T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KOKLEAR İMPLANT KULLANICILARININ BASİT VE SEÇİME DAYALI İŞİTSEL REAKSİYON PERFORMANSLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Yaşam Yıldırım BAŞKURT
ORCID: 0000-0001-7749-5791

KULAK-BURUN-BOĞAZ ANABİLİM DALI

Odyoloji Doktora Programı

DOKTORA TEZİ

İZMİR
ARALIK – 2024

TEZ KODU: DEU.HSI.PhD-2018970026

T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KOKLEAR İMPLANT KULLANICILARININ BASİT VE SEÇİME DAYALI İŞİTSEL REAKSİYON PERFORMANSLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Yaşam Yıldırım BAŞKURT
ORCID: 0000-0001-7749-5791

KULAK-BURUN-BOĞAZ ANABİLİM DALI

Odyoloji Doktora Programı

DOKTORA TEZİ

TEZ DANIŞMANI
Prof. Dr. Günay KIRKIM
ORCID: 0000-0003-4170-5317

T.C.

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ

SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

ETİK BEYAN

Dokuz Eylül Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırlayıp sunduğum "KOKLEAR İMPLANT KULLANICILARININ BASİT VE SEÇİME DAYALI İŞİTSEL REAKSİYON PERFORMANSLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ" başlıklı Doktora Tezim içinde elde ettiğim verileri, bilgileri, belgeleri akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tezimde yararlandığım eserlere bilimsel kurallara uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, tezimin özgün olduğunu, tezimin çalışma ve yazımında patent ve telif hakkını ihlal edici bir davranışımın olmadığını, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

İmza

Öğrencinin Adı Soyadı

Tarih

TEŞEKKÜR

İlk olarak, tanıştığımız 2010 yılından itibaren iyi niyetli ve bilge yönlendirmeleri sayesinde akademik hayatımın başından sonuna yanımda olan değerli danışmanım Prof. Dr. Günay KIRKIM'a, sadece eğitim hayatımda değil profesyonel çalışma hayatımda dahi kişisel gelişimime doğru yön veren tavsiyeleri için Prof. Dr. Enis Alpin GÜNERİ'ye, tezimin fikir aşamasında varlığı ve doğru yönlendirmeleri için Doç. Dr. Selhan GÜRKAN'a, varlıklarına minnet ile her daim destekçim aileme ve bu süreçte beni motive ederek itici bir güç oluşturan değerli arkadaşlarıma teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

TABLOLAR DİZİNİ ..... **i**
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **ii**
GRAFİKLER DİZİNİ ..... **iii**
SİMGELER VE KISALTMALAR ..... **iv**
ÖZET ..... **v**
ABSTRACT ..... **vi**
1. GİRİŞ VE AMAÇ **1**
1.1. Problemin Tanımı ve Önemi 1
1.2. Araştırmanın Amacı ve Hipotezleri 2
2. GENEL BİLGİLER **3**
2.1. İşitme ve Periferden Santrale İşitsel İşlemleme Süreci 3
2.1.2. İşitsel Yolakların Anatomi ve Fizyolojisi 5
2.1.2.1. Afferent Sistem 5
2.1.2.2. Efferent Sistem 6
2.1.3. Çift Yönlü İşitsel İşlemleme 8
2.1.3.1. Aşağıdan Yukarıya İşitsel İşlemleme 8
2.1.3.2. Yukarıdan Aşağıya İşitsel İşlemleme 9
2.1.4. Sesin Frekansı, Şiddeti ve Zamansal Özelliklerinin Algılanması 10
2.1.5. Gürültüde Konuşmayı Anlama Becerisi 11
2.2. İşitme Duyusu ile Oluşan Fiziksel Tepkiler 12
2.2.1. Startle Refleks 12
2.2.2. İşitsel Reaksiyon ve Çeşitleri 12
2.2.3. İşitsel Reaksiyon Zamanına Etki Eden Faktörler 13
2.2.3.1. İşitme Kaybı 13
2.2.3.2. Uyaran Özellikleri 14
2.2.3.3. Diğer Etkenler 15
2.3. Koklear İmplant Sistemi 15
2.3.1. Tarihteki Gelişim Süreci 16
2.3.2. Koklear İmplant Dış Parça Teknolojileri 17
2.3.3. Koklear İmplant İç Parça Teknolojileri 18
2.3.4. Ses İşlemleme Yöntemleri 18
2.3.5. Koklear İmplant Teknolojisinde Yenilikler 20

2.4. Dokunmatik ekran teknolojisi 21
2.4.1. Dokunmatik Ekran Reaksiyon Zamanı Ölçüm Aracı 22
2.4.2. Kullanım avantajları 22
2.5. Matriks Testi-Gürültüde Konuşmayı Anlama Testi 23
2.5.1. Türkçe Matriks Testinin Oluşturulması 24
2.5.2. Türkçe Matriks Testinin Uygulaması 25
3. GEREÇ ve YÖNTEM 27
3.1. Araştırmanın Tipi 27
3.2. Araştırmanın Yeri ve Zamanı 27
3.3. Araştırmanın Evreni ve Örneklemi 27
3.4. Çalışma Materyali 28
3.5. Araştırmanın Değişkenleri 29
3.6. Veri Toplama Araçları 29
3.7. Araştırma Planı 32
3.8. Verilerin Değerlendirilmesi 32
3.9. Araştırmanın Kısıtlılıkları 33
3.10. Etik Kurul Onayı 33
4.BULGULAR 34
4.1. Çalışma ve Kontrol Grubu Demografik Bulguları 34
4.2. Çalışma ve Kontrol Grubu İşitsel Reaksiyon Zamanı Karşılaştırmaları 36
4.3. Çalışma ve Kontrol Grubu Türkçe Matriks Testi Karşılaştırmaları 38
4.3. Verilerin Birbiri ile İlişkisinin Belirlenmesi 40
4.3. Markalara Göre Verilerin Karşılaştırılması 41
5. TARTIŞMA 42
6. SONUÇ VE ÖNERİLER 48
7. KAYNAKLAR 49
8. EKLER 58
8.1. Ek-1 Etik kurul onayı 58
8.2. Ek-2 Bilgilendirilmiş onam formu 60
8.3. Tez ile ilgili üretilen makale ve bildiriler 62
8.4. ÖZGEÇMİŞ 64

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 1: Üretici firmalara göre ses işlemleme stratejileri.....19

Tablo 2: TMT 50 kelimelik taban listesi.....26

Tablo 3: Çalışma ve kontrol grubuna ait yaş ve cinsiyet verileri.....34

Tablo 4: Koklear implant kullanıcılarının klinik özellikler 35

Tablo 5: Çalışma ve kontrol grup içi tek yönlü ANOVA testi bulguları.....37

Tablo 6: Çalışma ve kontrol grupları İRZ bulguları arası bağımsız gruplar t-Testi Bulguları.....38

Tablo 7: 4: Çalışma ve kontrol grupları arası TMT bağımsız gruplar t-Testi Bulguları.....39

Tablo 8: Elde edilen verilerin Pearson korelasyon analizi.....40

Tablo 9: Elde edilen verilerin doğrusal regresyon analizi bulguları.....41

Tablo 10: İRZ bulgularının markalara göre ortalamaları.....41

Tablo 11: TMT bulguları için çalışma grubu örnek katılımcıları 42

Tablo 12: Latans düzeltmesi uygulanmış İRZ ortalamaları.....43

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1: Çift yönlü işitsel işlemleme şeması 10

Şekil 2: Mutlu yıllar sana sözcüğünün spektral analizi.....11

Şekil 3: Eyries ve Djourno'nun operasyonuna ait lateral kafatası filmi 16

Şekil 4: Ses işlemcileri; Nucleus (1), MedEL (2), Advanced Bionics (3) 18

Şekil 5: Antiproton akümülatörü.....22

Şekil 6: TMT fonem dağılımı 24

Şekil 7: Saf ses odyometri ölçüm düzeneği 29

Şekil 8: İRZ testi için oluşturulan saf ses uyaranın spektral analiz karşılığı 30

Şekil 9: Kontrol ve çalışma grubu İRZ test düzeneği 31

Şekil 10: İRZ ölçüm aracı test menüsü görseli 31

GRAFİKLER DİZİNİ

Grafik 1: Çalışma ve kontrol grubu etiyolojisi 35

Grafik 2: Çalışma ve kontrol grubu işitme eşik ortalamaları grafiği 36

Grafik 3: İRZ verileri 37

Grafik 4: Çalışma ve Kontrol grubu TMT verileri (Solda adaptif gürültüde, sağda adaptif sessizlikte).....39

SİMGELER VE KISALTMALAR

Kİ: Koklear İmplant

RZ: Reaksiyon Zamanı

İRZ: İşitsel Reaksiyon Zamanı

BİRZ: Basit İşitsel Reaksiyon Zamanı

SİRZ: Seçim İşitsel Reaksiyon Zamanı

TMT: Türkçe Matriks Testi

KOKLEAR İMPLANT KULLANICILARININ BASİT VE SEÇİME DAYALI İŞİTSEL REAKSİYON PERFORMANSLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Doktora Tezi

Yaşam Yıldırım Başkurt

Dokuz Eylül Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü

Kulak Burun Boğaz Hastalıkları Anabilim Dalı

ÖZET

Koklear implant (Kİ), ileri derecede işitme kaybı yaşayan bireyler için kullanılan ve son yıllarda yaygınlaşan bir işitsel rehabilitasyon aracıdır. Kİ ameliyatından yaklaşık 3-4 hafta sonra cihaz etkinleştirilerek edilerek kullanıcıların normal işitmeye yakın işitsel beceriler kazanmaları hedeflenir. Bu doktora tezinin amacı, Kİ kullanan, cihazlarıyla ilgili herhangi bir teknik kısıtlılığı bulunmayan tecrübeli kullanıcıların, odyoloji klinikleri için geliştirilmiş basit ve seçime dayalı işitsel reaksiyon zamanı (İRZ) ölçümlerini değerlendirmektir. Araştırmanın örneklemini, Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi Kulak Burun Boğaz Hastalıkları Anabilim Dalı İşitme-Konuşma-Denge Ünitesi'nde takip edilen Kİ kullanıcısı bireyler ve kontrol grubunda yer alacak normal işiten bireyler oluşturdu. Araştırmanın amacına ulaşabilmek için gerekli test düzeneği oluşturuldu ve İRZ ölçüm aracı geliştirildi. Çalışmaya toplam 64 birey dahil edildi. Çalışma grubu, 14 kadın ve 18 erkek, kontrol grubu ise 21 kadın ve 11 erkek bireyden oluşturuldu. Çalışma ve kontrol grubu, kendi içinde İRZ testi alt testleri arasındaki değerlendirmeler için tek yönlü ANOVA testi ile analiz edildi. Çalışma grubunda elde edilen basit işitsel reaksiyon zamanı (BiRZ), alçak frekans seçim işitsel reaksiyon zamanı (SiRZ) ve yüksek frekans SiRZ verileri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edildi. BiRZ, çalışma grubunda 525,59 ms (SD 56,94), kontrol grubunda ise 458,63 ms (SD 26,00) olarak gözlendi. Alçak frekans SiRZ, çalışma grubunda 685,8 ms (SD 81,79), kontrol grubunda ise 539,41 ms (SD 31,32) olarak kaydedildi. Yüksek frekans SiRZ, çalışma grubunda 647,83 ms (SD 94,19), kontrol grubunda ise 520,13 ms (SD 43,76) olarak tespit edildi. Bu verilerin gruplar arasında yapılan karşılaştırmasında, istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlendi. İRZ ve türevleri, klinik kullanımda odyolojik açıdan işitme değerlendirmesi yapılırken bir bütünleyici araç olarak kullanılabilecek önemli bir araç olarak öne çıkmaktadır. Ancak, bu aracın kullanımını yaygınlaştırmak ve sıkça değerlendirmelere katılmasını sağlamak için klasik düzenekler bazı kısıtlamalar yaratmaktadır. Sadece periferik işitmenin değerlendirilmesi değil, bilişsel becerilerin de incelenmesi açısından kullanılabilecek alt testlere sahip olan bu araç, basit bir yazılım ile klinik test bataryasına eklenebilir.

Anahtar Kelimeler: Koklear İmplant, İşitsel Reaksiyon Zamanı, Türkçe Matriks Test

Tezin sayfa adedi: 74

Danışmanı: Prof. Dr. Günay KIRKIM

EVALUATION OF SIMPLE AND CHOICE AUDITORY REACTION PERFORMANCE IN COCHLEAR IMPLANT USERS

Doctoral Thesis

Yaşam Yıldırım Başkurt

Dokuz Eylül University, Institute of Health Sciences

Department of Otolaryngology

ABSTRACT

Cochlear implant (CI) is an auditory rehabilitation device used for individuals with profound hearing loss, and its use has become increasingly widespread in recent years. Approximately 3-4 weeks after CI surgery, the device is activated, aiming to help users acquire auditory skills close to normal hearing. The aim of this doctoral thesis is to evaluate simple and choice auditory reaction time (ART) measurements, developed for audiology clinics, in experienced cochlear implant (CI) users with no technical limitations related to their devices. The study sample consisted of cochlear implant users followed at Dokuz Eylül University Faculty of Medicine, Department of Otolaryngology, Hearing-Speech-Balance Unit, as well as normal-hearing individuals in the control group. A test setup was established and, an auditory reaction time (ART) measurement tool was developed to achieve the objective. A total of 64 individuals participated in the study. The study group included 14 female and 18 male, while the control group comprised 21 women and 11 men. The study and control groups were analyzed using one-way ANOVA for comparisons among ART test subtests. Statistically significant differences were found among simple ART, low-frequency choice ART, and high-frequency choice ART data in the study group. Simple ART was observed as 525.59 ms (SD 56.94) in the study group and 458.63 ms (SD 26.00) in the control group. Low-frequency choice ART was recorded as 685.8 ms (SD 81.79) in the study group and 539.41 ms (SD 31.32) in the control group. High-frequency choice ART was determined as 647.83 ms (SD 94.19) in the study group and 520.13 ms (SD 43.76) in the control group. Statistically significant differences were observed in comparisons between the groups. ART and its derivatives stand out as an important tool that can be used as an integrative tool in audiological hearing evaluation in clinical use. However, classical mechanisms create some restrictions in order to popularize the use of this tool and ensure its participation in frequent evaluations. This tool, which has subtests that can be used not only to evaluate peripheral hearing but also to examine cognitive skills, can be added to the clinical test battery with a simple software.

Keywords: Cochlear Implant, Auditory Reaction Time, Turkish Matrix Test

Page Number: 74

Advisor: Prof. Dr. Günay KIRKIM

1. GİRİŞ ve AMAÇ

1.1. Problemin Tanımı ve Önemi

Koklear implant (Kİ), ileri derecede işitme kaybı yaşayan bireyler için kullanılan ve son yıllarda yaygınlaşan bir işitsel rehabilitasyon aracıdır. Kİ ameliyatından yaklaşık 3-4 hafta sonra cihaz etkinleştirilir ve kullanıcıların normal işitmeye yakın işitsel beceriler kazanmaları hedeflenir. Düzenli takip ve işitsel rehabilitasyonla desteklenen kullanıcıların konuşmayı ayırt etme becerilerinde belirgin bir iyileşme gözlenir. Bu gelişmelerin bir sonucu olarak, kendini ifade edebilen yetişkin kullanıcıların, cihazın aktivasyonunun hemen ardından bile memnuniyetlerinde artış görülür (1). İleri derecede işitme kaybı bulunan ve konvansiyonel işitme cihazlarından fayda sağlayamayan bireyler için Kİ'ler, işitsel anlamda en önemli destek araçlarından birisidir. Bu cihazların bireye özgü veriler temelinde optimize edilmesi, rehabilitasyon sürecinin başarısı açısından büyük öneme sahiptir. Bu nedenle, serbest alan saf ses odyometri testi ve işitsel uyarılmış kortikal potansiyeller gibi odyolojik verilerin her biri, doğru ayarların yapılması ve implant etkinliğinin artırılması açısından kritik öneme sahiptir (2).

Düzenli odyolojik takip ve ayarları yapılan hastaların, öncelikle yeni işitme deneyimlerine uyum sağlamaları gerekir. Bu alışma sürecinin ardından, konuşmayı fark etme, ayırt etme, tanıma ve anlama becerileri üzerine gerçekleştirilen işitsel rehabilitasyon çalışmaları, Kİ'nin etkinliğini arttırmada kritik role sahiptir (3). Yetişkinlerde, okuma, dinleme ve sesletim çalışmaları gibi uygulamaların yanı sıra, günümüz teknolojik yenilikleriyle geliştirilen yazılımsal rehabilitasyon araçlarından da yararlanılır. Bilgisayar tabanlı yazılımlar, bireylerin işitsel performanslarını arttırmayı hedefleyen çeşitli uygulamalar içerir. Bu yazılımlar fark etme, ayırt etme, tanıma ve anlama becerilerini ayrı ayrı geliştirmeye yöneliktir (4).

İşitme yetisinin temelini oluşturan fark etme ve ayırt etme becerileri çeşitli yöntemlerle değerlendirilebilir. Odyolojik incelemeler kapsamında bu yöntemler arasında frekans tanıma ve aralık fark etme testleri yer alır (5,6). Ayrıca işitsel reaksiyon zamanı (İRZ) ve türevleri farklı disiplinlerin de araştırma konusu olup işitsel dikkat ve ayırt edici işitsel dikkat yetisi hakkında bilgi edinmemize katkı sağlar. Reaksiyon zamanı (RZ), bir uyaranın sunulması ile buna verilen cevabın ortaya

çıkması arasında geçen süre olarak tanımlanır. Uyaranın türüne bağlı olarak RZ değişkenlik gösterir. İRZ özelinde, uyaranın sunulmasını takiben sesin periferik organlar tarafından algılanması, işitme siniri üzerinden kortikal merkezlere taşınması, algının gerçekleşmesi ve retiküler formasyondan ilgili kas grubuna ait spinal bölgeye ulaşmasının ardından cevabın mekanik olarak ortaya çıkmasına kadar geçen süre değerlendirilir. Bu süre, verilen cevabın niteliğine göre değişiklik gösterir; işitme kaybı, kas-iskelet sistemi bozuklukları ve bilişsel bozukluklar gibi faktörlerden erkilenir (7).

1.2. Araştırmanın Amacı ve Hipotezleri

Bu doktora tezi, koklear implant kullanan, cihazlarında teknik bir kısıtlılık bulunmayan deneyimli kullanıcıların basit ve seçime dayalı İRZ ölçümlerini değerlendirmeyi, bu ölçümler ile Kİ'li Türkçe Matriks Testi sonuçları arasındaki ilişkiyi irdelemeyi ve İRZ ölçümlerinin Kİ kullanımındaki faydaya dair bilgi sağlayıp sağlamadığını araştırmayı amaçlamaktadır.

H_0 (Null Hipotezi): Deneyimli Kİ kullanıcılarının basit ve seçime dayalı İRZ ölçümleri, kontrol grubundaki değerlerle karşılaştırıldığında anlamlı bir fark göstermez. Ayrıca, basit ve seçime dayalı İRZ bulguları ile Türkçe Matriks Testi sonuçları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmaz.

H_1 (Alternatif Hipotezi): Deneyimli Kİ kullanıcılarının basit ve seçime dayalı İRZ ölçümleri, kontrol grubundaki değerlerle karşılaştırıldığında anlamlı bir fark gösterir. Ayrıca, basit ve seçime dayalı İRZ bulguları ile Türkçe Matriks Testi sonuçları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. İşitme ve Periferden Santrale İşitsel İşlemleme Süreci

İşitme, birçok bilişsel ve bilişsel olmayan davranışı yönlendiren en önemli duyulardan biridir. Bilişsel davranışlar, dil ve sesletim aracılığıyla gerçekleşen iletişim becerileri olarak değerlendirilebilir. Konuşma ve dil yetisi, yaşamın erken dönemlerinden itibaren başlayan bir gelişim sürecinin sonucudur. Bu sürecin doğal akışında ilerleyebilmesi için öncelikle bilgi girişini sağlayan işitme duyusunun ve ardından ses üretimini gerçekleştiren rezonatör yapıların doğal ya da doğala yakın şekilde işlev görmesi gerekmektedir. İşitme ve işitsel işlemleme süreçlerinin sağlıklı şekilde gerçekleşebilmesi, işitsel bilgilerin normal seviyelerde algılanmasıyla mümkündür. Algılama sürecinde görev alan yapılar, anatomik olarak periferik kısımda yer alan dış, orta ve iç kulaktan oluşmaktadır. Dış kulak yapıları, kulak kepçesi, dış kulak yolu ve timpan membran ile sınırlıdır. Bu yapılar, sesi toplamak ve orta kulağa iletmekle görevlidir. Ayrıca dış kulak yolu, kendine özgü özellikleri sayesinde 2000-4000 Hz frekans aralığında yaklaşık 10-15 dB SPL seviyelerinde bir amplifikasyon etkisi yaratır. Timpan membran, yarı geçirgen yapısıyla hem koruma hem de iletim fonksiyonları üstlenir. Farklı frekanslara göre verdiği tepkiler değişkenlik gösterirken, basınç dengesi sayesinde yüksek ses şiddetlerinin iletiminde dengeleyici ve koruyucu bir rol oynar (8).

Orta kulak yapıları arasında, akustik etkiler açısından en önemli yapılar orta kulak kemikçik zinciridir. Malleus, incus ve stapes'ten oluşan bu üçlü yapıda, malleus timpan membrana bağlıdır. İncus, malleus ile stapes kemikçikleri arasında iletişimi sağlayan bir bağlantı görevi görürken, stapes oval pencereye yapışık şekildedir (9). Kulak zarı ve oval pencerenin yüzey alanlarından kaynaklanan kaldıraç etkisi sayesinde, ses dalgaları timpan membrana ulaştığında yaklaşık 25-30 dB SPL seviyesinde amplifikasyona uğrar (10). Ayrıca, kemikçik zincirine bağlı kas yapıları ve bu yapıların beyin sapına olan bağlantıları aracılığıyla, belirli bir şiddetin üzerindeki sesler her frekans için farklı oranlarda azaltılır. Bu koruyucu mekanizma, stapes refleksi olarak adlandırılır ve iç kulağın travmatik düzeydeki yüksek ses şiddetlerinden korunmasına katkı sağlar.

Sağlıklı bir insan kulağı, 20-20.000 Hz arasındaki frekansları algılama kapasitesine sahiptir. Saf ses tonunda bir sesin minimum duyma seviyesi ise frekansa bağlı olarak değişiklik gösterir. Konuşma frekansları genellikle 500-4000 Hz aralığında yoğunlaşır. Sağlıklı bir birey, 0 ila 120 dB HL şiddetindeki sesleri işitebilirken, normal konuşma sesi 50-70 dB HL aralığında olup, ortalama şiddeti 65 dB HL'dir. Fısıltı şiddeti ise yaklaşık 20-25 dB HL civarındadır. Tüm bu algısal süreçlerin işitsel anlamdaki ilk algısı koklea içerisinde gerçekleşir ve işitme siniri üzerinden iletimiyle devam eder (11). İç kulak, işitme ve denge fonksiyonlarını sağlayan yapıları barındırır ve temporal kemiğin en sert bölgesi olan petröz kemik içerisinde konumlanır. İç kulak, orta kulakla yuvarlak ve oval pencere aracılığıyla, koklear ve vestibüler akuaduktuslar yoluyla kafa içi yapılarla bağlantı kurar. Koklea, spiral yapıda bir organdır ve insanlarda yaklaşık 35 mm uzunluğunda olup 2 ¾ tur döner. Bazal bölümü daha geniş, apikal bölümü ise daha dardır. Oval pencereye açılan bölüm, kokleanın sarmal yapısında skala vestibüli olarak devam eder. Diğer bir bölüm olan skala timpani ise yuvarlak pencerede sonlanır. Skala vestibüli ve skala timpani, kokleanın uç kısmında birleşir ve bu birleşim bölgesine helikotrema adı verilir. Bu iki bölümün arasında kalan alana skala media denir ve burada reissner membranı ile baziler membran bulunur. Sesin mekanik dönüşümünün ötesinde, hücre bazında sinirsel iletimin gerçekleştiği yer bu iki bölümdür. Skala media, hücre içi sıvıya benzer özellikler gösteren ve yüksek potasyum (yaklaşık 145 mM K^+, 2 mM Na^+) içeren endolenf sıvısı ile doludur. Skala vestibüli ve skala timpani ise beyin omurilik sıvısına benzer şekilde yüksek sodyum (yaklaşık 140 mM Na^+, 6 mM K^+) içeren perilenf sıvısını içerir. Baziler membran üzerinde yer alan korti organı, üç sıra dış tüylü ve bir sıra iç tüylü hücreden oluşur. Bu hücreler sesin sinirsel iletimini sağlar. İnsan iç kulağında yaklaşık olarak 12.500 dış tüylü hücre ve 3.500 iç tüylü hücre olmak üzere toplamda yaklaşık 16.000 tüylü hücre bulunur (12). Koklea içerisindeki ses dalgalarının yayılımını açıklamak için en yaygın olarak Békésy'nin ilerleyen dalga teoremi kullanılır. İlerleyen dalga teorisine göre, ses dalgası koklea içinde titreşim oluşturduğunda, tüm iç kulak sıvıları bu titreşimi algılar. Ancak baziler membran, her frekansa özgü bir rezonans yapısına sahip olduğundan, yalnızca gelen ses frekansına uygun bölgeler titreşir. Böylece sesin algılanması, yalnızca bu frekansa özgü akustik

uyarana yanıt veren baziler membran bölgelerinde gerçekleşir. Bu mekanizma sayesinde frekansa özgü işitme sağlanır.

2.1.2. İşitsel Yolakların Anatomi ve Fizyolojisi

Korti organı, rezonatör işlevi görerek ses dalgalarının frekansına bağlı olarak uygun bölgelerde titreşimler oluşturur. Sesin sinirsel iletimini açıklayan Wever'in yayılım (volley) teorisi, "yer" ve "frekans" teorilerinin bir sentezidir. Bu teoriye göre, 5000 Hz ve altındaki seslerin algılanması frekans teorisiyle, daha yüksek frekanslardaki seslerin algılanması ise yer teorisiyle açıklanmaktadır. Akustik sinyaller, spiral ganglion nöronlarından gelen afferent innervasyon ve superior olivary kompleksinden gelen efferent innervasyon olmak üzere iki farklı tipte innervasyon alan mekanosensör tüylü hücreler tarafından algılanır. İşitme siniri, VIII. sinir demetinin spiral ganglionun korti organına innervasyonu ile başlar. Tüylü hücrelerden başlayan 32.000 afferent sinir liflerinin %90'ı, Tip I spiral ganglion hücreleri aracılığıyla iç tüylü hücrelere bağlanır. Geri kalan afferent sinir lifleri ise Tip II spiral ganglion hücreleri aracılığıyla dış tüylü hücrelere bağlanır. Tip I hücreler miyelinli, Tip II hücreler ise miyelinsizdir. Yaklaşık 1800 adet efferent sinir lifi, afferent liflerin aksine çoğunlukla (%80'i) Tip II spiral ganglion hücrelerine inerve ederken, geri kalan %20'si Tip I spiral ganglion hücreleriyle bağlantılıdır (13).

2.1.2.1. Afferent Sistem

Birincil afferent innervasyon, kokleadan merkezi sinir sistemine ses bilgisini ileten işlevsel olarak farklı iki nöronal popülasyonu içerir. Bu popülasyonların büyük çoğunluğu, Tip I spiral ganglion hücrelerine bağlı iç tüylü hücrelerden; az bir kısmı ise Tip II spiral ganglion hücrelerine bağlı dış tüylü hücrelerden oluşur. Bu yapılar, afferent sinir lifleriyle birebir bağlantılıdır ve algılayıcı bir role sahiptir. Afferent işitsel sistem, işitme sürecinde ses bilgisini kokleadan merkezi sinir sistemine ileterek duyusal algının temelini oluşturur.

Ses bilgisi, mekanosensitif tüylü hücreler tarafından algılanır ve milisaniyeler içinde sinyalleri çözümlemek için gereken hassasiyet ve hızla özelleşmiş ribbon sinapslar aracılığıyla spiral ganglion nöronlarına iletilir. Uyarıldığında, ribbon sinapsa sahip tüylü hücreler glutamat salgılar. Bu glutamat, postsinaptik spiral ganglion

nöronlarının terminallerinde kümelenmiş Alfa Amino Hidroksi Metil İzoksazolpropiyonik Asit (AMPA) reseptörlerine bağlanarak afferent nöronda belirli ateşleme paternlerini başlatır. Bu sinapsların sayısı ve işlevselliği, kokleanın uzunlamasına ekseni boyunca farklılık gösterir ve koklear innervasyonun tonotopik organizasyonuna katkı sağlar (14). Farelerde koklear gelişim sırasında doğumdan önce olgunlaşmamış sinapslar bulunur ve bu sinapsların sayısı doğum sonrası ilk günlerde nöron uzantıların yeniden düzenlenmesi ile artmaktadır. İç tüylü hücreler, ses dalgalarının başlıca kodlayıcısıdır ve her iç tüylü hücere 20'ye yakın Tip I spiral ganglion nöronu ile sinaptik bağlantı oluşturur. Dış tüylü hücreler ise sesin algılanmasına katkıda bulunur ve her bir dış tüylü hücre en fazla üç adet Tip II spiral ganglion nöronu ile sinaps yapar. Dış tüylü hücre ile Tip II afferentler arasındaki sinapslar hakkında çok az şey bilinmektedir. Ancak dış tüylü hücrelerden gelen glutamaterjik girdiler, Tip II spiral ganglion nöronlarında aralıklı aksiyon potansiyellerini tetikler. Ultrastrüktürel analizler, dış tüylü hücre demetlerine bağlı vezikül sayısının, iç tüylü hücrelerdeki demetlere kıyasla daha az olduğunu ortaya koyar (15). Bu bulgulara göre, Tip II spiral ganglion nöronlarının yalnızca tek bir lif ile bağlantılı birden fazla dış tüylü hücrenin maksimum uyarımı sonrasında en yüksek seslere yanıt verdiği düşünülmektedir (15, 16, 17).

Tek bir iç tüylü hücrede, sinapsın modiolar-pillar ekseni boyunca kesin konumu, ilgili lifin fizyolojik özellikleri ile ilişkilidir. Düşük spontan deşarj oranına sahip, yüksek eşiklere duyarlı lifler genellikle iç tüylü hücrenin modiolar tarafında sinaps yapma eğilimindedir. Buna karşın, yüksek spontan deşarj oranına sahip, düşük eşiklere duyarlı lifler hücrenin pillar tarafına temas eder. Bu özellikler, sinaps bileşenlerinde görülen morfolojik ve moleküler değişimlerle ilişkilidir. İç tüylü hücrenin modiolar yüzeyindeki temas noktaları, daha büyük presinaptik demetler, daha fazla sayıda kalsiyum kanalı ve daha küçük postsinaptik AMPA reseptör kümeleri sergiler (15, 18).

2.1.2.2. Efferent Sistem

Efferent işitme yolları, işitsel kortekste başlar ve buradan çıkan dallar, medial genikulat cisme yönelir ve afferent sistemin tersine bir yol izler. Bu ilerleyişin diğer

işitsel merkezlerle bağlantı kurarak kokleada sonlandığı görülmektedir. Efferent sistemin, afferent sistemden belirgin farklılıklar taşıdığı bilinmektedir. Öne çıkan farklardan ilki, efferent sistemin daha seyrek bağlantılardan oluşmasıdır. Diğer bir fark ise, efferent sistemin kokleaya ulaşana kadar çok sayıda geri bildirim mekanizması ile kendini desteklemesidir. Efferent işitme sistemi genel olarak iki ana bölümde incelenir: rostral ve kaudal sistem. Rostral efferent yapılar, işitsel korteksten başlayarak superior olivary kompleks ile sonlanır ve bu bölge hakkında kaudal efferent sisteme göre daha sınırlı bilgi bulunur. "Olivokoklear demet" olarak da bilinen kaudal efferent sistem ise superior olivary kompleksten kokleaya kadar uzanır. Kaudal efferent sistem ayrıca lateral segment ve medial segment olarak iki alt bölüme ayrılır. Rostral efferent sistem çoklu geri bildirim ağı ile işlevi ve fizyolojisi tam olarak belirlenememiş bir yapı sarmalıdır. (19, 20). Teorik olarak, bu sistemin anatomik bileşenlerine dayanan çeşitli tahminler yürütülürek ana görevinin belirli bir seviyede afferent sistemi kontrol etmek olduğu öne sürülmektedir. Anatomik konumuna dayalı olarak yapılan bir diğer varsayım ise, rostral efferent sistemin, kaudal beyin sapındaki işitsel çekirdeklerden kokleaya doğrudan veya dolaylı bağlantılarının olabileceğidir. Bu bağlantılar yoluyla, koklea, işitsel sinir ve alt beyin sapı çekirdeklerinin fonksiyonlarına kortikal düzeyde bir etki yapabileceği düşünülmektedir.

Efferent sistemin periferine yakın olan kısmı, kaudal efferent sistem olarak tanımlanır. Lateral ve medial segmentlerden oluşan kaudal efferent yapının, afferent sisteme benzer şekilde zaman, şiddet, faz ve frekans farklılıklarına duyarlıdır. Efferent işitme sistemi içerisinde daha büyük bir alana sahip olan ve daha gelişmiş bir yapı olan medial olivary nukleus, interaural zaman ve faz farklarına karşı yüksek hassasiyet gösterirken, daha küçük bir yapı olan lateral segmentin ise interaural frekans ve şiddet farklılıklarına duyarlılık göstermektedir. Bu iki segmentin birlikte çalışarak ses uyaranlarının lokalizasyonunu ve seslerin üç boyutlu (uzamsal) algılanmasını sağlar (21). Koklear çekirdeğin üç alt çekirdeği, beyin sapının daha rostral bölgelerine inerve eder ve bu yolaklar işitsel striae olarak adlandırılır. Dorsal akustik striae, dorsal koklear çekirdekten çıkar ve karşı taraftaki inferior kollikulusa inerve olur. Ventral akustik striae, anteroventral koklear çekirdekten çıkarak bilateral olarak superior olivary kompleksine inerve olur. Orta akustik striae, posteroventral koklear çekirdekten ipsilateral superior olivary komplekse inerve olur (22). Superior olivary

kompleks, birden fazla alt çekirdekten oluşan karmaşık bir yapıdır. Periolivary çekirdekler, aşağı inen işitme sisteminin ayrılmaz bir parçasıdır ve hem ipsilateral hem de kontralateral olarak olivokoklear demetler yoluyla dış tüylü hücrelere veya iç tüylü hücrelerin altındaki Tip I afferent liflere inerve olur. Bu aşağı inen sistem, yukarıdan aşağıya işitsel işlemlemenin bir parçası olarak otoakustik emisyonların baskılanmasında rol oynar (23).

2.1.3. Çift Yönlü İşitsel İşlemleme

Aşağıdan yukarıya ve yukarıdan aşağıya işitsel işlemleme, birbiriyle sürekli iletişim halinde olan anatomik yapılar sarmalının koordine bir şekilde çalışması sonucu ortaya çıkar. Bu süreç, sesin algısal aşamasından başlayarak, duyusal bellek içerisinde önceden öğrenilmiş birçok bilginin işleme katılması ile devam eder.

2.1.3.1. Aşağıdan Yukarıya İşitsel İşlemleme

Aşağıdan yukarıya işitsel işlemlemeye sistem açısından bakıldığında, superior olivary kompleksin üç alt çekirdeği önem taşır: bunlar medial superior olive, lateral superior olive ve medial trapezoid cisim çekirdeğidir. Superior olivary kompleks, her iki kulaktan gelen girdilerin ilk kez birleştiği anatomik yapıdır. Karşı taraftaki ve aynı taraftaki koklear çekirdekten gelen bilgiler, sırasıyla medial superior olive'in medial ve lateral dendritik dallarına inerve olur. Medial superior olive, sesin yön tayini açısından her iki kulaktan gelen uyarımlar arasındaki farkın ilk olarak karşılaştırıldığı ve yön tayininin yapıldığı anatomik bölge olarak dikkat çeker (24).

En temel duyuların başında gelen işitmenin öne çıkan özelliklerinden biri, gürültünün varlığında bile önemli bilgi içeren işitsel girdilerin algılanabilmesidir. İşitsel algı, işitsel dikkat becerisinin varlığıyla hayati önem taşıyan güdüsel reflekslerin kullanılabilmesini sağlar. İlk çağlardan beri, ortamda var olan sürekli bir gürültünün varlığında dahi ortaya çıkan anlık sesler (örneğin, yırtıcıların çıkardığı sesler veya gök gürültüsü) kaç-saklan refleksinin çalışmasında büyük rol oynamaktadır. Bu seslerin şiddetindeki değişimler, işitsel girdinin önem sırasını belirlememize yardımcı olur ve böylece ön plana çıkan, tehlike oluşturabilecek yüksek sesli durumlar daha belirgin hale gelir. İşitsel dikkat becerisinin temelini oluşturan unsurlarda, aşağıdan yukarıya

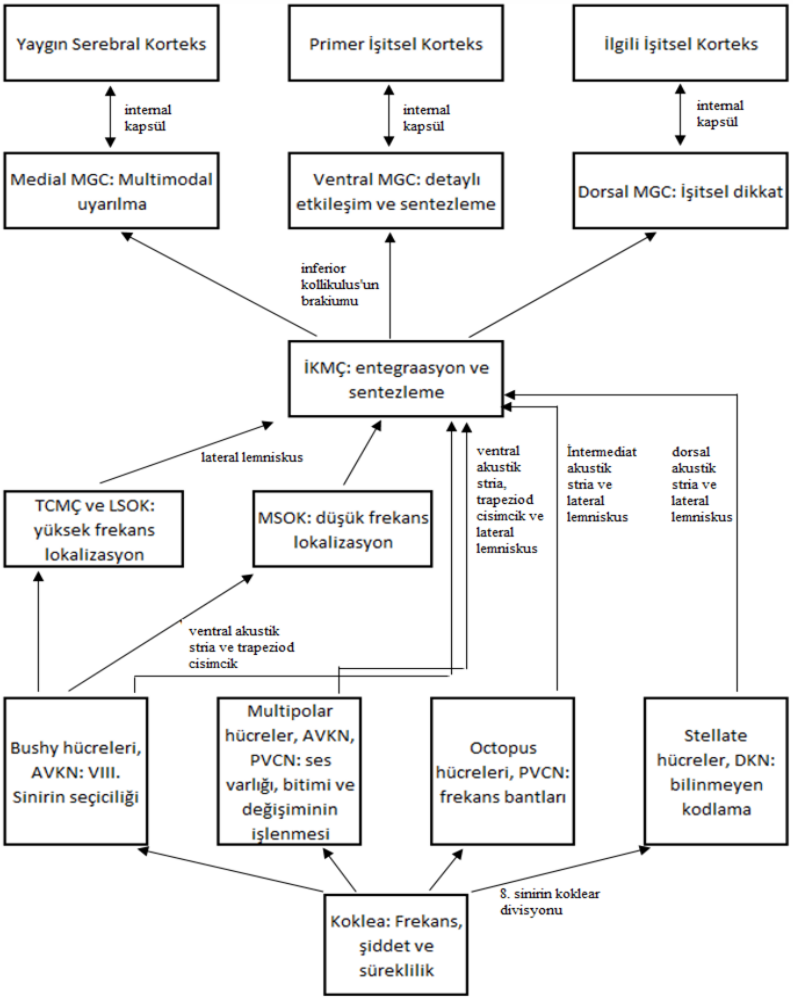
işitsel işlemlemenin rolü ön plana çıkar. Ayrıca, belirli bir sinyalin frekansındaki değişimlerin algılanması ve bunun üst işitsel sistemlere iletimi sırasında, aşağıdan yukarıya işitsel geribildirimleri büyük rol oynar.

Manyetoensefalografi yöntemi ile yapılan bir çalışmada, tonal uyaran üzerinde yapılan anlık değişikliklerin, düşük de olsa N1m bulgularında değişimlere neden olduğu gözlenmektedir (25). Bu bulgu, işitsel dikkat becerisinin aşağıdan yukarıya işitsel işlemleme ile doğrudan bağlantısını kanıtlar. Başka bir deyişle, aşağıdan yukarıya işitsel işlemleme sadece işitilen bilginin üst merkezlere iletilmesini sağlamakla kalmaz; aynı zamanda, bu bilgilere verilecek refleksif tepkilerin geliştiği, afferent yolakların daha etkin ve ön planda olduğu bir süreç olarak da dikkat çeker.

2.1.3.2. Yukarıdan Aşağıya İşitsel İşlemleme

Yukarıdan aşağıya işitsel işlemleme, algısal sürecin daha karmaşık ve hafızaya dayalı kısmını oluşturur. Bu işlemleme, önceki öğrenimlerin yanı sıra, bu öğrenimlere bağlı beklentiler ve ipuçları doğrultusunda tepkilerin oluştuğu bir yaklaşımı temsil eder. Birey, gelen duyusal girdilere yalnızca yüzeysel olarak değil, aynı zamanda hafızada yer alan öğrenimlerinden yararlanarak zihinsel süreçler aracılığıyla anlam yükler (26). Böylece algılama süreci, bir tür hipotez oluşturma ve tahmin mekanizması şeklinde işler.

Yukarıdan aşağıya işitsel işlemleme özellikle karmaşık sesler, dilsel girdiler ve tanıdık olmayan durumlarla karşılaşıldığında devreye girerek bireyin, çevresel sesleri tanımasa bile, bu sesleri daha anlamlı hale getirmesine yardımcı olur. Dil bilgisi içerisinde tonlamalar ve vurgular, bilmediğimiz bir dilde dahi anlam taşır; duygularımıza yön vererek temel anlamlandırma süreçlerini başlatır (27). Ayrıca, müzik gibi duyusal bütünlüğü konuşmaya göre daha temel yapılara dayanan olguların anlamlandırılması ve duygusal hafıza ile ilişkilendirilmesi de yukarıdan aşağıya işitsel işlemenin bir ürünüdür. Bu süreçte, efferent yolların daha etkin göreve sahiptir. Çift yönlü işitsel işlemlemeye ilişkin görsel Şekil 1'de sunulmaktadır.



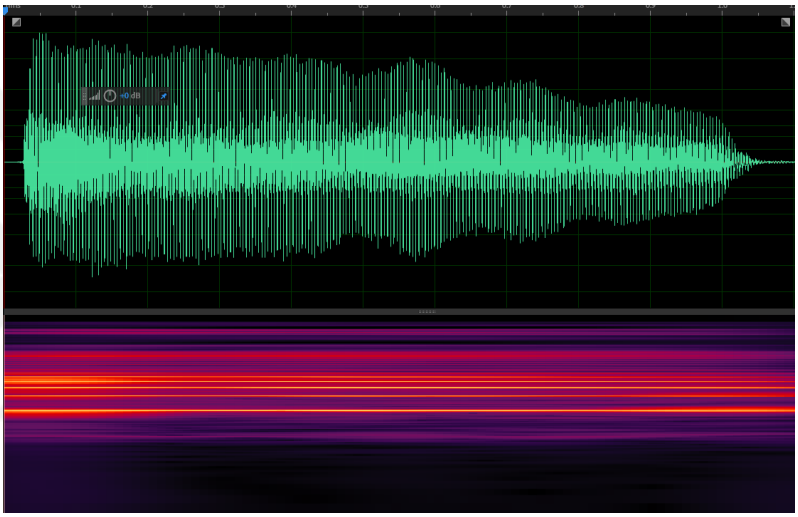
Şekil 1: Çift yönlü işitsel işlemleme şeması

2.1.4. Sesin Frekansı, Şiddeti ve Zamansal Özelliklerinin Algılanması

Akustik enerji, ses dalgaları aracılığıyla dış kulak, orta kulak ve iç kulak yapılarına iletilerek algılanan bir bilgi demetidir. Bu bilgiyi anlamlı kılan yalnızca ton değil, aynı zamanda şiddet ve içerdiği bilginin zamansal sıralamasıdır. Konuşma algısının tam anlamıyla duyusal bütünlüğünün sağlanması açısından, vurgular gibi şiddet değişimleri ve bu değişimlerin zamansal sıralaması büyük önem taşımaktadır. Örneğin, "Merhaba" sözcüğünün mutlu veya sinirli bir ses tonu ile söylenmesi arasında tonlama ve şiddet algısı açısından büyük farklılıklar vardır. Bu farkı algılamak için çift yönlü işitsel işlemlemenin önemi büyüktür. Sözcüğün hem üst merkezlere taşınması hem de bu merkezlerde işlenerek anlaşılması, sadece selamlama amacı taşıyan bir sözcüğün verdiği duyguyu anlamamızı sağlar. Başlayan bir konuşmanın nereye

varacağını anlamak ise bireyin entelektüel zekâsı ile işitsel bilgiler arasındaki bağlantılar sayesinde mümkün olur (28).

Benzer şekilde, bir sözcüğün tam anlamıyla algılanabilmesi için fonemlerin spektral analizinde görülen (Şekil 2) temel formantlar ve bu formantların yan formantlarının zamansal sıralamasının algısal düzeyde korunması büyük önem taşımaktadır. İşitme kaybı, bu süreçte işitsel algının frekans ve şiddet algısını bozarak süreci olumsuz etkiler. Aynı zamanda, işitsel nöropati gibi senkronizasyon bozukluğu yaratan patolojiler de sesin zamansal özelliklerini bozarak, sesin duyulsa bile anlaşılmasını olumsuz yönde etkiler (29).



Şekil 2: Araba sözcüğünün spektral analizi

2.1.5. Gürültüde Konuşmayı Anlama Becerisi

Konuşma, normal işiten bir bireyin doğum sonrası dil bilgisini algılayıp öğrenmesi ve üretimi sonucunda gelişen bir eylemdir. Dil, biçim, içerik ve kullanım olmak üzere üç temel bileşene sahiptir. Her fonemin zamansal ve spektral özelliklere sahip akustik çıktıları, dilin anlaşılabilirliğini sağlayan önemli ayrıntıları oluşturur. Bu fizyolojik katkı, sessiz ortamlar için farklı bir şekilde gelişirken, gürültünün varlığında ise çok daha karmaşık olaylar devreye girmektedir (30, 31).

İşitme kaybının varlığında, konuşmanın anlaşılırlığı becerisi işitsel işlemlemenin önceki bölümlerde bahsedilen özellikleri yeterli bilgiyle beslenemediği için bozulur. İşitme kaybı, bu nedenle yalnızca sensör organı değil, üst bölgeleri de etkiler. Bu durum, işitsel dikkat, işitsel fark etme ve seçici işitsel dikkat gibi birçok

konuşmayı anlama becerisini destekleyen yetilerin zamanla kaybolmasına yol açar (32, 33).

2.2. İşitme Duyusu ile Oluşan Fiziksel Tepkiler

İşitme duyusu, insanoğlunun evrim sürecinde yırtıcılara veya olumsuz doğa olaylarına karşı korunmasında önemli bir duyusal kaynak olarak yer alır (34). İşitme sayesinde, kaç-saklan reflekslerinin temelinde yer alan startle refleksi meydana gelir. İnsan gelişiminin basamaklarında çevresindeki olaylara göre durumsal tepkiler oluşturur ve bu tepkiler reaksiyon olarak adlandırılır. Reaksiyonlar sayesinde, bireyin işitsel hassasiyeti, dikkat becerisi ve hatta seçici dikkat becerisi analiz edilebilir.

2.2.1. Startle Refleks

Startle refleksi, işitsel reaksiyonun temelini oluşturan tetikleyici bir olgu olup işitsel anlamda en ilkel tepkidir. Bu tepkinin ortaya çıkabilmesi için tehlike arz edecek şiddette bir gürültü veya ses gereklidir. Pain ve Hibs tarafından yapılan bir çalışmada, startle refleksinin Elektromiyografi ile ölçülmesi sonucunda, refleksin ortaya çıkması için geçen ortalama sürenin 65-70 ms olduğu gözlenir. Startle refleks döngüsünde, uyaranın iç kulak tarafından algılanarak beyin sapına ulaşması yaklaşık 10 ms'dir. Beyin sapındaki retiküler formasyondan çıkan sinyalin retikülosipinal kord yoluyla yanıt verecek kas grubuna ulaşması ise yaklaşık 50 ms'dir. Kas tonusunda mekanik bir hareket olarak yanıtın ortaya çıkması için geçen süre ise yaklaşık 15-20 ms civarındadır. Bu verilere göre, startle refleksinin oluşması için minimum süre 75-80 ms aralığındadır. Ek olarak, sesin bir metre mesafedeki yolculuk süresi olan 3 ms de eklendiğinde, toplam süre yaklaşık 78-83 ms olarak hesaplanır (35).

2.2.2. İşitsel Reaksiyon ve Çeşitleri

Reaksiyon, bir uyarana karşı test edilen bireyin verdiği yanıt olarak tanımlanır ve uyaranın tipi, reaksiyonun niteliğini belirler. Uyaran, işitsel, görsel veya dokunsal gibi farklı biçimlerde olabilir. Bu sayede, farklı duyusal alanlardan alınan reaksiyon yanıtları, ilgili anatomik yapılar hakkında nicel bilgi edinilmesini sağlar (36). RZ, tanımlayıcı bir parametre olarak sağlık ve spor bilimleri gibi birçok alanda uzun yıllardır kullanılmaktadır. Odyoloji alanında ise işitsel uyaranlara verilen reaksiyon yanıtları, işitsel rehabilitasyona yönelik eğitim programları gibi uygulamalarda önemli bir yer tutar. Tuz ve arkadaşları, geliştirdikleri internet tabanlı eğitim programı

modüllerinde, işitsel dikkat ve seçici dikkat becerilerini geliştirmek amacıyla bu aracı kullanmaktadır (37).

İşitsel reaksiyon, kas-iskelet sisteminin koordineli işleyişine ek olarak, yukarıdan aşağıya ve aşağıdan yukarıya işitsel işlemleme mekanizmalarının koordinasyonunu içerir. İşitsel uyaranlara verilen tepkiler, milisaniyeler içinde işlenerek yanıtlar ortaya çıkarır. Ayrıca, uyaran türleri arasındaki farklılıkları gözlemlemek için bu sayısal değerlerin istatistiksel olarak işlenmesi önemlidir. Basit işitsel reaksiyon verisi, ağırlıklı olarak aşağıdan yukarıya işitsel işlemlemeyi yansıtırken, seçime dayalı işitsel reaksiyon verisi, yukarıdan aşağıya işitsel işlemlemenin daha ön plana çıktığı verileri içerir. İşitsel uyarana dikkat edebilme yetisi, gürültülü ve sessiz ortamlarda konuşma anlama becerisini önemli ölçüde etkiler. Etkili bir işitsel görev performansı, aşağıdan yukarıya ve yukarıdan aşağıya dikkat mekanizmalarının dengeli bir etkileşimini gerektirir (38).

İşitsel reaksiyon ile elde edilebilecek en önemli nicel veri, İRZ'dir. İRZ, kendi içinde alt kategorilere ayrılmaktadır. Basit işitsel reaksiyon zamanı (BiRZ), yalnızca işitsel dikkat becerisini ölçer ve bir işitsel uyarana verilen yanıtın hızını değerlendirmeye yarar (39). Bunun yanı sıra, işitsel seçici dikkat becerisini ölçmek amacıyla da kullanılabilir. Birden fazla uyaran arasından belirli bir uyarana verilen seçici işitsel reaksiyon zamanı (SiRZ), işitsel seçici dikkati anlamak ve yorumlamak açısından önemli bir nicel veri sunar (40, 41). Bu niceliklerin doğru anlaşılması için bireye özgü faktörlerin dikkate alınması ve araştırılan verilerin hangi değişkenlerden etkilendiğinin iyi kavranması gerekir. Radzinow ve Silva, yaptıkları deneysel çalışmalarında, işitsel reaksiyon verisinin farelerde de insanlar gibi gürlük ile ilişkili olduğunu tespit ettiklerini bildirmektedir (42). Dolayısıyla bu ölçümler yapılırken, uyarının frekansı, şiddeti ve sunulma aralığı gibi kritik parametrelerin veriyle bağlantılı olduğu unutulmamalıdır (43).

2.2.3. İşitsel Reaksiyon Zamanına Etki Eden Faktörler

2.2.3.1. İşitme Kaybı

İşitme kaybı, gürlük algısını doğrudan olumsuz etkileyerek çift yönlü işitsel işlemlemeyi bozar. Bu durum, işitsel dikkat ve seçici dikkat becerilerinin zayıflamasına yol açar. İşitme kaybı olan bireylerin tepkilerindeki yavaşlık, işitsel

reaksiyon becerilerine doğrudan yansır. Burke ve arkadaşları, işitme kaybı olan bireylerle elde ettikleri BiRZ verilerinde, bu bireylerin kontrol grubuna kıyasla daha yavaş reaksiyon verdiklerini tespit etmektedir. Aynı çalışmada, işitme kayıplı bireylerin pes frekanslı uyaranlara daha kısa, tiz frekanslı uyaranlara ise daha uzun yanıt verdikleri gözlenmektedir (44).

Seitz ve arkadaşları, İRZ ile ses şiddeti arasındaki ilişkiyi araştırdıkları çalışmalarında, gürlüğün artmasıyla İRZ'nin hızlandığını tespit etmektedir. Bu bulgular, ses şiddetindeki artışın hem işitsel kortekste oluşan dikkat temelli tepkiler üzerinde hem de yanıt veren anatomik yapılar üzerinde pozitif etkiler yarattığını ortaya koymaktadır (45).

2.2.3.2. Uyaran Özellikleri

İRZ, işitsel hassasiyet ile doğrudan bağlantılı bir fiziksel tepkidir. Bu nedenle, uyarana karşılık verilen cevaplar, bireyin mevcut işitmesinin frekansa özgü durumundan doğrudan etkilenir. Örneğin, tiz frekanslara doğru işitme kaybı olan bir birey, aynı şiddette sunulan pes frekanslara daha kısa yanıt verirken, tiz frekanslara verdiği tepkiler işitme kaybından dolayı daha uzun süre alacaktır. Burke ve arkadaşları, üç farklı işitme kaybı türüne sahip bireyler (iletim tipi ve sensörinöral işitme kaybı) ile normal işiten bireyler arasında, farklı eşik üstü şiddetlerdeki (20 dB SL ve 60 dB SL) saf ses uyaranlar kullanarak işitsel reaksiyon sürelerini ölçmüştür. Araştırmada, normal işiten bireylerin BiRZ değerlendirilerek şu sonuçlar gözlenmektedir:

- 500 Hz frekansında, 20 dB SL seviyesinde ortalama reaksiyon süresi 231 ms (Standart Sapma: 9.0 ms)
- 1000 Hz frekansında, 20 dB SL seviyesinde ortalama reaksiyon süresi 233 ms (Standart Sapma: 12.7 ms)
- 4000 Hz frekansında, 20 dB SL seviyesinde ortalama reaksiyon süresi 228 ms (Standart Sapma: 10.3 ms) olarak ölçülmüştür.

Araştırmacılar, özellikle 500 Hz ve 4000 Hz frekanslarında daha kısa reaksiyon sürelerinin gözlemlendiğini vurgulamaktadır (46)

İşitsel uyaranın şiddeti, bir diğer önemli faktör olarak öne çıkmaktadır. İşitsel uyaranın aynı frekansta şiddeti azaldıkça, reaksiyon süresinin uzadığı gözlemlenir.

Pfingst ve arkadaşları, sensörinöral işitme kaybı olan bireylerde basit işitsel reaksiyon sürelerini şu şekilde kaydetmiştir:

- 500 Hz frekansında:
    - 20 dB SL: 223 ms (Standart Sapma: 11.9 ms)
    - 60 dB SL: 186 ms (Standart Sapma: 14.6 ms)
- 1000 Hz frekansında:
    - 20 dB SL: 211 ms (Standart Sapma: 13.2 ms)
    - 60 dB SL: 177 ms (Standart Sapma: 15.0 ms)
- 4000 Hz frekansında:
    - 20 dB SL: 197 ms (Standart Sapma: 16.0 ms)
    - 60 dB SL: 171 ms (Standart Sapma: 5.2 ms)

Bu bulgular, işitsel uyaranın şiddetinin artmasıyla basit işitsel reaksiyon sürelerinin belirgin şekilde kısaldığını göstermektedir (47).

2.2.3.3. Diğer Etkenler

Özellikle görev içeren SİRZ gibi inceleme yöntemlerinde, bilişsel durumun belirli bir seviyede olması gereklidir. Poon ve arkadaşları, IQ ile RZ arasındaki ilişkiyi inceledikleri çalışmada, bu iki değişken arasında zayıf bir korelasyon tespit etmektedir. Araştırmacılar, BİRZ'nin daha çok duyusal organlarla ilişkili olduğu sonucuna ulaşmışlardır (48).

Ayrıca, benzer durumlar uyku bozuklukları ve kas-iskelet sistemi bozukluklarında da zayıf RZ bulguları yönünde gözlenir. Taheri ve Arabameri, atletler üzerinde yaptıkları çalışmada, uyku eksikliği varlığında RZ'de anlamlı ölçüde bir uzama tespit etmektedir (49).

2.3. Koklear İmplant Sistemi

Kİ, sensörinöral işitme kaybı tedavisinde devrim niteliğinde bir yöntem olarak öne çıkmaktadır. Gelişim süresinin kısa olması göz önüne alındığında, bu teknolojinin sağladığı faydalar, beklentilerin çok ötesindedir. Son 40 yıl içinde, işitme sinirine doğrudan elektriksel uyarı verme amacıyla yapılan ilk girişimlerden, on binlerce işitme kaybı yaşayan bireyin farklı seviyelerde işitme yetisini yeniden kazanmasını sağlayan bir cihaz haline gelmiştir. Kİ, işitme kaybının yol açtığı sosyal ve iletişimle ilgili

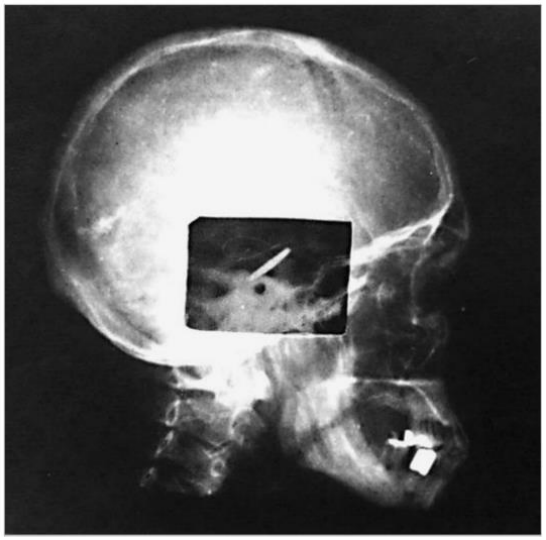
birçok zorluğu aşma imkânı sunarak, bireylerin yaşamlarına normal işiten insanlar kadar etkin bir şekilde katılmalarını sağlar.

2.3.1. Tarihteki Gelişim Süreci

Kİ geliştirilmesi birkaç aşamada gerçekleştiği bilinmektedir. İlk aşama, öncü çalışmalar ve deneylerin yapıldığı 1957 yılında başlar ve 1960'lar boyunca devam eder. İkinci aşama ise, uygulanabilirlik çalışmalarını içerir ve 1970'lerde gerçekleşir.

İşitme kaybının elektriksel uyarım ile tedavisine yönelik pek çok girişim, son birkaç yüzyıldır rapor edilir olsa da koklear sinirin doğrudan uyarımı yoluyla işitme oluşturmayı amaçlayan ilk çalışma, Andre Djourno ve Charles Eyries'in 1957'deki çalışmalarıyla ortaya çıkmaktadır (50, 51).

Bu ikilinin ilk buluşması, Eyries'in ileri seviye kavite sorunları yaşayan bir hastası için kadavra grefti araması ile başlar ve Djourno'nun bu hastanın tedavisi sırasında işitmesini elektriksel uyarımla sağlamayı teklif etmesiyle gerçekleşir (52). Böylece, ilk Kİ uygulaması 25 Şubat 1957'de bu ikili tarafından gerçekleştirilir. Ayrıca, uygulama sonrası hasta konuşma seslerini duyabildiğini ancak anlayamadığını ifade edilmektedir (53). Hastanın bu operasyona ait lateral kafatası skopisi, Şekil 3'te gösterilmektedir.



Şekil 3: Eyries ve Djourno'nun operasyonuna ait lateral kafatası skopisi

William F. House, diş hekimliğinden otolojiye yönelmiş bir doktordur ve o dönemde, Los Angeles'taki St. Vincent Hastanesi'nde görev yapan beyin cerrahı John

Doyle ile iş birliği içinde, internal akustik kanalına yönelik orta fossa yaklaşımı üzerinde çalışmaktadır (54). Sonrasında, Ulusal Sağlık Enstitüsü (NIH) kontrolünde gerçekleştirilen çalışmalar, 1980'li yılların başında Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) onayı ile çok kanallı implantların endüstriyel olarak rekabet sahnesine çıkmasını sağlamıştır (55).

Bu rekabetin ön saflarında, UCSF'den Merzenich, Michelson, Robert Schindler ve çalışma arkadaşları ile Avustralya'daki Melbourne Üniversitesi'nden Graham Clark yer alıyordu. Koklear Corporation'ın Nucleus çok kanallı implantı haline gelecek çalışmalar, ağırlıklı olarak Avustralya merkezli bir girişimdi. Finansman, Avustralya ulusal yardım kampanyalarından, hükümete bağlı mühendislik firmalarından ve kısmen de devlet tarafından sağlanmıştır. Clark, bu girişim ile birlikte hem dış parça hem de iç parça ile ilgili çalışmalarda büyük yol kat etmiş ve ilk çok kanallı implantını 1978 yılında gerçekleştirmiştir. Bu implantın uygulandığı hasta, 1981 yılında, implantı sayesinde açık uçlu kelimeleri tekrar etme becerisini geliştirmiştir.

2.3.2. Koklear İmplant Dış Parça Teknolojileri

Kİ'nin dış parçası, bir ses işlemcisi ve buna bağlı aktarıcı bobin temel bileşenlerinden oluşmaktadır. Ses işlemcisinin içerisinde mikrofon, sinyal dönüştürücüler (analog-dijital, dijital-analog) ve dijital sinyal işlemleyici bulunmaktadır. Aktarıcı bobin, ses bilgisi içeren üretilmiş sinyalleri radyo frekansına dönüştürüp iç parçaya iletmekle görevli bir araçtır. Ses işlemcileri, günümüzde iki farklı tür olarak karşımıza çıkmaktadır. Güncel teknoloji sayesinde, kulak arkası kablolu modeller yerini yavaş yavaş tek parça, kablosuz ve şarj edilebilir modellere bırakmaktadır. Bu modellerin birbirine göre avantajları ve dezavantajları, yapılan araştırmalara konu olmaktadır. Johnstone ve arkadaşları, uzamsal ses algısı üzerine yaptıkları çalışmada, tek parça ses işlemcisinin kulak arkası ses işlemcisine göre uzamsal ses algısında daha başarılı bir performans gösterdiğini ve sesin lokalizasyonuna olumlu katkıda bulunduğunu belirtmektedir (56).

Godey ve arkadaşları, Kİ'nin dış parçasının kullanımıyla ilgili yaptıkları erken dönem kullanıcı memnuniyeti değerlendirmesinde, günlük kullanım için tasarlanmış tek parça dış işlemcinin daha olumlu geri bildirimler sunduğunu belirtmektedir (57).

Kullanıcılar, özellikle sakin ortamlar ve gözlük kullanımı gibi durumlarda, tek parça dış işlemcinin daha kolay bir kullanım sağladığını ifade etmektedir. Ancak, spor aktivitelerinde kulak arkası ses işlemcisinin daha uygun olduğu sonucuna varılmıştır. Şekil 4'te Kİ dış parçasına ait iki farklı örnek gösterilmektedir.



Şekil 4: Ses işlemcileri; Nucleus (1), MedEL (2), Advanced Bionics (3)

2.3.3. Koklear İmplant İç Parça Teknolojileri

Kİ'nin iç parçası, bir alıcı bobine bağlı elektrot düzeni şekilde tasarlanır. Bu tasarım, firmadan firmaya farklılık göstermekle birlikte, sektörde elektrot sayısı genellikle 12 ile 24 arasında değişmektedir. Ayrıca, iç kulak anatomisindeki farklılıklar (yapısal bozukluklar veya rezidüel işitmenin varlığı gibi) göz önünde bulundurularak, cerrahlar için çeşitli elektrot seçenekleri sunulmaktadır. Geçmişte, iç parça yalnızca elektrotlar aracılığıyla iç kulağa uyarım bilgisini iletmekle görevliyken, günümüzde bu iletişim çift yönlü hale gelmiştir. Artık, iç parçadan elektrofizyolojik bilgiler kaydedilebilmekte ve bu sayede hem cihazın durumu hem de ayarlamalar için önemli veriler elde edilebilmektedir (58).

2.3.4. Ses İşlemleme Yöntemleri

Sinyal işleme stratejilerinin gelişen teknolojiyle paralel ilerlemesi sayesinde, günümüzde Kİ'ler, ses işlemeyi çok daha karmaşık ancak doğala yakın bir şekilde gerçekleştirebilmektedir. Sürecin başlangıcında, çok kanallı Kİ iç parça teknolojisinin sektöre dahil edilmesiyle birlikte, sözcük dizilimindeki temel ve takip eden formantların uyaran olarak işlenebilmesi ve frekansa özgü yanıtların Kİ aracılığıyla sunulabilmesi, Kİ teknolojisini farklı bir boyuta taşımaktadır (59).

Bunun öncesinde, Avrupa'da uygulanan tek kanallı Kİ'ler ise yalnızca sesin fark edilmesine yardımcı olan araçlar olarak tarihteki yerini almaktadır (60).

Halihazırda klinik uygulamalarda yaygın olarak kullanılan işlemleme stratejileri **Tablo 1**'de listelenmektedir.

Bu stratejiler arasında şunlar bulunmaktadır:

- **Sürekli Sıralı Örnekleme (CIS)**,
- **CIS+**,
- **n-of-m**,
- **Gelişmiş Kombinasyon Kodlayıcı (ACE)**,
- **Spektral Tepe (SPEAK)**,
- **HiResolution (HiRes)**,
- **Fidelity 120 seçeneğiyle HiResolution (kısaca HiRes 120)**,
- **Fine Structure Processing (FSP)**.

Bu stratejileri kullanan firmalar şu sekilde listelenir:

- **Advanced Bionics Corp.** (Kaliforniya, ABD),
- **Cochlear Ltd.** (Lane Cove, Avustralya),
- **MED-EL GmbH** (Innsbruck, Avusturya) (60).

Üretici Firma	CIS	CIS+	n-of-m	FSP	ACE	SPEAK	HiRes	HiRes 120
Advanced Bionics	■						■	■
Cochlear	■				■	■		
MedEL	■	■	■	■				

Tablo 1: Üretici firmalara göre ses işlemleme stratejileri.

Bu stratejiler, uyarılar için dengeli bifazik uyarım kullanır ve implant yerleşimindeki uyarılan elektrotlar boyunca, çakışmayan bir sıra halinde uyarımlar sunar. Daha önceki bazı stratejiler, implanttaki farklı elektrotlar için sürekli değişen ve eş zamanlı olarak sunulan uyarımları içermekteydi; ancak bu stratejiler artık yaygın olarak kullanılmamakta ve büyük üreticiler tarafından sunulmamaktadır. Monopolar uyarımın bir parçası olarak kullanılan bifazik uyarımlar, elektrotlar arasındaki

etkileşimi en aza indirmek ve dizideki elektrotların ardışık aktivasyonunu sağlamak amacıyla uygulanmaktadır. Bu sayede, iki komşu elektrot arasındaki eş zamanlı etkileşim olasılığı minimize edilir (61).

Son araştırmalar, monofazik uyarımın, katodik öncelikli bir düzenleme ile yapılandırıldığında, bifazik uyarıma kıyasla önemli ölçüde daha düşük eşik değerleri sağladığını ortaya koymaktadır. Bu özellik, artırılmış güç verimliliği nedeniyle monofazik uyarımı bifazik uyarıma kıyasla daha cazip hale getirmektedir. Monofazik uyarımın düşük güç tüketimi, pil ömrünün uzamasına ve daha küçük pil birimlerinin kullanılabilmesine olanak tanır (62). Ayrıca, bifazik uyarımın işitme sinirinde aksiyon potansiyellerinin oluşumunu ve iletimini zorlaştırdığı gözlemlenirken, aynı genlik ve faz süresine sahip monofazik uyarımın daha güçlü bir yanıt oluşturur(63).

Monofazik uyarımın bir diğer potansiyel avantajı, uyarım süresinin daha kısa olmasıdır. Bu süre, eşdeğer şiddetteki bir bifazik uyarımın yaklaşık yarısı kadardır. Bu özellik, aynı uyarım genliği korunarak uyarım hızının iki katına çıkarılmasına olanak tanır. Monofazik uyarım sayesinde uyarım hızının artırılması, özellikle gürültülü ortamlarda konuşma algısı açısından avantaj sağlayabilir. Ayrıca, işitsel dikkat ve seçici işitsel dikkat becerilerinin gelişimine katkıda bulunabilir (64, 65). Ancak, monofazik uyarımın yapısal özelliklerinden kaynaklanan elektrokimyasal reaksiyonların koklea dokularına zarar verme potansiyeli nedeniyle Kİ kullanıcılarında yaygın olarak tercih edilmemektedir. Bu sebeple, ayarlama işlemlerinde genellikle baskın uyarım yöntemi olarak bifazik uyarım kullanılmaktadır (66).

2.3.5. Koklear İmplant Teknolojisinde Yenilikler

Kİ teknolojisinde beklenen en önemli yeniliklerden biri, tam implante edilebilen cihazların geliştirilmesi üzerine yapılan çalışmaların tamamlanmasıdır. Ancak, bu cihazlarda en sık karşılaşılan ortak sorun, enerji yönetimi ile ilgili kısıtlamalardır (64).

Günümüzdeki implantlarla ilgili en son yeniliklere bakıldığında, uzun ömürlü iç parça kullanımına yönelik sağlamlaştırma inovasyonlarının ve manyetik rezonans görüntüleme (MRG) ile uyumlu iç parça üretimlerinin ön plana çıktığı görülür. Ayrıca,

cerrahi açıdan iç kulağı daha az travmatize eden iç parça tasarımları ve bu tasarımların uygulanmasına yönelik ameliyat ekipmanlarının geliştirilmesi de dikkat çeker.

İşlemci tasarımlarında, daha küçük, daha hafif ve odyolojik anlamda daha donanımlı ses işlemcileri ön plandadır. Üretici firmaların işitme cihazı firmalarıyla yaptığı yenilikçi ortaklıklar sayesinde, teknolojik olarak daha gelişmiş ses üretme yeteneklerine sahip işitme cihazı firmalarının bilgi ve donanımları, günümüzde Kİ ses işlemcilerinin tasarımına yön vermektedir. Çift mikrofon ile geliştirilen farklı otomatik ortam algılama ve odaklanma stratejileri sayesinde, kullanıcılara daha konforlu dinleme ortamları sunulması hedeflenmektedir. Ayrıca, ses işlemcileri, şarj edilebilir seçenekler ve daha gelişmiş devre elemanlarıyla donatılarak, değişen ortamlara daha kısa tepki veren otomatik algoritmalar sunmaktadır. Günümüzde, bu yenilikleri test eden ve kullanıcılar için avantajlarını araştıran pek çok çalışma, üretici firmaların sponsorluğunda gerçekleştirilmektedir ve açık erişimle ulaşılabilir durumdadır (65).

2.4. Dokunmatik Ekran Teknolojisi

Teknolojinin ilerlemesiyle birlikte, özel laboratuvar ortamları gerektiren ölçüm yöntemlerini daha pratik ve mobil hale getirerek, farklı gruplarda uygulanabilir kılmak için yeni yaklaşımlara adapte olmak mümkün hale gelmektedir. Teknik olarak, katı iletkenlerden daha hızlı bir bilgi aktarım yolu bulunmadığı bilinse de, dokunmatik ekran teknolojisi (DeT), hem pratikliği hem de yaygınlığıyla ön plana çıkmaktadır. DeT, basitçe giriş/girdi olarak dokunma panelini ve çıkış/çıktı olarak buna bütünleşik ekranı kullanan bir araçtır. Tipik olarak dokunma paneli, ekranın üzerine yerleştirilir ve ekran üzerinde beliren noktalara yönelik yapılan dokunma girdilerini tespit etmekle görevlidir (66). Günümüzde kullanılan cep telefonları ve tabletlerin atası niteliğinde olan ilk kapasitif dokunmatik ekran teknolojisi, CERN'de yapılan deneylerde kullanılmak üzere 1973 yılında geliştirildiği bilinmektedir (67). Şekil 5'te, CERN'de o yıllarda antiproton akümülatörü olarak kullanılan dokunmatik ekran paneli gösterilmektedir.



Şekil 5: Antiproton akümülatörü

Günümüzde, cep telefonu, saat, tablet ve televizyon gibi birçok günlük araçta kullanılan bu yöntem, kendini kanıtlamış bir teknoloji olarak gelişim sürecinde sağlam bir yeri vardır.

2.4.1. Dokunmatik Ekran Reaksiyon Zamanı Ölçüm Aracı

Bu alanda yapılan çalışmalarda, In-Plane Switching (IPS) ekranların diğer dokunmatik ekranlara göre belirgin biçimde daha kısa tepki süresine sahip olduğu vurgulanmaktadır. Arsintescu ve arkadaşları, çalışmalarında DeT (Dokunmatik Ekran Teknolojisi) latansının yaklaşık 68.53 ms civarında olduğunu markalara göre bunun 90-100 ms'ye kadar artabileceğini belirtir (68). Bu bulgu, ekran tepki sürelerinin hızını ve elde edilen verilerin niceliğe olan etkisini anlamayı ve verileri buna göre yorumlamayı mümkün kılar. Kay ve arkadaşları ekranla etkileşim türlerinin hız bakımından nasıl farklılık gösterdiği inceledikleri çalışmalarında, ekrandan parmak kaldırma eyleminin en hızlı RZ'yi yansıtırken, ikinci hızlı yanıtı sağlayan ekrana dokunma eyleminin daha kolay ve anlaşılır olduğu belirtilir (69).

2.4.2. Kullanım Avantajları

Tablet gibi pratik teknolojik araçlar, hafif ve taşınabilir olmaları sayesinde farklı ortamlarda kullanım kolaylığı sağlamaktadır. Bu özellikleri sayesinde, klinisyenlerin taşınamayan laboratuvar koşullarına olan bağımlılığı azalmakta ve farklı hasta gruplarına çeşitli ortamlarda uygulama yapılabilmektedir. Hatta bu tür uygulamalar, bireylerin uzaktan kendilerini değerlendirebilmeleri amacıyla kullanılabilir ve işitsel rehabilitasyon sürecinde işitsel algının geliştirilmesine yönelik eğitim aşamasında fayda sağlayabilir. Bireylerin işitsel sistemlerindeki gelişmeler, kullanılan uygulamalar gibi yardımcı eğitim araçları ile takip edilerek,

rehabilitasyonun etkinliği değerlendirilebilir. Klasik düzeneklere göre farklı bulgular elde edilse de, tablet uygulamalarına yönelik normatif verilerin oluşturulması ve bu verilerin klinik değerlendirme aracı olarak kullanılması, tabletleri önemli bir klinik araç haline getirir. Bir diğer avantaj olarak, bu tür uygulamalar yazılım özellikleri sayesinde tekrarlanabilirlik ve standartlaştırma açısından esneklik sunar. Yazılımlar, hızlı ve anlık test sonuçlarının gözlemlenmesini sağlarken, elde edilen verilere kolay erişim ve bu verilerin analizinin pratik bir şekilde yapılmasına olanak tanır (69).

2.5. Matriks Testi-Gürültüde Konuşmayı Anlama Testi

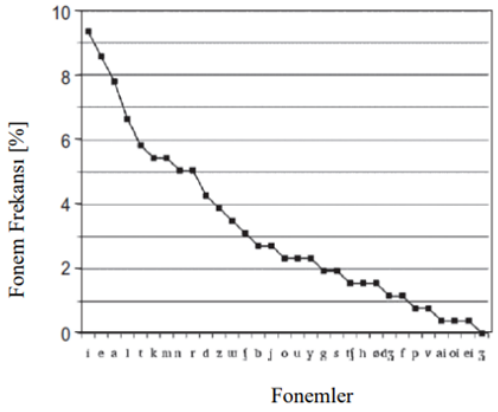
Gürültülü ortamlarda iletişim kurma, günlük hayatta sıkça karşılaşılan bir durumdur. Ancak, işitme kaybı olan bireyler, özellikle bu tür ortamlarda konuşmayı anlamakta zorluk çektiklerini ifade etmektedir. Bu nedenle, işitme kaybının teşhisinde ve rehabilitasyonunda, gürültülü ortam koşullarını simüle eden konuşma testlerinin uygulanması büyük önem taşımaktadır. Matriks Testleri, günlük yaşamda karşılaşılan gürültülü iletişim durumlarına benzerlik gösterdiği için konuşma anlama becerisi üzerine daha gerçekçi ölçümler sunar. Bu testler, işitme cihazlarının performansını değerlendirmek ve farklı cihazlar arasındaki performans farklarını ortaya koymak için kullanılabilir.

Matriks Testi, gürültülü ortamda ±1 dB hassasiyetle konuşmayı anlama eşiğini ölçen adaptif bir testtir. Testte, "Ali üç kırmızı bardak gönderdi" örneğinde olduğu gibi, özne, sayı, sıfat, nesne ve yüklem sırasına göre oluşturulmuş cümleler kullanılır. Test listeleri, elli kelimelik bir sözcük havuzundan rastgele seçilen cümlelerle hazırlanır. Her kategori, on kelimeden oluşacak şekilde düzenlenmiştir ve cümleler dil bilgisi kurallarına uygun olarak yapılandırılır. Rastgele cümle seçimiyle yaklaşık 100.000 farklı cümle oluşturulabilmekte, bu durum cümlelerin ezberlenmesini neredeyse imkânsız hale getirmektedir. Bu nedenle, kısa bir deneme süreci tamamlandıktan sonra test, aynı bireye defalarca uygulanabilir ve sonuçların geçerliliği korunur. Testi gerçekleştiren klinisyenin, hastanın kullandığı dili bilmesine gerek olmamakla birlikte, Matriks Testleri kapalı uçlu bir formatta uygulanabilir. Bu yöntemde, hasta duyduğu kelimeleri bir ekranda görerek seçebilir. Bu özellik sayesinde, test her dilin konuşulduğu ortamlarda kolaylıkla kullanılabilir. Ayrıca,

Matriks Testleri'nin benzer dil bilgisi yapısına sahip olması, farklı dillere ait test sonuçlarının karşılaştırılmasını mümkün hale getirmektedir (70).

2.5.1. Türkçe Matriks Testinin Oluşturulması

Türkçe Matriks Testi'nde (TMT) kullanılan konuşma materyalleri, dilbilimciler Fidan ve Ergenç tarafından düzenlenerek materyallerin seçim ve tasarım süreci, Uluslararası Rehabilitatif Odyoloji Birliği'nin yanı sıra Hagerman İsveç Testi'nin (Hagerman, 1982) önerdiği tasarım ilkelerine dayanmaktadır (71). Her biri beş kelimeden oluşan, aynı cümle yapısına sahip 10 cümlelik temel bir matris sunulmaktadır. Bu temel matrisin içindeki kelime gruplarından rastgele seçimler yapılarak yeni cümleler oluşturulmaktadır. Türkçe'deki sözcük dizilimine uygun olarak kelimeler; özne, sayı, sıfat, nesne ve fiil sırasına göre düzenlenir. TMT'de kullanılan kelimeler, Türkçe'de günlük konuşmada en sık tercih edilen kelimeler arasından seçilerek düzenlenir ve farklı yaş gruplarını dikkate alarak kelimelerin semantik olarak tarafsız ve tanıdık olmasına özen gösterilir. Ayrıca, soyut kelimeler envanterden çıkarılır. Bunun yanı sıra, Türkçe'de yumuşak g (ğ) harfinin bir ses olmaması, yalnızca sesli harfleri uzatma ya da diftong oluşturma özelliğine sahip olması nedeniyle, bu harfi içeren kelimeler de envanter dışında bırakılır (72). Matriks materyali oluşturulurken fonem dağılımına dikkat edilir; ancak, Türkçe'de fonem dağılımını gösteren net bir bulgu bulunmamaktadır. Şekil 6'da TMT'de kullanılan fonemlerin dağılımı gösterilmektedir.



Şekil 6: TMT fonem dağılımı

Türkçe dilbilim özelliklerine göre hazırlanan envanterin nihai hali şu şekilde düzenlenmektedir:

- İsimler: Nesneler ve adlar dahil olmak üzere, birleşik kelimelerin oluşumunu ve eş söyleyiş sorunlarını engellemek amacıyla yalnızca sessiz harf ile başlayan ve biten, iki heceli kelimeler tercih edilir. Hiçbir ek kullanılmaz, Türkçe'deki tüm sesli harfler dahil edilir. Ayrıca, seslerin çıkış özellikleri ve dağılımı göz önünde bulundurulur.
- Sıfatlar: İki heceli ve sessiz bir harfle başlayan kelimelerden oluşur. Bu kelimelerden altısı sessiz bir harfle, dördü ise sesli bir harfle biter. Hiçbir ek kullanılmaz ve Türkçe'deki tüm sesli harfler kullanılır.
- Sayılar: Tek ve iki heceli, beşer kelimeden oluşan bir grup hazırlanır. Bu kategoride 1'den 10'a kadar olan sayılar tercih edilir, "hiç," "biraz," ve "birkaç" gibi belirsiz miktar belirten kelimeler kullanılmaz. Ek kullanılmaz.
- Fiiller: Beş adet iki heceli ve beş adet üç heceli kelime içerir. Tüm kelimeler sessiz bir harf ile başlar ve Türkçe'deki tüm sesli harfler bu kategoride yer alır.

Bu envanter, Türkçe'nin dilbilgisel yapısına uygun olarak tasarlanır ve kelimeler seçilirken fonemlerin frekansı ile uyumluluk sağlanır (72).

2.5.2. Türkçe Matriks Testinin Uygulaması

Test, "Oldenburg Measurement Application (OMA)" yazılımı üzerinden çalıştırılır ve bu testi çalıştırabilen ara yüze sahip odyometri cihazları ile adaptasyonu sağlanabilir. Bu sayede, odyometri cihazları üzerinden teste müdahale edilebilir. Test, adaptif yöntem ile çalışır ve Sinyal Gürültü Oranı (SGO) üzerinde verilen yanıtların doğruluk sayısına göre değişiklikler yapılarak ilerleyen bir algoritmaya sahiptir. Adaptif yöntemde, doğru cevap verildikçe SGO düşürülür; yanlış cevap verildikçe ise yükseltilir. Bu yükseltme ve düşürme miktarı, algoritmaya önceden girilen doğruluk eşik seviyelerine göre belirlenir. Genellikle adaptif yöntemde %50 doğruluk eşik seviyesi seçilir ve algoritma buna göre optimize edilmiştir. Ancak, test menüsünden %20 ile %80 arasında doğruluk seviyelerinin belirlenmesi mümkündür (71).

Tablo 2: TMT 50 kelimelik taban listesi

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

Adaptif ölçümler sırasında, gürültü seviyesi hastanın rahatlıkla duyabileceği bir seviyede sabit tutulur (genellikle 65 dB SPL). Test, 0 dB sinyal/gürültü oranında bir cümlenin dinletilmesiyle başlar. Daha sonra, konuşma seviyesi, hastanın önceki yanıtlama performansına göre yazılım tarafından otomatik olarak ayarlanır. Eğer hasta, verilen beş kelimeden en az üçünü doğru şekilde tekrar ederse, bir sonraki cümlenin konuşma seviyesi düşürülür. Ancak, doğru tekrarlanan kelime sayısı üçten azsa, bir sonraki cümlenin konuşma seviyesi yükseltilir. Sinyal/gürültü oranındaki değişiklikler, test ilerledikçe daha küçük adımlarla gerçekleştirilir. Bu prosedür sonunda, hastanın konuşmayı anlama eşiği belirlenir. TMT, genellikle 20 veya 30 cümlelik listeler ile uygulanır. 20 cümlelik bir test, yaklaşık dört dakikada tamamlanabilir. Klinik uygulamalarda genellikle 20 cümlelik bir test yeterli olmakla birlikte, daha hassas bir sonuç elde edilmesi gerekiyorsa, 30 cümlelik listeler kullanılabilir. 20 cümlelik bir testin ölçüm hassasiyeti ±1 dB'dir. Ayrıca, hastanın teste alışması ve yöntemi tanıması için 20 cümlelik testin iki kez uygulanması önerilir (73).

3. GEREÇ ve YÖNTEM

3.1. Araştırmanın Tipi

Kesitsel bir araştırma olarak planlanan bu çalışmada, Kİ kullanıcılarına yönelik olgu-kontrol karşılaştırması yapılması hedeflendi.

3.2. Araştırmanın Yeri ve Zamanı

Araştırma, Ağustos 2020 tarihinde literatür taraması ile başlamış ve Aralık 2024 tarihinde tez savunması ile tamamlandı. Bu araştırma, Dokuz Eylül Üniversitesi Hastanesi Kulak Burun Boğaz Hastalıkları Anabilim Dalı İşitme-Konuşma-Denge Ünitesi'nde gerçekleştirildi.

3.3. Araştırmanın Evereni ve Örneklemi

Araştırmanın örneklemini, Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi Kulak Burun Boğaz Hastalıkları Anabilim Dalı İşitme-Konuşma-Denge Ünitesi'nde takip edilen Kİ kullanıcısı bireyler ve kontrol grubunda yer alacak normal işiten bireyler oluşturdu. Toplam katılımcı sayısını belirlemek amacıyla yapılan güç analizinde, orta etki büyüklüğü, %80 güç ve 0.05 yanılma payı ile yapılan hesaplama sonucunda, çalışmaya 32 Kİ'li birey ve 32 normal işiten birey olmak üzere toplam 64 bireyin katılmasına karar verildi. Çalışmaya, 18-65 yaş arası bireyler dahil edilmiş olup, bireylerde cinsiyet ayrımı yapılmadı.

<u>Olgu grubunun çalışmaya dahil edilme kriterleri:</u>

- Katılımcının 18-65 yaş arası olması,
- Katılımcının Kİ'sini en az bir yıl süre ile düzenli olarak kullanması,
- Kİ elektrotlarından en az yarısının etkin durumda olması,
- Katılımcının Kİ'si ile ilgili herhangi bir ek sorun tarif etmemesi (acı, ağrı, yüzde çekme vb.),
- Katılımcının Kİ'li serbest alan işitme eşiklerinin 40 dB HL'den daha iyi olması,
- KBB otoskopik muayene bulgusunda dış kulak yolunun normal, timpanik membranın salim olması,
- Katılımcının nörolojik veya sistemik hastalık olmaması,
- Katılımcının kas iskelet sistemi bozukluğunun olmaması,

- Serbest alan sessizlikte yapılan konuşma testlerinden %50'den kötü sonuç elde edilmesi,
- Çalışmaya katılmaya gönüllü olması ve bilgilendirilmiş onam formunun ebeveyn tarafından imzalanmış olmasıdır.

Kontrol grubunun çalışmaya dahil edilme kriterleri:

- Katılımcının 18-65 yaş arası olması,
- Dokuz Eylül Üniversitesi Hastanesi KBB AD İşitme-Konuşma-Denge Ünitesi'ne başvuran ve odyolojik değerlendirme sonuçlarına göre normal işitmeye sahip olması,
- KBB otoskopik muayene bulgusunda dış kulak yolunun normal, timpanik membranın salim olması,
- Katılımcının nörolojik veya sistemik hastalık olmaması,
- Katılımcının kas iskelet sistemi bozukluğunun olmaması,
- Çalışmaya katılmaya gönüllü olması ve bilgilendirilmiş onam formunun ebeveyn tarafından imzalanmış olmasıdır.

Bireylerin araştırma dışı bırakılma kriterleri:

- Dokunmatik ekran test düzeneğine adapte olamaması,
- 18-65 yaş aralığı dışında olması,
- Herhangi bir nörolojik veya sistemik rahatsızlığının olması,
- Kas iskelet sistemi bozukluğunun olması,
- Çalışmaya katılmak istememesidir.

3.4. Çalışma Materyali

Araştırmanın amacına ulaşabilmek için gerekli test düzeneği oluşturuldu ve İRZ ölçüm aracı geliştirildi. Öncelikle kontrol grubunda test-tekrar test ölçümleri gerçekleştirildi. Yapılan test-tekrar test ölçümlerinde elde edilen veriler arasında anlamlı bir fark gözlenmemiş ve grup genelinde tutarlı bulgular elde edildi.

Kİ kullanıcılarının mevcut ayarları kontrol edildi ve kullanıma yönelik sorunlarının varlığı değerlendirildi. Tespit edilen sorunlar, yapılan ayarlamalar ile giderildi. Ardından, serbest odyometri ölçümleri, Dokunmatik Ekran Teknolojisi (DET) üzerinden BiRZ, yüksek frekans SİRZ ve alçak frekans SiRZ ölçümleri

gerçekleştirildi. RZ ölçümlerinin tamamlanmasının ardından, TMT uygulandı. Tüm testler, Dokuz Eylül Üniversitesi İşitme-Konuşma-Denge Ünitesi'nde kullanılan ekipmanlarla gerçekleştirildi.

3.5. Araştırmanın Değişkenleri

Bağımlı değişkenler: Serbest alan saf ses odyometri Kİ'li işitme eşikleri, İRZ verileri, TMT sessizlikte adaptif ölçüm sonucu, TMT gürültüde adaptif ölçüm sonucu (%50 anlaşılırlık).

Bağımsız değişkenler: Cinsiyet, yaş, işitme kaybı derecesi, işitme kaybı nedeni, işitme kaybı süresi, işitme kaybı tanılama yaşı, Kİ yaşı.

3.6. Veri Toplama Araçları

3.6.1. Odyometrik incelemeler

Çalışma grubu ve kontrol grubunun işitme eşiği incelemeleri, Otometrix Astera (Natus, Middleton, Wisconsin, ABD) odyometri cihazı ile gerçekleştirildi. Serbest alan saf ses odyometri ölçümleri, 1 metre mesafeden 0° azimut ile Spekon hoparlör sistemi kullanılarak yapıldı. Bu ölçümlerde, 250 Hz ile 8000 Hz aralığındaki oktav frekanslar değerlendirildi. Tüm serbest alan odyometrik incelemelerinde hasta baş pozisyonunun hoparlör ekseninde olmasına dikkat edildi.

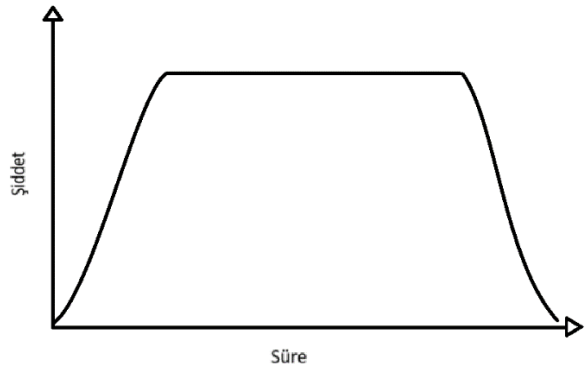


Şekil 7: Saf ses odyometri ölçüm düzeneği

3.6.2. İşitsel Reaksiyon Zamanı Ölçümü

İRZ ölçümü için, 10.1 inç ekran boyutuna sahip Lenovo T10 tablet içerisine yüklenen ve tarafımızca geliştirilen yazılım kullanıldı. Yazılım, Solaris 2D (Corona Labs, Palo Alto, California, ABD) platformunda geliştirildi. Test başladığında ekranda

beliren “react” yanıt alanı, katılımcıların rahatlıkla görebileceği şekilde ekranın yaklaşık 1/5'ini kaplayacak biçimde tasarlandı. Test süresince, uyaranlar yazılım tarafından rastgele aralıklarla sunuldu. İRZ ölçümleri, her doğru yanıt sonrasında ekranda milisaniye (ms) cinsinden gösterildi. Her bir ölçüm oturumu, beş doğru yanıtın ardından sonlandırıldı ve ekranda tüm doğru yanıtlar ile bu yanıtların ortalama değeri ms cinsinden toplu olarak sunuldu. Yazılımda, BiRZ ölçümü için 1000 Hz saf ses uyaranı kullanıldı (4000 ms uzunluğunda, 100 ms rise/fall süresine sahip). SiRZ ölçümlerinde ise 500 Hz ve 4000 Hz frekanslarındaki uyaranlar rastgele sunuldu (4000 ms uzunluğunda, 100 ms rise/fall süresine sahip). Alçak frekans SiRZ için 500 Hz uyarana verilen yanıtlar, yüksek frekans SiRZ için ise 4000 Hz uyarana verilen yanıtlar doğru yanıt olarak kabul edildi ve ölçüme dahil edildi. Uyaranlar, çalışma grubu için 75 dB HL (saf ses eşiklerinin ortalama 40 dB SL seviyesinde), kontrol grubu için 55 dB HL’de (saf ses eşiklerinin ortalama 40 dB SL seviyesinde) sunuldu. Hastaların test öncesi alkol kullanımı gibi dikkat dağıtıcı etkilere maruz kalıp kalmadığı sorgulandı. Test için oluşturulan saf ses uyaranın spektral görüntüsü Şekil 8’de sunuldu.

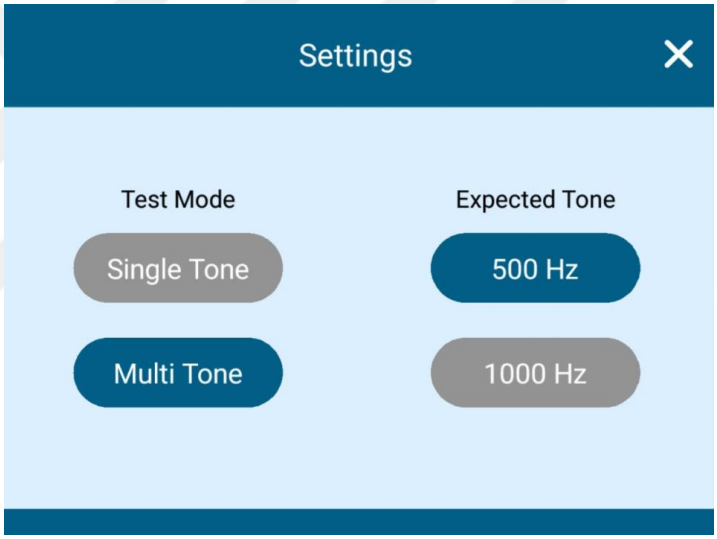


Şekil 8: İRZ testi için oluşturulan saf ses uyaranın spektral analiz karşılığı

Ölçümlerin yapılacağı tablet, ses bağlantı kablosu ile Otometrix Astera (Natus, Middleton, Wisconsin, ABD) odyometri cihazına entegre edildi. Odyometri cihazı, ANSI/ASA S3.6-2018 standartlarına uygun olarak kalibre edildi. Katılımcılara sunulan uyaranlar, serbest alanda 1 metre mesafeden ve 0° azimuttan sunuldu. Katılımcıların tableti tutma şekilleri kendi rahat pozisyonlarına göre serbest bırakıldı. Test düzeneği, Şekil 9 ve Şekil 10’da gösterilmektedir.



Şekil 9: Kontrol ve çalışma grubu İRZ test düzeneği



Şekil 10: İRZ ölçüm aracı test menüsü görseli

3.6.3. Türkçe Matriks Test

TMT, sessiz ve gürültülü ortamlarda %50 konuşmayı anlama eşiğini (KAE) belirlemek amacıyla adaptif bir prosedürle uygulandı. İlk olarak, sessiz ortamda konuşmayı anlama eşiği belirlendi. Ardından, gürültü seviyesi varsayılan olarak 65 dB SPL'de sabit tutulmuş ve bu seviye, hastanın rahatlıkla duyabileceği şekilde ayarlandı. Test, başlangıçta 0 dB sinyal-gürültü oranında bir cümlenin dinletilmesiyle başlatıldı. Daha sonraki cümlelerin konuşma seviyesi, hastanın bir önceki cümleye verdiği yanıta göre yazılım tarafından otomatik olarak ayarlandı. Yazılım algoritmasına göre, her 5 sözcükten 3'ü doğru olarak bilindiğinde, otomatik olarak gürültü seviyesi sabit tutuldu

ve sinyal seviyesi düşürüldü. Üç sözcükten az doğru bilindiği durumlarda ise algoritmada belirlenen ölçeklere göre sinyal seviyesi otomatik olarak arttırıldı. Her bir test sırasında, 25 adet 5'li sözcük düzeni sunuldu.

3.7.Araştırma Planı

Ağustos 2020 – Aralık 2021	Literatür Taranması
Kasım 2020	Tez Önerisinin sunulması
Aralık 2020	Etik Kurula Başvuru
Ocak 2022 – Aralık 2023	Verilerin Toplanması
Aralık 2023	Verilerin Kaydedilmesi
Ocak 2024	İstatistiksel Çözümleme Gerçekleştirilmesi
Şubat – Nisan 2024	Araştırmanın Yazılması

3.8. Verilerin Değerlendirilmesi

Tüm istatistiksel analizler, Sosyal Bilimler için İstatistik Paketi (SPSS) yazılımı kullanılarak gerçekleştirildi (sürüm 23.0, IBM SPSS Corp., Armonk, NY, ABD). Demografik analizler için tanımlayıcı istatistikler kullanılmıştır. Verilerin analizinde kullanılacak testlerin (parametrik veya nonparametrik) belirlenmesi için gerekli varsayımlar kontrol edildi. Ölçülen değişkenlerin dağılım özellikleri, Shapiro-Wilk testi ile birlikte basıklık ve çarpıklık katsayıları kullanılarak değerlendirildi. Basıklık ve çarpıklık katsayılarının -2 ile +2 arasında olması, verilerin normal dağıldığını varsaymak için yeterli kabul edildi (81).

Ölçülen değişkenlerin bağımlı değişkenle ilişkisi, verilerin normal dağılıma uygunluğuna göre değerlendirildi; bu bağlamda, Student T-Testi veya Mann-Whitney U Testi uygulandı. Birbiri ile ilişkisi olmayan iki ya da daha fazla grubun karşılaştırılmasında, tek yönlü varyans analizi (ANOVA) kullanıldı. Varyansların

homojen olup olmadığını belirlemek amacıyla Levene testi uygulandı ve varyansların homojen olduğu tespit edildi.

İki sayısal ölçüm arasındaki doğrusal ilişkinin varlığı, yönü ve şiddeti, Pearson korelasyon analizi ve doğrusal regresyon analizi ile incelendi. Nitel değişkenler arasındaki farklılıkların değerlendirilmesinde ise Ki-Kare testi (Pearson Ki-Kare ve çok gözlü Ki-Kare) kullanıldı.

3.9 Araştırmanın Sınırlılıkları

İleri yaştaki katılımcıların, dokunmatik ekran teknolojisini kullanmaya yönelik bilgi ve tecrübe eksiklikleri ile İRZ'ye adapte olmada yaşadıkları zorluklar, araştırmanın sınırlılıkları arasında yer almaktadır.

3.10.Etik Kurul Onayı

Çalışma, Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi Kulak Burun Boğaz Hastalıkları Anabilim Dalı İşitme-Konuşma-Denge Ünitesi'nde gerçekleştirildi. Çalışmaya katılan tüm katılımcılara, bilgilendirilmiş onam formu okunarak onayları alındı. Ayrıca, çalışma Dokuz Eylül Üniversitesi Etik Kurulu tarafından 2020/29-13 protokol numarası ile onaylandı.

4. BULGULAR

4.1. Çalışma ve Kontrol Grubu Demografik Bulguları

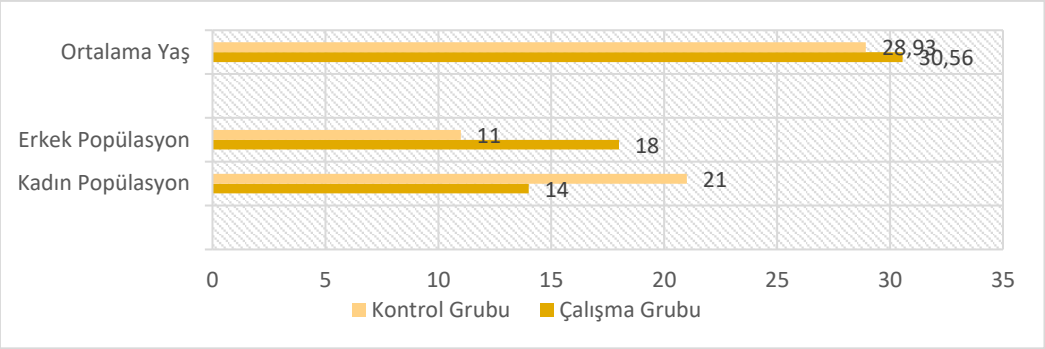
Bu bölümde, çalışma ve kontrol grubu demografik verilerinin yanı sıra, çalışma grubuna ait Kİ yaşı, Kİ öncesi işitme kayıplı kaldığı süre, implant kullanım süresi ve implant yönü bilgileri yüzde ve frekans olarak sunuldu. Çalışma ve kontrol grubu demografik verileri Tablo 3'te gösterildi.

Tablo 3: Çalışma ve kontrol grubuna ait yaş ve cinsiyet verileri

	Çalışma Grubu	Kontrol Grubu	p
Cinsiyet			
Kadın	14 (%43)	21 (%65)	0,079*
Erkek	18 (%57)	11 (%35)	
Yaş (Yıl)			
Ortalama	30,56	28,93	
Minimum-Maksimum	(17-63)	(20-42)	0,548**
Standart Hata	15,15	7,14	

**Chi Square Test, **İndependent Sample T testi*

Çalışmaya toplam 64 birey dahil edildi. Çalışma grubu, 14 kadın ve 18 erkek, kontrol grubu ise 21 kadın ve 11 erkek bireyden oluşturuldu. Çalışma grubunun yaş ortalaması 30,56 yıl olarak gözlendi. Bu grupta minimum yaş 17 yıl, maksimum yaş ise 63 yıl olarak kaydedildi. Kontrol grubunun yaş ortalaması ise 28,93 yıl olarak gözlendi. Kontrol grubunda minimum yaş 20 yıl, maksimum yaş ise 42 yıl olarak belirlendi. İki grup arasında demografik veriler açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmedi. Grafik 1'de gruplara yönelik elde edilen yaş ortalamaları ve cinsiyet dağılımlarına yönelik bilgiler gösterildi.



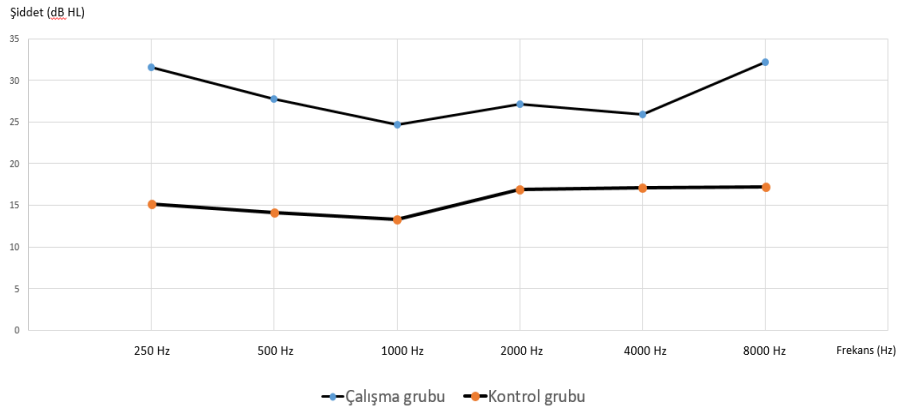
Grafik 1: Çalışma ve kontrol grubu etiyolojisi

Tablo 4: Kİ kullanıcılarının klinik özellikler

	Grup	Değer
Kİ kullanım süresi (yıl)	Kısa Süreli (1-3 yıl)	11
	Uzun Süreli (<3 yıl)	21
İşitme Kaybı Etiyolojisi	Konjenital	12
	Progresif	15
	Ani İşitme Kaybı	5
Koklear İmplantasyon Tekniği	Yuvarlak Pencere	27
	Kokleostomi	5
İşitme Kaybı süresi (yıl)		6,75 (SD 3.97)
İmplantasyon Yaşı (yıl)		19,78 (SD 17.36)
Kİ Kullanma Süresi (yıl)		10,38 (SD 6,65)

Tablo 4'te Koklear implant kullanıcılarının klinik özellikleri sunuldu. Çalışma grubunda, 3 yıldan daha az süreyle Kİ'yi düzenli olarak kullanan 11 birey, 3 yıldan daha uzun süreyle Kİ'yi düzenli olarak kullanan 21 birey bulunmaktadır. İşitme kaybı özellikleri açısından, konjenital işitme kaybı tanısı olan 12 birey, progresif işitme kaybına sahip 15 birey, ve ani işitme kaybı sonrası Kİ uygulanan 5 birey olduğu gözlemlendi. Çalışma grubundan 27 bireye yuvarlak pencere implantasyon tekniğiyle, 5 bireye kokleostomi tekniğiyle elektrot implante edildi. Bireylerin işitme kayıplı

geçirdiği süre ortalaması 6,75 yıl (SD 3.97), Kİ operasyonu geçirdikleri yaş ortalaması 19,78 yıl (SD 17.36) ve Kİ'lerini düzenli kullandıkları ortalama süre 10,38 yıl (SD 6.65) olarak hesaplandı. Grafik 2'de çalışma ve kontrol grubuna dahil olan bireylerin iştme eşik ortalama verileri sunuldu.



Grafik 2: Çalışma ve kontrol grubu işitme eşik ortalamaları

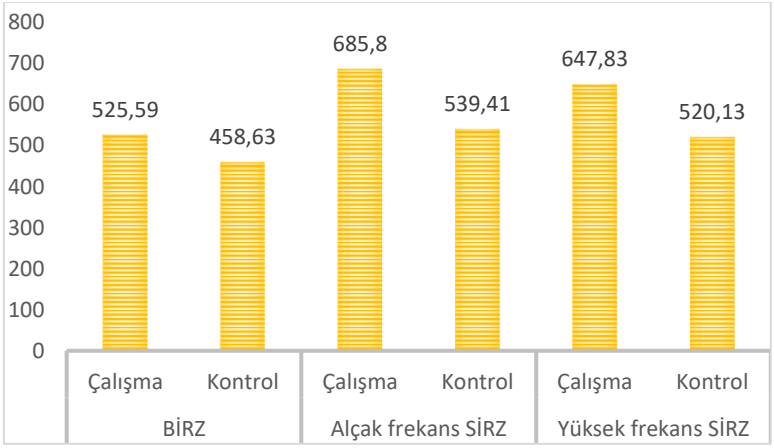
4.2. Çalışma ve Kontrol Grubu İşitsel Reaksiyon Zamanı Karşılaştırmaları

Her iki grupta elde edilen verilerin normal dağılımı incelemek amacıyla Shapiro-Wilk testi uygulandı. Analizler sonucunda, basıklık ve çarpıklık katsayılarının -2 ile +2 aralığında olduğu gözlemlendi. Bu bulgulara dayanarak, verilerin normal dağılıma uygun olduğu tespit edildi.

Tablo 5: Çalışma ve kontrol grup içi tek yönlü ANOVA testi bulguları

		Varyanslar Toplamı	Serbestlik Derecesi	Varyanslar Ortalaması	F dağılımı	p
BİRZ ve alcak frekans SİRZ	Gruplar arası	71738,26	1	71738,266	36,611	**<0,001**
	Grup içi	121488,34	62	1959,489		
	Toplam	193226,61	63			
BİRZ ve yüksek frekans SİRZ	Gruplar arası	342883,44	1	342883,44	89,39	**<0,001**
	Grup içi	237819,17	62	3835,793		
	Toplam	580702,61	63			
Alçak ve yüksek frekans SİRZ	Gruplar arası	260916,6	1	260916,64	48,375	**<0,001**
	Grup içi	334407,86	62	5393,675		
	Toplam	595324,50	63			

Çalışma ve kontrol grubu, İRZ testleri arasındaki değerlendirmeler için tek yönlü ANOVA testi ile analiz edildi. Çalışma grubunda elde edilen BİRZ, alçak frekans SiRZ ve yüksek frekans SiRZ verileri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edildi. Tablo 5'te tek yönlü ANOVA testi bulguları özetlendi.



Grafik 3: İRZ verileri

Tablo 6: Çalışma ve kontrol grupları arası İRZ bulguları bağımsız gruplar t-testi bulguları

	Gruplar	N	Ortalama (ms)	Standart Deviasyon (ms)	Standart Hata (ms)	Tek ve iki yönlü p
BİRZ	Çalışma	32	525,59	56,94	10,06	**<0,001**
	Kontrol	32	458,63	26	4,59	
Kalın Frekans SİRZ	Çalışma	32	685,8	81,79	14,45	**<0,001**
	Kontrol	32	539,41	31,32	5,53	
İnce Frekans SİRZ	Çalışma	32	647,83	94,19	16,65	**<0,001**
	Kontrol	32	520,13	43,76	7,73	

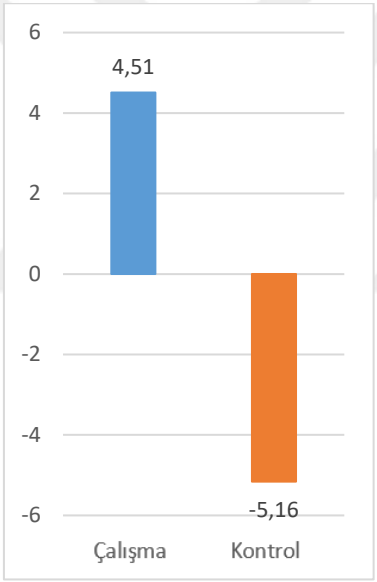
BİRZ, çalışma grubunda 525,59 ms (SD 56,94), kontrol grubunda ise 458,63 ms (SD 26,00) olarak gözlemlendi. Alçak frekans SiRZ, çalışma grubunda 685,8 ms (SD 81,79), kontrol grubunda ise 539,41 ms (SD 31,32) olarak kaydedildi. Yüksek frekans SiRZ, çalışma grubunda 647,83 ms (SD 94,19), kontrol grubunda ise 520,13 ms (SD 43,76) olarak tespit edildi. Bu verilerin gruplar için İRZ verileri arasında yapılan karşılaştırmasında, istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlendi. Tablo 6'da İRZ bulguları bağımsız gruplar t-testi sonuçları özetlendi. Grafik 3'te İRZ ortalama verileri sunuldu.

4.3. Çalışma ve Kontrol grubu Türkçe Matriks testi karşılaştırmaları

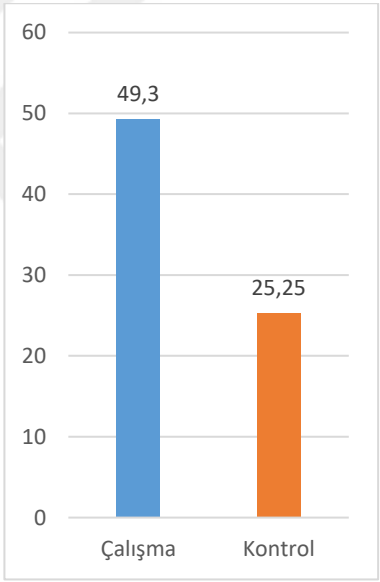
Çalışma grubu ve kontrol grubuna ait TMT bulguları bağımsız gruplarda T-testi ile değerlendirildi. Yapılan değerlendirmede her iki grup için hem adaptif yöntem ile gürültüde konuşmayı anlama, hem de adaptif yöntem ile sessizlikte konuşmayı anlama bulguları incelendi. Çalışma ve kontrol grupları arası TMT bağımsız gruplar t-Testi bulguları Tablo 7'de sunuldu.

Tablo 7: Çalışma ve kontrol grupları arası TMT bağımsız gruplar t-Testi bulguları

	Gruplar	N	Ortalama	Standart Deviasyon	Standart Hata	p
Adaptif Gürültüde	Çalışma	32	4,51	3,07	0,54	**<0,001**
	Kontrol	32	-5,16	0,85	0,15	
Adaptif Sessizlikte	Çalışma	32	49,3	4,94	0,87	**<0,001**
	Kontrol	32	25,25	3,66	0,64	



Grafik 4a: Çalışma ve Kontrol grubu adaptif gürültüde TMT verileri



Grafik 4b: Çalışma ve Kontrol grubu adaptif sessizlikte TMT verileri

Adaptif yöntemle gürültüde TMT bulguları, çalışma grubunda 4,51 SGO (SD 3,07), kontrol grubunda ise -5,16 SGO (SD 0,85) olarak elde edildi. Adaptif yöntemle sessizlikte TMT bulguları, çalışma grubu için 49,3 dB SPL, kontrol grubu için ise 25,25 dB SPL olarak kaydedildi. Her iki yöntem için elde edilen sonuçlar arasındaki fark, istatistiksel olarak anlamlı bulundu. Çalışma ve kontrol grubuna ait TMT bulguları Grafik 4a ve Grafik 4b'de sunuldu.

4.3. Verilerin birbiri ile ilişkisinin belirlenmesi

Her iki grup için elde edilen nicel veriler arasındaki ilişkinin varlığı, yönü ve şiddeti, Pearson korelasyon analizi ve regresyon analizi ile incelendi. Elde edilen sonuçlar, Tablo 8'da özetlendi. Pearson korelasyonuna ait doğrusal regresyon analizi Tablo 9 da özetlendi. Elde edilen tüm veriler arasında, pozitif yönde anlamlı bir ilişki gözlendi.

Tablo 8: Elde edilen verilerin Pearson korelasyon analizi

Pearson Korelasyonu	BİRZ	Alçak frekans SİRZ	Yüksek frekans SİRZ	Adaptif Gürültüde	Adaptif Sessizlikte
BİRZ	1	,801**	,758**	,630**	,543**
Alçak frekans SİRZ	,801**	1	,802**	,794**	,675**
Yüksek frekans SİRZ	,758**	,802**	1	,697**	,599**
Adaptif Gürültüde	,630**	,794**	,697**	1	,797**
Adaptif Sessizlikte	,543**	,675**	,599**	,797**	1

***Pearson korelasyonu p<0,001 düzeyinde anlamlıdır.*

Tablo 9: Elde edilen verilerin doğrusal regresyon analizi bulguları

		R Kare	F	p
BİRZ	Adaptif Gürültüde TMT	0,397	40,89	<,001
	Adaptif Sessizlikte TMT	0,295	25,979	<,001
Alçak Frekans SİRZ	Adaptif Gürültüde TMT	0,63	105,53	<,001
	Adaptif Sessizlikte TMT	0,456	51,996	<,001
Yüksek Frekans SİRZ	Adaptif Gürültüde TMT	0,486	58,643	<,001
	Adaptif Sessizlikte TMT	0,359	34,746	<,001

4.4. Markalara Göre Verilerin Karşılaştırılması

Markalara göre İRZ verileri ortalamaları Tablo 9'da sunulmaktadır. Örneklem sayıları nedeni ile veriler tanımlayıcı olarak gösterildi.

Tablo 10: İRZ bulgularının markalara göre ortalamaları

	N	BİRZ	SD	Düşük Frekans SİRZ	SD	Yüksek Frekans SİRZ	SD
AB	2	493,1	8,2	984,6	113,8	695,05	54,95
Cochlear	12	539,72	39,58	740,63	123,05	625,17	121,82
MedEL	18	532,08	77,14	672,51	103,65	614,19	105,05

Markalara göre TMT verileri ortalamaları Tablo 10'da sunulmaktadır. Örneklem sayıları nedeni ile veriler tanımlayıcı olarak gösterildi.

Tablo 11: TMT bulgularının markalara göre dağılımı

	N	Adaptif Gürültüde TMT (dB SPL SGO)	SD	Adaptif Sessilikte TMT (dB SPL)	SD
AB	2	3	2,2	48,5	3,5
Cochlear	12	5	2,79	48,8	5,4
MedEL	18	4	3,04	50,17	4,18

5. TARTIŞMA

Literatürde, DeT yöntemiyle Kİ kullanıcılarında İRZ değerlendirmesine dair bir çalışmanın bulunmaması, bu araştırmanın özgünlüğünü ortaya koymaktadır. Hı hipotezini destekleyen istatistiksel bulgular, İRZ değerlendirmesinin Kİ kullanıcılarının cihaz verimliliğini incelemede önemli olduğunu göstermektedir. Kontrol ve çalışma grubunda elde edilen işitsel reaksiyon zamanı bulguları, her bir bireydeki her bir ölçüm için DeT latansından ve uyaran özelliklerinden etkilenmektedir. Materyal olarak kullanılan tabletin ekran latansına yönelik yapılan çalışmalara göre, DeT'nin oluşturacağı gecikme yaklaşık 90 ms'dir. ANSI standartlarına göre hazırlanmış saf ses uyaranlarının amplitüd maksimum noktasına kadar geçen süresi ise yaklaşık 100 ms'dir. Bu iki etken toplandığında, DeT ile yapılan İRZ ölçümlerindeki yanıt gecikmesi, tuş ile yapılan bir ölçüme göre yaklaşık 190 ms'dir. Çalışmamızda elde edilen bulguları tuşlu sistemler ile karşılaştırmak için 190 ms gibi bir değer uygulanırsa, Tablo 11'daki verilere ulaşılır.

Tablo 12: Latans düzeltmesi uygulanmış İRZ ortalamaları

Latans: -190 ms	Gruplar	N	Ortalama (ms)	Standart Deviasyon (ms)	**Düzeltilmiş Ortalamalar (ms)**
BİRZ	Çalışma	32	525,59	56,94	**335,59**
	Kontrol	32	458,63	26	**268,63**
Alçak frekans SİRZ	Çalışma	32	685,8	81,79	**495,8**
	Kontrol	32	539,41	31,32	**349,41**
Yüksek frekans SİRZ	Çalışma	32	647,83	94,19	**457,83**
	Kontrol	32	520,13	43,76	**330,13**

Madison ve arkadaşlarının normal işiten 7081 birey üzerinde yaptıkları geniş kapsamlı işitsel reaksiyon zamanı bulguları 241,00 ms'dir (SD: 47,1 ms). Katı iletkenlerin ve taşınamayan laboratuvar gereçlerinin kullanıldığı bir sistemle yapılan reaksiyon zamanı ölçümleri için elde edilen bu değer ile çalışmamızda elde edilen değer birbirine yakın gözlenmektedir (74). Aynı çalışmada, 4084 kadında 243,9 ms (SD: 47,5 ms), 2997 erkekte ise 239,5 ms (SD: 48,4 ms) reaksiyon zamanı bildirmektedir. Bulgularımızda cinsiyete göre karşılaştırma yapıldığında, BİRZ ortalaması normal işiten 21 kadında 458,67 ms (SD: 26,23 ms), 11 erkekte ise 458,57 ms (SD: 24,35 ms) olarak bulundu. Literatürde gözlenen cinsiyetler arası BİRZ farkının kontrol grubunda izlenmemesi, örneklem farkından kaynaklanabileceği gibi test düzeneğine bağlı bir etken olarak da düşünülebilir. Kontrol grubunda BİRZ erkeklerde kadınlara göre mikrosaniyeler düzeyinde kısa gözlendi.

İşitme kaybının varlığında İRZ türevlerinin tamamı olumsuz etkilenir. Her ne kadar Kİ, çok ileri derecede işitme kaybını giderebilse de, elde edilen işitme eşikleri genellikle hafif derecede işitme kaybı bölgesinde yer almaktadır. Bu nedenle, BİRZ ve SİRZ bulguları işitme kaybının olumsuz etkilerinden, hafif şekilde de olsa, etkilenmektedir. Seitz ve arkadaşları, işitme kaybı tanısı almış bireylerde 500 Hz saf ses uyaran kullanarak BİRZ verilerini incelendi. Çalışmasında, normal şiddette gürlük oluşturacak şekilde sunulan uyaranlara verilen BİRZ yanıtları 340 ms olarak olarak

bildirmektedir. Test düzeneğinde sunulan ve Kİ kullanıcısı için normal bir gürlük seviyesi sayılabilecek 70 dB HL şiddetinde BİRZ 525,59 ms olarak gözlenmektedir. Gatehouse ve Gordon tarafından yapılan bir başka çalışmada, işitme kayıplı bireylerin işitme cihazları ile BİRZ bulgularının 730 ms'den 566 ms'ye kadar düştüğü belirtilmektedir (75). Yazarlar işitme cihazı verimliliğini değerlendirmek için İRZ verileriden yararlanılabileceğini burgulamaktadır. Bu bulgudan yola çıkarak Kİ kullanıcılarının İRZ bulguları, kullandıkları cihazın yararı hakkında önemli bilgiler sunabilir.

Kİ kullanım süresi, kullanılan cihazın adaptasyonu ve etkinliği açısından önemli bir parametredir. BİRZ ortalamaları erken dönem Kİ kullanıcılarında 535,39 ms (N:11), uzun dönem Kİ kullanıcılarında ise 522,43 ms (N:21) olarak elde edildi ve uzun dönem kullanıcılarının daha kısa reaksiyon zamanı sergilediği gözlemlendi. Bu bulgular, Kİ kullanım süresi arttıkça işitme sinirinin aktivitesinin artmasından ya da kullanıcıların cihazlarına adaptasyonlarının zamanla daha tutarlı hale gelmesinden kaynaklanabilir.

Kİ başarısı için önemli bir diğer parametre ise erken dönem implantasyondur. Ameliyat öncesi işitme kayıplı geçen süre ne kadar kısa olursa, Kİ'nin yararı o kadar fazla gözlemlenir. Çalışma grubunda, 6 yaşından önce implante edilmiş 10 bireyin BİRZ ortalaması dikkat çekicidir. 496,76 ms'lik (SD: 49,40 ms) bu değer, çalışma grubunda 6 yaşından sonra KI ameliyatı olan 22 bireyde 545,9 ms (SD: 51,13) olarak gözlendi. Ancak, çalışma grupları Kİ kullanıcılarına ait değişkenleri incelemek üzere tasarlanmadığından, katılımcı sayısının artırılarak çalışmanın devam ettirilmesi planlanmaktadır.

İRZ, yaş ilerledikçe uzamaktadır ve bu yavaşlama zamanla belirgin hale gelmektedir. Madison ve arkadaşlarının uzun dönem İRZ incelemelerinde, genç yetişkin bireylerde elde edilen RZ bulgularının, orta yaşın ilerleyen dönemlerine doğru her 10 yılda yaklaşık 0,5 ms uzadığı belirtilmiştir (74). Çalışma grubunda, en genç katılımcı olan 18 yaşındaki bir birey için BİRZ ortalaması 329,5 ms olarak elde edilirken, en yaşlı katılımcı olan 63 yaşındaki bir birey için bu değer 509,7 ms olarak gözlenmiştir. Benzer şekilde, kontrol grubunda en genç katılımcı olan 20 yaşındaki bir

birey için BİRZ 409,6 ms iken, en yaşlı katılımcı olan 42 yaşındaki bir birey için 483,3 ms olarak kaydedilmiştir.

Çalışma grubundaki yaş farkının daha geniş bir aralığa sahip olması nedeniyle İRZ'nin daha uzun bir aralıkta değiştiği, kontrol grubunda ise yaş farkının daha dar olması nedeniyle bu değişimin daha kısa gözlemlendiği anlaşılmaktadır. Ancak, bu örnekler arasındaki İRZ'nin yaşa bağlı değişiminin birey bazında olması ve literatürdeki çalışmanın büyük bir örneklem grubu ile gerçekleştirilmesi, aradaki farkın değerlendirilmesini zorlaştırmaktadır. Bu nedenle, İRZ bulgularında yaşın etkisini daha net bir şekilde ortaya koyabilmek için yaş gruplarına yönelik katılımcı sayısının artırılması ve daha kapsamlı bir değerlendirme yapılması gereklidir.

Bir diğer ana değişken olan Kİ markası bazında, çalışma grubundaki katılımcı sayısı istatistiksel inceleme yapmaya elverişli değildi. Firmalar arasındaki farklara konu olan bir diğer etken de dış parça teknolojisi olabilir. Katılımcıların kullandıkları dış parçalar, satın alınan ürünlerin farklılık göstermesi nedeniyle değişkenlik göstermektedir. Markalar arası karşılaştırmanın daha doğru bir şekilde yapılabilmesi için, dış parça teknolojilerinin belirli bir seviyede standartlaştırılması planlanarak devam niteliğindeki bir çalışma ileriye yönelik düzenlenecektir.

SİRZ, yukarıdan aşağıya işitsel işlemlemenin daha belirgin bir şekilde görev aldığı bir cevap olarak öne çıkmaktadır ve dikkat ile karar verme gerektirdiği için BİRZ verisine kıyasla daha yavaş sonuçlar gözlenir. Çalışma ve kontrol grubunda elde edilen bulgular bu etkiyi net bir şekilde yansıtmaktadır. Alçak frekanslı SİRZ, çalışma grubunda 685,8 ms, kontrol grubunda ise 539,41 ms olarak gözlendi. Yüksek frekanslı SİRZ ise çalışma grubunda 647,83 ms, kontrol grubunda 520,13 ms olarak kaydedi. Çalışma grubundaki bulgular arasındaki bu fark, işitme kaybının işitsel reaksiyon süresine etkisini yansıttığı gibi, aynı zamanda SİRZ'nin özgün karar verme mekanizmasından kaynaklanan gecikmeleri de içermektedir.

SİRZ'yi inceleyen bir başka çalışmada, Bayramova ve arkadaşları hafızaya ek yük bindiren bir görevin yanı sıra SİRZ'yi ölçmümlerini bildirmektedir. Çalışmalarında, hafızaya binen yük arttıkça işitsel uyaranlara verilen yanıt sürelerinin uzadığı gözlemlenmektedir (75). Benzer şekilde, seçime bağlı karar verme etkisi, kontrol grubunda elde edilen verilerde de gözlenmektedir. Bunun yanı sıra, her iki

grup için bulguların yüksek frekansta daha kısa olması, Pfingst ve arkadaşlarının yaptıkları çalışma ile uyumlu bulundu. Bu çalışmada, uyaranın şiddeti sabit tutulduğunda, İRZ bulgularının uyaranın frekansı yükseldikçe kısaldığı belirtilmektedir. İki farklı frekansa yönelik elde edilen SİRZ bulgularımız, literatürdeki bu bilgiyi desteklemektedir (77).

Ayrıca, her iki grup için de yüksek frekanslı SİRZ verilerinin, alçak frekanslı SİRZ verilerine kıyasla istatistiksel olarak anlamlı şekilde daha kısa olduğu gözlenmektedir. Bu bulgunun temelinde, baziler membranın tonotopik organizasyonu ve ilerleyen dalga teorisi yatmaktadır. İlerleyen dalga teorisine göre, yüksek frekanslı uyaranlar fiziksel özellikleri gereği düşük enerjili sinyaller olsalar da, kokleanın bazal kısmında, işitsel sinir demetlerinin en yoğun olduğu bölgede işlenirler. Bu durum, işitsel dikkat açısından bu sinyallere avantaj sağlamaktadır (12).

TMT, gürültüde konuşma değerlendirmesi için güncel bir yaklaşım olarak dikkat çekmektedir. Adaptif gürültüde TMT testi değerlendirmesi, çalışma grubunda +4,51 dB SPL SGO (SD: 3,07), kontrol grubunda ise -5,16 dB SPL SGO (SD: 0,85) olarak gözlenmiştir. Kİ kullanıcıları ile normal işiten bireyler arasında yaklaşık 10 dB SPL SGO gibi bir fark bulunmaktadır. Her 3 dB SPL'lik ses şiddeti artışının fiziksel olarak sesin iki katı şiddet anlamına geldiği düşünüldüğünde, bu fark oldukça büyüktür. Her ne kadar Kİ kullanıcıları günlük hayata işitsel olarak önemli ölçüde katılım gösterebilse de, zorlu dinleme ortamlarında çeşitli sebeplerle sorunlar yaşamaktadırlar. Bu sorunların kaynağı, Kİ öncesinde işitme kayıplı geçen süre, işitme kaybının derecesi, etkin işitme cihazı kullanım süresi ve ameliyat tekniği gibi faktörler olabilir. Bu etkenlerin yanı sıra, tamamen ideal şartlar sağlansa bile Kİ'nin teknik olarak dar bir elektriksel dinamik aralığa sahip olması ve pür normal işitme eşiklerine ulaşamaması, gürültüde konuşma anlaşılırlığını olumsuz etkileyebilmektedir.

İşitme eşiklerinden kaynaklanan fark, adaptif sessizlikte TMT bulgularında net bir şekilde gözlenmektedir. Saf ses ortalama eşikleri (PTA 2), çalışma grubunda 26,4 dB HL, kontrol grubunda ise 15,3 dB HL olarak elde edilmiştir. Buna bağlı olarak, adaptif sessizlikte TMT bulguları çalışma grubu için 49,3 dB SPL, kontrol grubu için ise 25,25 dB SPL olarak gözlenmiştir. İşitme kaybının bu bulgulardaki etkisi, literatürle uyumlu bir şekilde gözlemlenmiştir (76).

Kİ markalarının ses işlemleme stratejileri, her bir marka için farklıdır ve bu stratejilerin konuşma anlaşılırlığı üzerindeki etkileri, markalar tarafından yapılan sponsorlu çalışmalarla araştırılmaktadır. Çalışmamıza dahil olan katılımcılar, markalar arası değerlendirme yapmak için yeterli sayıya sahip değildir. Bu bulgulara yönelik daha detaylı karşılaştırmaların yapılabilmesi için çalışmanın devam ettirilmesi planlanmaktadır.

Hem İRZ hem de konuşma ayırt etme becerisi, dikkat üzerine birbirinin çapraz doğrulamasını yapabilen testler olarak dikkat çekmektedir. Fu ve arkadaşları, zeka seviyeleri eşleştirilmiş çocuklarla yaptıkları bir çalışmada, dikkat eksikliği ve hiperaktivite tanısı almış 54 çocuk ile kontrol grubunu karşılaştırmışlardır. Gruplara hem lokalizasyon hem de 600 Hz sabit uyaran içerisinden hedef uyaran olarak sunulan 200 Hz saf ses uyaranı verilmiştir. Elde edilen bulgularda, dikkat eksikliği ve hiperaktivite tanısı almış grubun, kontrol grubuna kıyasla daha yavaş reaksiyon gösterdiği tespit edildiği bilinmektedir (41). Bu nedenle çalışma ve kontrol grubumuzdaki katılımcılarına geçmişte dikkat eksikliği ve hiperaktivite bozukluğuna yönelik herhangi bir tanı bulgusunun bulunup bulunmadığı sorgulandı. Katılımcılar dikkat eksikliği ve hiperaktivite bozukluğu olmayan kişilerden seçildi.

İRZ ve TMT bulgularına yönelik Pearson korelasyonu ile elde edilen sonuçlara bakıldığında, bu iki değişken arasında pozitif yönde güçlü bir ilişki olduğu gözlemlendi. BİRZ değeri milisaniye (ms) cinsinden azaldıkça, başka bir deyişle bireylerin İRZ hızlandıkça, gürültüde ve sessizlikte TMT bulgularında sayısal olarak bir azalma, yani SGO oranında ve konuşma anlama eşiklerinde bir iyileşme gözlenmektedir. Benzer bir bulgu SİRZ için de geçerlidir. Hem alçak hem de yüksek frekanslı SİRZ hızlandıkça, TMT bulgularında iyileşme ile ilişkili olduğu görüldü. Bu korelasyon bulgusu, İRZ süresi kısa olan bireylerin, reaksiyon süresi daha uzun olan bireylere kıyasla, hem gürültüde hem de sessizlikte konuşmayı daha iyi anlayabildiğini göstermektedir. Ayrıca, Kİ rehabilitasyonunda eğitim materyalleri arasına RZ çalışmaları eklenmesi Kİ rehabilitasyon programının başarısını arttırabilir.

İRZ verisini incelemek, işitsel değerlendirme sırasında bireyin işitme kaybını taklit edip etmediğini tespit etmek için kullanılabilir. Wood ve arkadaşları, fonksiyonel işitme kaybı olan bireyler ile normal işiten bireyleri karşılaştırdıkları çalışmada,

fonksiyonel işitme kaybı tanısı almış bireylerin İRZ bulgularında istatistiksel olarak anlamlı derecede bir yavaşlama olduğunu bildirmektedir. Yazarların elde ettiği verilere göre, eşik ve eşik üstü değerlerde, fonksiyonel işitme kaybı olan bireylerin reaksiyon zamanlarında ortalama 250 ms'lik bir yavaşlama görülmüştür. Bu bulgulara dayanarak, işitme değerlendirmesi yapılacak bireylere, test öncesi veya sonrası İRZ değerlendirmesi uygulayarak işitsel durumları hakkında daha fazla bilgi edinmek mümkün olabilir. Bu yöntem, fonksiyonel işitme kaybının tespitinde ek bir değerlendirme aracı olarak kullanılabilir.

Çalışma grubunun işitme kaybı özellikleri ve demografik tanımlayıcı veri olarak sunulan, yaş, cinsiyet, Kİ markası ve modeli, Kİ öncesi işitme kaybı derecesi, Ki öncesi işitme kayıplı geçen süre, Kİ operasyon yaşı, işitme kaybının post veya pre lingual dönemde olması, Kİ etkin kullanım süresi verileri istatiksel bir anlam aramak için yeterli değildir. Bu neden ile bu veriler sadece tanımlayıcı olarak sunulmuştur. Ortaya çıkan bu değişkenlere yönelik sorunların daha ayrıntılı incelenmesi ve İRZ ölçümleri üzerine ne ölçüde etkiye sahip olduklarının belirlenmesi için çalışma genişletilerek sürdürülecektir.

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

İRZ bulguları ile TMT bulguları arasındaki pozitif ilişki, DeT yöntemiyle geliştirilen İRZ ölçüm aracının Kİ kullanıcılarının zorlu dinleme koşullarında elde ettikleri başarı ve memnuniyetin değerlendirilmesinde önemli bir gösterge olduğunu vurgulamaktadır. Bu araçla yapılan değerlendirmeler Kİ rehabilitasyonunun etkinlik düzeyini belirleme ya da dış parçaya ilişkin olası sorunların ön değerlendirmesini yapma imkanı sunabilir. İRZ ve türevleri, odyolojik değerlendirmede tamamlayıcı bir test olarak kullanılabilir. Hem işitme cihazı hem de Kİ rehabilitasyon sürecinde, sağlanan faydayı değerlendirmek amacıyla kullanılabilir. Bu araç, kliniklerde basit bir yazılım ve tablet yardımıyla odyolojik değerlendirmede test bataryasına eklenebilir. Ayrıca, eğitim materyali olarak kullanımı sonucunda rehabilitasyona katkısı yapılacak yeni çalışma desenleri ile irdelenebilir.

7. KAYNAKLAR

1. Aslıer M, Aslıer NGY, Kirkim G, Güneri EA. The influence of age and language on developmental trajectory of theory of mind in children with cochlear implants. Int J Pediatr Otorhinolaryngol. 2020;135:110127. doi:10.1016/j.ijporl.2020.110127

2. Gürkan S, Başokçu O, Durankaya SM, İşler Y, Kırkım G. Central Auditory Changes Associated with Age-related Hearing Loss. Clin EEG Neurosci. 2024;55(4):508-517. doi:10.1177/15500594241243116

3. Gürkan S, Durankaya SM, Mutlu B, et al. Comparison of Cortical Auditory Evoked Potential Findings in Presbycusis with Low and High Word Recognition Score. J Am Acad Audiol. 2020;31(6):442-448. doi:10.3766/jaaa.19063

4. Tuz D, Isikhan SY, Yücel E. Developing the computer-based auditory training program for adults with hearing impairment. Med Biol Eng Comput. 2021;59(1):175-186. doi:10.1007/s11517-020-02298-3

5. Kurioka T, Mizutari K. Gap detection ability declines with central auditory neurodegeneration following age-related cochlear synaptopathy. Eur J Neurosci. 2024;60(8):5861-5875. doi:10.1111/ejn.16534

6. Deniz B, Gülmez ZD, Kara H, Kara E. Effect of Digital Noise Reduction in Hearing Aids on Speech Intelligibility in Both Quiet and Noisy Environments. Noise Health. 2024;26(121):220-225. doi:10.4103/nah.nah_67_23

7. Draheim C, Mashburn CA, Martin JD, Engle RW. Reaction time in differential and developmental research: A review and commentary on the problems and alternatives. Psychol Bull. 2019;145(5):508-535. doi:10.1037/bul0000192

8. Hu Y, Teh BM, Hurtado G, Yao X, Huang J, Shen Y. Can endoscopic ear surgery replace microscopic surgery in the treatment of acquired cholesteatoma? A contemporary review. Int J Pediatr Otorhinolaryngol. 2020;131:109872. doi:10.1016/j.ijporl.2020.109872

9. Duckert LG. Anatomy of skull base, temporal bone, external ear, and middle ear. Cummings CW, Fredrickson JM, Harker LA, Krause CJ, Schuller DA. Otolaryngology head & neck surgery, bölüm 2nd. St Louis, Missouri: Mosby Year Book; 1993:2483–96

10. Mutlu B. Orta Kulak Transfer Fonksiyonu. Önerci M, Güneri EA. Kulak Burun Boğaz Baş Boyun Cerrahisi. Bölüm 1. 2016. Ankara: Hacettepe Üniversitesi Hastaneleri Basımevi; 2016. 42-49

11. Driver EC, Kelley MW. Development of the cochlea. Development. 2020;147(12):dev162263. Published 2020 Jun 22. doi:10.1242/dev.162263

12. Özdemir S. İç Kulak, İşitme Siniri ve Santral Koklear Yolların Fizyolojisi. Önerci M, Güneri EA. Kulak Burun Boğaz Baş Boyun Cerrahisi. Bölüm 1. 2016. Ankara: Hacettepe Üniversitesi Hastaneleri Basımevi; 2016. 26-33

13. Delacroix L, Malgrange B. Cochlear afferent innervation development. Hear Res. 2015;330(Pt B):157-169. doi:10.1016/j.heares.2015.07.015

14. Rubel EW, Hyson RL, Durham D. Afferent regulation of neurons in the brain stem auditory system. J Neurobiol. 1990;21(1):169-196. doi:10.1002/neu.480210112

15. Liberman MC. Morphological differences among radial afferent fibers in the cat cochlea: an electron-microscopic study of serial sections. Hear Res. 1980;3(1):45-63. doi:10.1016/0378-5955(80)90007-6

16. Wong AB, Jing Z, Rutherford MA, Frank T, Strenzke N, Moser T. Concurrent maturation of inner hair cell synaptic Ca2+ influx and auditory nerve spontaneous activity around hearing onset in mice. J Neurosci. 2013;33(26):10661-10666. doi:10.1523/JNEUROSCI.1215-13.2013

17. Weisz C, Glowatzki E, Fuchs P. The postsynaptic function of type II cochlear afferents. Nature. 2009;461(7267):1126-1129. doi:10.1038/nature08487

18. Brown AS, Epstein DJ. Otic ablation of smoothened reveals direct and indirect requirements for Hedgehog signaling in inner ear development. Development. 2011;138(18):3967-3976. doi:10.1242/dev.066126

19. Andersen RA, Snyder RL, Merzenich MM. The topographic organization of corticocollicular projections from physiologically identified loci in the AI, AII, and anterior auditory cortical fields of the cat. J Comp Neurol. 1980;191(3):479-494. doi:10.1002/cne.901910310

20. Imig TJ, Morel A. Tonotopic organization in lateral part of posterior group of thalamic nuclei in the cat. J Neurophysiol. 1985;53(3):836-851. doi:10.1152/jn.1985.53.3.836

21. Moore, J. K., & Moore, R. Y. A comparative study of the superior olivary complex in the primate brain. Folia Primatol (Basel). 1971; 16(1), 35-51. doi:10.1159/000155390

22. Eggermont JJ, Don M. Mechanisms of central conduction time prolongation in brain-stem auditory evoked potentials. Arch Neurol. 1986;43(2):116-120. doi:10.1001/archneur.1986.00520020010007

23. Forton G, Offeciers FE, Marquet J. Het acousticusneurinoma: een histopathologische studie [Acoustic neuroma: a histopathological study]. Acta Otorhinolaryngol Belg. 1990;44(4):399-402.

24. Jewett DL, Williston JS. Auditory-evoked far fields averaged from the scalp of humans. Brain. 1971;94(4):681-696. doi:10.1093/brain/94.4.681

25. Okamoto H, Stracke H, Zwitserlood P, Roberts LE, Pantev C. Frequency-specific modulation of population-level frequency tuning in human auditory cortex. BMC Neurosci. 2009;10:1. Published 2009 Jan 6. doi:10.1186/1471-2202-10-1

26. Patel AD. Language, music, syntax and the brain. Nat Neurosci. 2003;6(7):674-681. doi:10.1038/nn1082

27. Koelsch S, Siebel WA. Towards a neural basis of music perception. Trends Cogn Sci. 2005;9(12):578-584. doi:10.1016/j.tics.2005.10.001

28. Shinn-Cunningham B. ACOUSTICS AND PERCEPTION OF SOUND IN EVERYDAY ENVIRONMENTS [Bildiri]. Proceedings of the 3rd Int. Workshop on Spatial Media, Aisu-Wakamatsu, Japan, Mar. 6-7, 2003

29. Ching TY, Day J, Dillon H, ve ark. Impact of the presence of auditory neuropathy spectrum disorder (ANSD) on outcomes of children at three years of age. Int J Audiol. 2013;52 Suppl 2(0 2):S55-S64. doi:10.3109/14992027.2013.796532

30. Webster, D B. Neuroscience of Communication; Bölüm 10: Cortical organization and Speech perception, Londra, Singular Publishing. 1995. 293-315

31. McRoberts G. Speech Perception. Janette B. Benson. Encyclopedia of Infant and Early Childhood Development. 2. Basım. ABD: Elsevier; 2008. 244–53.

32. Blamey P, Artieres F, Başkent D, ve ark. Factors affecting auditory performance of postlinguistically deaf adults using cochlear implants: an update with 2251 patients. Audiol Neurootol. 2013;18(1):36-47. doi:10.1159/000343189

33. Taitelbaum-Swead R, Kishon-Rabin L, Kaplan-Neeman R, Muchnik C, Kronenberg J, Hildesheimer M. Speech perception of children using Nucleus, Clarion or Med-El cochlear implants. Int J Pediatr Otorhinolaryngol. 2005;69(12):1675-1683. doi:10.1016/j.ijporl.2005.05.002

34. Lagemann L, Okamoto H, Teismann H, Pantev C. Bottom-up driven involuntary attention modulates auditory signal in noise processing. *BMC Neurosci.* 2010;11:156. Published 2010 Dec 30. doi:10.1186/1471-2202-11-156

35. Pain MT, Hibbs A. Sprint starts and the minimum auditory reaction time. *J Sports Sci*. 2007;25(1):79-86. doi:10.1080/02640410600718004

36. Draheim C, Mashburn CA, Martin JD, Engle RW. Reaction time in differential and developmental research: A review and commentary on the problems and alternatives. Psychol Bull. 2019;145(5):508-535. doi:10.1037/bul0000192

37. Tuz D, Isikhan SY, Yücel E. Developing the computer-based auditory training program for adults with hearing impairment. Med Biol Eng Comput. 2021 Jan;59(1):175-186. doi: 10.1007/s11517-020-02298-3. Epub 2021 Jan 5. PMID: 33400137

38. Liu J, Bayle DJ, Spagna A, ve ark. Fronto-parietal networks shape human conscious report through attention gain and reorienting. Commun Biol. 2023;6(1):730. Published 2023 Jul 15. doi:10.1038/s42003-023-05108-2

39. Yu W, Jin D, Yang X, Zhao F, Wang H, Peng R. Performance Index Based on Predicted Auditory Reaction Time Analysis for the Evaluation of Human-Machine Interface in Flight Control. Comput Math Methods Med. 2022;2022:4661156. Published 2022 Apr 12. doi:10.1155/2022/4661156

40. Bayramova R, Toffalini E, Bonato M, Grassi M. Auditory selective attention under working memory load. Psychol Res. 2021;85(7):2667-2681. doi:10.1007/s00426-020-01437-7

41. Fu T, Li B, Yin W, ve ark. Sound localization and auditory selective attention in school-aged children with ADHD. Front Neurosci. 2022;16:1051585. Published 2022 Dec 15. doi:10.3389/fnins.2022.1051585

42. Radziwon K, Salvi R. Using auditory reaction time to measure loudness growth in rats. Hear Res. 2020;395:108026. doi:10.1016/j.heares.2020.108026

43. Lim SJ, Wöstmann M, Obleser J. Selective Attention to Auditory Memory Neurally Enhances Perceptual Precision. J Neurosci. 2015;35(49):16094-16104. doi:10.1523/JNEUROSCI.2674-15.2015

44. Burke KS, Creston JE, Shutts RE. HEARING LOSS AND REACTION TIME. Arch Otolaryngol. 1965;81:49-56. doi:10.1001/archotol.1965.00750050054012

45. Seitz PF, Rakerd B. Auditory stimulus intensity and reaction time in listeners with longstanding sensorineural hearing loss. Ear Hear. 1997;18(6):502-512. doi:10.1097/00003446-199712000-00008

46. Wood TJ, Goshorn EL, Peters RW. Auditory reaction times for functional and nonfunctional hearing loss. J Speech Hear Res. 1977;20(1):177-191. doi:10.1044/jshr.2001.177

47. Pfingst BE, Hienz R, Kimm J, Miller J. Reaction-time procedure for measurement of hearing. I. Suprathreshold functions. *J Acoust Soc Am*. 1975;57(2):421-430. doi:10.1121/1.380465

48. Poon PW, Yu WY, Chan JW. Correlation between auditory reaction time and intelligence. Percept Mot Skills. 1986;63(2 Pt 1):375-378. doi:10.2466/pms.1986.63.2.375

49. Taheri M, Arabameri E. The effect of sleep deprivation on choice reaction time and anaerobic power of college student athletes. Asian J Sports Med. 2012;3(1):15-20. doi:10.5812/asjsm.34719

50. O'Sullivan BP, Freedman SD. Cystic fibrosis. Lancet. 2009;373(9678):1891-1904. doi:10.1016/S0140-6736(09)60327-5

51. Scarpelli M, Zappini F, Filosto M, Russignan A, Tonin P, Tomelleri G. Mitochondrial Sensorineural Hearing Loss: A Retrospective Study and a Description of Cochlear Implantation in a MELAS Patient. Genet Res Int. 2012;2012:287432. doi:10.1155/2012/287432

52. Patel M, Hu BH. MicroRNAs in inner ear biology and pathogenesis. Hear Res. 2012;287(1-2):6-14. doi:10.1016/j.heares.2012.03.008

53. Shearer AE, DeLuca AP, Hildebrand MS, ve ark. Comprehensive genetic testing for hereditary hearing loss using massively parallel sequencing. Proc Natl Acad Sci U S A. 2010;107(49):21104-21109. doi:10.1073/pnas.1012989107

54. Tange RA, Grolman W, Dreschler WA. What to do with the other ear after cochlear implantation. Cochlear Implants Int. 2009;10(1):19-24. doi:10.1002/cii.373

55. Clopton BM, Spelman FA, Miller JM. Estimates of essential neural elements for stimulation through a cochlear prosthesis. Ann Otol Rhinol Laryngol Suppl. 1980;89(2 Pt 2):5-7. doi:10.1177/00034894800890s202

56. Bayri M, Çiprut A. The effects of behind-the-ear and off-the-ear sound processors on speech understanding performance in cochlear implant users. Auris Nasus Larynx. 2020;47(6):950-957. doi:10.1016/j.anl.2020.05.025

57. Godey B, Darrouzet V, Ruben H, ve ark. Comparing Behind-The-Ear and Single-Unit Cochlear Implant Audio Processors in 83 Newly Implanted Subjects. Journal of Hearing Science. 2020;10(4):33-39. doi:10.17430/JHS.2020.10.4.4.

58. Abbas PJ, Brown CJ. Electrically evoked brainstem potentials in cochlear implant patients with multi-electrode stimulation. Hear Res. 1988;36(2-3):153-162. doi:10.1016/0378-5955(88)90057-3

59. Tuset MP, Baptiste A, Cyna Gorse F, ve ark. Facial nerve stimulation in adult cochlear implant recipients with far advanced otosclerosis. Laryngoscope Investig Otolaryngol. 2022;8(1):220-229. Published 2022 Nov 29. doi:10.1002/lio2.984

60. Skidmore J, Ramekers D, Bruce IC, He S. Comparison of response properties of the electrically stimulated auditory nerve reported in human listeners and in animal models. Hear Res. 2022;426:108643. doi:10.1016/j.heares.2022.108643

61. Alzhrani F, Halawani R, Basodan S, Hudeib R. Investigating Facial Nerve Stimulation After Cochlear Implantation in Adult and Pediatric Recipients. Laryngoscope. 2021;131(2):374-379. doi:10.1002/lary.28632

62. Todd AE, Landsberger DM. The effect of polarity order and electrode-activation order on loudness in cochlear implant users. J Acoust Soc Am. 2018;144(2):EL112. doi:10.1121/1.5049701

63. Wei X, Lu S, Chen B, ve ark. Cochlear implantation programming characteristics and outcomes of cochlear nerve deficiency. Eur Arch Otorhinolaryngol. 2023;280(10):4409-4418. doi:10.1007/s00405-023-07949-3

64. Cohen NL. Considerations for devising a totally implantable cochlear implant. W altzman S B, Roland J T J. Cochlear Implants. 2. Basım. New York: Thieme Medical Yayın Evi, 2006 : 230–232.

65. Kludt E, D'hondt C, Lenarz T, Maier H. Clinical Validation of a Sound Processor Upgrade in Direct Acoustic Cochlear Implant Subjects. Otol Neurotol. 2017;38(5):655-661. doi:10.1097/MAO.0000000000001404

66. Geoff W. A review of technologies for sensing contact location on the surface of a display: Review of touch technologies. Journal of the Society for Information Display. 20 (8): 413–440. doi:10.1002/jsid.100

67. The first capacitative touch screens at CERN [İnternet]. 2010. [Erişim Tarihi: 4 Eylül 2010]. Erişim adresi: https://cerncourier.com/a/the-first-capacitative-touch-screens-at-cern/

68. Arsintescu L, Mulligan JB, Flynn-Evans EE. Evaluation of a Psychomotor Vigilance Task for Touch Screen Devices. Hum Factors. 2017;59(4):661-670. doi:10.1177/0018720816688394

69. Zhang C, Varvarigou V, Parks PD, ve ark. Psychomotor vigilance testing of professional drivers in the occupational health clinic: a potential objective screen for

daytime sleepiness. J Occup Environ Med. 2012;54(3):296-302. doi:10.1097/JOM.0b013e318223d3d6

70. Zokoll MA, Fidan D, Türkyılmaz D, ve ark. Development and evaluation of the Turkish matrix sentence test. Int J Audiol. 2015;54 Suppl 2:51-61. doi:10.3109/14992027.2015.1074735

71. Kılıç S, Sendesen E, Aslan F, Erbil N, Aydın Ö, Türkyılmaz D. Investigating Sensitivity to Auditory Cognition in Listening Effort Assessments: A Simultaneous EEG and Pupillometry Study. Brain Behav. 2024;14(11):e70135. doi:10.1002/brb3.70135

72. Ertürk P, Aslan F, Türkyılmaz MD. Listening to speech-in-noise with hearing aids: Do the self-reported outcomes reflect the behavioral speech perception task performance?. Eur Arch Otorhinolaryngol. 2024;281(3):1139-1147. doi:10.1007/s00405-023-08193-5

73. Aytaç ÖY. Hafif ve Orta Derece Sensorinöral İşitme Kayıplarında Türkçe Matriks Test Kullanılarak Konuşma Anlaşılabilirlik Düzeyinin İşitme Cihazlı ve İşitme Cihazsız Sonuçlarının Karşılaştırılması [Yüksek Lisans Tezi]. Ankara, Turgut Özal Üniversitesi; 2016.

74. Madison G, Woodley Of Menie MA, Sänger J. Secular Slowing of Auditory Simple Reaction Time in Sweden (1959-1985). Front Hum Neurosci. 2016;10:407. Published 2016 Aug 18. doi:10.3389/fnhum.2016.00407

75. Gatehouse S, Gordon J. Response times to speech stimuli as measures of benefit from amplification. Br J Audiol. 1990;24(1):63-68. doi:10.3109/03005369009077843

76. Mungan Durankaya S. ve ark. , Development of a Turkish Monosyllabic Word Recognition Test for Adults. JOURNAL OF INTERNATIONAL ADVANCED OTOLOGY , vol.10, no.2, pp.172-180, 2014

8. EKLER

8.1. Ek-1 Etik kurul onayı

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
GİRİŞİMSEL OLMAYAN ARAŞTIRMALAR ETİK KURUL KARARI

Sayın Prof.Dr. Günay Kırkım

Araştırmanıza ilişkin Kurulumuz kararı aşağıda sunulmuştur.

Bilgilerinizi ve gereğini rica ederiz.

ETİK KOMİSYONUN ADI	**DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ GİRİŞİMSEL OLMAYAN ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU**
AÇIK ADRES	**Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi Dekanlığı 2. Kat İnciraltı-İZMİR**
TELEFON	**0 232 412 22 54-0 232 412 22 58**
FAKS	**0 232 412 22 43**
E-POSTA	**etikkurul@deu.edu.tr**

BAŞVURU BİLGİLERİ	DOSYA NO:	5861-GOA	
	ARAŞTIRMA	UZMANLIK TEZİ ☐ MÜNFERİT ARAŞTIRMA ☐ ÖÇM ☐ YÜKSEKLİSANS ☐ DOKTORA ☒	
	ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI	**Koklear İmplant Kullanıcılarının Basit ve Seçime Dayalı İşitsel Reaksiyon Performanslarının Değerlendirilmesi**	
	ARAŞTIRMA PROTOKOL KODU		
	SORUMLU ARAŞTIRMACI ÜNVANI/ADI/SOYADI ve UZMANLIK ALANI	Prof.Dr. Günay Kırkım İşitme-Konuşma Denge Birimi	
	ARAŞTIRMAYA KATILAN MERKEZLER	TEK MERKEZ ☐	ÇOK MERKEZLİ☒

	Belge Adı	**Tarihi**	**Versiyon Numarası**	**Dili**
DEĞERLENDİRİLEN BELGELER	ARAŞTIRMA PROTOKOLÜ	Mevcut		Türkçe ☒ İngilizce ☐ Diğer ☐
	ARAŞTIRMA İLE İLGİLİ LİTERATÜR	Mevcut		Türkçe ☐ İngilizce ☒ Diğer ☐
	BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU	Mevcut		Türkçe ☒ İngilizce ☐ Diğer ☐
	OLGU RAPOR FORMU	Mevcut		Türkçe ☒ İngilizce ☐ Diğer ☐

KARAR BİLGİLERİ	Karar No:2020/29-31	Tarih:07.12.2020
	Prof.Dr. Günay Kırkım'ın sorumlusu olduğu **"Koklear İmplant Kullanıcılarının Basit ve Seçime Dayalı İşitsel Reaksiyon Performanslarının Değerlendirilmesi"** isimli klinik araştırmaya ait başvuru dosyası ve ilgili belgeler araştırmanın gerekçe, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş, etik açıdan çalışmanın gerçekleştirilmesinin uygun olduğuna oy birliği ile karar verilmiştir.	

ETİK KURUL BİLGİLERİ

ÇALIŞMA ESASI	Dokuz Eylül Üniversitesi Girişimsel Olmayan Araştırmalar Etik Kurulu İşleyiş Yönergesi İyi Klinik Uygulamaları Kılavuzu

ETİK KURUL ÜYELERİ

Unvanı/Adı/Soyadı	Uzmanlık Alanı	Kurumu	Cinsiyet	Araştırma ile İlişkili mi?		İmza
Prof.Dr.Sadık Kıvanç METİN (Başkan)	Kalp ve Damar Cerrahisi	DEU Tıp Fakültesi Kalp Damar Cerrahisi Anabilim Dalı	Erkek	E ☐	H ☒	
Prof.Dr. Sermin ÖZKAL (Başkan Yardımcısı)	Tıbbi Patoloji	DEÜ Tıp Faktültesi Tıbbi Patoloji A.D	Kadın	E ☐	H ☒	
Prof.Dr.Serkan YENER	Endokrinoloji	DEU Tıp Fakültesi İç Hastalıkları Anabilim Dalı	Erkek	E ☐	H ☒	
Prof.Dr.Pınar TUNCEL	Tıbbi Biyokimya	DEU Tıp Fakültesi Tıbbi Biyokimya Anabilim Dalı	Kadın	E ☐	H ☒	
Doç.Dr.Seher Özyürek	Muskuloskeletal Fizyoterapi - Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon	DEU Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Yüksek Okulu	Kadın	E ☐	H ☒	
Doç.Dr.Nil Hocaoğlu AKSAY	Tıbbi Farmakoloji	DEU Tıp Fakültesi Tıbbi Farmakoloji Anabilim Dalı	Kadın	E ☐	H ☒	
Doç.Dr.Murat BEKTAŞ	Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Hemşireliği	DEU Hemşirelik Fakültesi Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Hemşireliği	Erkek	E ☐	H ☒	
Doç.Dr.Tufan ÇANKAYA	Tıbbi Genetik	Tıbbi Genetik Anabilim Dalı	Erkek	E ☐	H ☒	
Doç.Dr.Ayfer DAYI	Davranış Fizyolojisi	DEU Tıp Fakültesi Fizyoloji Anabilim Dalı	Kadın	E ☐	H ☒	
Doç.Dr.Korcan DEMİR	Pediatrik Endokrinoloji	DEU Tıp Fakültesi Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı	Erkek	E ☐	H ☒	
Doç.Dr.Mahmut Cem ERGON	Tıbbi Mikrobiyoloji	DEU Tıp Fakültesi Tıbbi Mikrobiyoloji Anabilim Dalı	Erkek	E ☐	H ☒	
Doç.Dr. Aylin Özgen Alpaydın	Göğüs Hastalıkları	DEU Tıp Fakültesi Göğüs Hastalıkları Anabilim Dalı	Kadın	E ☐	H ☒	
Öğr.Gör.Dr.Kıvanç YÜKSEL	Biyoistatistik ve Tıbbi Bilişim	Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Biyoistatistik ve Bilişim A.D	Erkek	E ☐	H ☒	
Av.Esra FIRTINA	Avukat	DEU Rektörlüğü Hukuk Müşavirliği	Kadın	E ☐	H ☒	
Mehmet Erhan ÖZKUL	Sağlık mensubu olmayan üye	D.E.U Tıp Fakültesi İdari Mali İşler	Erkek	E ☐	H ☒	

8.2. Ek-2 Bilgilendirilmiş onam formu

BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ ONAM FORMU

HASTA BİLGİLENDİRME FORMU

" Koklear İmplant Kullanıcılarının Basit ve Seçime Dayalı İşitsel Reaksiyon Performanslarının Değerlendirilmesi " isimli bir çalışmada yer almak üzere davet edilmiş bulunmaktasınız. Bu çalışma, araştırma amaçlı olarak yapılmaktadır. Çalışmaya katılma konusunda karar vermeden önce araştırmanın neden ve nasıl yapıldığını, sizinle ilgili bilgilerin nasıl kullanılacağını, çalışmanın neler içerdiğini, olası yararlarını, risklerini ve rahatsızlıklarını bilmeniz önemlidir. Lütfen aşağıdaki bilgileri dikkatlice okumak için zaman ayırın. Çalışma hakkında tam olarak bilgi sahibi olduktan sonra ve sorularınız cevaplandıktan sonra eğer katılmak isterseniz sizden bu formu imzalamanız istenecektir.

Çalışmanın amacı

Bu araştırmanın amacı, koklear implant kullanan ve cihazları ile ilgili herhangi bir teknik kısıtlılığı bulunmayan tecrübeli kullanıcıların odyoloji klinikleri için geliştirilmiş basit ve seçime dayalı işitsel reaksiyon zamanı ölçümlerini değerlendirmektir. Bu araştırma ile ilgili yurtdışında yapılmış çalışmalar bulunmaktadır. Çalışmaya koklear implant kullanıcısı olan en az 34 bireyin alınması planlanmaktadır. Çalışma tek merkezlidir. Testler size bir kez uygulanacaktır ve testlerin yapılması yaklaşık 30 dakika sürecektir. Bu çalışmada yer alıp almamak tamamen size bağlıdır. Eğer katılmaya karar verirseniz bu yazılı bilgilendirilmiş gönüllü olur formu imzalanmak için size verilecektir. Şu anda bu formu imzalasanız bile istediğiniz herhangi bir zamanda bir neden göstermeksizin çalışmayı bırakmakta özgürsünüz. Eğer katılmak istemez iseniz veya çalışmadan ayrılırsanız, klinisyeniniz tarafından sizin için en uygun tedavi planı uygulanacaktır. Bu çalışmada yapılacak olan analizler sadece araştırma amaçlıdır. Analiz sonuçları sadece araştırma amacıyla kullanılacak, hastanemizdeki dosyanıza dahil edilmeyecek ve sizin dışınızda herhangi bir kurum ya da kişiye verilmeyecektir.

Bu çalışmaya katılırsanız sizi neler bekliyor?

Bu çalışmada DEÜTF KBB AD İşitme Konuşma Denge Ünitesi'nde koklear implantlı bireylerin işitsel reaksiyon zamanları yapılacak testler ile değerlendirilecektir. Uygulanacak olan test ile koklear implant sistemi ve kişinin işitsel reaksiyon zamanı performansı hakkında bilgi sahibi olunacaktır. Bütün bilgiler araştırmacı denetiminde alınacak, değerlendirme

sırasında her bireye bilgi verilecek ve hastalardan gelecek sorular açıklayıcı bir dille yanıtlanacaktır. Her birey için uygulama 30 dakika sürecektir. Testler yapılmadan önce size hangi testin yapılacağı açıklanacaktır.

İşitsel reaksiyon zamanı testi için size bir dizi ses verilecek ve bu sesleri duyduğunuz anda tepki vermeniz istenecektir.

Bu çalışmada yapılacak olan testlerin ve analizlerin hiçbir zararı yoktur. Çalışmaya katılmakla parasal yük altına girmeyeceksiniz ve size de herhangi bir ödeme yapılmayacaktır.

Klinisyeniniz kişisel bilgilerinizi, araştırmayı ve istatistiksel analizleri yürütmek için kullanacaktır ancak kimlik bilgileriniz çalışma boyunca araştırmacı tarafından gizli tutulacaktır. Çalışmanın sonunda, bu bilgiler hakkında bilgi istemeye hakkınız vardır. Çalışma sonuçları çalışma bitiminde tıbbi literatürde yayınlanabilecektir ancak kimliğiniz açıklanmayacaktır. Bu çalışmada ilaç kullanılmayacaktır. Bu çalışma ile ilgili ek bilgiye gereksiniminiz olduğunuzda aşağıdaki kişi ile lütfen iletişime geçiniz.

Gönüllünün;

Adı:

Soyadı:

Telefon:

Tarih:

İmza:

Olur Alma İşlemine Başından Sonuna Kadar Tanıklık Eden Kuruluş Görevlisinin

Adı:

Soyadı:

Telefon:

Tarih:

İmza:

Sorumlu araştırmacının;

Adı:

Soyadı:

Telefon:

Tarih:

İmza:

8.3. Tez ile ilgili üretilen makale ve bildiriler

Başkurt, Y. Y., & Kırkım, G. (2021). İŞİTSEL İŞLEMLEME VE İŞİTME KAYBINDA İŞİTSEL REAKSİYON ZAMANI. Izmir Democracy University Health Sciences Journal, 4(3), 238-250. https://doi.org/10.52538/iduhes.912618

Başkurt, Y. Y. İşitsel Reaksiyon Zamanı ve Gürültüde Konuşmayı Anlama Becerisi Arasındaki İlişki [Sözlü Bildiri]. XI. Ulusal Odyoloji ve Konuşma Bozuklukları Kongresi. 2022

IZMIR DEMOCRACY UNIVERSITY HEALTH SCIENCES JOURNAL
IDUHES
e-ISSN:2651-4575

IDUHeS, 2021;4(3): 238-250
doi:10.52538/iduhes.912618

Derleme Makalesi– Review Paper

İŞİTSEL İŞLEMLEME VE İŞİTME KAYBINDA İŞİTSEL REAKSİYON ZAMANI

AUDITORY PROCESSING AND AUDITORY REACTION TIME IN HEARING LOSS

Yaşam Yıldırım BAŞKURT[1], Günay KIRKIM[2]

Özet

Akustik uyaran, yayılımı için katı, sıvı veya gaz gibi partiküler ortam gereksinimi duyan ve dalga şeklinde ilerleyen bir enerji birimidir. Akustik uyaranı tanımlayan parametreler şiddet ve frekanstır. Sesin temporal (zamansal) özellikleri kortikal düzeyde anlam kazanmasını sağlayan temel parametredir. İnsanlarda bu enerji biriminin işlenmesi iletim, dönüşüm, kodlama ve çözümleme olmak üzere 4 fazdan oluşur. İşitsel uyaranın sunulduğu an ile bu uyarana istemli olarak verilen tepki arasında geçen zaman olan reaksiyon zamanı, klinik odyoloji anabilim bilim dalında işitme kaybının simülasyon veya fonksiyonel olup olmadığını anlamada kullanılmaktadır. Fonksiyonel işitme kaybı olan bireyler ile normal bireylerin karşılaştırıldığı bir çalışmada fonksiyonel işitme kaybı tanısı almış bireylerin istatiksel olarak anlamlı ölçüde daha yavaş işitsel reaksiyon zamanı olduğu belirtilmektedir. İşitsel reaksiyon mekanizmasının işitme cihazı kullanıcılarının gürültüde konuşma anlaşılırlığı üzerine etkisinin olduğu göz önüne alındığında, görsel veya işitsel reaksiyon zamanı hızlı bir klinik değerlendirme aracı olarak kullanılabilir.

Anahtar Kelimeler: Reaksiyon zamanı, işitme kaybı, santral işitsel işlemleme

Abstract

Acoustic stimulus is an energy waves that requires a particulate environment such as solid, liquid or gas for its moves. The parameters defining the acoustic stimulus are intensity and frequency. The temporal properties of the sound are the basic parameters that make it meaningful at the cortical level. The processing of this energy unit in humans consists of 4 phases: transmission, conversion, encoding and decoding. Reaction time, which is the time between the moment the auditory stimulus is presented and the voluntary response to this stimulus, is used in clinical audiology to understand whether hearing loss is simulated or functional. In a study comparing individuals with functional hearing loss and normal individuals, it was stated that individuals diagnosed with functional hearing loss had significantly slower auditory reaction time. Given that the auditory reaction mechanism has an effect on the speech intelligibility of hearing aid users in noise, the visual or auditory reaction time can be used as a rapid clinical assessment tool.

Keywords: Reaction time, hearing loss, central auditory processing

Geliş Tarihi (Received Date): 09.04.2021, Kabul Tarihi (Accepted Date):03.12.2021, Basım Tarihi (Published Date): 27.12.2021. [1]Dokuz Eylül Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İzmir, Türkiye, [2]Dokuz Eylül Üniversitesi, Sağlık Meslek Yüksek Okulu, İzmir, Türkiye, **E-mail:** yasambaskurt@gmail.com, **ORCID ID's:** Y.Y.B; https:/orcid.org/0000-0001-7749-5791, G.K.; https:/orcid.org/0000-0003-4170-5317



Pediatrik Grupta İşitme Cihazlı Rehabilitasyon: Düzenli Takibin Etkisi

Uzm. Ody. Yaşam Yıldırım Başkurt

18.10.2019

8.4. ÖZGEÇMİŞ



YAŞAM YILDIRIM BAŞKURT

Kişisel Bilgiler

İletişim Bilgileri

İletişim Adresi

Telefon

E-posta

İnternet Sayfası

Öğrenim Bilgileri

01 Eylül 2018 - Şu Anda (6 yıl 4 ay)
Doktora, Doktora, DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ, TÜRKİYE
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ, ODYOLOJİ (DR)

01 Eylül 2010 - 01 Haziran 2013 (2 yıl 10 ay)
Yüksek Lisans, Tezli Program, DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ, TÜRKİYE
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ, ODYOLOJİ (YL) (TEZLİ)
Tez Başlığı: Normal İ?şiten Çocuklarda Kemik Ve Hava Yolu Beyinsapı İ?şitsel Uyarılmış Potansiyellerinin Yaşa Bağlı Değişimi
Tez Konusu: Klik Uyaran Ile Yapılan Biup Testinin Hava Yolu Ve Kemik Yolu Sonuçları Normatiflerini Oluşturmak. Normal Işiten Pediatrik Yaş Grubunda Elde Edilen Biup V. Dalga Latanslarının Yaşa Bağlı Değişimini Araştırmak.
Tarih: 2013
Tez Danışmanı: GÜNAY KIRKIM
Diploma Numarası: 974

01 Eylül 2002 - 01 Temmuz 2008 (5 yıl 11 ay)
Lisans, Anadal/Normal Öğretim, BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ, TÜRKİYE
FEN-EDEBİYAT FAKÜLTESİ, FİZİK BÖLÜMÜ

01 Eylül 1998 - 01 Haziran 2001 (2 yıl 10 ay)
MİLLİ EĞİTİM BAKANLIĞI İL MİLLİ EĞİTİM MÜDÜRLÜKLERİ VE OKULLAR İZMİR İLİNDEKİ OKULLAR BALÇOVA İLÇESİNDEKİ OKULLAR BALÇOVA ANADOLU LİSESİ, TÜRKİYE

01 Eylül 1995 - 01 Haziran 1998 (2 yıl 10 ay)
MİLLİ EĞİTİM BAKANLIĞI İL MİLLİ EĞİTİM MÜDÜRLÜKLERİ VE OKULLAR İZMİR İLİNDEKİ OKULLAR BALÇOVA İLÇESİNDEKİ OKULLAR VALİ KUTLU AKTAŞ İLKÖĞRETİM OKULU, TÜRKİYE

Yabancı Dil Bilgileri

İNGİLİZCE (Okuma: Orta, Yazma: Orta, Konuşma: İyi)

Ar-Ge Yetkinlik

Kitaplar

S. AKSOY & Y. Y. BAŞKURT, İŞİTME CİHAZI SEÇİMİ, G. KIRKIM, H. S. BAŞAK & M. F. ÖĞÜT [Editörler], TÜM YÖNLERİYLE ODYOLOJİ(541 - 558), ISBN: 978-605-74409-2-1, TÜRKİYE: US Akademi, 25 Ağustos 2021, Kitapta Bölüm.

Bildiriler

Y. Y. BAŞKURT, B. MUTLU, S. MUNGAN DURANKAYA, M. B. ŞERBETÇİOĞLU & G. KIRKIM, Normal İşiten Çocuklarda Kemik Yolu Uyarılmış Beyinsapı İşitsel Potansiyellerinin Yaşa Bağlı Değişimi, Sözlü Sunum, X. Odyoloji ve Konuşma Bozuklukları Kongresi, 25 Aralık 2020, 27 Aralık 2020.

Y. Y. BAŞKURT & G. KIRKIM, Pediatrik Grupta İşitme Cihazlı Rehabilitasyonun Düzenli etkisi, Sözlü Sunum, 1. SABAK Kongresi, 17 Ekim 2019, 19 Ekim 2019.

TÜBİTAK Burs ve Destekleri

Panelistlik/İzleyicilik/Raportörlük Sayısı

Görev	ARDEB	BİDEB	BİLİM TOPLUM	UİDB	TEYDEB	Toplam
Hakemlik/Panelistlik/Dış Danışmanlık Sayısı	0	0	0	0	0	0
Moderatorlük Sayısı	0	0	0	0	0	0
İzleyicilik/Danışmanlık Sayısı	0	0	0	0	0	0
Raportörlük Sayısı	0	0	0	0	0	0
Katılmadığı Panelistlik/Dış Danışmanlık Sayısı	0	0	0	0	0	0