ait sonuçlar Tablo 4-8, 4-9, 4-10'da özetlenmiştir.

Türkçe Matriks Testi'nin yapılan 4 farklı alt testinin, cihazın üç farklı yönsellik modunun ikili kombinasyonlarına göre değerlendirilmesine yönelik yapılan istatistiksel analizde Tablo 4-8'de çok yönlü ve yönsel mikrofon modlarında, 4 alt testten de elde edilen sonuçların gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yaratmadığı sonucuna varılmıştır ($p>0.05$). Her iki yönsellik modunda elde edilen veriler Şekil 4-3'de gösterilmektedir.



Şekil 4-3: Çok yönlü ve yönsel mikrofon modlarının TURMatriks alt testlerinde elde edilen verileri.

Tablo 4-8: TURMatriks alt testlerinden elde edilen sonuçların, çok yönlü ve yönsel mikrofon modlarının karşılaştırılması.

	Çok Yönlü	Yönsel	P^{a,b}-value
Adaptif-Sessiz Prosedürü-SRT (dB)	43.74±6.35	41.78±5.17	0.181 ^a
Adaptif-Gürültü Prosedürü-SNR (dB)	-4.30(-8.40:1.70)	-5.30(-8.90:1.70)	0.058 ^b
Non-Adaptif Prosedür +10 dB SNR-SDS (%)	95(49-100)	96(64-100)	0.571 ^b
Non-Adaptif Prosedür 0 dB SNR-SDS (%)	89(59-98)	93(61-100)	0.129 ^b

P^a: Bağımsız örneklem t testine ait p değeridir. P^b: Mann Whitney U testine ait p değeridir. *Veriler ortalama±standart sapma ve medyan(min-max) olarak açıklanmıştır.

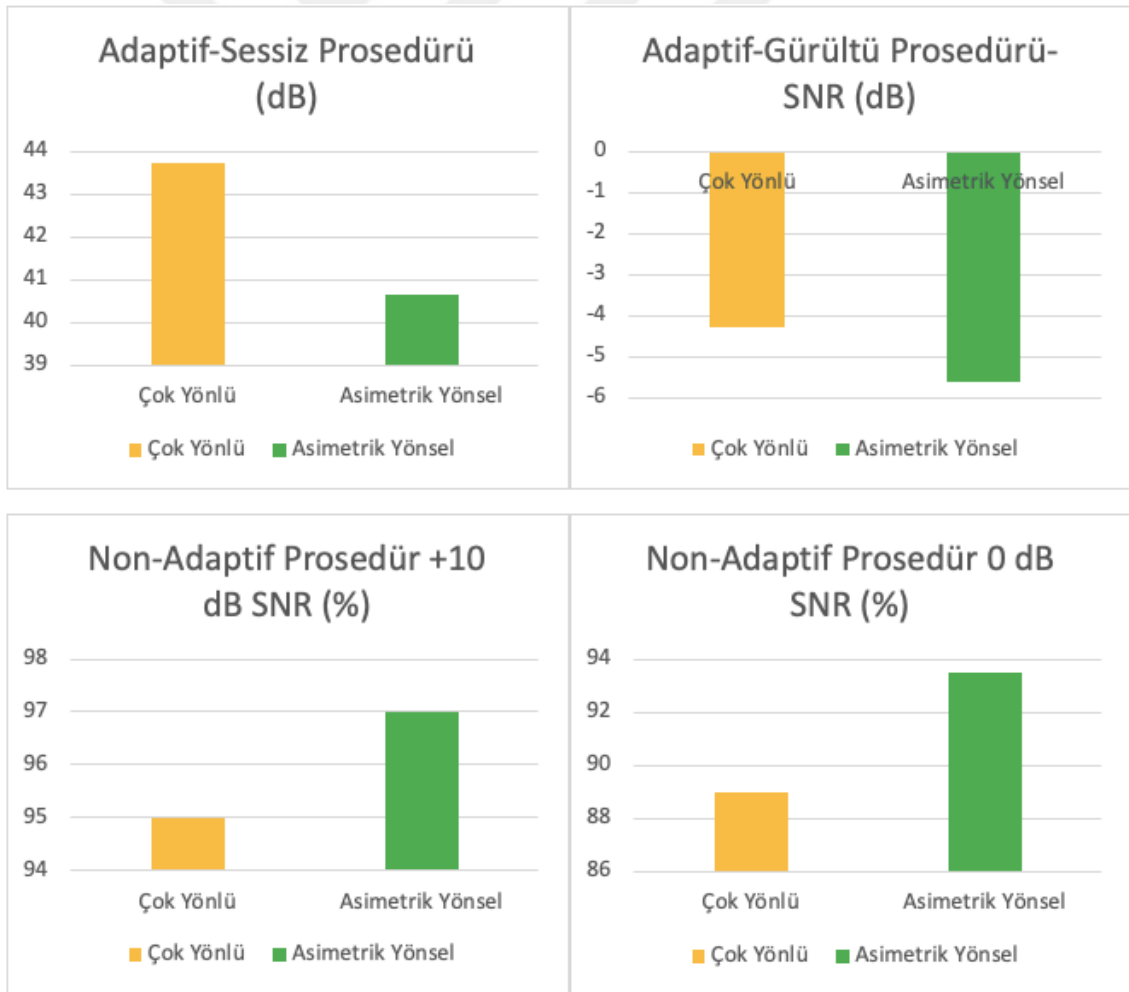
Çok yönlü ve asimetrik yönsel mikrofon modlarının, TURMatriks testinin 4 alt testinden elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında, Adaptif-Sessiz Prosedürü, Adaptif-Gürültü Prosedürü ve Non-Adaptif Prosedür 0 dB SNR testlerinden elde edilen sonuçlar iki mikrofon yönsellik modu arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gözlenmiştir (sırasıyla; p=0.040, p=0.021, p=0.042). Yapılan karşılaştırmaların istatistiksel analizi, Tablo 4-9’da bulunmaktadır. Her iki yönsellik modunda elde edilen veriler Şekil 4-4’de gösterilmektedir.

Bu sonuçlara göre; Adaptif-Sessiz Prosedürü testinden elde edilen sonuçlar, çok yönlü mod ile %50 konuşmayı anlama için gerekli şiddet seviyesi, asimetrik yönsel moda kıyasla anlamlı olarak daha yüksek bulunmuştur (p=0,04). Adaptif-Gürültü Prosedürü testinden elde edilen sonuçlar, çok yönlü mod ile gürültüde %50 konuşmayı anlama için gerekli SNR değeri, asimetrik yönsel moda kıyasla anlamlı olarak daha yüksek elde edilmiştir (p=0,021). Non-Adaptif Prosedür 0 dB SNR testinde elde edilen sonuçlar, çok yönlü mod ile elde edilen konuşma anlaşılabilirliği, asimetrik yönsel moda kıyasla anlamlı olarak daha düşük olduğu saptanmıştır (p=0,042). Non-Adaptif Prosedür +10 dB SNR testinde elde edilen sonuçlar ise çok yönlü ve asimetrik yönsel modlar için istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yaratmamıştır (p=0.134) (Tablo 4-9).

Tablo 4-9: TURMatriks alt testlerinden elde edilen sonuçların, çok yönlü ve asimetrik yönsel mikrofon modları ile karşılaştırılması.

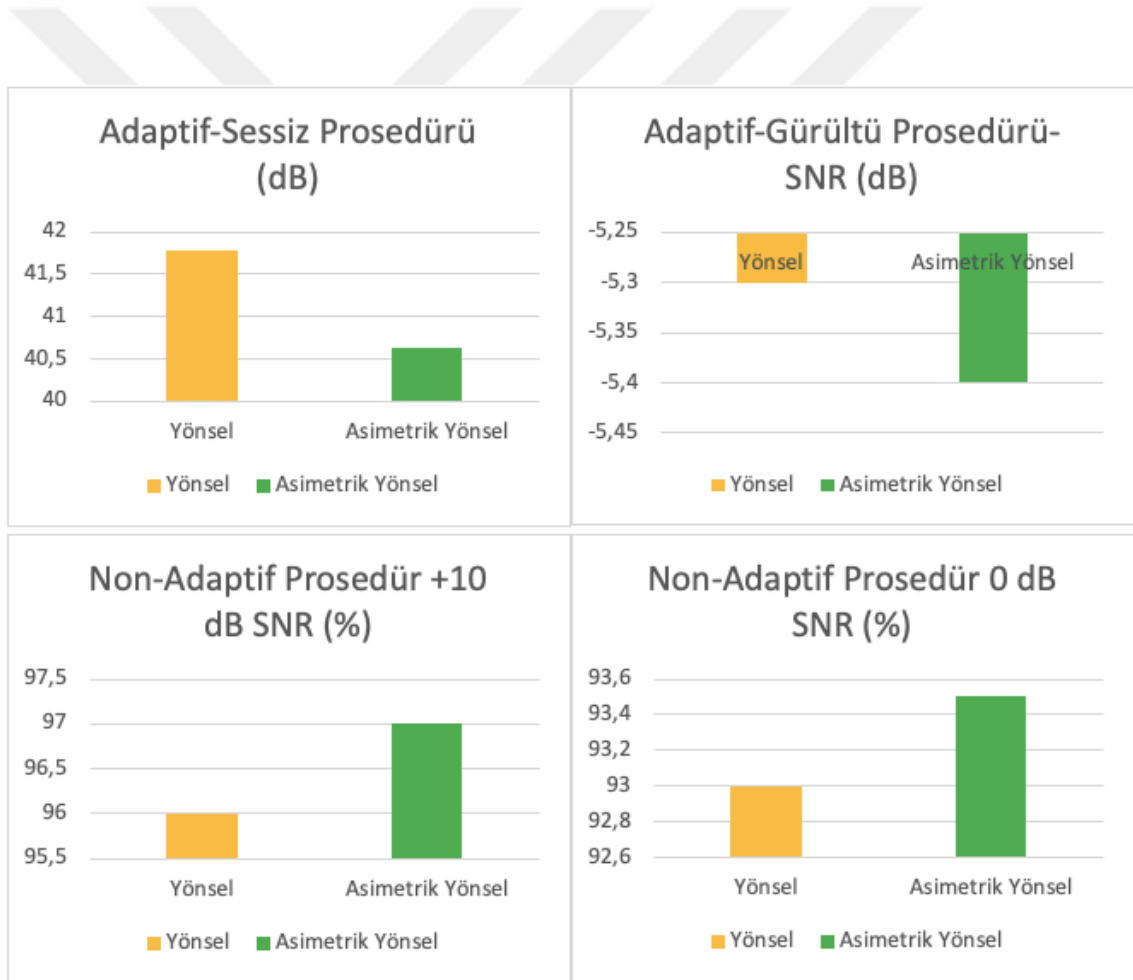
	Çok Yönlü	Asimetrik Yönsel	P ^{a,b} -value
Adaptif-Sessiz Prosedürü-SRT (dB)	43.74±6.35	40.63±5.45	0.040^a
Adaptif-Gürültü Prosedürü-SNR (dB)	-4.28±2.39	-5.61±2.07	0.021^a
Non-Adaptif Prosedür +10 dB SNR-SDS (%)	95(49-100)	97(69-100)	0.134 ^b
Non-Adaptif Prosedür 0 dB SNR-SDS (%)	89(59-98)	93.50(64-100)	0.042^b

P^a: Bağımsız örneklem t testine ait p değeridir. P^b: Mann Whitney U testine ait p değeridir. *Veriler ortalama±standart sapma ve medyan(min-max) olarak açıklanmıştır.



Şekil 4-4: Çok yönlü ve asimetrik yönsel mikrofon modlarının, TURMatriks alt testlerinde elde edilen verileri.

Yönsel ve asimetrik yönsel mikrofon modlarının, TURMatriks testinin 4 alt testinden elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında, mikrofon yönsellik modları arasında Adaptif-Sessiz Prosedürü, Adaptif-Gürültü Prosedürü, Non-Adaptif Prosedür +10 dB SNR ve Non-Adaptif Prosedür 0 dB SNR testlerinden elde edilen sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı bir farklılığa sahip değildir ($p>0.05$). Yapılan karşılaştırmaların istatistiksel analizi, Tablo 4-10'da bulunmaktadır. Her iki yönsellik modunda elde edilen veriler Şekil 4-5'de gösterilmektedir.



Şekil 4-5: Yönsel ve asimetrik yönsel mikrofon modlarının, TURMatriks alt testlerinde elde edilen verileri.

Tablo 4-10: TURMatriks alt testlerinden elde edilen sonuçların, yönsel ve asimetrik yönsel mikrofon modları ile karşılaştırılması.

	Yönsel	Asimetrik Yönsel	P^{a,b}-value
Adaptif-Sessiz Prosedür- SRT (dB)	41.78±5.17	40.63±5.45	0.392 ^a
Adaptif-Gürültü Prosedürü-SNR (dB)	-5.30 (-8.90:1.70)	-5.40 (-10.10:0.70)	0.610 ^b
Non-Adaptif Prosedür +10 dB SNR-SDS (%)	96 (64-100)	97 (69-100)	0.318 ^b
Non-Adaptif Prosedür 0 dB SNR-SDS (%)	93 (61-100)	93.50 (64-100)	0.623 ^b

P^a: Bağımsız örneklem t testine ait p değeridir. P^b: Mann Whitney U testine ait p değeridir. *Veriler ortalama±standart sapma ve medyan(min-max) olarak açıklanmıştır.

5. TARTIŞMA

İşitme kaybının sosyalleşme, çalışma, iletişim kurma, güvende kalma ve çevremizdeki dünyayla bağlantıda olma becerileri üzerinde ciddi etkileri olabilmektedir (Garstecki, 1987). İşitme kaybı, sadece çevresel sesleri fark etme, anlama ya da tanımlama gibi temel işitsel becerileri etkilemez. Aksine gürültü, reverberasyon ya da rakip bir konuşmacı varlığında konuşmayı anlama ve algılama gibi karmaşık işitsel beceriler de işitme kaybından etkilenmektedir.

Yükselmiş işitme eşikleri, genel olarak gürültü varlığında konuşma performansının bozulmasına neden olur. Ancak bu durum, dinleme görevine ve akustik çevreye de bağlıdır. Unilateral işitme kaybı olan bireyler, monaural veya dikotik konuşma testlerinde normal performans gösterirken; binaural işleme gerektiren görevlerde zorluk yaşayabilirler. Ek olarak, orta derecede ve daha fazla işitme kaybı olan dinleyicilerin, işitsel kod çözme açıklarından dolayı, eş zamanlı olarak sunulan akustik uyarıların olduğu dinleme koşullarında, konuşma anlaşılabilirliği performanslarında ve iletişim becerilerinde dramatik düşüşler gözlenmektedir. Bu nedenle, dinleyicilerin çeşitli gürültüde konuşma koşullarında, iletişim yeteneklerini ve işlevsel işitme kapasitelerini değerlendirmek oldukça önemlidir (Le Prell & Clavier, 2017).

İşitme cihazlarındaki yönsel mikrofonlar, dinleyiciye önden gelen sesleri iletirken; diğer yönlerden gelen sesleri zayıflatmak amacıyla tasarlanmıştır (Kuk et al., 2005). Yönsel mikrofonlar, bu özellikleri sayesinde gürültüde konuşmayı anlamada önemli bir rol oynarlar, çünkü yönsel hassasiyetleri sayesinde interaural ipuçlarını korurlar. Yönsel mikrofonlar, SNR'yi 6dB'ye kadar artırabilir (Ricketts & Dittberner, 2002). Özellikle konuşma ve gürültünün farklı yönlerden geldiği durumlarda, lokalizasyon becerilerini ve bunun bir sonucu olarak da konuşmayı tanıma becerilerini iyileştirebilmektedirler (Ricketts et al., 2005).

Kablosuz iletişim olmadan, binaural işitme cihazlarındaki yönselliğin, lokalizasyon ipuçlarını, yani intearaural zaman (ITD) ve şiddet (ILD) farkı ipuçlarını bozduğu bildirilmiştir. Bu durum, lokalizasyonda ve gürültüde konuşma algısında zayıf performansa yol açmaktadır (Keidser et al., 2006). Bu nedenle, ILD ve ITD ipuçlarını

korumaya yardımcı olan ve işitme cihazları arasında iletişimi kolaylaştıran, kablosuz senkronizasyon teknolojisi geliştirilmiştir. Bu teknolojiyi kullanan işitme cihazları birbirleriyle iletişim kurar, işitsel sisteme binaural bilgi verir ve yönsel mikrofonların başarısını arttırır (Kreisman et al., 2010).

İşitme cihazı uygulamasında, öncelikle hasta için uygun cihazın seçildiğinden emin olunmalıdır. Uygun cihaz seçimi sonrasındaki adım ise doğru kazanç ayarlarının yapılmasıdır. (Jorgensen, 2016), seçilen kazanç formüllerine bağlı olarak, işitme cihazı fitting yazılımı tarafından ön görülen kazancın yeterli olmayacağını ve doğrulama tekniği olan gerçek kulak ölçümüyle kazanç ayarlarının doğrulanması gerektiğini savunmaktadır. Bizim çalışmamızda da işitme cihazı kazanç ayarlarının doğrulanması, REM prosedürü kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Yapılan değerlendirmeler öncesi, REM prosedürü ile kazanç ayarlarının doğrulanması sonucu, işitme cihazı kaynaklı, testlerde olası konuşma performansı düşüşünün önüne geçilmiştir.

Yönsel mikrofonlar ile yapılan çalışmalarda, hafif ile orta derecede işitme kaybı olan dinleyicilere odaklanılmıştır. Picou ve Ricketts (2017), ileri ve çok ileri derecede işitme kayıplarının daha düşük dereceli işitme kayıplarına kıyasla, yönlü mikrofonlardan görülen faydanın sınırlı olması ve konuşmayı anlama performansının daha kötü olması gibi klinik tablolarla karşılaşıldığını bildirmektedir. Bizim çalışmamızda da ileri ve çok ileri derecede işitme kaybı derecelerinin olumsuz etkilerinin önüne geçmek ve işitme cihazı mikrofonlarındaki yönsellik teknolojilerini daha etkili bir şekilde değerlendirmek amacıyla, bilateral orta ve orta ileri derecede işitme kaybına sahip olan bireyler çalışmaya dahil edilmiştir.

Zokoll ve ark. (2015), Türk dili için, klinik kullanımda en yaygın konuşma odyometrisi testlerinden ve sınırlılıklarından bahsetmişlerdir. Sessiz ortamda sunulan izole tek ve çok heceli kelimelerden oluşan konuşma testlerinin aksine cümle testlerinin kullanımının, günlük hayattaki gürültüde dinleme koşullarını daha etkili bir şekilde yansıttığı düşünülmektedir. Ayrıca tek heceli kelimelerden oluşan konuşma tanıma testleri, dinleyicilerin dikkatini her test ögesinin sunulduğu ana yönlendirmek için taşıyıcı cümle kullanılmasıyla gerçekleştirilir. Bu durum, dinleyiciden ek bilgi almadan, ek ölçüm süresi gerektirir ve birim zamana daha az sayıda kelime düşmesiyle sonuçlanır. Öte yandan, taşıyıcı cümle haricinde kelimeler, kendi içlerinde de doğal ipucu dizileri sağlar. Sonuç olarak, günlük hayatta ortalama 7-8 heceli cümlelerle karşılaşan dinleyicilerin işitme değerlendirmesinde, sessiz ortamda sunulan izole

kelimeler kullanılırsa, Türkçe Matriks Testi gibi gürültüde konuşma testlerinin daha etkili araçlar olduğu savunulmaktadır.

Kelly ve ark. (2017), konuşma materyalinden rastgele seçilmiş kelimelerle oluşturulan 5 kelimeli cümleleri içeren Matriks Cümle Testi'nin, diğer gürültüde konuşma testlerine göre avantajları olduğunu savunmaktadırlar. Matriks testi cümlelerinin, sabit sentaktik yapısı mevcuttur ve tüm cümlelerin zorluk dereceleri aynıdır. Bu durum ise, farklı yaşlarda hastaların değerlendirilmesine; kişilerin eğitsel donanımlarının ve bilişsel kapasitelerinin karşılaştırılmasına olanak tanır. Rastgele kelime seçimi ile oluşturulan cümleler ise öngörülebilirliği ve cümle tahminini önler. Bizim çalışmamızda da bahsedilen avantajlarından dolayı, gürültüde konuşma becerilerini değerlendirmek amacı ile Türkçe Matriks Testi tercih edilmiştir.

Schädler ve ark. (2015), normal işiten bireylerde gürültüde otomatik konuşmayı anlama becerisini değerlendirmişlerdir. Durağan gürültünün ve çoklu-konuşmacı gürültüsünün karşılaştırıldığı çalışmada, her iki gürültü türünde de yüksek konuşmayı anlama performansı gözlenmesiyle birlikte; durağan gürültü varlığında otomatik konuşma anlama mekanizmasının daha aktif olduğu savunulmuştur. Çoklu-konuşmacı varlığında yapılan değerlendirmelerin ise işitsel sistemi daha etkili bir şekilde yansıttığı ve Almanca Matriks Cümle Testi'nin kullanışlı bir araç olduğu düşünülmektedir.

Çalışmamızda, Türkçe Matriks testinin tüm alt testleri tek oturumda uygulanmıştır. Hastanın farklı oturumlarda tekrar aynı testlerle değerlendirilerek, olası testi öğrenme etkisinin önüne geçmek hedeflenmiştir. Willberg ve ark. (2020), çalışmalarında bu etki ile ilişkili olarak, karmaşık konuşma anlaşılabilirliği testlerinin tekrar tekrar kullanımı ile öğrenmeye bağlı konuşma performansında iyileşmelerin gözlenmesinin mümkün olduğunu savunmaktadırlar.

Willberg, Kärtevä ve ark. (2020), Fince Matriks Testinden uyarlanan FINSIMAT testini uygulayarak, genç erişkin ve geriatric grubun gürültüde konuşma becerilerini değerlendirmişlerdir. İşitme kaybı dışında herhangi bir problemi olmayan her iki grup karşılaştırıldığında, genç erişkin gruba göre, geriatric grupta daha yüksek SNR değerlerinin elde edildiği istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Yaşla birlikte zayıflayan bilişsel becerilere bağlı olarak, geriatric popülasyonda düşük konuşma performansı gözlemlendiği savunulmuştur. Geriatric popülasyonda karmaşık görevlerde artmış bilişsel yük, işitme kaybına bağlı bilişsel becerilerin daha fazla etkilenmesi ve zayıflayan işleme becerileri gibi faktörler göz önünde bulundurularak; çalışmamıza

20-50 yaş aralığındaki katılımcılar dahil edilmiştir. Böylece mikrofon yönselliğinin gürültü varlığında işitsel becerilere etkileri değerlendirilirken; yaşa ve bilişe bağlı olası etkilerin önüne geçmek hedeflenmiştir.

Ng ve Rönnberg'e (2020) göre; bozulmuş akustik uyarana ya da akustik uyarının işitme cihazında üretilen temsili durumlarında, akustik bilgi ile bellekte depolanan bilginin eşleşmesinde uyumsuzluklar yaşanabilmektedir. Uzun süreli işitme cihazı kullanan bireylerde, işitme cihazı ile sunulan konuşma uyarıları, cihaz kullanımı süresince oluşan yeni fonolojik temsiller ile daha kolay eşleşebilmektedir. Ancak nispeten deneyimsiz işitme cihazı kullanıcılarında bu durum daha güçtür ve konuşma mekanizmasındaki bozulmalar nedeni ile çalışma belleğine daha büyük yük düşmektedir. Çalışmamızdaki katılımcıların deneyimsiz kullanıcı olmaları nedeni ile katılımcılarda, çalışma belleği ve ilişkili bilişsel problemlerin olmamasına dikkat edilmiştir ve bilişsel problemlerin olması durumunda, gürültüde konuşma becerilerinin değerlendirildiği karmaşık görevlerde performans düşüşlerinin gözlemlenebileceği düşünülmektedir.

İşitme kayıplı bireyler, bağlamın yüksek olduğu kapalı uçlu yanıtlardan oluşan konuşma testlerinde normal sınırlarda performans gösterebilirler ve konuşmanın anlaşılabilirliği için tüm akustik ipuçlarının eksiksiz bir şekilde alınması gerekli olmayabilmektedir (Phatak et al., 2019). Bu nedenle bizim çalışmamızda, işitsel sisteminin akustik uyarıları analiz edebilme becerisini ve gürültüde konuşma anlaşılabilirliğini cümlelerdeki bağlamın öngörücü etkisinden bağımsız bir şekilde değerlendirebilmek amacıyla, diğer gürültüde konuşma testlerinin aksine; test cümleleri arasındaki bağlamın düşük olduğu Türkçe Matriks testinin kullanılması tercih edilmiştir.

Sensörinöral tip işitme kaybı olan dinleyiciler için zorlu bir görev olan gürültüde konuşmayı anlama, normal işiten bireylerde, binaural ipuçları olan interaural zaman farklılıkları ve interaural şiddet farklılıklarının analiz edilmesiyle gerçekleşir (Wightman & Kistler, 1997). Mikrofon yönsellik teknolojilerinin kullanıldığı binaural amplifikasyon varlığında, konuşma performanslarında iyileşme gözlemlenebilmektedir (Geetha et al., 2017). Çalışmamızda, binaural amplifikasyon sağlanan hastaların, yönsel mikrofonlarla gürültüde konuşma testlerinde yüksek performans göstermesi, yönsel mikrofonların etkisi hakkındaki bu görüşü desteklemektedir.

Geetha ve ark. (2017), çalışmalarında kablosuz bağlantı teknolojisi kullanan işitme cihazlarının, gürültü varlığında konuşma algısında ve lokalizasyonda, hafif ile orta derecede işitme kaybı olan bireylere fayda sağladığı sonucuna ulaşmışlardır. Kablosuz senkronizasyon özelliği bulunan işitme cihazlarındaki yönsel mikrofonlar, kablosuz senkronizasyon özelliği olmayan işitme cihazları ile karşılaştırıldığında, kablosuz senkronizasyon özelliğinin gürültüde işitsel becerilerde iyileşme sağladığı sonucuna ulaşılmıştır. Bizim çalışmamızda, kablosuz senkronizasyon teknolojisini kullanan ve akustik çevreyi sürekli analiz ederek iletişim halinde bulunan işitme cihazlarındaki asimetrik yönsellik modu ile elde ettiğimiz bulgular sonucu, çok yönlü mikrofonlara göre daha yüksek konuşma performansı gözlenmiştir ($p<0.05$) ve bulgularımız Geetha ve ark.'nın çalışmasını desteklemektedir.

Härkönen ve ark. (2015), koklear implant kullanıcılarının, sessiz ortamdaki Fince Konuşma Testi'nde iyi skorlar elde edilmesine karşılık, günlük hayatta dinleme koşullarında önemli güçlükler yaşadıklarını bildirmişlerdir. Dietz ve ark.'nın (2015) çalışmalarında da tek heceli izole kelimeler kullanılarak oldukça iyi SRT değerlerinin elde edilmesine karşılık, günlük hayatta dinleme ilişkin sorunların devam ettiği ve Adaptif-Sessiz Prosedür testinin izole kelimelerle uygulanan konuşma testlerinden daha gerçekçi sonuçlar vereceğini savunmuşlardır. Bu çalışmadan yola çıkarak, çalışmamızda sessiz ve gürültülü ortamların işitme cihazı kullanıcısı bireylerin konuşmayı anlama becerileri üzerine etkilerini incelemek için, Adaptif-Sessiz Prosedürü ve Adaptif-Gürültü Prosedürü testlerinde elde edilen değerler karşılaştırılmıştır. Bununla birlikte işitme cihazlarının her üç mikrofon yönsellik modunda Adaptif-Sessiz Prosedür ile karşılaştırıldığında, gürültü varlığında matriks testinin uygulanması durumunda, %50 konuşmayı anlamanın sağlandığı SRT seviyesinin artış gösterdiği istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$). Elde edilen sonuçlar doğrultusunda, günlük hayatın gürültülü dinleme koşullarından oluştuğu ve gürültü varlığında konuşmayı anlama performansında düşüşlerin saptandığı göz önünde bulundurulursa; işitme cihazı kullanıcıları değerlendirilirken gürültüde dinleme testlerinin de değerlendirmeye dahil edilmesi büyük öneme sahiptir.

Slugocki ve ark. (2020), çalışmalarında, mikrofon yönsellik modları ve gürültü baskılama teknolojileri kullanarak, konuşma uyarınının elektrofizyolojik temsillerini incelemiştir. Kortikal (P1-N1-P2 Kompleksi) ve Subkortikal (FFR) uyarılmış potansiyellerin uygulandığı çalışmada; yönsel mikrofon ve gürültü baskılama

teknolojilerin kullanılması ile kortikal potansiyel bileşenlerinde istatistiksel olarak anlamlı iyileşmeler gözlenmiştir. Ancak subkortikal potansiyel bileşenlerinde istatistiksel olarak anlamlı değişiklikler elde edilmemiştir. Bizim çalışmamızda da Türkçe Matriks testinde, yönsel mikrofonlar ile çok yönlü mikrofonlar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmemiştir ($p>0.05$). Bu çalışmalar sonucunda, elektrofizyolojik ve davranışsal yöntemlerle, gürültüde konuşma performansı ve mikrofon yönsellik modlarının daha detaylı değerlendirilmesi ve farklı parametrelerin araştırılması önerilmektedir.

Browning ve ark. (2019), çalışmalarında gürültü varlığında mikrofon yönselliğinin kritik SNR değeri üzerine etkilerini incelemişlerdir. Çalışmalarında çok yönlü ve yönsel mikrofonlar kullanmakla beraber; gürültü varlığında yönsel mikrofonlarda, çok yönlü mikrofonlara göre SNR değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı iyileşme gözlenmiştir. Bizim çalışmamızda ise çok yönlü ve yönsel mikrofonlar, elde edilen kritik SNR değerleri bakımından karşılaştırıldığında; istatistiksel olarak anlamlı bir iyileşme gözlenmemiştir ($p>0.05$). Browning ve ark. çalışmalarında, pediatrik grup ile çalışmıştır ve hedef uyararı daima ön hoparlörden göndermişlerdir (0° ve 300° azimut). Bizim çalışmamızda ise erişkin grup çalışmaya dahil edilmiştir ve akustik uyararı, 90° azimut yerleşimli hoparlörden gönderilmiştir. Buradan yola çıkarak, her iki çalışmada farklı bulgular elde edilmesinin nedenlerinin çalışma grubunun yaş dağılımı, uyararı sunum açısı ve işitme cihazı deneyimi gibi faktörler olduğu düşünülmektedir.

Harianawala ve ark. (2019), çok yönlü ve yönsel mikrofon teknolojilerini değerlendirdikleri çalışmalarında, HINT ve Amerikan İngilizcesi Matriks Testi ile %50 konuşma anlaşılabilirliğinin elde edildiği SNR değerlerini karşılaştırmıştır. Genel olarak, bu çalışmanın sonuçları, işitme cihazları ile test edildiğinde işitme kaybı olan yetişkinlerin, HINT ve Amerikan İngilizcesi Matriks Testi'nde farklı performanslar gösterdiği gözlenmiştir. Amerikan İngilizcesi Matriks testinde, HINT'e göre daha negatif SNR değerinin elde edildiği istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Yapılan testlerde %50 konuşmayı anlaşılabilirliğinin elde edildiği SNR değeri farklılıklara rağmen; her iki test bataryasında da çok yönlü ve yönsel mikrofonlar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık elde edilmemiştir. Bizim çalışmamızda da Türkçe Matriks testinde, çok yönlü ve yönsel mikrofonlar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($p>0.05$), bulgularımız Harianawala ve ark.'nın çalışmasını desteklemektedir. Bu

doğrultuda, araştırmacıların, belirli bir mikrofon modunda SNR değerlerinde iyileşmeler gözlenmesini hedeflemektense; akustik ortamın sürekli analiz edildiği, mikrofon modlarının arasında sürekli geçişlerin sağlandığı yaklaşımların hedeflenen başarıyı sağlamakta daha faydalı olacakları düşünülmektedir.

Ricketts ve Picou (2013), çalışmalarına 11-17 yaş aralığında çocukları dahil ederek, arka plan gürültüsü varlığında, mikrofon yönsellik modlarının konuşmayı anlama performansı üzerine etkilerini değerlendirmişlerdir. Katılımcıların okul çağı döneminde olmalarını göz önünde bulundurarak, sınıf ortamını simüle etmişlerdir ve arka plan gürültüsü varlığında konuşmayı anlama becerilerini değerlendirmişlerdir. Arka plan gürültüsü varlığında yapılan değerlendirmelerde, mikrofon yönsellik modları olarak, simetrik yönsellik kapsamında çok yönlü ve yönsel mikrofon modları kullanılırken; asimetrik yönsellik modu kullanılan bir diğer mikrofon modu olmuştur. Farklı yönsellik modları için hedef uyaran, ön (0°) ve arka (180°) hoparlörlerden gönderilmiştir. Konuşma uyaranlarının ön hoparlörden gönderildiği test koşulunda; yönlü mikrofon modu hem asimetrik mikrofon moduna hem de çok yönlü mikrofon moduna göre avantaj sağlamıştır ve normal işiten akranlarıyla benzer performans sergilemişlerdir. Yönsel mikrofonlardan daha düşük performans gözlenmiş olmakla birlikte, asimetrik yönsellikte çok yönlü mikrofonlara göre daha yüksek performans gözlenmiştir. Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde, elde edilmiş bulgular, ön hoparlörden konuşma uyaranının sunulması durumunda yönlü mikrofon avantajını desteklemektedir (Brimijoin et al., 2014; Mackenzie & Lutman, 2005; Magnusson et al., 2013).

Ricketts ve Picou (2013), yapmış oldukları aynı çalışmada bir diğer test koşulu, hedef uyaranın arka hoparlörden (180°) sunulduğu test koşuludur. Ricketts ve Picou, ön hoparlörden uyaranın gönderildiği test koşulunda yönsel mikrofonlardan elde ettikleri avantajları, arka hoparlörden hedef uyaran sunulması durumunda kaybetmişlerdir. Bu bulgular, özellikle hedef uyaran kaynağının sürekli yer değiştirdiği sınıf gibi ortamlarda, mikrofon yönsellik modları arasında uygun geçişin önemini vurgulamıştır ve asimetrik yönsellik modu ile performanstaki düşüşün azaltılabileceği düşünülmüştür. Ancak asimetrik yönsellik modu, bilateral yönsel mikrofonlarla karşılaştırıldığında maksimum konuşma anlama performansının elde edilemeyeceği savunulmuştur. Bunlara karşılık, bizim çalışmamızda, yönsel mikrofon avantajlarının azaldığı ve zorlu bir dinleme koşulu sağlayan 90° azimut yerleşimli hoparlörden hedef konuşma uyararı sunulmuştur.

Elde ettiğimiz bulgular ışığında, yönsel mikrofon performansı ile hem çok yönlü mikrofon hem de asimetrik yönsel mikrofon performansları arasında anlamlı fark gözlenmemesi, Rickett ve Picou'nun çalışmasını desteklerken; bizim çalışmamızda asimetrik yönsellik modunda, çok yönlü mikrofonlara göre istatistiksel olarak anlamlı ($p<0.05$) iyileşmeler gözlemlenmiş olup, zorlu dinleme koşullarında avantajlı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Polat ve ark. (2016), yaşları 20 ile 66 arasında değişen 30 koklear implant kullanıcısı ile yaptıkları çalışmalarında, Non-Adaptif Sessiz prosedürü ile Adaptif-Sessiz prosedürü arasında korelasyon tespit etmişlerdir. Ancak her iki prosedürün de gürültü varlığında korelasyonu araştırılmamıştır. Bizim çalışmamızda, her üç mikrofon yönsellik modu için de Adaptif-Gürültü Prosedürü ile Non-Adaptif +10 dB SNR ve Non-Adaptif 0 dB SNR alt testleri arasında korelasyon araştırılmıştır. Adaptif-Gürültü prosedürü ile Non-Adaptif prosedür testleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bir elde edilmiştir. Özellikle günlük yaşamı daha iyi simüle eden gürültü varlığında Türkçe Matriks Testi'nin uygulanması durumunda, %50 konuşmayı anlamının elde edildiği en zorlu dinleme koşulundaki kritik SNR değerini belirleyen Adaptif-Gürültü prosedüründe elde edilen SNR değerinin negativitesinin artması ile birlikte; sabit SNR değerlerinde konuşma anlaşılabilirliğinin araştırıldığı alt testlerden hem Non-Adaptif +10 dB SNR ($p<0,001$) hem de Non-Adaptif 0 dB SNR ($p<0,001$) testlerinde elde edilen değerler arasında anlamlı bir ilişki saptanmıştır. Buradan yola çıkarak, gürültü varlığında kritik SNR değerindeki iyileşmeyle beraber, sabit SNR'ye sahip gürültü varlığındaki konuşma anlaşılabilirliği performansında artış gözlenmiştir. Gürültüde SDS testi işlevi gören Non-Adaptif prosedür testlerinin özellikle işitme cihazı ve koklear implant kullanıcısı bireyleri değerlendirmek için kullanışlı birer araç oldukları düşünülmektedir ve literatürde Non-Adaptif Türkçe Matriks Testi ile kısıtlı çalışmanın bulunmasından ötürü, bu prosedür ile daha detaylı araştırmalar yapılması önerilmektedir.

Mikrofon yönselliğinin işitsel becerilere olan etkileri, koklear implant ya da elektroakustik stimülasyon (EAS) kullanıcılarında da araştırılmıştır. Vroegop ve ark. (2018), çalışmalarında bilateral koklear implant kullanıcısı olan bireyler ile bir tarafta işitme cihazı ve kontralateralinde koklear implant kullanılan, yani bimodal işiten bireylerde mikrofon yönselliğinin etkilerini araştırmışlardır. Konuşma gürültüsünün önden geldiği gürültüde dinleme koşullarında yönsellik teknolojisinin kullanılmasının

hem bimodal işitme hem de koklear implant kullanıcıları için avantaj sağladığı sonucuna ulaşılmıştır. (Weissgerber ve ark. (2019), çalışmalarında elektroakustik stimülasyon kullanıcısı olan bireylerde çok yönlü ve yönsel mikrofon modlarını karşılaştırmıştır. Sessiz ve gürültü varlığında dinleme koşullarında karşılaştırmalar yapılmıştır. EAS kullanıcıları için, sessiz ortamda yönsel mikrofonlar ile çok yönlü mikrofonlar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar gözlenmemiş olmakla birlikte; gürültü varlığında dinleme koşullarında yönsel mikrofon avantajı istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Bu çalışmalar sonucunda, farklı uyarım modalitelerinin kullanıldığı teknolojik yaklaşımlarda bile yönsel mikrofonların avantajlı olduğu gözlenmiştir ve farklı parametrelerde daha detaylı araştırmaların yapılmasında fayda görülmektedir.

Han ve ark. (2015), yaptıkları derleme çalışmasında, genç erişkin ve geriatric gruba uygulanan, birçok işitme cihazı memnuniyet anketini ve öz değerlendirme ölçeğini incelemişlerdir. Bu anketler, işitme kaybının birey üzerindeki etkilerini değerlendirmek, işitme cihazı memnuniyetini araştırmak ve işitme cihazı fittinginin sübjektif doğrulamasını gerçekleştirmek gibi pek çok amaç doğrultusunda, odyologlar tarafından uygulanabilmektedir. Böylece işitme kaybı, zorlu dinleme koşulları, psikososyal ve duygusal yönleri de dahil olmak üzere engellilik oranı hasta açısından değerlendirilebilmektedir.

Sübjektif doğrulama kapsamında; IOHIA (Chang et al., 2016), APHAB (Löhler et al., 2017), SSQ (Aguiar et al., 2019) ve SADL (Ghani & Wan Aslynn, 2019) gibi anketlerin kullanışlı araçlar olduğu literatürdeki çalışmalar tarafından desteklenmektedir. Özellikle hastaların memnuniyeti ve amplifikasyon başarısını değerlendirme kullanışlı araçlar oldukları savunulmaktadır. Çalışmamızda, katılımcıların deneyimsiz işitme cihazı kullanıcısı olmaları sebebi ile mikrofon yönsellik modlarının başarısının katılımcının kendisi tarafından değerlendirilmesi mümkün olmamıştır. Bununla birlikte, deneyimli işitme cihazı kullanıcıları ile mikrofon yönselliğini değerlendirme amaçlı yapılan çalışmalarda, anketler, öz değerlendirme ölçekleri ve skalaların uygulanması önerilmektedir.

Literatürde asimetrik yönsellik modu ile ilgili sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Özellikle yönsel mikrofonların avantajlarını büyük ölçüde kaybettikleri, zorlu dinleme koşullarında asimetrik yönselliğin daha detaylı araştırılması gerekmektedir. Çalışmamızda istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmamasına ($p>0.05$)

karşılık, klinik bulgular sonucunda yönsel ve çok yönlü mikrofon modlarına kıyasla asimetrik yönsellik modunda yüksek konuşma anlaşılabilirliği performanslarının elde edilmesi ve aynı zamanda çevresel farkındalığın korunması, asimetrik yönsellik modunun başarılı bulunmasına ve geliştirilmesin faydalı olacağını düşündürmektedir.

Çalışmamıza, flat orta derecede SNİK'li bireyler dahil edilmiştir. Denek sayısının arttırılarak, farklı işitme kaybı tiplerine ve derecelerine sahip katılımcıların karşılaştırılması parametreler arasındaki farklılıkların daha tutarlı şekilde ortaya konmasına olanak sağlayacaktır. Farklı hoparlör açılarında konuşma uyaranın sunulması ve deneyimli cihaz kullanıcılarının değerlendirilmesi ile asimetrik yönselliğin işitsel beceriler üzerine etkisiyle ilişkili daha detaylı sonuçlara ulaşılacağı öngörülmektedir. Daha sonraki çalışmalarda, gürültüde işitme becerileri gibi gelişime açık bir alanda, çalışmalar için önemli bir referans olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Aazh, H., Moore, B. C. J., & Prasher, D. (2012). The accuracy of matching target insertion gains with open-fit hearing aids. *American Journal of Audiology*. [https://doi.org/10.1044/1059-0889\(2012/11-0008\)](https://doi.org/10.1044/1059-0889(2012/11-0008))
- Aguiar, R. G. R., De Almeida, K., & De Miranda-Gonsalez, E. C. (2019). Test-retest reliability of the speech, spatial and qualities of hearing scale (SSQ) in Brazilian Portuguese. *International Archives of Otorhinolaryngology*. <https://doi.org/10.1055/s-0039-1677754>
- Akeroyd, M. A., & Whitmer, W. M. (2016). Spatial Hearing and Hearing Aids. In G. R. Popelka, B. J. Moore, R. R. Fay, & A. N. Popper (Eds.), *Hearing Aids* (pp. 181–217). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-33036-5_7
- American Psychiatric Association. (2000). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders* (Fourth (Ed.)).
- American Speech-Language-Hearing Association. (2015). Type, Degree, and Configuration of Hearing Loss. *ASHA*.
- ANSI S3.39. (1987). *Specifications For Instruments To Measure Aural Acoustic Impedance And Admittance (Aural Acoustic Immittance)*.
- Anthwal, N., & Thompson, H. (2016). The development of the mammalian outer and middle ear. *Journal of Anatomy*. <https://doi.org/10.1111/joa.12344>
- Bartlett, E. L. (2013). The organization and physiology of the auditory thalamus and its role in processing acoustic features important for speech perception. *Brain and Language*. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2013.03.003>
- Bentler, R. A., Egge, J. L. M., Tubbs, J. L., Dittberner, A. B., & Flamme, G. A. (2004). Quantification of directional benefit across different polar response patterns. *Journal of the American Academy of Audiology*. <https://doi.org/10.3766/jaaa.15.9.6>
- Bernstein, J. G. W., Summers, V., Grassi, E., & Grant, K. W. (2013). Auditory models of suprathreshold distortion and speech intelligibility in persons with impaired hearing. *Journal of the American Academy of Audiology*. <https://doi.org/10.3766/jaaa.24.4.6>
- Bilger, R. C. (1984). Manuel for Clinical Use of the Revised SPIN Test. *J Am Acad Audiol*, 8, 590–605.
- Boothroyd, A., Hanin, L., & Hnath, T. (1985). A sentence test of speech perception:

- Reliability, set equivalence, and short term learning. *CUNY Academic Works*.
- Brimijoin, W. O., Whitmer, W. M., McShefferty, D., & Akeroyd, M. A. (2014). The effect of hearing aid microphone mode on performance in an auditory orienting task. *Ear and Hearing*. <https://doi.org/10.1097/AUD.0000000000000053>
- Brosch, S., & Delb, W. (2015). Periphere Hörstörungen im Kindesalter 1 Kurzfassung – Herausgegeben von der Deutschen Gesellschaft für Phoniatrie und Pädaudiologie. In *Leitlinien Kinder- und Jugendmedizin*. <https://doi.org/10.1016/b978-3-437-22061-6.50587-5>
- Browning, J. M., Buss, E., Flaherty, M., Vallier, T., & Leibold, L. J. (2019). Effects of adaptive hearing aid directionality and noise reduction on masked speech recognition for children who are hard of hearing. *American Journal of Audiology*. https://doi.org/10.1044/2018_AJA-18-0045
- Brugge, J. F., & Reale, R. A. (1985). Auditory Cortex. In *Association and Auditory Cortices* (pp. 229–271). Springer.
- BSA, B. S. of A. (2018). *Practise Guidance: Assessment of speech understanding in noise in adults with hearing difficulties*.
- Byrne, D., Dillon, H., Ching, T., Katsch, R., & Keidser, G. (2001). NAL-NL1 procedure for fitting nonlinear hearing aids: Characteristics and comparisons with other procedures. *Journal of the American Academy of Audiology*.
- Campaign, R., & Minckler, J. (1976). A note on the gross configurations of the human auditory cortex. *Brain and Language*. [https://doi.org/10.1016/0093-934X\(76\)90026-2](https://doi.org/10.1016/0093-934X(76)90026-2)
- Chang, Y. S., Choi, J., Moon, I. J., Hong, S. H., Chung, W. H., & Cho, Y. S. (2016). Factors associated with self-reported outcome in adaptation of hearing aid. *Acta Oto-Laryngologica*. <https://doi.org/10.3109/00016489.2016.1170201>
- Chung, K. (2004). Challenges and Recent Developments in Hearing Aids: Part I. Speech Understanding in Noise, Microphone Technologies and Noise Reduction Algorithms. *Trends in Amplification*. <https://doi.org/10.1177/108471380400800302>
- Ciorba, A., Bianchini, C., Pelucchi, S., & Pastore, A. (2012). The impact of hearing loss on the quality of life of elderly adults. In *Clinical Interventions in Aging*. <https://doi.org/10.2147/CIA.S26059>
- Clark, J. G. (1981). Uses and abuses of hearing loss classification. *ASHA*.

- Cord, M.T., Walden, B. E., & Attack, R. M. (2009). Speech Recognition In Noise Test (SPRINT) for H-3 profile. *Bethesda (MD): Walter Reed Army Medical Center; Military Audiology Association.*
- Cord, Mary T., Surr, R. K., Walden, B. E., & Dittberner, A. B. (2011). Ear asymmetries and asymmetric directional microphone hearing aid fittings. *American Journal of Audiology*. [https://doi.org/10.1044/1059-0889\(2011/10-0035\)](https://doi.org/10.1044/1059-0889(2011/10-0035))
- Cox, R. M., Alexander, G. C., & Gilmore, C. (1987). Development of the connected speech test (CST). *Ear and Hearing*. <https://doi.org/10.1097/00003446-198710001-00010>
- Craddock, L., Cooper, H., Riley, A., & Wright, T. (2016). Cochlear implants for prelingually profoundly deaf adults. *Cochlear Implants International*. <https://doi.org/10.1080/14670100.2016.1161122>
- Csillag, A. (2005). Atlas of the sensory organs: Functional and clinical anatomy. In *Atlas of the Sensory Organs: Functional and Clinical Anatomy*. <https://doi.org/10.1385/1592598498>
- Cunningham, L. L., & Tucci, D. L. (2017). Hearing loss in adults. *New England Journal of Medicine*. <https://doi.org/10.1056/NEJMra1616601>
- Declau, F., Cremers, C., Van De Heyning, P., Amadori, M., Casselman, J., Causse, J. B., Charachon, R., Granström, G., Martini, A., Offeciers, E., Somers, T., & Tos, M. (1999). Diagnosis and management strategies in congenital atresia of the external auditory canal. *British Journal of Audiology*. <https://doi.org/10.3109/03005369909090115>
- Delecrode, C. R., Vieira Cardoso, A. C., Figueiredo Frizzo, A. C., & Guida, H. L. (2014). Pitch pattern sequence and duration pattern tests in Brazil: literature review. *CEFAC, 16*. <https://doi.org/10.1590/1982-021620143912>
- Devlin, J. T., Sillery, E. L., Hall, D. A., Hobden, P., Behrens, T. E. J., Nunes, R. G., Clare, S., Matthews, P. M., Moore, D. R., & Johansen-Berg, H. (2006). Reliable identification of the auditory thalamus using multi-modal structural analyses. *NeuroImage*. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2005.11.025>
- Devocht, E. M. J., Janssen, A. M. L., Chalupper, J., Stokroos, R. J., & George, E. L. J. (2016). Monaural beamforming in bimodal cochlear implant users: Effect of (A)symmetric directivity and noise type. *PLoS ONE*. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0160829>

- <http://sfx.library.uu.nl/utrecht?sid=EMBASE&issn=19326203&id=doi:10.1371%2Fjournal.pone.0160829&atitle=Monaural+beamforming+in+bimodal+cochlear+implant+users%3A+Effect+of+%28A%29symmetric+directivity+and+noise+type&style=PLoS+ONE&title=PLoS+ONE&volume=11&issue=8&spage=&epage=&aulast=Devocht&aufirst=Elke+M.J.&auinit=E.M.J.&aufull=Devocht+E.M.J.&coden=POLNC&isbn=&pages=-&date=2016&auinit1=E&auinitm=M.J.>
- Dietz, A., Buschermöhle, M., Sivonen, V., Willberg, T., Aarnisalo, A. A., Lenarz, T., & Kollmeier, B. (2015). Characteristics and international comparability of the Finnish matrix sentence test in cochlear implant recipients. *International Journal of Audiology*. <https://doi.org/10.3109/14992027.2015.1070309>
- Dillon, H. (2012). *Hearing Aids* (Second). Thieme Medical Publishers.
- Egolf, D. P., Carlson, E. V., Madaffari, P. L., & Mostardo, A. F. (1989). Design evolution of miniature electroacoustic transducers. *The Journal of the Acoustical Society of America*. <https://doi.org/10.1121/1.2027701>
- Ehret, G., & Romand, R. (1997). Audiotry Pathways. In *The Central Auditory System*. Oxford University Press.
- Ethofer, T., Bretscher, J., Gschwind, M., Kreifelts, B., Wildgruber, D., & Vuilleumier, P. (2012). Emotional voice areas: Anatomic location, functional properties, and structural connections revealed by combined fMRI/DTI. *Cerebral Cortex*. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhr113>
- Etymotic Research. (2005). *Bamford-Kowal-Bench Speech- in-Noise Test (Version 1.03) [Audio CD]*.
- Felmy, F. (2019). The Nuclei of the Lateral Lemniscus. In K. Kandler (Ed.), *The Oxford Handbook of the Auditory Brainstem*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780190849061.001.0001>
- Ferraro, J. A., & Minckler, J. (1977). The brachium of the inferior colliculus. The human auditory pathways: A quantitative study. *Brain and Language*. [https://doi.org/10.1016/0093-934X\(77\)90014-1](https://doi.org/10.1016/0093-934X(77)90014-1)
- Fettiplace, R., & Hackney, C. M. (2006). The sensory and motor roles of auditory hair cells. In *Nature Reviews Neuroscience*. <https://doi.org/10.1038/nrn1828>
- Fidan, D. (2011). Teaching soft g (“ğ”) in acquisition of literacy processing. In *Theoretical and Applied Researches on Turkish Language Teaching* (Uzun, Bozk, pp. 101–112). Die Blue Eule Press.

- Flexer, C., & Madell, J. R. (2014). Why Hearing Is Important in Children. In *Pediatric Audiology Diagnosis, Technology and Management* (Second, pp. 3–7). Thieme Medical Publishers.
- Folsom, R., & Owsely, R. (1987). N1 action potential in humans: influence of simultaneous contralateral stimulation. *Acta Otolaryngol*, 262–263.
- Galambos, R. (1956). Suppression of auditory nerve activity by stimulation of efferent fibers to cochlea. *Journal of Neurophysiology*. <https://doi.org/10.1152/jn.1956.19.5.424>
- Garstecki, D. (1987). Self-perceived hearing difficulty in aging adults with acquired hearing loss. *J Acad Rehabil Audiol*, 20, 49–60.
- Geetha, C., Tanniru, K., & Rajan, R. R. (2017). Efficacy of directional microphones in hearing aids equipped with wireless synchronization technology. *Journal of International Advanced Otolaryngology*. <https://doi.org/10.5152/iao.2017.2820>
- Geffner, D., & Ross-Swain, D. (2007). *Auditory processing disorders: Assessment, Management and Treatment* (First). Plural Publishing Inc.
- Gelfand, S. A. (2010). *Hearing: An Introduction to Psychological and Physiological Acoustics* (Fifth).
- Gelfand, S. A. (2016a). Acoustic Immitance Assessment. In *Essentials of Audiology* (Fourth, pp. 205–238). Thieme Medical Publishers.
- Gelfand, S. A. (2016b). Anatomy and Physiology of the Auditory System. In *Essentials of Audiology* (Fourth, pp. 34–82). Thieme Medical Publishers.
- Gelfand, S. A. (2016c). Auditory System and Related Disorders. In S. A. Gelfand (Ed.), *Essentials of Audiology* (Fourth, pp. 157–205). Thieme Medical Publishers.
- Gelfand, S. A. (2016d). Speech Audiometry. In *Essentials of Audiology* (Fourth, pp. 239–273). Thieme Medical Publishers.
- Ghani, N. A., & Wan Aslynn, W. A. (2019). Satisfaction with amplification in daily life (SADL) in different types and degrees of hearing loss. *Inter. J. All. Heal. Sci.*, 3, 568–568.
- Giuliani, L., & Brayda, L. (2019). The effect of symmetric and asymmetric directional binaural listening on speech understanding with surrounding cocktail party noise. *International Journal of Speech Technology*. <https://doi.org/10.1007/s10772-019-09612-x>
- Graven, S. N., & Browne, J. V. (2008). Auditory Development in the Fetus and Infant.

- Newborn and Infant Nursing Reviews*. <https://doi.org/10.1053/j.nainr.2008.10.010>
- Grimault, N., Micheyl, C., Carlyon, R. P., Arthaud, P., & Collet, L. (2000). Influence of peripheral resolvability on the perceptual segregation of harmonic complex tones differing in fundamental frequency. *The Journal of the Acoustical Society of America*. <https://doi.org/10.1121/1.429462>
- Hall, J. W., & Chandler, D. (1994). Tympanometry in Clinical Audiology. In J. Katz (Ed.), *Handbook of Clinical Audiology*. Wolters Kluwer Health.
- Han, W., Lee, D., Koo, M., & Kim, J. (2015). Questionnaires for the Hearing-impaired Adults and Elderly: A Systematic Literature Review. *Audiology and Speech Research*. <https://doi.org/10.21848/audiol.2015.11.1.3>
- Harianawala, J., Galster, J., & Hornsby, B. (2019). Psychometric comparison of the hearing in noise test and the American English matrix test. *Journal of the American Academy of Audiology*. <https://doi.org/10.3766/jaaa.17112>
- Härkönen, K., Kivekäs, I., Rautiainen, M., Kotti, V., Sivonen, V., & Vasama, J. P. (2015). Sequential bilateral cochlear implantation improves working performance, quality of life, and quality of hearing. *Acta Oto-Laryngologica*. <https://doi.org/10.3109/00016489.2014.990056>
- Heffernan, E., Coulson, N. S., Henshaw, H., Barry, J. G., & Ferguson, M. A. (2016). Understanding the psychosocial experiences of adults with mild-moderate hearing loss: An application of Leventhal's self-regulatory model. *International Journal of Audiology*. <https://doi.org/10.3109/14992027.2015.1117663>
- Hogan, A., Reynolds, K. J., & Byrne, D. (2013). Identity, Social Position, Well-Being, and Health: Insights from Australians Living with Hearing Loss. In *When Culture Impacts Health: Global Lessons for Effective Health Research*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-415921-1.00009-9>
- Holube, I., Fredelake, S., Vlaming, M., & Kollmeier, B. (2010). Development and analysis of an international speech test signal (ISTS). *International Journal of Audiology*. <https://doi.org/10.3109/14992027.2010.506889>
- Hoppe, U. (2016). Evaluation of hearing aid rehabilitation using the Freiburg Monosyllabic Test. *HNO*. <https://doi.org/10.1007/s00106-016-0178-y>
- Hoppe, Ulrich, & Hesse, G. (2017). Hearing aids: indications, technology, adaptation, and quality control. *GMS Current Topics in Otorhinolaryngology, Head and Neck Surgery*. <https://doi.org/10.3205/cto000147>

- Hornsby, B. W. Y., & Ricketts, T. A. (2007). Effects of noise source configuration on directional benefit using symmetric and asymmetric directional hearing aid fittings. *Ear and Hearing*. <https://doi.org/10.1097/AUD.0b013e3180312639>
- HörTech gGmbH. (2015). *International Matrix Tests*.
- Hunter, L., & Shahnaz, N. (2014). *Acoustic Immitance Measures Basic and Advanced Practice*. Plural Publishing.
- Jan Zemplynyi, J. Z., Gilman, S., & Dirks, D. (1985). Optical method for measurement of ear canal length. In *Journal of the Acoustical Society of America*. <https://doi.org/10.1121/1.392676>
- Jorgensen, L. E. (2016). Verification and validation of hearing aids: Opportunity not an obstacle. In *Journal of Otology*. <https://doi.org/10.1016/j.joto.2016.05.001>
- Kalikow, D. N., Stevens, K. N., & Elliott, L. L. (1977). Development of a test of speech intelligibility in noise using sentence materials with controlled word predictability. *Journal of the Acoustical Society of America*. <https://doi.org/10.1121/1.381436>
- Keidser, G., Dillon, H., Carter, L., & O'Brien, A. (2012). NAL-NL2 Empirical Adjustments. *Trends in Amplification*. <https://doi.org/10.1177/1084713812468511>
- Keidser, G., Rohrseitz, K., Dillon, H., Hamacher, V., Carter, L., Rass, U., & Convery, E. (2006). The effect of multi-channel wide dynamic range compression, noise reduction, and the directional microphone on horizontal localization performance in hearing aid wearers. *International Journal of Audiology*. <https://doi.org/10.1080/14992020600920804>
- Kelly, H., Lin, G., Sankaran, N., Xia, J., Kalluri, S., & Carlile, S. (2017). Development and evaluation of a mixed gender, multi-talker matrix sentence test in Australian English. *International Journal of Audiology*. <https://doi.org/10.1080/14992027.2016.1236415>
- Killion, M. C., & Villchur, E. (1993). Kessler was right-partly: But SIN Test Shows Some Aids Improve Hearing In Noise. *The Hearing Journal*, 46(9), 31–35.
- Killion, Mead C., & Carlson, E. V. (1974). SUBMINIATURE ELECTRET-CONDENSER MICROPHONE OF NEW DESIGN. *AES: Journal of the Audio Engineering Society*.
- Killion, Mead C., Halteren, A. Van, Stefan, S., & Warren, D. M. (2016). Hearing Aid Transducers. In G. R. Popelka, B. J. Moore, R. R. Fay, & A. N. Popper (Eds.), *Hearing Aids* (pp. 59–92). Springer.

- Killion, Mead C., & Niquette, P. A. (2000). What can the pure-tone audiogram tell us about a patient's SNR loss? *The Hearing Journal*. <https://doi.org/10.1097/00025572-200003000-00006>
- Killion, Mead C., Niquette, P. A., Gudmundsen, G. I., Revit, L. J., & Banerjee, S. (2004). Development of a quick speech-in-noise test for measuring signal-to-noise ratio loss in normal-hearing and hearing-impaired listeners. *The Journal of the Acoustical Society of America*. <https://doi.org/10.1121/1.1784440>
- Kim, J. S., & Bryan, M. F. (2011). The effects of asymmetric directional microphone fittings on acceptance of background noise. *International Journal of Audiology*. <https://doi.org/10.3109/14992027.2010.551786>
- Kirkwood, B. C., & Jespersen, C. T. (2017). No Title. *Canadian Audiologists*, 4(1).
- Kılıç, M. A. (2003). *Türkiye Türkçesi'ndeki Seslerin Dilbilgisel Özellikleri* (A. S. Özsoy & D. Aka (Eds.)). Boğaziçi University Press.
- Kochkin, S. (2010). MarkeTrak VIII: Consumer satisfaction with hearing aids is slowly increasing. *Hearing Journal*. <https://doi.org/10.1097/01.HJ.0000366912.40173.76>
- Kollmeier, B., Warzybok, A., Hochmuth, S., Zokoll, M. A., Uslar, V., Brand, T., & Wagener, K. C. (2015). The multilingual matrix test: Principles, applications, and comparison across languages: A review. In *International Journal of Audiology*. <https://doi.org/10.3109/14992027.2015.1020971>
- Konkle, D. F., & Rintelmann, W. F. (1983). Introduction to speech audiometry. In D. F. Konkle & W. F. Rintelmann (Eds.), *Principles of speech*.
- Kreisman, B. M., Mazevski, A. G., Schum, D. J., & Sockalingam, R. (2010). Improvements in Speech Understanding With Wireless Binaural Broadband Digital Hearing Instruments in Adults With Sensorineural Hearing Loss. *Trends in Amplification*. <https://doi.org/10.1177/1084713810364396>
- Kuk, F., Keenan, D., Lau, C. C., & Ludvigsen, C. (2005). Performance of a fully adaptive directional microphone to signals presented from various azimuths. *Journal of the American Academy of Audiology*. <https://doi.org/10.3766/jaaa.16.6.2>
- Kuk, F., Slugocki, C., Korhonen, P., Seper, E., & Hau, O. (2019). Evaluation of the efficacy of a dual variable speed compressor over a single fixed speed compressor. *Journal of the American Academy of Audiology*. <https://doi.org/10.3766/jaaa.17127>
- Le Prell, C. G., & Clavier, O. H. (2017). Effects of noise on speech recognition: Challenges for communication by service members. In *Hearing Research*.

- <https://doi.org/10.1016/j.heares.2016.10.004>
- Lilly, D. J., & Shanks, J. E. (1981). Acoustic immittance of an enclosed volume of air. In *Hearing Assessment with the Acoustic Reflex* (pp. 145–160). Grune & Stratton.
- Löhler, J., Gräbner, F., Wollenberg, B., Schlattmann, P., & Schönweiler, R. (2017). Sensitivity and specificity of the abbreviated profile of hearing aid benefit (APHAB). *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*. <https://doi.org/10.1007/s00405-017-4680-y>
- Mackenzie, E., & Lutman, M. E. (2005). Speech recognition and comfort using hearing instruments with adaptive directional characteristics in asymmetric listening conditions. *Ear and Hearing*. <https://doi.org/10.1097/01.aud.0000188185.78217.c5>
- Magnusson, L., Claesson, A., Persson, M., & Tengstrand, T. (2013). Speech recognition in noise using bilateral open-fit hearing aids: The limited benefit of directional microphones and noise reduction. *International Journal of Audiology*. <https://doi.org/10.3109/14992027.2012.707335>
- Mansouri, N., Abdollahi, F. Z., & Nouri, M. (2018). Spatial Hearing. *Global Journal of Otolaryngology*. <https://doi.org/10.19080/GJO.2018.17.555960>
- Martin, F. N., & Clark, J. G. (2014). the Outer Ear. In *Introduction to Audiology*. Pearson.
- Martin, M. J., Billiet, C. R., & Bellis, T. . (2013). Audiologic assessment of CAPD. In *Auditory Processing Disorders : Assessment, Management, and Treatment*.
- Mason, D., & Popelka, G. R. (1986). Comparison of hearing-aid gain using functional, coupler, and probe-tube measurements. *Journal of Speech and Hearing Research*. <https://doi.org/10.1044/jshr.2902.218>
- McArdle, R., & Hnath-Chisolm, T. (2015). Speech Audiometry. In *Handbook of Clinical Audiology* (pp. 61–77). Wolters Kluwer Health.
- Mcfarland, D. H. (2014). Auditory System. In *Netter's Atlas of Anatomy for Speech, Swallowing and Hearing* (Second Edi, pp. 171–200). Elsevier.
- Mendel, L. L., & Danhauer, J. L. (1999). *Singular's illustrated dictionary of audiology*. Singular Publishing Group, Inc.
- Metselaar, M. (2010). *Aspects of Hearing Aid Fitting Procedures*. Erasmus University Rotterdam.
- Metz, M. J. (2014). Sandlin's Textbook of Hearing Aid Amplification. Third Edition. *International Journal of Audiology*.

- <https://doi.org/10.3109/14992027.2014.965797>
- Moller, A. R. (2006). Anatomy of the Ear. In *Hearing: Anatomy, Physiology, and Disorders of the Auditory System* (Second, pp. 3–18). Elsevier.
- Moore, B. C. J., Glasberg, B. R., & Stone, M. A. (2010). Development of a new method for deriving initial fittings for hearing aids with multi-channel compression: CAMEQ2-HF. *International Journal of Audiology*. <https://doi.org/10.3109/14992020903296746>
- Moore, J. K. (1987). The human auditory brain stem: A comparative view. *Hearing Research*. [https://doi.org/10.1016/0378-5955\(87\)90202-4](https://doi.org/10.1016/0378-5955(87)90202-4)
- Munro, K. J., & Muller, H. G. (2016). Clinical Verification of Hearing Aid Performance. In *Hearing Aid Validation* (pp. 253–289). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-33036-5_9
- Musiek, F. E., & Baran, J. A. (2007). *The auditory system: Anatomy, physiology, and clinical correlates* (First). Plural Publishing.
- Musiek, F. E., Baran, J. A., Shinn, J. B., & JoNES, R. O. (2012). *Disorders of Auditory System* (First).
- National Institute on Deafness and Other Communication Disorders. (2015). Hearing Aids. *Hearing and Balance*.
- Ng, E. H. N., & Rönnberg, J. (2020). Hearing aid experience and background noise affect the robust relationship between working memory and speech recognition in noise. *International Journal of Audiology*. <https://doi.org/10.1080/14992027.2019.1677951>
- Nilsson, M., Soli, S. D., & Sullivan, J. A. (1994). Development of the Hearing In Noise Test for the measurement of speech reception thresholds in quiet and in noise. *Journal of the Acoustical Society of America*. <https://doi.org/10.1121/1.408469>
- Niquette, P., Arcaroli, J., Revit, L., Parkinson, A., Staller, S., Skinner, M., & Killion, M. (2003). Development of the BKB-SIN test. *Annual Meeting of the American Auditory Society, Scottsdale, AZ*.
- Oghalai, J. S., & Brownell, W. E. (2008). Anatomy & Physiology of Ear. In *Current Diagnosis and Treatment* (Second).
- Olsen, W. . . (1991). Special auditory tests: A historical perspective. In J. T. Jacobson & J. L. Northern (Eds.), *Diagnostic audiology* (pp. 19–51).
- Peasgood, A., Brookes, N., & Graham, J. (2003). Performance and benefit as outcome

- measures following cochlear implantation in non-traditional adult candidates: A pilot study. *Cochlear Implants International*. <https://doi.org/10.1002/cii.79>
- Peck, J. E. (2011). *Pseudohypoacusis False and Exaggerated Hearing Loss*. Plural Publishing Inc.
- Pecka, M., Siveke, I., Grothe, B., & Lesica, N. A. (2010). Enhancement of ITD coding within the initial stages of the auditory pathway. *Journal of Neurophysiology*. <https://doi.org/10.1152/jn.00628.2009>
- Phatak, S. A., Brungart, D. S., Zion, D. J., & Grant, K. W. (2019). Clinical Assessment of Functional Hearing Deficits. *Ear and Hearing*. <https://doi.org/10.1097/aud.0000000000000635>
- Pickles, J. O. (2012). Introduction to the Physiology of Hearing. In *Introduction to the Physiology of Hearing*.
- Picou, E. M., & Ricketts, T. A. (2017). How directional microphones affect speech recognition, listening effort and localisation for listeners with moderate-to-severe hearing loss. *International Journal of Audiology*. <https://doi.org/10.1080/14992027.2017.1355074>
- Plomp, R., & Mimpen, A. M. (1979). Improving the reliability of testing the speech reception threshold for sentences. *International Journal of Audiology*. <https://doi.org/10.3109/00206097909072618>
- Polat, Z., Bulut, E., & Ataş, A. (2016). Assessment of the speech intelligibility performance of post lingual cochlear implant users at different signal-to-noise ratios using the turkish matrix test. *Balkan Medical Journal*. <https://doi.org/10.5152/balkanmedj.2016.160180>
- Popelka, G. R., & Moore, B. J. (2016). Introduction to Hearing Aids. In R. R. Fay & A. N. Popper (Eds.), *Hearing Aids* (pp. 1–20). Springer.
- Puglisi, G. E., Warzybok, A., Hochmuth, S., Visentin, C., Astolfi, A., Prodi, N., & Kollmeier, B. (2015). An Italian matrix sentence test for the evaluation of speech intelligibility in noise. *International Journal of Audiology*. <https://doi.org/10.3109/14992027.2015.1061709>
- Rance, G., Dowell, R. C., Rickards, F. W., Beer, D. E., & Clark, G. M. (1998). Steady-state evoked potential and behavioral hearing thresholds in a group of children with absent click-evoked auditory brain stem response. *Ear and Hearing*. <https://doi.org/10.1097/00003446-199802000-00003>

- Rance, G., McKay, C., & Grayden, D. (2004). Perceptual Characterization of Children with Auditory Neuropathy. *Ear and Hearing*. <https://doi.org/10.1097/01.AUD.0000111259.59690.B8>
- Ricketts, T. A., & Dittberner, A. B. (2002). Directional amplification for improved signal-to-noise ratio: Strategies, measurement, and limitations. In M. Valente (Ed.), *Strategies For selecting and verifying hearing aid fittings* (Second, pp. 274–346). Thieme Medical Publishers.
- Ricketts, Todd A., Henry, P. P., & Hornsby, B. W. Y. (2005). Application of frequency importance functions to directivity for prediction of benefit in uniform fields. *Ear and Hearing*. <https://doi.org/10.1097/01.aud.0000179691.21547.01>
- Ricketts, Todd A., & Picou, E. M. (2013). Speech recognition for bilaterally asymmetric and symmetric hearing aid microphone modes in simulated classroom environments. *Ear and Hearing*. <https://doi.org/10.1097/AUD.0b013e3182886d1e>
- Sahley, T., Nodar, R., & Musiek, F. E. (1997). Neuroanatomy of the auditory pathways. In *Efferent Auditory System: Structure and Function* (pp. 25–47). Singular Publishing Group, Inc.
- Schädler, M. R., Warzybok, A., Hochmuth, S., & Kollmeier, B. (2015). Matrix sentence intelligibility prediction using an automatic speech recognition system. *International Journal of Audiology*. <https://doi.org/10.3109/14992027.2015.1061708>
- Schlauch, R. S., & Nelson, P. (2015). Pure Tone Audiometry. In Jack Katz (Ed.), *Handbook of Clinical Audiology* (Seventh, pp. 29–49). Wolters Kluwer Health.
- Schum, D. J., & Matthews, L. J. (1992). SPIN test performance of elderly hearing-impaired listeners. *Journal of the American Academy of Audiology*.
- Scollie, S. D., Seewald, R., Cornelisse, L., Moodie, S., & Bagatto, M. (2005). The Desired Sensation Level multistage input/output algorithm. *Trends in Amplification*, 94, 159–197. <https://doi.org/10.1177/108471380500900403>
- Seikel, J. A., King, D. W., & Drumright, D. G. (2010). Auditory Physiology. In *Anatomy & Physiology for Speech, Language and Hearing* (Fourth, pp. 479–520). Delmar, Cengage Learning.
- Seikel, J. A., King, D. W., & Drumright, D. G. (2020). Auditory Physiology. In *Anatomy & Physiology for Speech, Language and Hearing* (Sixth).
- Shahrokh, N. C., & Hales, R. E. (2003). *American psychiatric glossary* (Eighth).

American Psychiatric Publishing.

- Singh, R., & Allen, J. B. (2012). The influence of stop consonants' perceptual features on the Articulation Index model. *The Journal of the Acoustical Society of America*. <https://doi.org/10.1121/1.3682054>
- Skarżyński, P. H., Ratuszniak, A., Król, B., Koziół, M., Osińska, K., Cywka, K. B., Sztabnicka, A., & Skarżyński, H. (2019). The bonebridge in adults with mixed and conductive hearing loss: Audiological and quality of life outcomes. *Audiology and Neurotology*. <https://doi.org/10.1159/000499363>
- Slugocki, C., Kuk, F., & Korhonen, P. (2020). Effects of Directional Microphone and Noise Reduction on Subcortical and Cortical Auditory-Evoked Potentials in Older Listeners With Hearing Loss. *Ear & Hearing*. <https://doi.org/10.1097/aud.0000000000000847>
- Smootenburg, G. F. (1992). Speech reception in quiet and in noisy conditions by individuals with noise-induced hearing loss in relation to their tone audiogram. *Journal of the Acoustical Society of America*. <https://doi.org/10.1121/1.402729>
- Souza, P. E., Wright, R. A., Blackburn, M. C., Tatman, R., & Gallun, F. J. (2015). Individual sensitivity to spectral and temporal cues in listeners with hearing impairment. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*. https://doi.org/10.1044/2015_JSLHR-H-14-0138
- Stach, B. A. (2008). The Nature of Hearing Disorder. In *Clinical Audiology An Introduction* (Second, pp. 42–55). Delmar, Cengage Learning.
- Stach, B. A., & Ramachandran, V. S. (2014). Hearing Disorders in Children. In *Pediatric Audiology Diagnosis, Technology and Management* (Second, pp. 24–37). Thieme Medical Publishers.
- Strawbridge, W. J., Wallhagen, M. I., Shema, S. J., & Kaplan, G. A. (2000). Negative consequences of hearing impairment in old age: A longitudinal analysis. *Gerontologist*. <https://doi.org/10.1093/geront/40.3.320>
- Swanepoel, D., & Laurent, C. (2019). Classification of hearing loss. *The Open Access Atlas of Otolaryngology, Head & Neck Operative Surgery*.
- Tate Maltby, M. (2002). The basic hearing aid system. In *Principles of Hearing Aid Audiology* (Second Edi, pp. 80–105). Whurr Publishers.
- Taylor, B. (2003). Speech-in-noise tests: How and why to include them in your basic test battery. *Hearing Journal*. <https://doi.org/10.1097/01.HJ.0000293000.76300.ff>

- Venkateswar, S., & Mehendale, N. (2013). Smart Hearing Aids. *Technofocus*.
- Vollrath, M. A., Kwan, K. Y., & Corey, D. P. (2007). The Micromachinery of Mechanotransduction in Hair Cells. *Annual Review of Neuroscience*. <https://doi.org/10.1146/annurev.neuro.29.051605.112917>
- von Békésy, G. (1960). *Experiments in Hearing*. <https://doi.org/10.1121/1.399656>
- Vroegop, J. L., Homans, N. C., Goedegebure, A., Dingemanse, J. G., Van Immerzeel, T., & Van Der Schroeff, M. P. (2018). The Effect of Binaural Beamforming Technology on Speech Intelligibility in Bimodal Cochlear Implant Recipients. *Audiology and Neurotology*. <https://doi.org/10.1159/000487749> LK - <http://sfx.library.uu.nl/utrecht?sid=EMBASE&issn=14219700&id=doi:10.1159%2F000487749&atitle=The+Effect+of+Binaural+Beamforming+Technology+on+Speech+Intelligibility+in+Bimodal+Cochlear+Implant+Recipients&stitle=Audiol.+Neurotol.&title=Audiology+and+Neurotology&volume=23&issue=1&spage=32&epage=38&aulast=Vroegop&aufirst=Jantien+L.&auinit=J.L.&aufull=Vroegop+J.L.&coden=&isbn=&pages=32-38&date=2018&auinit1=J&auinitm=L>
- Wagener, K., Kühnel, V., & Kollmeier, B. (1999). Entwicklung und evaluation eines satztests in deutscher sprache I: design des oldenburger satztests. *Z Audiol.*
- Wagener, Kirsten, Josvassen, J. L., & Ardenkjær, R. (2003). Design, optimization and evaluation of a Danish sentence test in noise. *International Journal of Audiology*. <https://doi.org/10.3109/14992020309056080>
- Warzybok, A., Zokoll, M., Wardenga, N., Ozimek, E., Boboshko, M., & Kollmeier, B. (2015). Development of the Russian matrix sentence test. *International Journal of Audiology*. <https://doi.org/10.3109/14992027.2015.1020969>
- Weissgerber, T., Stöver, T., & Baumann, U. (2019). Speech perception in noise: Impact of directional microphones in users of combined electric-acoustic stimulation. *PLoS ONE*. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0213251>
- WHO, M. (2011). *DHL estimates*.
- Wightman, F. L., & Kistler, D. J. (1997). Factors affecting the relative salience of sound localization cues. In R. Gilkey & T. Anderson (Eds.), *Binaural and spatial hearing in real and virtual environments* (pp. 1–23). Lawrence Erlbaum Associates.
- Willberg, T., Kärtevä, K., Zokoll, M., Buschermöhle, M., Sivonen, V., Aarnisalo, A., Löppönen, H., Kollmeier, B., & Dietz, A. (2020). The Finnish simplified matrix sentence test for the assessment of speech intelligibility in the elderly.

- International Journal of Audiology.*
<https://doi.org/10.1080/14992027.2020.1741704>
- Willberg, T., Sivonen, V., Hurme, S., Aarnisalo, A. A., Löppönen, H., & Dietz, A. (2020). The long-term learning effect related to the repeated use of the Finnish matrix sentence test and the Finnish digit triplet test. In *International Journal of Audiology*. <https://doi.org/10.1080/14992027.2020.1753893>
- Wilson, R. H. (2003). Development of a speech-in-multitalker-babble paradigm to assess word-recognition performance. *Journal of the American Academy of Audiology*.
- Wilson, R. H., McArdle, R. A., & Smith, S. L. (2007). An evaluation of the BKB-SIN, HINT, QuickSIN, and WIN materials on listeners with normal hearing and listeners with hearing loss. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2007/059\)](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2007/059))
- www.hearing-balance.natus.com.
- www.lakeenthearing.com.
- www.oticon.global.com.
- www.resoundpro.com.
- Yıldız, Z., Yıldız, S., & Bozyer, S. (2018). İŞİTME ENGELLİ TURİZMİ (SESSİZ TURİZM): DÜNYA VE TÜRKİYE POTANSİYELİNE YÖNELİK BİR DEĞERLENDİRME. *Süleyman Demirel Üniversitesi Vizyoner Dergisi*. <https://doi.org/10.21076/vizyoner.339776>
- Zokoll, M. A., Fidan, D., Türkyilmaz, D., Hochmuth, S., Ergenç, I., Sennaroğlu, G., & Kollmeier, B. (2015). Development and evaluation of the Turkish matrix sentence test. *International Journal of Audiology*. <https://doi.org/10.3109/14992027.2015.1074735>
- Zokoll, M. A., Hochmuth, S., Fidan, D., Wagener, K. C., Ergenç, İ., & Kollmeier, B. (2012). *Speech intelligibility tests for the Turkish language*.

ETİK KURUL KARARI

İÜC Tarih ve Sayı: 05/12/2019-186586



T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ-CERRAHPAŞA
Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Dekanlığı



Sayı :59491012-604.01.02-
Konu :Yüksek Lisans Öğrencisi
Ody.Gökhan YAZ'ın etik kurul
kararı A-25

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

İlgi :08.10.2019 tarih,13022260-300-154161 sayılı yazı

Enstitünüz Odyoloji, Dil ve Konuşma Bozuklukları Anabilim Dalı'nda **Dr.Öğretim Üyesi Eyyüp KARA'nın** danışmanlığında **Yüksek Lisans Öğrencisi Ody.Gökhan YAZ'ın** yürütücülüğünde **"İşitme Cihazlarında Mikrofön Yönselliğinin İşitsel Becerilere Etkilerinin Değerlendirilmesi"** başlıklı Yüksek Lisans Tezi hakkında ilgi yazınız ve ekleri **03 Aralık 2019** tarihinde toplanan Fakültemiz Klinik Araştırmalar Etik Kurulunca müzakere edilmiş olup; etik açıdan uygun olduğuna karar verilmiştir.

Bilgilerinize rica ederim.

e-İmzalı
Prof. Dr. Özgür KASAPÇOPUR
Başkan

e-İmzalı
Prof. Dr. Muhlis Cem AR
Dekan a.
Dekan Yardımcısı

NOT: Yönetmelik gereği Sonuç Raporunun Klinik Araştırmalar Etik Kuruluna iletilmesi gerekmektedir.

EK :
1 dosya elden teslim edilecektir.

Doğrulamak için:<http://dogrulama.istanbulc.edu.tr/enVision.sorgula/belgedogrulama.aspx?V=BELM7B4E9>

Ayrıntılı bilgi için irtibat : Güler SOYDANER Dahili : 22300
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Cerrahpaşa Tıp Fakültesi 34303 Cerrahpaşa/ İSTANBUL
Tel : 0 (212) 414 30 00 Faks : 0 (212) 632 00 33
e-posta : ctfpersonel@istanbul.edu.tr Elektronik Ağ : www.istanbulc.edu.tr

Bu belge, 5070 sayılı Elektronik İmza Kanununun 5. Maddesi gereğince güvenli elektronik imza ile müzakeredilmiştir.

İNTİHAL RAPORU İLK SAYFASI

İŞİTME CİHAZLARINDA MİKROFON YÖNSELLİĞİNİN İŞİTSEL BECERİLERE ETKİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

ORJİNALLIK RAPORU

%9	%5	%1	%8
BENZERLİK ENDEKSİ	İNTERNET KAYNAKLARI	YAYINLAR	ÖĞRENCİ ÖDEVLERİ

BİRİNCİL KAYNAKLAR

1	Submitted to Istanbul University Öğrenci Ödevi	%1
2	Submitted to TechKnowledge Turkey Öğrenci Ödevi	%1
3	Submitted to Bahcesehir University Öğrenci Ödevi	<%1
4	docplayer.biz.tr İnternet Kaynağı	<%1
5	Submitted to Istanbul Aydın University Öğrenci Ödevi	<%1
6	www.sanalda1numara.org İnternet Kaynağı	<%1
7	Submitted to Hacettepe University Öğrenci Ödevi	<%1
8	Submitted to Baskent University Öğrenci Ödevi	<%1

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı	Gökhan	Soyadı	YAZ
Doğ.Yeri	İstanbul	Doğ.Tar.	
Uyruğu	T.C.	TC Kim No	
Email	gokhnyaz@gmail.com	Tel	

Eğitim Düzeyi

	Mezun Olduğu Kurumun Adı	Mez. Yılı
Doktora	-	-
Yük.Lis.	İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa	2020
Lisans	İstanbul Üniversitesi	2018
Lise	Çemberlitaş Anadolu Lisesi	2014

İş Deneyimi (Sondan geçmişe doğru sıralayın)

	Görevi	Kurum	Süre (Yıl- Yıl)
1.	Odyolog	T.C. SBÜ Gaziosmanpaşa EAH	2019-Halen
2.	Araştırma Görevlisi	Üsküdar Üniversitesi	2019-2019
3.	Odyolog	Özel Pera Özel Eğitim ve Rehabilitasyon Merkezi	2018-2019

Yabancı Dilleri	Okuduğunu Anlama*	Konuşma*	Yazma*	KPDS/ÜDS Puanı	(Diğer) Puanı
İngilizce	İyi	İyi	İyi		65

*Çok iyi, iyi, orta, zayıf olarak değerlendirin

	Sayısal	Eşit Ağırlık	Sözel
ALES Puanı			
(Diğer) Puanı			

Bilgisayar Bilgisi

Program	Kullanma becerisi

Yayınları/Tebliğleri Sertifikaları/Ödülleri

Özel İlgi Alanları (Hobileri):