

**T.C.
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KOKLEAR İMPLANT KULLANICILARINDA SPEKTRAL
ÇÖZÜNÜRLÜK İLE KONUŞMA, UZAYSAL ALGI VE
İŞİTME KALİTESİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Uzm. Ody. Sevda ÜSTÜNDAĞ

**Odyoloji Programı
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

ANKARA

2024

T.C.
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KOKLEAR İMPLANT KULLANICILARINDA SPEKTRAL
ÇÖZÜNÜRLÜK İLE KONUŞMA, UZAYSAL ALGI VE İŞİTME
KALİTESİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Uzm. Ody. Sevda ÜSTÜNDAĞ

Odyoloji Programı
YÜKSEK LİSANS TEZİ

TEZ DANIŞMANI
Doç. Dr. Betül ÇİÇEK ÇINAR

ANKARA

2024

**KOKLEAR İMPLANT KULLANICILARINDA SPEKTRAL ÇÖZÜNÜRLÜK
İLE KONUŞMA, UZAYSAL ALGI VE İŞİTME KALİTESİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Öğrenci: Sevda ÜSTÜNDAĞ

Danışman: Doç. Dr. Betül ÇİÇEK ÇINAR

Bu tez çalışması 05.06.2024 tarihinde jürimiz tarafından "Odyoloji Programı" nda yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı: Doç. Dr. Hilal Burcu ÖZKAN ATAK
(Hacettepe Üniversitesi)

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Betül ÇİÇEK ÇINAR
(Hacettepe Üniversitesi)

Üye: Prof. Dr. Gonca SENNAROĞLU
(Hacettepe Üniversitesi)

Üye: Doç. Dr. Merve BATUK
(Hacettepe Üniversitesi)

Üye: Doç. Dr. Mustafa YÜKSEL
(Ankara Medipol Üniversitesi)

Bu tez Hacettepe Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca yukarıdaki jüri tarafından uygun bulunmuştur.

24 Haziran 2024

Prof. Dr. Müge YEMİŞCİ ÖZKAN
Enstitü Müdürü

YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin/raporumun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kağıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma iznini Hacettepe Üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alınarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayınlanan “**Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge**” kapsamında tezim aşağıda belirtilen koşullar haricince YÖK Ulusal Tez Merkezi / H.Ü. Kütüphaneleri Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

- Enstitü / Fakülte yönetim kurulu kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren 2 yıl ertelenmiştir. ⁽¹⁾
- Enstitü / Fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren 6 ay ertelenmiştir. ⁽²⁾
- Tezimle ilgili gizlilik kararı verilmiştir. ⁽³⁾

24/06/2024

(İmza)

Sevda ÜSTÜNDAĞ

i

ⁱ “Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge”

- (1) Madde 6. 1. Lisansüstü teze ilgili patent başvurusu yapılması veya patent alma sürecinin devam etmesi durumunda, tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulu iki yıl süre ile tezin erişime açılmasının ertelenmesine karar verebilir.
- (2) Madde 6. 2. Yeni teknik, materyal ve metotların kullanıldığı, henüz makaleye dönüşmemiş veya patent gibi yöntemlerle korunmamış ve internetten paylaşılması durumunda 3. şahıslara veya kurumlara haksız kazanç imkanı oluşturabilecek bilgi ve bulguları içeren tezler hakkında tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile altı ayı aşmamak üzere tezin erişime açılması engellenebilir.
- (3) Madde 7. 1. Ulusal çıkarları veya güvenliği ilgilendiren, emniyet, istihbarat, savunma ve güvenlik, sağlık vb. konulara ilişkin lisansüstü tezlerle ilgili gizlilik kararı, tezin yapıldığı kurum tarafından verilir *. Kurum ve kuruluşlarla yapılan işbirliği protokolü çerçevesinde hazırlanan lisansüstü tezlere ilişkin gizlilik kararı ise, ilgili kurum ve kuruluşun önerisi ile enstitü veya fakültenin uygun görüşü üzerine üniversite yönetim kurulu tarafından verilir. Gizlilik kararı verilen tezler Yükseköğretim Kuruluna bildirilir.
Madde 7.2. Gizlilik kararı verilen tezler gizlilik süresince enstitü veya fakülte tarafından gizlilik kuralları çerçevesinde muhafaza edilir; gizlilik kararının kaldırılması halinde Tez Otomasyon Sistemine yüklenir. * Tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulu tarafından karar verilir.

ETİK BEYAN

Bu çalışmadaki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, kullandığım verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı, yararlandığım kaynaklara bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu, tezimin kaynak gösterilen durumlar dışında özgün olduğunu, Doç. Dr. Betül ÇİÇEK ÇINAR danışmanlığında tarafımdan üretildiğini ve Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Yönergesine göre yazıldığını beyan ederim.

(İmza)

Ody. Sevdâ ÜSTÜNDAĞ

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimimin yanı sıra tezimi yazmaya başladığım andan itibaren engin bilgisi ve tecrübeleri ile yoluma ışık tutan, üzerimden desteğini hiç esirgemeyen, kendime olan inancımı ve motivasyonumu destekleyen, meslek hayatımda kendisini örnek aldığım çok kıymetli danışman hocam Sayın Doç. Dr. Betül Çiçek Çınar’a,

Desteğini her zaman hissettiğim her daim engin bilgi ve tecrübesiyle yol gösterici olan çok kıymetli hocam Sayın Prof. Dr. Gonca Sennaroğlu’na,

Yüksek lisans eğitimim boyunca kendilerinden çok şey öğrendiğim ve veri toplama sürecimde destek ve anlayışlarını esirgemeyen başta çok kıymetli hocalarım Sayın Doç. Dr. Mehmet Yaralı ve Doç. Dr. Merve Batuk olmak üzere tüm bölüm hocalarıma,

Her koşulda beni destekleyen ve yanımda olan Meryem Atik, Deniz Mete, Özge Ertunç, Ayşegül Zeytin Çinpolat ve tüm bölüm ve çalışma arkadaşlarıma,

Eğitim hayatım boyunca beni her anlamda destekleyen, inanan ve yanımda olan annem Sevgi Üstündağ, babam Adem Üstündağ ve motivasyon kaynağım canım yeğenlerim Arda Miraç Üstündağ ve Elif Ada Üstündağ’a,

En içten saygı, sevgi ve teşekkürlerimi sunarım.

ÖZET

ÜSTÜNDAĞ, S., Koklear İmplant Kullanıcılarında Spektral Çözünürlük ile Konuşma, Uzaysal Algı ve İşitme Kalitesinin Değerlendirilmesi, Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Odyoloji Programı Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 2024. Spektral çözünürlük becerisi fonksiyonel işitmenin pek çok yönüyle ilişkilidir ve bu beceri, koklear implant (Kİ) kullanıcılarında çeşitli faktörlerden kötü etkilenmektedir. Bu çalışmanın amacı, unilateral Kİ kullanıcıları ve bilateral normal işitmeye sahip olan bireylerin, Spektral – Temporal Modüle Dalgalanma Testi (SMDT) ile değerlendirilen spektral çözünürlük becerileri ile Konuşma, Uzaysal Algı ve İşitme Kalitesi (KUİK) Ölçeğinin ‘Konuşma Algısı (KA)’, ‘Uzaysal Algı (UA)’ ve ‘İşitme Kalitesi (İK)’ alt boyutları ve genel skorunu değerlendirmek ve objektif ve subjektif test sonuçları arasındaki ilişkiyi ortaya koymaktır. Çalışma grubuna en az 1 yıldır unilateral Kİ kullanan, kontrol grubuna ise bilateral normal işitmeye sahip 18-45 yaş aralığında toplam 40 birey katılmıştır. Gruplar arasında cinsiyet ($p>0.05$) ve yaş ($p>0.05$) bakımından anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır. Çalışma ve kontrol grubundan elde edilen SMDT skoru ve KUİK ölçeğinin KA, UA, İK alt ölçekleri ve genel skorunda gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu ($p<0.05$) ve kontrol grubundan elde edilen skorların daha iyi olduğu bulunmuştur. Korelasyonel analize bakıldığında ise çalışma grubunun SMDT skoru ile KA ($r=0.474$, $p<0.05$), İK ($r=0.576$, $p<0.05$) ve genel skoru arasında ($r=0.463$, $p<0.05$) istatistiksel olarak anlamlı, pozitif ve orta düzey bir ilişki bulunurken UA skoru ile arasında ($r=0.267$, $p>0.05$) anlamlı bir ilişki bulunamamıştır. Kontrol grubunun SMDT skoru ile KA ($r=0.539$, $p<0.05$) ve İK skoru arasında ($r=0.490$, $p<0.05$) istatistiksel olarak anlamlı, pozitif yönlü ve orta düzey bir ilişki, UA ($r=0.813$, $p<0.05$) ve genel skoru arasında ($r=0.819$, $p<0.05$) ise istatistiksel olarak anlamlı, pozitif ve güçlü bir ilişki bulunmuştur. Sonuç olarak aşağıdan yukarıya girdi kalitesinin bir göstergesi olan spektral çözünürlük ile çalışma grubunun UA skoru dışında, KUİK ölçeğinin KA, UA, İK alt ölçekleri ve genel skoru arasında ilişki bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Koklear İmplant, Spektral Çözünürlük, Konuşma Algısı, Uzaysal Algı, İşitme Kalitesi

ABSTRACT

ÜSTÜNDAĞ, S., Evaluation of Spectral Resolution and Speech, Spatial Perception and Hearing Quality in Cochlear Implant Users, Hacettepe University Graduate School of Health Sciences Audiology Program, Master Thesis, Ankara, 2024. Spectral resolution ability is associated with many aspects of functional hearing and is adversely affected by various factors in cochlear implant (CI) users. The aim of this study was to evaluate the spectral resolution skills assessed by the Spectral – Temporally Modulated Ripple Test (SMRT) and the 'Speech Perception (SP)', 'Spatial Hearing (SH)' and 'Hearing Quality (HQ)' subscales of the Speech, Spatial and Qualities of Hearing Scale (SSQ) Scale and the overall score of unilateral CI users and individuals with bilateral normal hearing and to reveal the relationship between objective and subjective test results. A total of 40 individuals between the ages of 18-45 years who had been using unilateral CI for at least 1 year and had bilateral normal hearing participated in the study group. There is no significant difference between the groups in terms of gender ($p>0.05$) and age ($p>0.05$). It was found that there was a statistically significant difference ($p<0.05$) between the groups in the SMRT score obtained from the study and control groups and in the SP, SH, HQ subscales and general score of the SSQ scale and that the scores obtained from the control group were better. When correlational analysis was analyzed, a statistically significant, positive and moderate relationship was found between the SMRT score of the study group and SP ($r=0.474$, $p<0.05$), HQ ($r=0.576$, $p<0.05$) and general score ($r=0.463$, $p<0.05$), while no significant relationship was found with the SH score ($r=0.267$, $p>0.05$). A statistically significant, positive and moderate relationship was found between the SMRT score of the control group and the SP ($r=0.539$, $p<0.05$) and HQ scores ($r=0.490$, $p<0.05$), and a statistically significant, positive and strong relationship was found between the SH ($r=0.813$, $p<0.05$) and overall scores ($r=0.819$, $p<0.05$). As a result, a correlation was found between spectral resolution, which is an indicator of bottom-up input quality, and the SP, SH, HQ subscales and the overall score of the SSQ scale, except for the SH score of the study group.

Keywords: Cochlear Implant, Spectral Resolution, Speech Perception, Spatial Hearing, Hearing Quality

İÇİNDEKİLER

ONAY SAYFASI	iii
YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI	iv
ETİK BEYAN SAYFASI	v
TEŞEKKÜR	vi
ÖZET	vii
ABSTRACT	viii
İÇİNDEKİLER	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR	xi
ŞEKİLLER	xiii
TABLolar	xiv
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1. Ses	4
2.1.1. Sesin Özellikleri	4
2.2. Kulak Anatomi ve Fizyolojisi	4
2.2.1. Dış Kulak	4
2.2.2. Orta Kulak	5
2.2.3. İç Kulak	5
2.3. Spektral Çözünürlük	7
2.4. Temporal İnce Yapı (<i>Temporal Fine Structure</i>) ve Zarf (<i>Temporal Envelope</i>) Bilgisi	8
2.5. Koklear İmplantlar	9
2.5.1. Tanım ve Çalışma Prensibi	9
2.5.2. Koklear İmplant Sistemlerinde Sinyal İşleme	10
2.5.3. Koklear İmplant Kullanıcılarında Spektral İşleme	13
2.6. Uzamsal İşitme	14
2.7. Binaural İşitmenin Faydaları	15
2.7.1. Ses Lokalizasyonu	16
2.7.2. Asimetrik İşitmenin Binaural İşitmenin Faydalarına Etkisi	19
3. BİREYLER VE YÖNTEM	20
3.1. Araştırmanın Türü	20

3.2. Araştırmanın Örneklemi	20
3.2.1. Katılımcıların Belirlenmesi	20
3.2.2. Çalışmaya Dahil Etme ve Çalışmadan Dışlanma Kriterleri	21
3.3. Araçlar ve Yöntem	22
3.3.1. Katılımcıların Değerlendirilme Süreçleri	22
3.3.2. Spektral – Temporal Modüle Dalgalanma Testi (SMDT) (Spectral – Temporally Modulated Ripple Test - SMRT)	23
3.3.3. Konuşma, Uzaysal Algı ve İşitme Kalitesi (KUIK) Ölçeği	24
3.3.4. İstatistiksel Analiz	25
4. BULGULAR	27
4.1. Demografik Bilgiler	27
4.2. Gruplara göre KUIK Ölçeği ve SMDT Bulgularının Karşılaştırılması	28
4.3. Gruplara göre SMDT ve KUIK Ölçeği Bulgularının Korelasyonu	29
4.4. Test Sonuçlarını Etkileyebilecek Faktörlerin İncelenmesi	30
5. TARTIŞMA	31
5.1. Spektral Çözünürlük	32
5.2. Konuşma, Uzaysal Algı ve İşitme Kalitesi (KUIK) Ölçeği	35
5.3. Ses Lokalizasyonu ve Spektral Çözünürlük İlişkisi	38
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	42
7. KAYNAKÇA	44
8. EKLER	54
EK-1 Etik Kurul Onayı	
EK-2 Protokol Revizyon, Süre Uzatma ve Tez Başlığı Değişikliği için Dilekçe Onayı	
EK-2 Çalışma Grubu için Veri Toplama Formu	
EK-3 Kontrol Grubu için Veri Toplama Formu	
EK-4 Konuşma, Uzaysal Algı ve İşitme Kalitesi (KUIK) Ölçeği	
EK-5 Dijital Makbuz	
EK-6 Turnitin Ekran Görüntüsü	
9. ÖZGEÇMİŞ	66

SİMGELER VE KISALTMALAR

AB	<i>Advanced Bionics</i>
ACE	<i>Advanced Combinational Encoder</i>
AzBio	<i>Arizona Biomedical Institute Sentence Test</i>
BM	Baziler Membran
CIS	<i>Continuous Interleaved Sampling</i>
dB	Desibel
dB (A)	A Tipi Gürültü Ölçeğine Göre Desibel Değeri
dB HL	İşitme Seviyesi Cinsinden Desibel
DTH	Dış Tüy Hücresi
ENV	<i>Temporal Envelope</i>
F0	Temel Frekans
FSP	<i>Fine structure Processing</i>
Hi-Res	<i>High Resolution</i>
HRTF	<i>Head Related Transfer Function</i>
Hz	<i>Hertz</i>
ITD	<i>Inter-Aural Time Difference</i> (Kulaklar Arası Zaman Farkı)
ILD	<i>Inter-Aural Level Difference</i> (Kulaklar Arası Şiddet Farkı)
İK	İşitme Kalitesi
İTH	İç Tüy Hücresi
KA	Konuşma Algısı
Kİ	Koklear İmplant
KUİK	Konuşma, Uzaysal Algı ve İşitme Kalitesi
RPO	<i>Ripple Per Octave</i> (Oktav Başına Dalgalanma)

SMDT	Spektral – Temporal Modüle Dalgalanma Testi
SMRT	<i>Spectral – Temporally Modulated Ripple Test</i>
SPEAK	<i>Spectral-Peak Speech Coding</i>
SGO	Sinyal Gürültü Oranı
SG	<i>Spiral Ganglion</i>
SMT	<i>Spectral Modulation Threshold</i>
SPSS	Sosyal Bilimler İçin Hazırlanmış İstatistik Programı
SS	Standart Sapma
SSD	<i>Single Sided Deafness</i>
SSQ	<i>Speech, Spatial and Qualities of Hearing Scale</i>
TFS	<i>Temporal Fine Structure</i>
UA	Uzaysal Algı

ŞEKİLLER

Şekil	Sayfa
2.1. Koklea Şematik Gösterimi	7
2.2. Korti Organı Şematik Gösterimi	7
2.3. <i>Temporal Envelope</i> ve <i>Fine Structure</i> Bilgisinin Basit Gösterimi	9
2.4. Koklear İmplantın İç ve Dış Kısımları	10



TABLÖLAR

Tablo	Sayfa
3.1. İşitme Kaybı Sınıflandırması	23
4.1. Katılımcıların Demografik Özellikleri	27
4.2. Katılımcıların Demografik Özellikleri	28
4.3. Gruplara göre KUIK Ölçeği ve SMDT Bulgularının Karşılaştırılması	29
4.4. Gruplara göre SMDT ve KUIK Ölçeği Bulgularının Korelasyonu	30
4.5. Test Sonuçlarını Etkileyebilecek Faktörlerin İncelenmesi	30

1. GİRİŞ

Koklear implantlar (Kİ) ileri ila çok ileri derecede, sensörinöral tipte işitme kaybına sahip olup konvensiyonel işitme cihazlarından fayda sağlamayan bireylerin işitsel re/habilitasyonunda kullanılan implante edilebilir biyomedikal cihazlardır. Günümüzdeki Kİ'lar, dış ve cerrahi yöntem ile implante edilen iç parçadan oluşmaktadır. Kİ'lar dış çevreden aldıkları sinyalleri dış ve orta kulağı atlayarak iç kulaktan işitme sinirine iletmektedir. Skala timpaniye yerleştirilen intrakoklear elektrotlar aracılığı ile spiral ganglion hücreleri uyarılmaktadır (1).

Kİ uygulamasının avantajlarından biri, konuşma algısı için yeterli bilginin sağlanmasıdır (2). Akustik sinyaldeki spektral bilgi, konuşmanın algılanmasında önemli bir bileşendir. Spektral çözünürlük becerisi, konuşma gibi kompleks sinyallerdeki frekans bilgisinin analiz edilmesi, kullanılması ve seslerin frekans farklılıklarına göre ayırt edilme yeteneğini yansıtmaktadır (3). Yapılan pek çok çalışmada Kİ kullanıcılarının spektral çözünürlük becerilerinin hem kişiye hem de Kİ sistemlerine bağlı faktörlerden dolayı normal işiten bireylerden daha kötü olduğu gösterilmiştir (4,5).

Spektral çözünürlük becerisinin yanında sinyalin zamansal bileşenleri olan temporal zarf (*envelope*, ENV) ve *fine structure* (TFS) bilgisi, özellikle konuşma anlaşılabilirliği açısından iki önemli akustik ipucu olarak bilinmektedir (6). Temporal zarf bilgisi, konuşmanın genel genliğinde zaman içinde meydana gelen nispeten yavaş dalgalanmaları ifade ederken, TFS, sinyalin merkez frekansına yakın hızda hızlı salınımlarını ifade etmektedir (7). Zarf bilgisinin konuşma algısı için önemli bir rol oynadığı düşünülmektedir. Fakat, zarf bilgisi tek başına birden fazla sesin mekânsal olarak ayrılmasını sağlamak için yetersizdir ve bu nedenle TFS bilgilerinin, özellikle dalgalanan arka plan gürültüsü varlığında konuşma algısı için önemli olabileceği belirtilmiştir (8). Günümüzdeki Kİ sinyal işlemelemesi temel olarak bir dizi farklı frekans bandı için zarf bilgisini aktarmakta fakat TFS bilgilerini çoğunlukla atmaktadır. Bu durum, Kİ kullanıcılarının sessiz dinleme ortamlarında konuşma algısında nispeten iyi performans göstermelerine rağmen gürültülü ortamlarda problem yaşamalarına neden olmaktadır (9). TFS bilgisinin ayrıca konuşma algısı için önemli olan perde algısında rol oynadığı gösterilmiştir (10). Hayvanlarda yapılan

nörofizyolojik çalışmalar, perde ipuçlarının, tonotopik uyarıma dayalı yer kodlaması yani spektral çözünürlük ve TFS bilgisinin aktarıldığı alçak frekanslardaki faz kilitleme olmak üzere iki mekanizma tarafından kodlanabileceğini göstermiştir (11). Ayrıca Jones ve ark. (12) ve Best ve ark.(13) normal işiten bireylerle yaptıkları çalışmalarında genel olarak, horizontal düzlemde alçak frekanslardaki TFS'deki ITD (*Inter-aural Time Difference*)'nin, yüksek frekanslardaki ILD (*Inter-aural Level Difference*) ve ITD'ye göre baskın ipucu olduğunu göstermişlerdir. Bilateral normal işitmeye sahip olan ve bilateral Kİ kullanan bireylerin, ses lokalizasyonu becerisini araştıran bir çalışmada, lokalizasyon becerisinin bilateral Kİ kullanan bireylerde, bilateral normal işitmeye sahip olan bireylere göre daha kötü olduğu bulunmuştur. Bu durumun sebebi olarak Kİ'ların sinyalin temporal zarfını (ENV) kodlayan ve lokalizasyonda baskın ipucu olan temporal ince yapıyı (TFS) ortadan kaldıran sinyal işlemelediği olduğunu belirtmişlerdir (14).

Bu çalışmada, bilateral ileri ila çok ileri derecede sensörinöral tipte işitme kaybına sahip olup unilateral Kİ kullanan yetişkin bireylerin spektral çözünürlük becerilerini değerlendirmek ve subjektif olarak bireylerin günlük yaşamlarındaki konuşma algısı, uzaysal algı ve işitme kaliteleri ile ilgili bilgi edinmek ve spektral çözünürlük ile bu becerileri değerlendiren ölçek skorları arasındaki ilişkiyi incelemek amaçlanmıştır. Ayrıca unilateral Kİ kullanan bireylerin normal işiten bireylerden hangi ölçüde farklılaştığını görmek için testler, bilateral normal işiten gruba da uygulanmış ve ilgili analizleri yapılmıştır.

Bu amaçla Kİ kullanıcısı bireylerin rutin Kİ fittingleri ve odyolojik değerlendirmeleri yapıldıktan sonra spektral çözünürlük becerisinin değerlendirilmesi için Spektral – Temporal Modüle Dalgalanma Testi (SMDT) uygulanmıştır. Daha sonrasında Konuşma, Uzaysal Algı ve İşitme Kalitesi (KUİK) ölçeği uygulanmıştır. Tüm bu testler, bilateral normal işitmeye sahip kontrol grubuna da uygulanmıştır.

Bu hedefler doğrultusunda mevcut çalışmanın hipotezleri aşağıda belirtilmiştir:

Hipotez 1;

H₀: Unilateral Kİ kullanıcılarının spektral çözünürlüğünde bilateral normal işitmeye sahip bireylere göre anlamlı bir fark yoktur.

H₁: Unilateral Kİ kullanıcılarının spektral çözünürlüğünde bilateral normal işitmeye sahip bireylere göre anlamlı bir fark vardır.

Hipotez 2;

H₀: Unilateral Kİ kullanıcılarında KUIK ölçeği skorlarında bilateral normal işitmeye sahip bireylere göre anlamlı bir fark yoktur.

H₁: Unilateral Kİ kullanıcılarında KUIK ölçeği skorlarında bilateral normal işitmeye sahip bireylere göre anlamlı bir fark vardır.

Hipotez 3;

H₀: KUIK ölçeğinin üç alt ölçeği ve genel skoru ile spektral çözünürlük becerisi arasında pozitif korelasyon yoktur.

H₁: KUIK ölçeğinin üç alt ölçeği ve genel skoru ile spektral çözünürlük becerisi arasında pozitif korelasyon vardır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Ses

Ses, bir ortamda iletilen harmonik basınç değişimleridir. Yani bir ses kaynağının titreşmesi hava moleküllerinin sıkışma (condensation) ve gevşemesine (rarefaction) yol açmaktadır. Bu sıkışma ve gevşeme ortamda yüksek ve alçak basınç alanlarını meydana getirmektedir (15). Normal işiten bir kişi yaşa bağlı olarak 20-20.000 Hertz aralığındaki sesleri duyabilmektedir. 20 kHz'in üzerindeki ses dalgalarına ultrasonik, 20 Hz'in altındaki ses dalgalarına ise infrasonik ses adı verilmekte ve insanlar tarafından duyulamamaktadır. Ses dalgaları; dalga boyu, faz, genlik ve frekans olmak üzere dört ana özelliğe sahiptir (16).

2.1.1. Sesin Özellikleri

Bir ses dalgasının hava moleküllerinde meydana getirdiği birim zamandaki sıkışma ve gevşeme sayısına frekans denilmektedir ve birimi Hertz (Hz)'dir. Dalga boyu, sıkışma ve gevşeme alanları arasındaki mesafeyi ifade etmektedir. Genlik, titreşimle yer değiştiren moleküllerin sayısını ifade etmektedir. Faz ise tekrarlanan bir dalga formunda, dalga döngüsü içindeki bir noktanın konumunu veya zamanlamasını belirtmektedir. Sinyallerin gerçek mutlak fazlarından ziyade ses dalgaları arasındaki faz farkı önemlidir (16).

2.2. Kulak Anatomi ve Fizyolojisi

Akustik bilginin fiziksel olarak işlenmesi, dış, orta ve iç kulak olmak üzere üç kısımda gerçekleşmektedir. Nöral işlemler ise iç kulakta başlamakta ve VIII. kranial sinir yoluyla merkezi işitsel sinir sistemine kadar devam etmektedir (15). Periferik işitme sistemi dış, orta ve iç kulak olmak üzere 3 bölümden oluşmaktadır.

2.2.1. Dış Kulak

Dış kulak; kulak kanalı ve pinnadan oluşmaktadır. Dış kulak kanalı yetişkin bir bireyde eliptik bir şekle sahiptir ve yaklaşık 23-27 mm'dir. Dış kulak kanalının dış üçte ikisi kıkırdaktan, iç üçte biri ise kemik yapıdan oluşmaktadır. Dış kulak kanalı ve kulak kepçesi ses dalgalarının kulak zarına iletilmesinden sorumludur. Dış kulak kanalı yaklaşık 1 kHz ila 4 kHz aralığında rezonansa sahiptir; bu bant, konuşma

algısına önemli derecede katkıda bulunmaktadır. Kazanç 2,5 kHz civarında maksimumdur ve tipik olarak 12 ila 15 dB arasında olmaktadır (17). Kulak kepçesinin ise rezonansı yaklaşık 5 kHz'dir. Kulak kepçesi özellikle dikey lokalizasyondan gelen sesin yönünü belirlemeye katkıda bulunan bir filtre görevi görmektedir (18).

2.2.2. Orta Kulak

Orta kulak, temporal kemikte yer almaktadır. Timpanik membranı kokleanın oval penceresine bağlayan, incus, malleus, stapes olmak üzere kemikçik zinciri içermektedir. Orta kulak empedans eşleştirme görevi görmektedir ve kulak zarına gelen havadaki basınç dalgaları ile kokleadaki sıvı kaynaklı ilerleyen dalga arasında bir köprü görevi görmektedir. Orta kulağın rezonans frekansı 800-1600 Hz arasındadır. Bu aralıktaki seslere vurgu yaparak konuşma algısını arttırmaktadır (15).

2.2.3. İç kulak

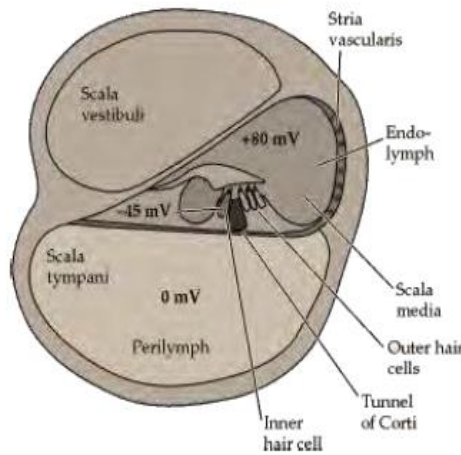
Temporal kemiğin pars petrosa parçasının içerisinde yer almaktadır. Denge ve işitme ile ilgili özelleşmiş yapılar burada bulunmaktadır. Kemik ve membranöz labirent olmak üzere yapı ve işlev bakımından ayrı iki bölümden oluşmaktadır. Membranöz labirent, kemik labirentin içerisinde yer almaktadır. Bu iki bölümün arası perilenfa sıvısı ile doludur. Zar labirentin içi ise endolenfa sıvısı ile doludur. Kemik labirent; vestibulum (utrakül, sakkül), canalis semicircularis ve koklea olmak üzere 3 kısımdan oluşmaktadır. Zar labirent ise semisirküler kanal, utrakül, sakkül ve koklear kanaldan oluşmaktadır. Semisirküler kanal, utrakül ve sakkül denge ile ilgili, koklear kanal ise işitme ile ilgili özelleşmiş yapıları içermektedir (19).

Koklea, temporal kemikte yer alan spiral şekilli bir yapıdır. Normal bir bireyde yaklaşık 2,5 dönüşü sahiptir (20). Koklea, baziler membran ve reissner membranı olmak üzere 2 zarla, skala vestibüli, skala media ve skala timpani olmak üzere üç bölüme ayrılmaktadır. Skala vestibüli ve skala timpani helikotrema adı verilen kısımda birleşmektedir. Baziler membranın (BM) üzerinde Korti organı (Şekil.2.2.) bulunmaktadır. Korti organında 13.000 dış tüy hücresi (DTH), 3500 iç tüy hücresi (İTH) ve destek hücreleri bulunmaktadır. Kokleaya giren tüm sesler, baziler membran boyunca bazaldan apekse hareket eden ilerleyen bir dalgaya (travelling wave) yol açmaktadır. İç kulak tonotopik özelliğinden dolayı bir frekans

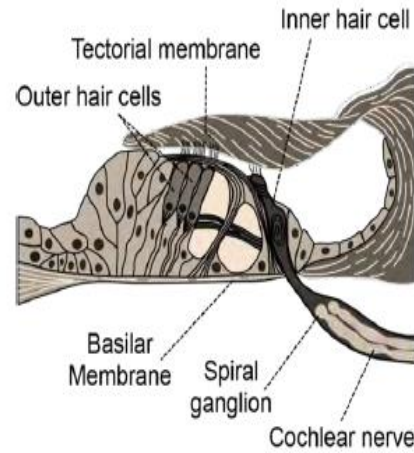
analizatörü olarak çalışmakta ve tüm frekans aralığı boyunca ses sinyaline latans gecikmesi eklemektedir. Hem tonotopisite hem de ilerleyen dalga gecikmesi BM boyunca belirli konumlara özeldir. Kokleanın bazal kısmı yüksek frekanslı seslere en duyarlıyken, apeksi, alçak frekanslı seslere en duyarlıdır. Her bir frekans bileşeni dalgası, ilerledikçe şiddeti de büyümekte ve sonunda baziler membran üzerinde karakteristik frekansının olduğu kısımda pik yapmaktadır. Kokleadaki dalga hareketine cevap oluşturan stereosilyumlar, iç ve dış tüy hücreleri olmak üzere iki tür tüy hücresinin üzerinde bulunmaktadır. DTH, hareket eden dalgayı sürdüren ve güçlendiren, İTH'lerinde daha yüksek ve daha keskin uyarma tepe noktalarına yol açan titreşimler üretmektedir. Aynı zamanda DTH kokleadaki tonotopik organizasyonu sağlayan frekans seçiciliğinden ve kompresyondan da sorumludur (21). Yani düşük seviyeli sesi güçlendirmekte ve yüksek seviyeli sesi sıkıştırmaktadır (kompresyon), böylece dinleyicinin çok yumuşak sesleri bile duymasına olanak tanımakta ve yüksek şiddetli seslerden de kokleayı korumaktadır. Her tüy hücresinin işitme siniriyle bağlantısı vardır, ancak İTH'ler, sesin işitme siniri yoluyla beyne gönderilmesinden asıl sorumlu yapıdır. Dolayısıyla İTH'ler transdüksiyon ve nöral kodlamadan sorumludur (22).

Sesler iç kulağa ulaştığında, hidromekanik enerji baziler membranı yukarı doğru itmekte ve tüy hücrelerinin stereosilyası tektoryal membrana karşı sürtünmektedir, bu da tüy hücrelerinin depolarizasyon sürecini başlatmaktadır. Stereosilyanın bükülmesi, pozitif yüklü potasyum iyonlarının (K^+) hücreye girip depolarize olmasına izin veren stereosilyanın uçlarında gözenekler açmaktadır. Bu reseptör potansiyeli, kalsiyum iyonlarının (Ca^{2+}) hücreye girmesine izin veren ve hücrenin alt kısmındaki nörotransmitterlerin salınımını tetikleyen voltaj kapılı kanalları açmaktadır. Bu durum sinaptik veziküllerden sinaptik boşluğa nörotransmitter (glutamat) salınımına yol açmaktadır. Nörotransmitterler, tüy hücresi ile koklear sinir ucu arasındaki dar alana yayılmakta ve burada reseptörlere bağlanmaktadır ve böylece sinirdeki aksiyon potansiyellerini tetiklemektedir. Bu şekilde, bir İTH, titreşimi, elektrik enerjisine dönüştüren mekanoreseptör görevi görmektedir ve spiral ganglionu beyne aktarılan aksiyon potansiyeli/elektriksel uyarılar üretmesi için uyarmaktadır (19).

BM'nin apikalinde işlenen düşük frekanslı sinyallere üretilen nöral cevaplar, ses frekansı ile senkronize olarak üretilmektedir. Başka bir deyişle, nöral yanıt oranı (nöral yanıtlar/saniye), düşük frekans uyaranlarının işlenmesinden sorumlu olan BM'nin apikal konumundaki ses frekansına eşdeğerdir ve buna faz kilitleme adı verilmektedir. Nöral cevaplar, düşük frekanstaki akustik uyarana faz kilitlidir ve açıkça kümelenmiştir; öte yandan BM'nin bazal kısmında işlenen yüksek frekans sinyallerinde *place coding* daha baskındır ve kümelenmemiştir, komşu frekans bölgelerine yayılmaktadır. Yani düşük frekanslı ses sinyalleri, beyin ayrı ayrı tanımlayabileceği nöral yanıt kümeleri üretebilirken, yüksek frekanslı ses sinyalleri birbirine yakın nöral tepkiler üretmekte ve böylece beyin bunları ayrı ayrı tanımlayamamaktadır (23).



Şekil 2.1. Koklea Şematik Gösterimi (24)



Şekil 2.2. Corti Organı Şematik gösterimi(24)

2.3. Spektral Çözünürlük

Bir akustik sinyalde, büyük ölçüde, zamansal (temporal) ve spektral olmak üzere iki bileşen bulunmaktadır. Sinyalin içerisindeki spektral bilgi işitsel sistemde analiz edilmektedir. İşitme sisteminin tüm seviyelerinde akustik sinyalin temel temsili tonotopik olarak organize edilmiştir. Yani akustik sinyalin spektral içeriği, koklear filtreleme aracılığıyla işlenmektedir. Filtrelenmiş sinyaldeki her spektral içerik, baziller membran üzerinde frekansa özgü spesifik bir bölgeye karşılık gelmektedir. Bu spektral

bilgilerin çözünürlük becerisi konuşma gibi kompleks sinyallerdeki frekans bilgisinin analiz edilmesi, kullanılması ve seslerin frekans farklılıklarına göre ayırt edilme yeteneğini yansıtmakta ve özellikle gürültülü dinleme ortamlarında konuşma anlaşılabilirliğinde önemli bir yere sahiptir (25). Ayrıca perde ayrımı, tını tanımlama ve melodi algısı gibi dilsel olmayan yeteneklerle de ilgilidir (26,27). Spektral çözünürlük becerisinin aşağıdan yukarıya (bottom-up) işlemlemeyi ifade ettiği belirtilmiştir (28).

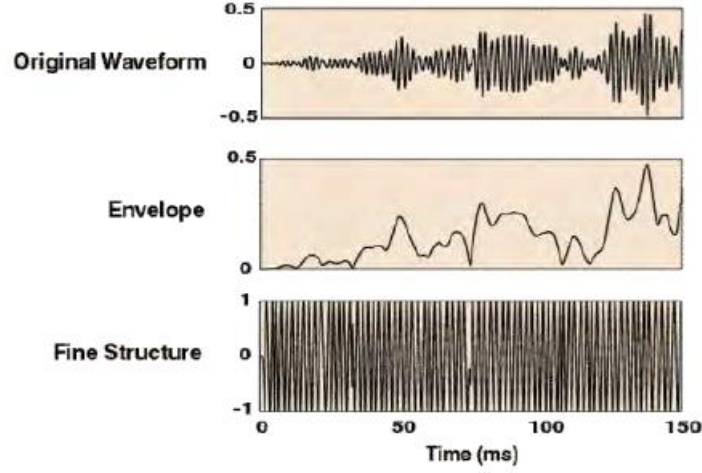
Yapılmış birçok çalışmada, spektral çözünürlük becerisinde, işitme kaybına sahip olan bireylerin normal işitmeye sahip olan bireylere kıyasla önemli derecede kötü performans gösterdiği bulunmuştur (29,30). İşitme kayıplı bireylerin işitsel re/habilitasyonunda kullanılan amplifikasyon sistemlerinde gelişmiş sinyal işleme teknikleri kullanılmasına rağmen spektral çözünürlüğü normale döndürememektedir (31).

2.4. Temporal İnce Yapı (*Temporal Fine Structure-TFS*) ve Zarf (*Temporal Envelope-ENV*) Bilgisi

Sinyalin içerisindeki zamansal bilgi kokleada, Hilbert dönüşümü kullanılarak ENV ve TFS olmak üzere iki zamansal bilgi formuna ayrıştırılmaktadır (32,33). ENV ve TFS bilgisi, zaman içinde algılanan sesin genliği ve frekansındaki değişikliklerdir. Bu zamansal değişiklikler, ses yüksekliği, perde ve tını algısı ve uzamsal işitme dahil olmak üzere işitsel algının çeşitli yönlerinden sorumludur (34). ENV, konuşma ve müzik algısı da dahil olmak üzere işitsel algının birçok yönünde kritik bir rol oynamaktadır (35,36). Yapılan çalışmalarda orijinal spektral bilginin ve TFS'in olmadığı durumlarda bile, ENV ile ilgili ipuçları kullanılarak konuşma tanımının mümkün olduğu gösterilmiştir (37). TFS bilgisinin ise müzik algısında önemli bir rol oynayan perde algısında ve özellikle de gürültülü dinleme ortamlarında konuşma algısında önemli bir rol oynadığı belirtilmiştir (38).

ENV ve TFS bilgisi, nöral deşarjların zamanlamasında temsil edilmektedir. ENV, sinyalin zaman içindeki genliğindeki yavaş değişim ile karakterize edilirken, TFS, bandın merkez frekansına yakın hızda hızlı salınımlardır (Şekil 2.4.). İşitsel sistemde ENV ipuçları, işitsel nöronlarda kısa süreli ateşleme rateindeki

dalgalanmalar olarak temsil edilirken TFS bilgisi, sinir ateşlemelerinin taşıyıcının belirli bir fazına senkronizasyonu (faz kilitleme) ile temsil edilmektedir (39).



Şekil 2.3. *Temporal Envelope* ve *Fine Structure* Bilgisinin Basit Gösterimi (24)

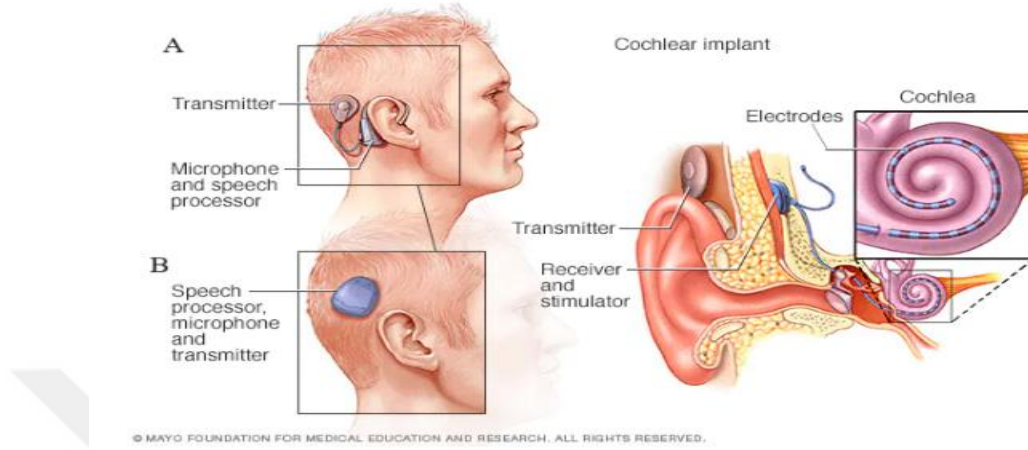
Normal işiten bir kulakta, zarf bilgisi en belirgin şekilde yüksek frekanslara ayarlanmış nöronlarda temsil edilmektedir yani işitsel nöronlar yüksek frekanslı uyarıların ince yapısını kodlamamaktadır, bu uyarıların yalnızca zarf bilgisini kodlamaktadır ve temporal ince yapı (TFS), düşük karakteristik frekanslı nöronlarda en belirgin şekilde faz kilitleme yoluyla temsil edilmektedir. Uyarıların TFS'inin bu tür faz kilitlemeye karşı insanlarda duyarlılığın 1.500 Hz'in altındaki frekanslarla sınırlı olduğu belirtilmiştir. Fakat yine de insanlarda faz kilitlemesinin üst sınırı henüz bilinmemektedir, çoğu memelide 4-5 kHz'in üzerindeki yüksek frekanslar için faz kilitleme zayıflamaya başlamaktadır (39).

2.5. Koklear İmplantlar

2.5.1. Tanım ve Çalışma Prensibi

Kİ'lar, ileri ila çok ileri derecede sensörinöral tipte işitme kaybına sahip olup konvansiyonel işitme cihazlarından fayda sağlamayan kişilerde işitmenin sağlanmasına yardımcı olan kompleks elektronik cihazlardır. Günümüzdeki Kİ'lar, dış ve cerrahi yöntem ile implante edilen iç kısımdan oluşmaktadır.

İmplantın iç kısmı, receiver/stimülatör (alıcı-uyarıcı) ve intrakoklear elektrot dizisi olmak üzere iki bölümden oluşmaktadır. Dış kısmında ise mikrofon içeren bir konuşma işlemcisi ve transmitter sistem (Şekil.2.4.) bulunmaktadır.



Şekil 2.4. Koklear İmplantın İç ve Dış Kısımları (40)

Bazı Kİ türlerinde; konuşma işlemcisi, mikrofon ve transmitterin bir arada bulunduğu bir dış kısım bulunmakta, (Şekil.2.4.B.) bazı diğer türlerinde ise ayrı dış parçalar halinde bulunmaktadır (Şekil.2.4.A.).

Cihazın dış kısmı, mikrofon ile sesi almakta ve konuşma işlemcisi dijital sinyal işleme aracılığıyla bunu elektriksel bir uyarı koduna dönüştürmektedir. Bu stimülasyon kodu ve elektrotları etkinleştirmek için gereken güç, bir radyo frekansı bağlantısı aracılığıyla iç kısma iletilmektedir. Radyo frekansı bağlantısı, mıknatıslar tarafından cilt üzerinde yerinde tutulan, dış 'transmitter' ve iç 'receiver' olarak adlandırılan bir çift endüktif olarak bağlanmış bobinden oluşmaktadır. Receiver, radyo frekansı sinyalinin kodunu çözmekte ve elektriksel uyarım paternlerine dönüştürerek orijinal seste mevcut olan bilgiye göre elektrotlara stimülasyon akımları göndermektedir. Bu akımlar hedeflenen sinir liflerini depolarize etmekte ve sonunda aksiyon potansiyelleri üretilmektedir (41).

2.5.2. Koklear İmplant Sistemlerinde Sinyal İşleme

Kİ'ların ses işlemcisindeki sinyal işleme, normal işiten bir kulağın işlevlerini modellemekte ve taklit etmektedir. Sinyal işleme zinciri, *front-end* işleme ve ses kodlama olmak üzere iki ana bloğa ayrılmaktadır. *Front-end*

işleme bloğu dış ve orta kulağın işlevselliğini modellemeye çalışırken, ses kodlama bloğu iç kulağın işlevselliğini modellemeyi amaçlamaktadır (23).

Gelen sinyal, örtüşen bant geçiren filtrelerden oluşan bir grup tarafından filtrelenmektedir. Kullanılan filtre sayısı çoğunlukla aktif intrakoklear elektrot sayısı ile aynı olmakta ve filtreler intrakoklear elektrotlara tonotopik bir şekilde atanmaktadır. Her filtrenin çıkışı, karşılık gelen intrakoklear elektrot tarafından iletilen akımı belirlemek için kullanılmaktadır. Kİ konuşma işlemcileri, giriş seviyesine bağlı olarak günlük seslerin geniş dinamik aralığıyla işitme kayıplı bireyin nispeten dar dinamik aralığını eşleştirmek için kompresyon uygulamaktadır (42). Fakat çevresel ses sinyalleri, spektral ve zamansal alanlarda çok sayıda akustik bileşen içermektedir. Modern Kİ sistemleri bu spektral ve zamansal bilgileri kabaca kodlayabilmektedir (43,44). Koklear implantın kullanıcıya iletebileceği doğru bilgi miktarı ayrıca elektrot-sinir arayüzü, sinirlerin sağkalımı ve beynin plastisitesi gibi bir dizi ek fiziksel ve fizyolojik faktörlerden de etkilenmektedir. Bu sınırlamalar, tipik bir Kİ kullanıcısında çoğu normal işiten dinleyiciyle karşılaştırıldığında 6 ila 10 işlevsel kanala ve zayıf ses perdesi algısına neden olmaktadır (45,46). Dolayısıyla Kİ’lardaki sinyal işleme ve fiziksel ve fizyolojik sınırlamalar, sessiz ortamda konuşma algısında iyi performans göstermelerine rağmen özellikle sabit olmayan dalgalı gürültünün olduğu (47) ve/veya rakip konuşmanın olduğu (48) ortamlarda büyük sıkıntı yaşamalarına neden olmaktadır (49). Ayrıca günlük yaşamda melodi, tonlama ve diğer müzikal ve dilsel açıdan önemli algılar için ilgili ipuçları, esas olarak temel frekansla (F_0) ilgili, düşük frekanslı perdeyle aktarılmaktadır (50). Kİ kullanıcılarında düşük frekanslı perde algısı zayıf olduğu için mevcut Kİ kullanıcılarının müzik zevki zayıf olmaktadır (51).

2.5.2.1. Koklear İmplant Sistemlerinde Sinyal İşleme Stratejileri

Koklear implantta sinyal işleme bloklarından biri olan sinyal işleme stratejileri; tonotopisite, faz kitleme yoluyla zamansal işleme ve ilerleyen dalga gecikmeleri dahil olmak üzere iç kulak işlevselliğini modellemeyi amaçlamaktadır (23). Günümüzde var olan Kİ sistemlerinde bazı ortak temel ilkelere dayanan birçok farklı ses işleme stratejisi bulunmaktadır (42).

Sinyal işleme stratejileri, sıralı stimülasyon ya da eş zamanlı stimülasyon kullanmaktadır. Sürekli Aralıklı Örnekleme (Continuous Interleaved Sampling-CIS) gibi sıralı uyarım stratejileri elektrotları birbiri ardına uyarmaktadır, yani aynı anda 2 elektrot aktif olmamaktadır. Eş zamanlı stimülasyonda olduğu gibi aynı anda birden fazla elektrotun uyarılması, kanal etkileşimleri (voltage alanlarının eklenmesi) nedeniyle öngörülemeyen bir ses yüksekliği algısına ve düşük tonotopik çözünürlüğe (daha az odaklanmış stimülasyon) neden olabilmektedir. Bu nedenle mevcut işleme stratejilerinin çoğunda sıralı stimülasyon kullanılmaktadır. Fakat eş zamanlı stimülasyonun bir avantajı olarak gösterilen, AB (Advanced Bionics) 'nin HiRes Fidelity 120 ve MED-EL'in FSP stratejisi gibi Kİ kullanıcıları için farklı perde algılarının sayısının fiziksel elektrot sayısının ötesine geçmesine olanak tanıyan sanal kanallar kullanarak spektral çözünürlüğü arttırmayı hedeflemesidir (24,52). N-of-m stratejileri olarak bilinen bazı stratejiler (örneğin, Cochlear'ın Advanced Combination Encoder (ACE) ve Spectral-Peak Speech Coding (SPEAK) stratejisi gibi) herhangi bir belirli stimülasyon döngüsünde elektrot dizisinin yalnızca bir alt kümesini uyarmaktadır. M tipik olarak etkin kanalların sayısıdır. Belirli bir stimülasyon döngüsü sırasında hangi n kanalın uyarılacağına seçimi genellikle giriş sinyalindeki spektral tepe noktalarının konumuna göre belirlenmektedir. "Maxima Seçimi" olarak bilinen bir işlemle, yalnızca o anda sinyal analiz çerçevesindeki en yüksek sinyal seviyelerini gösteren n kanal, stimülasyon için seçilir. Tüm kanalların toplam stimülasyon hızı implant donanımıyla sınırlı olduğundan, n/m stratejisi kanal başına daha yüksek bir stimülasyon hızının ayarlanmasına olanak tanımaktadır. Ayrıca, kanal etkileşiminin miktarı azalır ve bazı dinleme koşullarında, gürültü gibi nispeten düşük enerji içeren frekans bantları elektrotlarının uyarılmasına neden olmadığı için maksimum seçimin sinyal/gürültü oranını iyileştirmesi söz konusu olabileceği belirtilmektedir (24,42).

Sonuç olarak Kİ stimülasyonunun çeşitli yönleri işitsel algıyı etkileyebilmektedir; ancak yapılan çalışmalarda strateji etkinliğine ilişkin sonuçlar genellikle çelişkili bulunmuştur (52,53). Genel olarak Kİ sistemlerinde kullanılan sinyal işleme stratejilerinin etkinliği kısıtlıdır çünkü sınırlı sayıda elektrot ve bunların nispeten geniş akım yayılımı, stimülasyon için hedef alınabilecek sınırlı sayıda fiziksel bölgeyle sonuçlanmaktadır. Bu sınırlamalar, günümüz Kİ sistemlerinde sinyalin içerisindeki spektral ve zamansal bilgilerin aktarımını kötü yönde etkilemektedir (24).

2.5.3. Koklear İmplant Kullanıcılarında Spektral İşleme

Kİ'larla normale yakın işitme eşikleri elde edilse de işlenen işitsel sinyaldeki spektral bilgiler tam olarak iletilmemektedir. Bu durumun ortaya çıkmasında cihaza bağlı etmenler olduğu kadar kullanıcıya bağlı etmenler de bulunmaktadır ve Kİ kullanıcılarının spektral çözünürlüğü ile ilgili becerilerini etkilemektedir. Kullanıcıya bağlı etmenler işitsel son organ düzeyinde sinaptik öncesi, sinaptik ve sinaptik sonrası işlevlerin durumunu ve işitsel plastisiteyi ifade etmektedir. Bu etmenler işitme kaybının etiyolojisi, işitme kaybının başlangıcı, süresi ve koklear implantasyon yaşı gibi bireysel faktörlere bağlıdır ve dolayısıyla kullanıcıların sağlayabildiği spektral bilgi miktarını kişiden kişiye farklılaştırmaktadır (54). Ayrıca, zengin bir işitsel çevreye maruz kalmak, daha iyi performans elde edilmesinde rol oynamaktadır. Kİ kullanıcılarının kompleks dinleme durumlarına yoğun şekilde maruz kalması dinleme ve konuşma performanslarını olumlu yönde etkilemektedir (55,56). Kİ cihazı nedeniyle spektral çözünürlük becerisini sınırlayan kısım ise temelde elektriksel uyarının iletim kalitesiyle ilgilidir. Bu durumu etkileyen pek çok faktör bulunmaktadır. Bunlar arasında Kİ'ların sinyal işlemlerinde kullanılan stimülasyon modu, intrakoklear elektrotlar arasındaki boşluk, elektrotlar ile koklear sinir lifleri arasındaki mesafe, elektrotların yüzeyi ve empedansı, intrakoklear elektrotların sayısı, Kİ cihazının zamansal ve spektral bilgileri doğru bir şekilde işleme yeteneğinin azalması gibi Kİ cihazına bağlı olarak spektral bilginin iletimi etkilenmektedir (48).

Konuşma işlemcilerinin ses sinyallerinin ana unsurlarının hiçbirini kaybetmeden işlemesi çok önemli olmakla birlikte intrakoklear elektrot dizisinin tüm frekans ranjında, koklea içerisinde herhangi bir yapısal hasara yol açmadan doğru şekilde yerleştirilmesi de aynı derecede önemlidir (57).

Fakat intrakoklear elektrotlar doğru bir şekilde yerleştirilse bile ortalama boyutlu bir koklea için, 420° 'lik yerleştirme derinliği, düşük frekans ucunda 500 Hz'e kadar bir frekans aralığını kapsamaktadır ve korti organı, 900° açısal derinliğe yani kokleanın neredeyse $2\frac{1}{2}$ dönüşüne eşdeğer bölgesine kadar uzanmaktadır. Spiral ganglion (SG) hücreleri ise kokleanın 660° - 700° açısal derinliğine kadar uzanmaktadır ve normal işiten bir insanda 33.000 spiral ganglion hücresi bulunduğu belirtilmiştir. Normal işiten bir insanda 400° açısal derinlikten itibaren spiral ganglion hücre sayısı

sayı olarak ≈ 7200 SG'ye eşdeğer olan toplam SG sayısının %25'ine sahiptir (58). Şu anda mevcut olan hiçbir pre-curved Modiolar Hugging (MH) elektrot tipi bu derinliğe ulaşamamaktadır çünkü bu tip elektrotlar, 16-18 mm'den daha uzun değildir ve dolayısıyla 380° - 420° 'den daha derine yerleştirilememektedir (59). Bu durum kokleanın apeksindeki alanların frekans ayarlamaya (tuning) daha düşük bir katılım göstermesine sebep olmakta ve kokleaya giren her işitsel sinyalin frekansına göre kendine özgü sinir popülasyonunu uyarma özelliği olan tonotopik organizasyon bozulmaktadır. Dolayısıyla tonotopik uyumsuzluk meydana gelmektedir. Yani implante kulak içindeki Kİ elektrotuna atanan akustik merkez frekansı ile beklenen spiral ganglion karakteristik frekansı arasında frekans uyumsuzluğu meydana gelmektedir (60). Tonotopik uyumsuzluğun Kİ kullanıcılarında (61) ve bu sinyalleri dinleyen normal işiten bireylerde konuşma performansını kötü yönde etkilediği gösterilmiştir (62).

Düz lateral wall (LW) elektrot dizileri ise farklı uzunluklarda mevcuttur ve böylece cerrahın birey için optimum elektrotu seçmesine olanak tanımaktadır fakat elektrot dizilerinin asıl uyararı iletmek istediği spiral ganglion hücrelerinin bulunduğu açısız derinliğe elektrot dizileri ulaşsa bile Kİ uygulama kriterlerine uyan işitme kayıplı bireylerde spiral ganglion hücre sayısı, normal işiten bireylerde bulunan sayı ile bire bir uyumlu değildir (58,63).

Ayrıca elektrot yerleşimi ve stimülasyon seviyeleri gibi bireysel faktörlerden dolayı verilen akım intrakoklear elektrotlardan çevre dokulara yayılabilmekte ve bu durum bitişik elektrotlarda kanal etkileşimine yol açabilmektedir. Bu nedenle de elektrotlar iletmeleri gereken frekans bandını bağımsız olarak iletememiş olmakta ve sesler ayırt edilememektedir. Bütün bu durumlar Kİ elektrotlarının Kİ konuşma işlemcisi tarafından kodlanan elektriksel sinyalleri doğru bir şekilde iletmeye kapasitesini etkilemekte ve uyarının spektral zarfının iletimini engellemektedir (64).

2.6. Uzamsal İşitme

Uzamsal işitme, dinleyicinin kompleks ve sessiz dinleme ortamlarında, iki kulaktan gelen yöne özgü işitsel sinyalleri alma, işleme ve kullanma yeteneğini ifade etmektedir (65). Başka bir deyişle işitsel sistemin, ses sinyallerinin kulağa ulaşabileceği farklı mekânsal yolları yorumlama veya kullanma kapasitesidir.

İşitme kaybı olan bireylerde uzamsal işitme, işitme kaybının derecesine, lateralitesine (66) ve re/habilitasyonuna bağlıdır (67). Bilateral ileri ila çok ileri derecede sensörinöral tipte işitme kaybına sahip olup tek taraflı Kİ kullanımı durumunda bireyler, sessiz ortamlarda daha iyi olmakla birlikte iyi konuşma tanıma becerisi göstermelerine rağmen (68,69), özellikle kompleks dinleme ortamlarında uzamsal işitmeleri, çok ciddi şekilde zarar görmektedir (70,71).

2.7. Binaural İşitmenin Faydaları

Binaural işitsel etkileşim esas olarak beyin sapı yapılarında gerçekleşmektedir. Hayvanlarda ve insanlarda işitsel uyarılmış potansiyeller üzerine yapılan çalışmalarda, binaural etkileşim bileşenlerinin *superior olivary kompleks*, *trapezoid body*, *lateral lemniskus* ve *alt kollikulusu* içerdiği gösterilmiştir (72). Binaural işitme başlıca, ortamdaki seslerin belirlenmesine, özellikle kompleks dinleme ortamlarında olmak üzere konuşmanın anlaşılmasına, tek bir sesin çevredeki arka plan gürültüsünden ayrılmasına olanak tanımakta ve uzamsal işitme için önemli ipuçları sağlamaktadır (73,74). Binaural işitme, ses kalitesini her iki kulaktan gelen, zenginleşen farklı spektral ipuçları ile geliştirmektedir. Bu avantaj, berraklık, doygunluk, işitsel alanda genişleme hissi gibi bir dizi özelliğe dayanmaktadır.

Bunlar, kulaklar arası zaman farkı (*Inter-aural Time Difference*, ITD), kulaklar arası ses şiddeti farkı (*Inter-aural Level Difference*, ILD), *Head Related Transfer Function* (HRTF)(75) ve merkezi sinir sisteminin sağladığı binaural squelch ve binaural sumasyon olmak üzere binaural işitmenin sağladığı avantajlar sayesinde sağlanmaktadır (76).

Binaural squelch etkisi, merkezi işitsel sistemin kompleks dinleme ortamlarında her bir kulaktan alınan uyarınları işlemleyerek ve kulaklar arası zaman ve şiddet farklılıklarını karşılaştırarak uyarının sinyal-gürültü oranını (SGO) artırma becerisidir (77). Binaural sumasyon ise bir sesin binaural olarak işitildiğinde, aynı ses seviyesinde yalnızca tek kulak ile işitildiğinden daha yüksek olarak algılanmasıdır (78).

2.7.1. Ses Lokalizasyonu

Dinleyicinin algılanan sesin yönünü ve mesafesini belirleme yeteneğidir. Birçok doğal dinleme durumunda, normal işitmeye sahip bireyler akustik sinyalleri hem horizontal hem de vertikal düzlemlerde lokalize edebilmektedirler (79–81).

Ses lokalizasyonu işitsel sistem için zorlu bir görevdir. Özellikle de yankılı ortamların hatalı bilgi sağlaması ve gürültülü ortamların hedef seslerin bazı kısımlarını maskeleymesi nedeniyle gerçek dünya koşullarında ses lokalizasyonu daha da zor hale gelmektedir. Diğer duyu sistemlerinde uyarının konumu doğrudan duyu yüzeylerde (retina veya deri gibi) belirlenebilirken işitsel sistemden alınan akustik sinyal, konum olarak değil kokleada frekans bilgisi olarak kodlanmaktadır. Sesin lokalizasyonu, sesin baş ve dış kulak yolu ile fiziksel etkileşimlerinden kaynaklanan uzamsal akustik ipuçlarından sağlanmaktadır. Kulaklardan gelen akustik ipuçlarının, merkezi işitsel sistem içerisinde analiz edilmesi ve işitsel alanın nöral bir temsili oluşturmak için entegre edilmesi gerekmektedir. Horizontal (yatay) düzlem, vertikal ve ön/arka düzlemlerdeki lokalizasyon farklı akustik ipuçlarına ve farklı beyin sapı yollarına dayanmaktadır (79).

2.7.1.1. Horizontal Düzlemde Ses Lokalizasyonu

Bilateral normal işitmeye sahip olan bireyler, bir akustik sinyalin konumunu belirlemek için çeşitli akustik ipuçlarından yararlanmaktadır. Bu akustik ipuçları, horizontal düzlem ses lokalizasyonunda ağırlıklı olarak kulaklar arasındaki zaman ve şiddet farkına dayanmaktadır. Düşük frekanslı sesler için (<1.5 kHz) ITD, yüksek frekanslı sesler için (>3 kHz) ILD ağırlıklı olarak kullanılmaktadır (82). Aradaki frekanslarda ise ses şiddeti ve zaman farklılıkları güvenilir lokalizasyon ipuçları sağlamamaktadır (79). Bu frekansa dayalı ses lokalizasyonu ilk olarak İngiliz fizikçi Lord Rayleigh tarafından kanıtlanmış ve “Duplex Teorisi” olarak adlandırılmıştır (83).

Fakat kulaklar arasındaki zaman ve şiddet farkını kullanma becerisi her iki kulağında da işitmeye sahip olan (binaural işitme) bireylere özgüdür. Yine de Kİ kullanan bireylerde durum farklılaşmaktadır. Bilateral normal işitmeye sahip ve bilateral Kİ kullanan bireylerde ses lokalizasyonunu araştıran bir çalışmada bilateral

Kİ kullanan bireylerin bilateral normal işitmeye sahip olan bireylerden önemli ölçüde kötü lokalizasyon performansı gösterdiği bulunmuştur. Çalışmalarının sonunda bu duruma, Kİ'ların sinyalin ENV kodlayan ve horizontal düzlemdeki ses lokalizasyonunda baskın ipucu olan TFS ortadan kaldıran sinyal işlemlerinin neden olduğunu belirtmişlerdir (14).

2.7.1.2. Vertikal Düzlemde Ses Lokalizasyonu

Vertikal düzlemdeki ses lokalizasyonu, birincil olarak baş, gövde ve kulak kepçesi şeklinin, kulak kanalının girişine gelen ses üzerindeki yöne bağlı filtrelemesi sonucunda ortaya çıkan spektral şekil ipuçları sayesinde sağlanmaktadır ve bu duruma *Head Related Transfer Function* (HRTF) adı verilmektedir (84). Spesifik olarak, kulak kepçesinin çeşitli kıvrımları, timpanik membrana ulaşan ses spektrumunda spektral tepe noktaları ve çentikler ile sonuçlanan rezonansları ve anti rezonansları ortaya çıkarmaktadır. Bu spektral özelliklerin frekansı, sesin kulak kepçesine geliş açısına göre değişmektedir (79). Ortaya çıkan spektral ipuçları, horizontal düzlem lokalizasyonunda baskın olan kulaklar arasındaki zaman ve şiddet farkı ipuçlarını tamamlamaktadır (85). Biyolojik olarak, bu dış yapıların kaynak konumuna özgü ön filtreleme etkileri, ses kaynağının konumunun sinirsel olarak belirlenmesine, özellikle de ses kaynağının dikey konumunun yani yükseklik bilgisinin belirlenmesine yardımcı olmaktadır (86).

ITD ve ILD temelde kulaklar arasındaki zaman ve şiddet farkı ipuçlarına dayanmakta ve ses kaynağının horizontal konumu hakkında bilgi vermektedir, bundan dolayı ses kaynağının yüksekliği ve ön ve arkadan gelen ses kaynaklarının konumunu belirlemek için yetersiz kalmaktadır. Bu noktada HRTF'den elde edilen bilgiler önem taşımaktadır. Ses kaynağını lokalize etmeye yönelik bu spektral ipuçları, önden ve arkadan gelen ses kaynaklarını çözümleyerek ve yüksekliklerini belirleyerek ses kaynağını lokalize etmek için kullanılmaktadır (87). Yani işitsel bir hedefin yukarı/aşağı ve ön/arka boyutlarda lokalizasyonu, uyarının spektral şeklinin analizini gerektirmektedir. Spektral şekilli ipuçlarına genellikle "monoaural spektral ipuçları" adı verilmektedir; çünkü spektral analiz her kulakta ayrı ayrı gerçekleştirilmektedir. Dış kulak spektral ipuçlarını kullanarak tek kulaktan bir miktar lokalizasyon yeteneği sağlayabilse de binaural işitmeye göre daha az kesin bilgi sağlamaktadır ve özellikle

de ses dar bantlıysa binaural işitme gereksinimi belirginleşmektedir. Her iki kulak, ses kaynağının yakın olduğu kulak baskın olmak üzere ayrı ayrı gelen sesleri filtrelemekte ve daha sonrasında her iki kulaktaki bilgiler kullanılarak ses lokalizasyonu sağlanmaktadır (88,89).

Monoaural işitme durumlarında ise horizontal düzlemdeki lokalizasyon için gerekli olan kulaklar arasındaki zaman ve şiddet farkı ipuçları kullanılamamaktadır. Yapılan bir çalışmada bilateral normal işitmeye sahip bireylerin bir kulakları tıkanarak horizontal düzlem lokalizasyonlarına bakılmıştır ve bireylerin tüm sesleri açık kulağın yanında lokalize etme eğiliminde olduğu bulunmuştur. Aynı çalışmada bilateral ileri ila çok ileri derecede sensörinöral tipte işitme kaybına sahip unilateral Kİ kullanıcılarını da değerlendirmişlerdir ve bu grupta çelişkili sonuçlar bulmuşlardır. Bazı tek taraflı kullanıcılar ses kaynağını implant olan taraf yanında lokalize etme eğilimindeyken bazı diğer kullanıcılar nispeten iyi lokalizasyon becerisi göstermiştir bunun nedeni olarak bu bireylerin spektral şekil ipuçlarını horizontal düzlemde kullanabilen bireyler olabileceği belirtilmiştir (89).

Lokalizasyon becerisi objektif veya subjektif olarak birçok araçla değerlendirilebilmektedir. Távora-Vieira ve ark. (90) SSD (Single Sided Deafness) olan bireylerde Kİ uygulaması öncesinde ve sonrasında lokalizasyon becerilerini subjektif ve objektif olarak araştırmıştır. Bireylerin uzun süreli Kİ kullanımından sonra subjektif olarak uygulanan SSQ anketinin kısa formatında lokalizasyon ile ilgili becerileri Kİ öncesine göre istatistiksel olarak anlamlı ölçüde artmıştır. Yapılan objektif lokalizasyon değerlendirmesi de subjektif sonuçları desteklemiştir. Çalışmalarının sonucunda binaural işitmenin önemine vurgu yapmışlardır. Ramakers ve ark. (91) ise yaptıkları başka bir çalışmada yetişkin bilateral ve tek taraflı Kİ kullanıcılarının objektif ve subjektif lokalizasyon becerilerini araştırmışlardır ve subjektif değerlendirme için SSQ anketini kullanmışlardır. İki grupta da objektif ve subjektif lokalizasyon değerlendirmesinde orta düzeyde korelasyon bulunmuştur. Çalışmalarının sonunda objektif testlerin bireylerin günlük yaşamlarında yaşadıkları problemleri tam olarak yansıtmadığını ve objektif ve subjektif değerlendirmelerin rutin olarak beraber yapılması gerektiğini vurgulamışlardır.

2.7.2. Asimetrik İşitmenin Binaural İşitmenin Faydalarına Etkisi

Binaural işitmenin faydaları simetrik bir işitmenin varlığında belirgindir. Unilateral ileri ile çok ileri derecede sensörinöral tipte işitme kaybı (Single Sided Deafness-SSD) olup Kİ kullanan ya da bilateral işitme kaybına sahip olup unilateral veya bilateral Kİ ve bimodal Kİ kullanıcıları, çoğunlukla her iki kulaktan gelen bilgide bir tonotopik uyumsuzluk yaşamaktadırlar ve bu durum "kulaklar arası uyumsuzluk" a neden olmaktadır (92). Kulaklar arası uyumsuzluk bu bireylerde (93,94) ve bu sinyalleri bir ses kodlayıcı aracılığıyla dinleyen normal işitmeye sahip bireylerde yapılan çalışmalarda binaural işitme performansının ve faydalarının önemli ölçüde kötü etkilendiği gösterilmiştir (95). Kral ve ark. (92) yaptıkları bir çalışmada konjenital bilateral ileri ile çok ileri derecede sensörinöral tipte işitme kaybına sahip bireylerde kritik dönem içerisinde, eş zamanlı Kİ uygulanan bireylerin binaural işitmenin faydalarından iyi ölçüde yararlandıklarını göstermişlerdir. Çalışmalarında ayrıca implantlar arasında 1,5 yıldan daha az süre olan sıralı Kİ uygulamasında aural preference sendromundan bireylerin etkilenmediğini ve binaural işitmenin faydalarını kullanabildiklerini göstermişlerdir. Öte yandan aralarında 1,5 yıldan daha uzun süre olan sıralı Kİ uygulamasında ve bilateral ileri ile çok ileri derecede sensörinöral tipte işitme kaybına sahip olup unilateral Kİ uygulamasında bireylerin aural preference sendromundan etkilendiklerini ve binaural işitmenin faydalarını etkili bir şekilde kullanamadıklarını ve uzamsal işitmelerinin zarar gördüğünü belirtmişlerdir. Laske ve ark. (96) yaptıkları çalışmada yetişkin ardışık olarak Kİ uygulanmış bireylerde daha kısa implantlar arası sürenin, binaural işitmeyi değerlendiren objektif ve subjektif test sonuçlarında daha iyi sonuçlar aldıklarını göstermiştir. Ama yine de simultane veya sıralı bilateral Kİ uygulanan yetişkin bireylerin değerlendirilmesinde, konuşmayı ayırt etme, ses lokalizasyonu ve gürültülü ortamda işitme kalitesinin, tek taraflı Kİ kullananlara göre daha iyi olduğu bulunmuştur (97).

3. BİREYLER VE YÖNTEM

3.1. Araştırmanın Türü

Bu çalışma, Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Araştırma Etik Kurulu'nun GO 23/191 protokol kodu ile 18/04/2023 tarihinde 2023/07-40 no'lu izni ile yapıldı. Etik kurul izin yazısı Ek-1'de sunuldu. Tez protokolünde kullanılacak olan lokalizasyon testi, cihaz arızası nedeniyle çalışmadan çıkarıldı, protokol revizyonu ve tez başlığı değişikliği yapıldı. Protokol revizyon, süre uzatma ve tez başlığı değişikliği için dilekçe onayı Ek-2'de sunuldu. Çalışma, Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Odyoloji Anabilim Dalı'nda Odyoloji Tezli Yüksek Lisans Programı kapsamında yüksek lisans tezi olarak yürütüldü.

Çalışmaya, 18-45 yaş arası unilateral Kİ kullanan ve bilateral normal işitme eşiklerine sahip olan 40 birey katıldı. Katılımcılara çalışma hakkında bilgi verildi, yazılı bir şekilde izinleri alındı ve gönüllülük çerçevesinde çalışmaya katılımları gerçekleşti.

Bu çalışmanın amacı, unilateral Kİ kullanıcıları ve bilateral normal işitmeye sahip olan bireylerin, SMDT ile değerlendirilen spektral çözünürlük becerileri ile KUIK ölçeğinin 'Konuşma Algısı (KA)', 'Uzaysal Algı (UA)' ve 'İşitme Kalitesi (İK)' alt boyutları ve genel skorunu değerlendirmek ve spektral çözünürlük ile KUIK alt ölçekleri ve genel skoru arasındaki ilişkiyi ortaya koymaktır.

3.2. Araştırmanın Örneklemi

3.2.1. Katılımcıların Belirlenmesi

Bu çalışmada, çalışma ve kontrol grubu bulunmaktadır. Kontrol grubu, Odyoloji Bölümü'ne başvuran ve odyolojik değerlendirmelerde, 125-8000 Hz aralığında bilateral normal işitme eşiklerine sahip olan 18-45 yaş aralığında 20 (13 kadın 7 erkek) bireyden oluşmaktadır.

Çalışma grubu ise Hacettepe Üniversitesi Hastaneleri Kulak Burun Boğaz Anabilim Dalı'nda Kİ uygulanmış ve Sağlık Bilimleri Fakültesi Odyoloji Bölümü'nde rutin takipli olan, 18-45 yaş arasında, en az bir yıldır Kİ kullanan, iç kulak anamolisi ve işitsel nöropatisi bulunmayan, tekrarlayan ve/veya mevcut olan bir kulak patolojisi bulunmayan, tanılanmış ek engel, nörolojik ve/veya psikiyatrik problemi bulunmayan

ve implantlı serbest alan eşikleri konuşma muzunun altına düşmemiş olan unilateral Kİ kullanıcısı 20 (12 kadın 8 erkek) bireyden oluşmaktadır.

Çalışmaya dahil edilen bireylere çalışmanın amacı ve içeriğini anlatan Aydınlatılmış Onam Formu imzalatıldı ve çalışma (Ek-2) ve kontrol (Ek-3) grubu için hazırlanmış olan veri toplama formundaki ilgili alanlar dolduruldu.

3.2.2. Çalışmaya Dahil Etme ve Çalışmadan Dışlanma Kriterleri

Kontrol grubuna dahil edilen bireylerde aşağıdaki kriterler arandı:

- 18-45 yaş aralığında olmak
- Bilateral 125- 8000 Hz arasında 15 dB'den daha düşük işitme eşiklerine sahip olmak,
- Kulak anamolisi ve tekrarlayan ve/veya mevcut olan bir kulak patolojisine sahip olmamak,
- Tanılanmış engel, psikiyatrik ve nörolojik problemi bulunmamak,

Aşağıda verilen kriterlerden en az birine sahip olan bireyler kontrol grubundan dışlandı:

- 18-45 yaş aralığında olmamak,
- 125- 8000 Hz arasında 15 dB'den daha fazla işitme eşiklerine sahip olmak,
- Kulak anamolisi ve tekrarlayan ve/veya mevcut olan bir kulak patolojisine sahip olmak,
- Tanılanmış engel, psikiyatrik ve nörolojik problemi bulunmak,

Çalışma grubuna dahil edilen bireylerde aşağıdaki kriterler arandı:

- 18-45 yaş aralığında, unilateral Kİ kullanıcısı olmak,
- En az 1 yıldır Kİ kullanıyor olmak,
- Kİ'li serbest alan eşiklerinin konuşma muzunun içinde veya üzerinde olmak,
- İç kulak anomalisine sahip olmamak,
- İşitme kaybının etiyolojisinde işitsel nöropati spektrum bozukluğuna neden olmuş bir probleme sahip olmamak,

- Herhangi bir tekrarlayan ve/veya mevcut olan bir kulak patolojisine sahip olmamak,
- Tanılanmış ek engel, psikiyatrik ve nörolojik problemi bulunmamak,

Aşağıda verilen kriterlerden en az birine sahip olan bireyler çalışma grubundan dışlandı:

- 18-45 yaş arasında olmamak,
- 1 yıldan daha az bir süredir Kİ kullanıcısı olmak,
- Koklear implantlı serbest alan eşiklerinin konuşma muzunun altında eşiklere sahip olmak,
- İç kulak anamolisine sahip olmak,
- İşitme kaybının etiyojisinde işitsel nöropati spektrum bozukluğuna neden olmuş bir probleme sahip olmak,
- Herhangi bir tekrarlayan ve/veya mevcut olan bir kulak patolojisine sahip olmak,
- Tanılanmış ek engel, nörolojik ve psikiyatrik probleme sahip olmak,

3.3. Araçlar ve Yöntem

Çalışma ve kontrol grubundaki bireyler için ayrı veri toplama formları oluşturuldu. Çalışma grubu için oluşturulan veri toplama formunda demografik bilgiler, işitme kaybı öyküsü, işitme cihazı kullanımı, Kİ kullanımı, hastalık öyküsü, radyoloji bulgular, koklear implantlı işitme eşikleri bulunmaktadır. İlgili form Ek-3’de verildi. Kontrol Grubu için oluşturulan veri toplama formunda demografik bilgiler, hastalık hikayesi ve işitme eşikleri bulunmaktadır. İlgili form Ek-4’te verildi.

3.3.1. Katılımcıların Değerlendirilme Süreçleri

İlk aşamada çalışma ve kontrol grubunda bulunan bireylerin KBB bölümünde otoskopik incelemeleri yapıldı. Daha sonrasında çalışma grubundaki bireylerin rutin Kİ fittingleri yapıldıktan sonra serbest alan işitme eşikleri belirlendi. Testler ses yalıtılmış sessiz odada klinik odyometre (GSI AudioStar Pro™, Grason-Stadler Inc) ile yapıldı. Kontrol grubundaki bireylerin işitme değerlendirmesinde insert kulaklık (Etymotic Research, ER.3A) kullanılarak 125-8000 Hz aralığında bilateral işitme eşikleri belirlendi. Çalışma grubundaki bireylerin karşı kulaklarında var olabilecek

rezidüel işitmeleri insert kulaklık kullanılarak değerlendirildi. İşitme kaybının derecesini belirlemek için 1981 yılında Clark'ın oluşturduğu sınıflandırma kullanıldı (98). İşitme kaybı derecesi 500-4000 Hz aralığında 4 oktav frekansın ortalaması alınarak belirlendi.

Tablo 3.1. İşitme Kaybı Sınıflandırması

İşitme kaybı derecesi	İşitme kaybı aralığı (dB HL)
Normal	-10 – 15
Çok hafif	16 – 25
Hafif	26 – 40
Orta	41 – 55
Orta ileri	56 – 70
İleri	71 – 90
Çok ileri	91+

Bireylerin işitme eşiklerinin değerlendirilmesinin ardından çalışmaya dahil edilen bireylere, spektral çözünürlük becerisi değerlendirmesi için SMDT uygulandı. Teste başlamadan önce katılımcılara test hakkında bilgi verildi ve sonrasında ise deneme oturumu yapılarak katılımcıların test içerisindeki uyaranlara aşinalık kazanması sağlandı. Daha sonrasında tüm katılımcılara KUIK ölçeği uygulandı. Ölçek, sessiz bir alanda yeterli sürede uygulandı. Bireyler, ölçek sorularını kendileri okuyarak cevapladı ve yalnızca bireyler soru sorduğunda veya açıklama talep ettiğinde, sorulara yeterli bilgiler verildi. Bireylerden elde edilen test skorları excel dosyasına kaydedildi.

3.3.2. Spektral – Temporal Modüle Dalgalanma Testi (SMDT) (*Spectral – Temporally Modulated Ripple Test - SMRT*)

Aronoff ve Landsberger (99) tarafından geliştirilmiştir. Test zaman içerisinde spektral olarak modüle edilmiş dalgalanmalar içeren, spektral çözünürlüğü değerlendirmek için kullanılan bir testtir. SMDT'de sunulan uyaranlar 0° azimutta serbest alanda 1 m uzaklıktaki hoparlörler aracılığıyla sunulmaktadır. SMDT'deki her uyarı, 100 ms'lik başlangıç ve bitiş doğrusal rampasına sahip olup toplamda 500 ms'dir ve 44,1 kHz örnekleme hızıyla oluşturulmuştur. Uyaranlar, 100'den 6400 Hz'e kadar

bir oktavın her 1/33.333'ünde aralıklandırılmış ve 202 eşit genlikli saf ses frekans bileşenine sahip, harmonik olmayan bir ton kompleksi kullanılarak üretilmiştir. Kullanılan uyaranlar bir sinüs dalgası tarafından spektral olarak modüle edilmiş amplitüdlere sahiptir. Sunulan her bir test uyaranında zorunlu seçimli ikisi referans birisi hedef uyaran olmak üzere 3 uyaran mevcut olup katılımcılardan hedef uyarani seçmesi istenmektedir. Referans uyarıların değeri 20 rpo (ripple per octave) iken hedef uyaran başlangıçta 0.5 rpo değerine sahip olup her bir döngüde 0.2 rpo değişim göstermektedir. SMDT skorunun belirlenebilmesi için sistem tarafından otomatik olarak 1 aşağı/1 yukarı adaptif prosedürü kullanılmakta, doğru yanıtlarda hedef uyarının değeri 0.2 rpo artmakta yanlış uyarılarda ise 0.2 rpo azalmaktadır. Denemeler 10 hata ölçülene kadar tekrarlanmakta ve SMDT skoru, bireyin verdiği son 6 hatalı cevabın ortalaması olarak rpo değeriyle hesaplanarak sunulmaktadır. Daha yüksek skorlar daha iyi spektral çözünürlük becerisini ifade etmektedir. Çalışmamızda değerlendirmeler ses yalıtımlı odada gerçekleştirildi, uyarıların gönderilmesi için bir adet dizüstü bilgisayar kullanıldı ve test ilgili yazılım üzerinden yapıldı. Uyarılar, serbest alanda 0° azimutta, katılımcı ile bir metre mesafede konumlandırılmış olan “JBL” marka “Control One” model pasif hoparlörün MADSEN marka amfiye bağlanması aracılığı ile 65 dB (A) düzeyinde sunuldu. Uyarı seviyesi *Sound Level Meter* ile ölçüldü. SMDT testi <https://www.earlab.org/smrt.html> adresi üzerinden ücretsiz olarak temin edildi.

3.3.3. Konuşma, Uzaysal Algı ve İşitme Kalitesi (KUİK) Ölçeği

Noble ve ark. (100) tarafından *Speech, Spatial and Qualities of Hearing Scale* (SSQ) adıyla geliştirilmiştir. Kılıç (101) tarafından yüksek lisans tezi olarak Türkçe'ye uyarlanıp normalize edilmiştir. 18 yaş üstü bireylerde konuşma algısı, uzaysal algı ve işitme kalitesini subjektif olarak değerlendirmek ve var olan işitsel probleminin bireyde oluşturduğu engellilik algısının seviyesini tespit etmek için geliştirilmiş bir ölçektir. 3 alt ölçeği ve 49 maddesi bulunmaktadır. Birey her maddeye “0” dan “10” a kadar bir puan vermektedir. Burada 10, maddeyle ilgili yüksek düzeyde yetenek veya deneyimi belirtirken 0, maddeyle ilgili düşük düzeyde yetenek veya deneyimi belirtmektedir. Ölçeğin üç boyutu; konuşma algısı (KA), uzaysal algı (UA) ve işitme kalitesi (İK)' dir. KA, UA, İK bölümlerinde sırasıyla 14, 17 ve 18 madde

bulunmaktadır. Ölçek skorlamasında, 3 alt ölçeğin her birinden elde edilen skorlar o ölçeğin madde sayısına bölünerek alt ölçek skorları elde edilmektedir. Genel skor ise ölçekte yer alan tüm maddelerden elde edilen puanların toplamı ölçekte yer alan toplam madde sayısına bölünerek elde edilmektedir. Yüksek puanlar daha iyi beceriyi göstermektedir. Ölçek Ek-4'te yer almaktadır.

3.3.3.1. Konuşma Algısı (KA) Alt Ölçeği

Bu bölümdeki sorular, dinleme ortamlarının gerçek dünya koşullarını tasvir etmektedir. Sorular, birbiriyle yarışan seslerin konumlarını, konuşmaya katılan tüm konuşmacıların görünürlüğünü, katılan kişi sayısını ve ortamın özelliklerini içermektedir. Bazı maddeler binaural işitme ile alakalıdır. Bunlar, belirli bir sesi dinlerken diğer sesleri dikkate almamak, hedeflenen konuşmaya odaklanmak ve konuşmayı, bir konuşmacıdan diğerine hızla geçerken takip etmek gibi seçici ve hızlı olma yeteneğini içermektedir.

3.3.3.2. Uzaysal Algı (UA) Alt Ölçeği

Bu bölümdeki sorular, yön ve mesafenin belirlenmesinin yanında hareket bilgisinin ayırt edilmesini de içermektedir.

3.3.3.3. İşitme Kalitesi (İK) Alt Ölçeği

Bu bölümdeki sorular, seslerin netliğini, doğallığını, tanınmasını ve konuşmayı takip etmek için harcanan dinleme çabasını ele almaktadır. Bu bölümdeki sorularda müzik ve konuşma sesleri, yani günlük hayatta sıkça karşılaşılan sesler örnek olarak kullanılmaktadır. Ayrıca bir de bir kişinin ruh halini sesinden tespit etmek bu bölümde ele alınmaktadır.

3.3.4. İstatistiksel Analiz

Çalışmadaki veriler SPSS (Windows 25.0 programı) kullanılarak analiz edildi. Verilerin değerlendirilmesinde (sayı, yüzde, min-maks, medyan, ortalama, standart sapma değerleri) tanımlayıcı istatistiksel yöntemler kullanıldı. Çalışma ve kontrol grubunun demografik değişkenlere göre homojenliğini değerlendirmek için ki kare analizi uygulandı. Kullanılan testlerden elde edilen verilerin, normal dağılım gösterip göstermediği Shapiro-Wilk testi ile araştırıldı. Değerlendirme sonucunda normal

dağılıma sahip olmadığı sonucuna varıldı ve parametrik olmayan testler kullanıldı. İki bağımsız grubun karşılaştırılmasında Mann Whitney U testi, iki numerik veri arasındaki ilişkiyi değerlendirmek için ise Spearman korelasyon uygulandı.



4. BULGULAR

Çalışmamızda, unilateral Kİ kullanıcıları ve bilateral normal işitmeye sahip olan bireylerin, spektral çözünürlük becerileri ile KUIK Ölçeğinin KA, UA ve İK alt boyutları ve genel skorunu değerlendirmek ve spektral çözünürlük ile KUIK alt ölçekleri ve genel skoru arasındaki ilişkiyi ortaya koymak amaçlanmıştır. Elde edilen bulgular aşağıda sunulmaktadır.

4.1. Demografik Bilgiler

Tablo 4.1. Katılımcıların Demografik Özellikleri

		Çalışma Grubu		Kontrol Grubu		X ²	p
		n	%	n	%		
Cinsiyet	Erkek	8	40.0	7	35.0	0.107	0.744
	Kadın	12	60.0	13	65.0		
Koklear İmplant tarafı	Sağ	12	60.0				
	Sol	8	40.0				
Etiyoloji	Konjenital-Progresif	3	15.0				
	Konjenital-idiyopatik	16	80.0				
	Kazanılmış-Travma	1	5.0				
Toplam		20	100.0	20	100.0		

*p<0.05, X²: Ki-kare değeri, n: Kişi Sayısı, %: Yüzde

Çalışmaya dahil edilen bireylerin demografik özellikleri Tablo 4.1.'de verilmiştir. Gruplara göre bireylerin yaş karşılaştırması Mann Whitney U testi, cinsiyet karşılaştırması ise ki kare analizi ile değerlendirilmiştir. Analiz sonucunda, çalışma ve kontrol grubu arasında cinsiyet ve yaş bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı bulunmuştur (p>0.05). Gruplar demografik özellikler açısından homojen dağılmaktadır.

Tablo 4.2. Katılımcıların Demografik Özellikleri

	Çalışma Grubu				Kontrol Grubu				Z	p
	Min	Maks	$\bar{X}$	SS	Min	Maks	$\bar{X}$	SS		
Yaş	19.00	45.00	30.05	8.04	18.00	45.00	31.30	9.49	-0.408	0.684
Koklear İmplant Yaşı	2.00	37.00	20.05	11.01					-	-
Koklear İmplant kullanım süresi (yıl)	1.00	22.00	10.00	6.03						

*p<0.05, Z: Mann Whitney U test, Min: Minimum, Max: Maksimum, $\bar{X}$: Ortalama, SS: Standart Sapma

Çalışma grubundaki bireylere yapılan işitme değerlendirmesinde, bireylerin Kİ kullanmayan karşı kulaklarında rezidüel işitmesi olan 7 kişi bulunmaktadır ve bu bireylerin karşı kulaklarında çok ileri derecede işitme kaybı olduğu görülmüştür. Bu bireylerin saf ses ortalamaları; 92 dB, 94 dB, 94 dB, 94 dB, 95 dB, 100 dB, 100 dB olarak elde edilmiştir. Spektral çözünürlük değerlendirmesinde kullandığımız uyaran seviyesi herhangi bir frekansta rezidüel işitmesi olan bireylerin işitme eşiği seviyelerine çıkmadığı için bireylerin karşı kulakları maskelenmemiştir. Kİ kullanan taraflarındaki işitme eşikleri 250-6000 Hz aralığında serbest alanda hoparlörler aracılığıyla değerlendirilmiş ve 25-40 dB HL aralığında konuşma muzunun içinde ve üzerinde eşikler elde edilmiştir. Kontrol grubundaki bireyler ise 125-8000 Hz aralığında, insert kulaklıklar ile değerlendirilmiş ve bilateral normal işitme seviyelerine sahip oldukları görülmüştür.

Araştırmada kullanılan SMDT ve KUIK ölçeği boyutlarından alınan skorların normallik analizi için kullanılan Shapiro-Wilk testine göre verilerin normal dağılmadığı görülmüştür (p<0.05).

4.2. Gruplara göre KUIK Ölçeği ve SMDT Bulgularının Karşılaştırılması

Gruplara göre testlerden elde edilen bulguları karşılaştırmak için Mann Whitney U testi uygulanmıştır. Analiz sonucunda, çalışma ve kontrol grubu arasında, SMDT skoru ve KUIK ölçeğinin KA, UA, İK alt ölçeklerinden elde edilen skorlar ve genel skorunda istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu bulunmuştur (p<0.05). Kontrol grubunda testlerden elde edilen skorlar daha iyi bulunmuştur.

Tablo 4.3. Gruplara göre KUIK Ölçeği ve SMDT Bulgularının Karşılaştırılması

	Grup	Min	Maks	Med	$\bar{X}$	SS	Z	p
SMDT Skoru	Çalışma grubu	0.33	2.63	1.12	1.26	0.61	-5.412	0.000*
	Kontrol grubu	5.60	9.47	7.18	7.38	1.14		
KA Skoru	Çalışma grubu	1.07	5.50	3.92	3.60	1.22	-5.433	0.000*
	Kontrol grubu	8.90	9.60	9.20	9.17	0.15		
UA Skoru	Çalışma grubu	1.35	5.35	3.64	3.33	1.30	-5.428	0.000*
	Kontrol grubu	9.00	10.00	9.45	9.51	0.44		
İK Skoru	Çalışma grubu	0.88	5.50	3.33	3.56	1.32	-5.440	0.000*
	Kontrol grubu	8.90	10.00	9.35	9.38	0.35		
Genel Skor	Çalışma grubu	1.09	4.99	3.70	3.49	1.19	-5.411	0.000*
	Kontrol grubu	9.00	9.73	9.35	9.35	0.26		

*p<0.05, Z: Mann Whitney U test, Min: Minimum, Max: Maksimum, $\bar{X}$: Ortalama, SS: Standart Sapma, SMDT: Spektral-Temporal Modüle Dalgalanma Testi, KUIK: Konuşma Uzaysal Algı ve İşitme Kalitesi Ölçeği, KA: Konuşma Algısı, UA: Uzaysal Algı, İK: İşitme Kalitesi

4.3. Gruplara Göre SMDT ve KUIK Ölçeği Bulgularının Korelasyonu

Testlerden elde edilen bulgular arasındaki ilişkiyi değerlendirmek için Spearman korelasyon uygulanmıştır. Analiz sonucunda çalışma grubunun SMDT skoru ile KUIK ölçeğinin KA ($r=0.474$, $p<0.05$), İK ($r=0.576$, $p<0.05$) ve genel skoru arasında ($r=0.463$, $p<0.05$) istatistiksel olarak anlamlı, pozitif yönlü ve orta düzey bir ilişki olduğu bulunurken UA skoru ile arasında ($r=0.267$, $p>0.05$) istatistiksel anlamda ilişki bulunamamıştır.

Kontrol grubunun SMDT skoru ile KUIK ölçeğinin KA ($r=0.539$, $p<0.05$) ve İK skoru ($r=0.490$, $p<0.05$) arasında istatistiksel olarak anlamlı, pozitif ve orta düzey bir ilişki bulunurken UA skoru ($r=0.813$, $p<0.05$) ve genel skoru ile arasında ($r=0.819$, $p<0.05$) istatistiksel olarak anlamlı, pozitif ve güçlü bir ilişki bulunmuştur.

Tablo 4.4. Gruplara Göre SMDT ve KUIK Ölçeği Bulgularının Korelasyonu

Grup		SMDT SKORU	
		r	p
Çalışma	KA skoru	0.474	0.035*
	UA skoru	0.267	0.255
	İK Skoru	0.576	0.008*
	Genel Skor	0.463	0.040*
		SMDT SKORU	
		r	p
Kontrol	KA Skoru	0.539	0.014*
	UA Skoru	0.813	0.000*
	İK Skoru	0.490	0.028*
	Genel Skor	0.819	0.000*

*p<0.05, r: Spearman Korelasyon katsayısı, SMDT: Spektral-Temporal Modüle Dalgalanma Testi, KUIK: Konuşma Uzaysal Algı ve İşitme Kalitesi Ölçeği, KA: Konuşma Algısı, UA: Uzaysal Algı, İK: İşitme Kalitesi

4.4. Test Sonuçlarını Etkileyebilecek Faktörlerin İncelenmesi

Çalışma grubunda, işitme kaybı tanı yaşı, işitme cihazı yaşı, işitme cihazı kullanım süresi, Kİ yaşı ve Kİ kullanım süresinin uygulanan testlerden elde edilen skorlarla arasındaki ilişkiyi değerlendirmek için Spearman korelasyon uygulanmıştır. Analiz sonucunda işitme kaybı tanı yaşı ve uzaysal algı skoru arasında (r:-0.467, p<0.05) istatistiksel olarak anlamlı, negatif ve zayıf bir ilişki olduğu bulunmuştur. Diğer faktörler ile uygulanan testlerden elde edilen skorlar arasında istatistiksel anlamda bir ilişki bulunamamıştır (p>0.05).

Tablo 4.5. Test Sonuçlarını Etkileyebilecek Faktörlerin İncelenmesi

Spearman Korelasyon	SMDT	KA	UA	İK	Genel skor	
İşitme Kaybı Tanı Yaşı	-0.097	-0.150	-0.467	-0.061	-0.247	r
	0.683	0.528	0.038	0.798	0.294	p
İşitme Cihazı Yaşı	-0.149	-0.048	-0.424	0.030	-0.172	r
	0.530	0.840	0.063	0.900	0.468	p
İşitme Cihazı Kullanım Süresi	-0.385	-0.291	0.034	-0.377	-0.083	r
	0.094	0.212	0.887	0.102	0.729	p
Kİ Yaşı	-0.430	-0.248	-0.245	-0.234	-0.170	r
	0.059	0.293	0.298	0.321	0.473	p
Kİ Kullanım Süresi	-0.017	-0.017	-0.040	-0.008	-0.108	r
	0.945	0.943	0.866	0.974	0.650	p

*p<0.05, r: Spearman Korelasyon katsayısı, SMDT: Spektral-Temporal Modüle Dalgalanma Testi, KUIK: Konuşma Uzaysal Algı ve İşitme Kalitesi Ölçeği, KA: Konuşma Algısı, UA: Uzaysal Algı, İK: İşitme Kalitesi Kİ: Koklear İmplant

5. TARTIŞMA

Kİ'lar ileri ila çok ileri derecede sensörinöral tipte işitme kaybı olan kişilerde nitelikli işitsel girdi sağlamada başarılı olmakla birlikte unilateral Kİ kullanımında, çevredeki kaynaklardan gelen ses sinyallerini tespit etme ve ayırt etme yeteneği normal işiten bireylere göre daha sınırlı olmaktadır. Bu sınırlama, başta rakip (*competing*) sinyallerin bulunduğu gürültülü ortamlarda konuşma algısı olmak üzere sessiz ortamlarda konuşmayı anlama, perde veya spektral içerikleri farklı olan sesleri ayırt etmede zorluk gibi pek çok olumsuz durumla sonuçlanmaktadır.

Bu çalışmada, 18-45 yaş aralığında unilateral Kİ kullanan ve bilateral normal işitmeye sahip bireylerin SMDT ile değerlendirilen spektral çözünürlük becerileri ile KUIK ölçeğinden elde edilen skorları değerlendirmek ve aralarındaki ilişkiyi belirlemek amaçlanmıştır. Çalışma ve kontrol grubuna katılan bireyler cinsiyet ($p=0.744$; $p>0.05$) ve yaş ($p=0.684$; $p>0.05$) bakımından anlamlı bir farklılık göstermemektedir. Çalışmamızın sonunda SMDT ile değerlendirilen spektral çözünürlük becerileri ve KUIK ölçeğinde elde edilen puanların çalışma ve kontrol grubunda anlamlı derecede farklı olduğu bulunmuştur ($p<0.001$). SMDT skoru ile KUIK alt boyutları arasındaki ilişkiye korelasyonel olarak bakıldığında çalışma grubunda, SMDT skoru ile KA ($r=0.474$, $p=0.035$; $p<0.05$), İK ($r=0.576$, $p=0.008$; $p<0.05$) ve genel skoru ($r=0.463$, $p=0.04$; $p<0.05$) arasında istatistiksel olarak anlamlı, pozitif ve orta düzey bir ilişki bulunmuştur. Yani çalışma grubunda, SMDT ile değerlendirilen spektral çözünürlük becerileri daha iyi olan bireylerin subjektif konuşma algısı ve işitme kalitesi skorları daha iyi bulunmuştur. Çalışma grubunda SMDT skoru ile UA skoru arasında ise istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunamamıştır ($r=0.267$, $p=0.255$; $p>0.05$). Kontrol grubunda SMDT skoru ile KA ($r=0.539$, $p=0.014$; $p<0.05$) ve İK ($r=0.490$, $p=0.028$; $p<0.05$) skoru arasında istatistiksel olarak anlamlı, pozitif ve orta düzey bir ilişki bulunmuştur, UA ($r=0.813$, $p<0.001$) ve genel skoru arasında ise istatistiksel olarak anlamlı, pozitif ve güçlü bir ilişki bulunmuştur. Sonuç olarak kontrol grubunda, SMDT ile değerlendirilen spektral çözünürlük becerileri daha iyi olan bireylerin, subjektif konuşma algısı, uzaysal algı ve işitme kalitesi skorlarının daha iyi olduğu bulunmuştur.

5.1. Spektral Çözünürlük

Spektral çözünürlük becerisi, konuşma gibi kompleks sinyallerdeki frekans bilgisinin analiz edilmesi, kullanılması ve seslerin frekans farklılıklarına göre ayırt edilme yeteneğini yansıtmaktadır. Kompleks bir akustik spektrumdaki tepe noktalarının frekans konumlarının algılanması, sesli harflerin tanınması ve konuşmanın algılanması açısından çok önemlidir. Fakat frekansı ayırt etme yeteneği Kİ kullanıcıları arasında değişkendir ve Kİ kullanıcılarında normal işiten bireyler ve işitme cihazı kullanıcılarıyla kıyaslandığında genellikle daha zayıf olduğu bulunmuştur (102,103). Bir Kİ sistemi spektral çözünürlüğü intrakoklear elektrot sayısı ve işlemci ayarları gibi teknolojik nedenlerden dolayı sınırlasa da bir grup araştırmacı bu performans düşüklüğünün sadece cihaza atfedilmenin ötesinde olduğunu belirtmiştir (104,105). Nöronların sayısı, işlevselliği ve konumu, elektrotların uyarılabilir nöronlara göre konumu, implant sisteminin spektral bileşenleri karakteristik frekansların olduğu farklı işitsel nöron gruplarına iletilme yeteneği ve işitsel plastisite gibi faktörler spektral çözünürlük becerisini etkilemektedir (106,107).

Aşağıdan yukarıya (Bottom-up) girdi kalitesi Kİ kullanıcılarında konuşma tanıma sonuçlarına önemli ölçüde katkıda bulunmaktadır. Aşağıdan yukarıya işlemlemeyi değerlendirmede yaygın olarak kullanılan yaklaşımlar, Kİ kullanıcıları arasında değişkenlik gösterdiği bilinen, spektral ve zamansal işlemlemenin dilsel olmayan davranışsal ölçümleridir. Bu değerlendirmeler Kİ kullanıcılarına iletilen sinyalin doğruluğunu değerlendirmek konusunda faydalı bilgiler vermektedir. Zayıf spektral çözünürlük becerisi, işitme kaybı olan, koklear implantlı ve Kİ simülasyonlarını dinleyen normal işiten yetişkinlerde fonksiyonel işitme performansını sınırlayabilmektedir (28).

Kİ kullanıcısı olan bireylerin spektral çözünürlük becerisinin, konuşma ve müzik algısı üzerindeki performansı ile ilişkili olduğu ve spektral alanda akustik olarak farklı olan uyaranları ne kadar iyi ayırt edebileceğine dair bir fikir verdiği yapılmış olan birçok çalışmada gösterilmiştir (108). Düşük yoğunluklu spektral dalgalanmalar içeren SMDT gibi spektral çözünürlük testlerinin, yüksek yoğunluklu

spektral dalgalanmalar içeren testlere göre Kİ kullanıcılarının konuşma ve müzik algılarıyla daha fazla ilişkili olduğu bulunmuştur (109,110).

Yapılan birçok çalışmada spektral çözünürlük becerisinin, yetişkin Kİ kullanıcılarında açık uçlu konuşma algısıyla güçlü bir şekilde ilişkili olduğu bulunmuştur (105,111–113). Lawler ve ark. (114)'nın unilateral, bilateral ve bimodal Kİ kullanıcılarında SMDT skorlarının gürültüde ve sessiz ortamda konuşma algısı ile ilişkisini araştırmak üzere yaptıkları çalışmada SMDT skorlarının gürültüde ve sessiz ortamda konuşma algısı ile ilişkili olduğunu bulmuşlardır ve SMDT'de 1 RPO'luk artışın *Arizona Biomedical Institute Sentence Test* (AzBio)'inde %12,1 performans artışıyla ilişkili olduğunu göstermişlerdir. Holden ve ark. (115), unilateral Kİ kullanıcısı olan bireyler ile yürüttükleri çalışma sonunda benzer şekilde SMDT puanlarının gürültüde ve sessiz ortamda konuşma algısı ile ilişkili olduğunu göstermişlerdir. Zhou (116), yaptığı çalışmada da unilateral Kİ kullanıcılarında SMDT ile gürültüde konuşma tanıma performansı arasında bir korelasyon bulmuştur. Çalışmasında 1 RPO'luk bir iyileşmenin, gürültüde konuşmayı anlama testi için 2,63 dB'lik bir SRT iyileşmesine karşılık geldiğini göstermiştir. Won ve ark. (117) yaptıkları çalışmada spektral çözünürlük becerisinin sesli harf tanıma üzerinde etkili olduğunu bulmuştur. Bu şekilde birçok araştırmacı konuşmayı tanıma ve uyarım yeri algısı arasında ilişki olduğunu bildirmiş olsa da Zwolan ve ark. (118) bu iki ölçüm arasında bir korelasyon olmadığını, Henry ve ark. (119) ise yalnızca düşük ve orta frekans bölgeleri için bir korelasyon olduğunu bulmuştur. Bizim çalışmamızda, spektral çözünürlük ile objektif konuşma algısı değerlendirmelerinden elde edilen bulgular arasında yüksek oranda korelasyon bulunan çalışmalarla kıyaslandığında, bireylerin günlük konuşma ortamlarında karşılaştıkları birçok durumun öz değerlendirmesini sağlayan KUIK ölçeğinin KA ve İK alanları ile spektral çözünürlük arasında hem çalışma hem de kontrol grubunda orta düzey bir korelasyon bulunmuştur. Bu duruma neden olabilecek etmenler arasında objektif testlerin uygulandığı laboratuvar koşullarının gerçek yaşam koşullarını tam olarak yansıtmaması olabileceği gibi subjektif değerlendirmelerde bireylerin kendi işitme becerilerine ilişkin görüşlerinin gerçek işitsel yeteneklerini yansıtmaması da olabilir. Ayrıca çalışmalar arasındaki farklılığa katılımcılar arasındaki farklılıklar da etki etmiş olabilir.

Lazard ve ark. (120) ve Eapen ve ark. (121) yaptıkları çalışmada implant deneyimi ve implantasyon yaşı gibi faktörlerin konuşma algısını etkilediğini fakat SMDT skorları üzerinde karşılaştırılabilir bir etkisinin olmadığını göstermişlerdir. Öte yandan Lawler ve ark. (114) katılımcı özelliklerinin etkilerini analiz etmişlerdir. Çalışmalarında prelingual işitme kaybı başlangıcı olan çok az sayıda katılımcı olmasına rağmen, bu kişiler postlingual işitme kaybı başlangıcı olanlarla benzer puanlar almışlardır. Ek olarak, SMDT ve AzBio puanları arasındaki ilişkinin eğimi ve kesişimi iki grup için benzer bulunmuştur. İşitme kaybının başlangıç yaşı ve her iki kulak için Kİ kullanım süresi ile SMDT ve AzBio skorları arasında da anlamlı bir korelasyon bulamamışlardır. Landsberger ve ark. (5) yürüttükleri çalışmada yetişkin Kİ kullanıcılarının SMDT’de aldıkları skorların yaş ile negatif ilişkili olduğunu bulmuşlardır. Normal bireyler üzerinde çalışan Sheft ve ark.(122) spektral çözünürlük ve konuşmayı anlama becerisinin yaş ile kötüleştiğini bulmuşlardır. Nambi ve ark. (123), da benzer şekilde spektral çözünürlük ve gürültüde konuşmayı anlama becerisinin, geriatric grupta, genç yetişkinlere göre daha zayıf olduğunu bulmuşlardır. Bizim çalışmamızda, unilateral Kİ kullanıcısı olan çalışma grubunda, işitme cihazı yaşı, işitme cihazı kullanım süresi, Kİ yaşı ve Kİ kullanım süresi ile SMDT ve KUIK ölçeği bulguları arasında istatistiksel anlamda ilişki bulunamamıştır. Fakat işitme kaybı tanı yaşı ve UA skoru arasında istatistiksel olarak anlamlı, negatif ve zayıf bir ilişki bulunmuştur.

Ayrıca yapılan bazı çalışmalar bilişsel etkilerin SMDT testindeki performansa etki edebileceğini belirtmiştir. Moberly ve ark. (28)’nın yaptıkları çalışmada SMDT testinden daha yüksek skor alan bireylerin bilişsel-dilsel ölçümde daha düşük SMDT skorlarına sahip bireylerden daha iyi performans gösterdiğini bulmuşlardır. Kirby ve ark. (124) yaptıkları çalışmada, işitme cihazı kullanan çocuklarda daha iyi genel bilişsel yeteneklerin daha iyi SMDT eşikleri ile ilişkili olduğunu bulmuşlardır.

Spektral çözünürlük değerlendirmesi için birkaç çalışma Kİ konuşma işlemcisi çıkışının 2,1 RPO üzerindeki uyarınları iletemediğini ve bu nedenle, 2,1 RPO’nun üzerindeki SMDT puanlarının dikkatli bir şekilde yorumlanması gerektiğini belirtmiştir (125,126). Fakat SMDT skorları Holden ve ark. (115)’nin unilateral Kİ kullanıcıları üzerinde yaptıkları çalışmada 1.5 ila 6.2 RPO aralığında bulunmuştur. Lawler ve ark. (114) yürüttükleri çalışmada ise bilateral, unilateral ve bimodal Kİ

kullanıcılarını değerlendirmişlerdir ve SMDT skorunda aralık 0.3 ila 8.3 RPO bulunmuştur ve gruplar arasında istatistiksel anlamda fark bulunmamıştır. Bizim çalışmamızda da unilateral Kİ kullanıcılarının SMDT'den aldıkları skorlar literatürde bildirilen skor aralığının içinde bulunarak uyumlu bulunmuştur. David ve ark. (5) yaptıkları çalışmada bilateral normal işitmeye sahip yetişkin bireylerin SMDT skorları $9,35 \pm 0,90$ RPO arasında bulunmuştur. Tao ve ark. (127)'nin yürüttükleri çalışmada normal işitmeye sahip 21 ila 28 yaş arasındaki bireylerin SMDT skorları $8,53 \pm 1,02$ aralığında bulunmuştur. Bizim çalışmamızda da normal işitmeye sahip olan bireylerden elde ettiğimiz SMDT skorları literatürle uyumlu bulunmuştur.

5.2. Konuşma, Uzaysal Algı ve İşitme Kalitesi Ölçeği

İşitme sistemi yalnızca konuşmayı duymaya hizmet etmemekte aynı zamanda çevredeki farklı sesleri ayırt etme ve bunların konumlarını belirleme gibi bir dizi işlevi de yerine getirmektedir. Bireyler hem günlük dinleme ortamlarında hem de müzik dinlemek gibi rekreasyonel faaliyetlerinde olayları tespit etmek ve tanımlamak için işitme duyularını kullanmaktadırlar (128). Koklear implantasyon sonrasında işitsel sistemin bu işlevlerini değerlendirmek için objektif ve subjektif olmak üzere birçok değerlendirme yöntemi bulunmaktadır. Klinik olarak uygulanan konuşmayı tanıma ve lokalizasyon testleri gibi fonksiyonel işitmeyi değerlendiren objektif testler zaman alıcıdır ve bu testlerin uygulandığı laboratuvar koşulları günlük yaşamın dinleme ortamlarını tam olarak yansıtmadığı için çalışmalarda farklı sonuçlar elde edilmektedir. Subjektif testlerin (anketler ve/veya ölçekler) gerçekleştirilmesi kolaydır ve kısa sürede büyük miktarda veri toplanmasına olanak tanımaktadır. Standart klinik değerlendirmeler genellikle objektif testleri uygulamaya yönelik olsa da günümüz sağlık hizmetlerinde hastanın subjektif deneyimleri önem kazanmaktadır (91). Anketler gibi subjektif yöntemler, bireysel fonksiyonel işitmeye ve kişinin çevreyle ilişkisine ilişkin daha gerçekçi bir görüş sağlamaktadır. Anketlerin kullanıldığı fonksiyonel işitme değerlendirmeleri, yalnızca insanların ne duyduğu hakkında bilgi sağlamakla kalmaz, aynı zamanda bu kişilerin günlük yaşamda duyduklarıyla nasıl etkileşime girdiği ve dinleme davranışlarının farklı çevre koşullarına ve farklı konuşmacılara bağlı olarak nasıl değiştiği hakkında da bilgi sağlamaktadır. Anketler ayrıca bireysel müdahale veya ileri değerlendirme ihtiyaçları hakkında da bilgi vermekte ve amplifikasyon sistemleri ve müdahalelerin faydalarını belgelemek için

kullanılabilmektedir. Literatürdeki çalışmalara bakıldığında aynı alanları subjektif ve objektif olarak değerlendiren testler arasında elde edilen korelasyonlar beklenen düzeyde değildir ve işitme kayıplı bireylerde uygulanan re/habilitasyon seçeneklerinin çıktılarını daha net görmek için bu iki alandaki testlerin beraber kullanılmasının daha faydalı olacağı belirtilmiştir.

KUIK ölçeği, günlük yaşamda karşılaşılan çeşitli kompleks dinleme durumlarında, işitsel fonksiyonun öz değerlendirmesidir. KUIK ölçeği 3 alt boyut ve toplamda 49 maddeden oluşmaktadır. Bireyler, her bir maddeyle ilgili yeteneklerini veya deneyimlerini 0-10 arası bir ölçekte derecelendirmektedir; burada 10, maddeyle ilgili yüksek düzeyde yetenek veya deneyimi belirtirken 0, maddeyle ilgili düşük düzeyde yetenek veya deneyimi belirtmektedir.

Ramakers ve ark. (91)'nın unilateral ve bilateral Kİ kullanan bireyler ile yürüttükleri çalışmada konuşma algısı ve lokalizasyon becerilerini subjektif ve objektif olarak değerlendirmişlerdir. Subjektif değerlendirme için SSQ ve Nijmegen Cochlear Implant Questionnaire (NCIQ) kullanmışlardır. Objektif değerlendirmede ise gürültüde konuşma algısı ve lokalizasyon becerisini değerlendirmişlerdir. Yaptıkları objektif ve subjektif testler arasındaki korelasyonu değerlendirmişlerdir. Çalışmalarının sonunda subjektif test sonuçları ile (SSQ-konuşma algısı boyutu ve NCIQ- gelişmiş konuşma algısı alanı) ilgili objektif gürültüde konuşma algısı testi arasında zayıf ila orta düzeyde anlamlı korelasyonlar bulmuşlardır. Subjektif test sonuçları (SSQ- uzaysal algı boyutu) ile ilgili objektif lokalizasyon testi sonuçları arasında ise anlamlı orta düzeyde bir korelasyon bulmuşlardır. Bilateral Kİ hastalarından oluşan gruptaki korelasyonlar, tek taraflı Kİ hastalarından oluşan gruptaki korelasyonlardan anlamlı farklılık göstermemiştir. Çalışmalarının sonunda mevcut objektif testlerin bireylerin günlük dinleme durumlarını tam olarak yansıtmadığını ve koklear implantasyon uygulaması sonrasında gelişimin değerlendirilmesinde, subjektif değerlendirmelerin önemini ve gerekliliğini belirtmişlerdir. Sonuç olarak Kİ kullanıcılarında gelişimi daha net görmek için hem objektif hem de subjektif testlerin düzenli olarak değerlendirilmesi gerektiğini tavsiye etmişlerdir.

McRackan ve ark. (129) yayınladıkları bir meta-analize, Kİ kullanıcılarında objektif ve subjektif testlerin korelasyonunu araştıran 13 çalışmayı dahil etmişlerdir. Çalışmalar, objektif test sonuçları ile bu testleri subjektif olarak değerlendiren anket skorları arasında zayıf korelasyon bulmuştur ($r = 0.26$, $p:0.0064$). Meta-analize dahil edilmeyen diğer çalışmalarda da subjektif ve objektif konuşma algısı testleri arasında ağırlıklı olarak zayıf ila orta düzeyde korelasyonlar bulunmuştur (130,131).

Hirschfelder ve ark. (132) bir çalışmasında, 56 unilateral Kİ kullanıcısında subjektif ve objektif işitme testleri karşılaştırılmıştır. NCIQ'nun toplam puanı, gelişmiş ses algısı ve konuşma üretim alanları ile objektif sessiz ortamda *Freiburger* tek heceli kelime testi ve gürültüde *Hochmair, Schulz, Mozer* (HSM) cümle testleri arasında anlamlı zayıf ila orta düzeyde ($r = 0,28-0,56$) korelasyonlar bulmuşlardır. Bizim çalışmamızda da bu çalışmalara benzer şekilde, konuşma algısı ile yüksek oranda ilişkili olduğu birçok çalışmada gösterilmiş olan spektral çözünürlük becerisi ile subjektif konuşma algısı ve işitme kalitesi arasında orta düzeyde bir ilişki olduğu bulunmuştur.

Lee (133)'nin unilateral Kİ kullanıcısı ve bilateral normal işitmeye sahip olan yetişkin bireyler üzerinde yaptığı bir çalışmada, SSQ ve horizontal düzlemdeki lokalizasyon becerisi değerlendirilmiştir. Lokalizasyon testi konuşma sesi, konuşma gürültüsü, 500 Hz warble tone, 1 kHz warble tone ve 4 kHz warble tone uyaranlarında yapılmıştır. Çalışmalarının sonunda unilateral Kİ kullanıcıları, SSQ anketinin uzaysal algı alt boyutunda diğer alt boyutlardan istatistiksel olarak anlamlı derecede daha kötü skorlar almışlardır. Tek taraflı Kİ kullanıcılarında yapılan lokalizasyon testinde 5 uyaran arasında performans ölçütünde istatistiksel anlamda bir fark bulunmamıştır ve normal işiten bireylere göre anlamlı derecede kötü performans göstermişlerdir. SSQ'nun alt boyutlarıyla yapılan lokalizasyon testi korelasyonunda, en yüksek korelasyon derecesi uzaysal algı alt ölçeğiyle olmuştur ve bu bulguyla SSQ anketinin lokalizasyon testi ekipmanın olmadığı durumlarda kullanılabileceği sonucuna varmışlardır. Bizim çalışmamızda ise kontrol grubunda, SMDT ile değerlendirilen spektral çözünürlük becerisi ile KUIK Ölçeği alt boyutları arasındaki ilişkide en yüksek korelasyon uzaysal algı ile bulunmuştur. Bu bulgu ile spektral çözünürlük becerisinin lokalizasyon yeteneği ile ilişkili olabileceği düşünülmüştür, fakat ileride yapılacak çalışmalarla desteklenmelidir.

Çiprut ve ark. (134)'nın yaptıkları çalışmada; bilateral, bimodal ve unilateral Kİ kullanıcıları, KUIK ölçeği bileşenleri ve genel KUIK puanları açısından karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Eşli karşılaştırmalarda KUIK alt bileşenleri ve genel KUIK toplam puanları açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmuştur. Bilateral Kİ kullanıcılarında elde edilen bulguların bimodal ve unilateral Kİ kullanıcılarından daha iyi olduğu bulunmuştur. Bimodal Kİ kullanıcılarının ise unilateral Kİ kullanıcılarına göre daha iyi skorlar aldığı bulunmuştur. Unilateral Kİ kullanıcılarından elde edilen skorlar bizim çalışmamızla uyumlu bulunmuştur.

Kılıç ve ark. (135)'nin bilateral normal işitmeye sahip ve işitme kayıplı bireyleri KUIK ölçeği ile değerlendirdikleri çalışmada, normal işiten bireylerden elde edilen skorlar çalışmamızla uyumlu bulunmuştur.

5.3. Ses Lokalizasyonu ve Spektral Çözünürlük İlişkisi

Ses lokalizasyonu, çoğunlukla binaural işitmeye dayanmaktadır ve yatay düzlemde sesin konumu kulaklar arası şiddet ve zaman farklılıklarına dayanmaktadır. Sesin dikey konumu ve ön/arka lokalizasyonu ise HRTF aracılığıyla ses dalgalarının yöne bağlı filtrelenmesiyle ortaya çıkan spektral şekil ipuçlarına dayanmaktadır. Bu ipuçları, her iki kulaktan ayrı ayrı alınan sesin spektrumuna dayanmaktadır.

Binaural işitsel etkileşimin birçok faydası vardır ve esas olarak beyin sapı yapılarında gerçekleşmektedir. Asimetrik işitmenin binaural işitsel etkileşimi ve mekansal ses algısını etkilediği bilinmektedir. Ancak çalışmalar, tek taraflı işiten kişilerin sesin yerini belirleme konusunda bir miktar yeteneğe sahip olduğunu göstermiştir; bu bulgu, monoaural spektral ipuçlarının önemini güçlendirmektedir. Bu ipuçlarının, HRTF'nin bir sonucu olduğu düşünülmektedir. Ayrıca bir de unilateral Kİ kullanıcılarında, implantasyondan sonra lokalizasyon yeteneğinde öğrenmeyle kademeli bir spontan telafi süreci gerçekleşebileceği ve kendiliğinden gelişen bir miktar uzaysal ses lokalizasyonu yeteneğine sahip olabilecekleri belirtilmiştir (136).

Grantham ve ark. (137)'nin yaptıkları çalışmada, 6 postlingual işitme kayıplı unilateral Kİ kullanıcısının horizontal düzlemdeki lokalizasyon becerisini araştırdıkları çalışmada, 3 unilateral Kİ kullanan birey nispeten daha iyi lokalizasyon

becerisi göstermiştir ve çalışmalarının sonunda, frekansa bağlı baş gölge etkisine dayanan ince monoaural ipuçlarını kullanmayı öğrenebildikleri için sesleri şans seviyesinden daha iyi bir derecede lokalize edebiliyor olabilecekleri sonucuna varmışlardır. Bununla birlikte tek taraflı implante edilmiş olan bireylerin performanslarının, bilateral implante edilmiş bireyler üzerinde yapılan önceki çalışmalarda bildirilenlerden önemli ölçüde daha zayıf olduğunu belirtmişlerdir.

Luntz ve ark. (136) yaptıkları çalışmada bilateral normal işiten bireylerin tek kulakları akut olarak kapatıldığında monoaural durumda ses lokalizasyon becerisinin normal işiten bireylerde ciddi şekilde bozulduğunu ve unilateral Kİ kullanan bireylerden daha kötü sonuçlar aldıklarını bulmuşlardır. Bu durumda unilateral Kİ kullanıcılarında, tek kulaktan gelen spektral bilgilerin kullanılmasının zaman içerisinde öğrenmekle ilgili olduğu belirtilmiştir. Middlebrooks, J.C. (89) tarafından yapılan çalışmada konjenital unilateral ileri ila çok ileri derecede sensörinöral tipte işitme kaybına sahip bireyler ve bilateral normal işitmeye sahip bireyler yatay düzlemdeki ses lokalizasyonu bakımından değerlendirilmiştir. Bilateral normal işitmeye sahip bireyler akut olarak tek kulakları kapatıldığında, çalışmadaki bazı konjenital tek taraflı işitme kaybı olan bireylerle benzer lokalizasyon performansı göstermiş ve sesleri çoğunlukla açık kulağın tarafında lokalize etmişlerdir. Fakat diğer tek taraflı işitme kaybına sahip bireyler tek kulakları kapatılan normal işiten bireylerden daha iyi bir sonuç almışlardır. Çalışmalarının sonunda tek taraflı işitme kaybına sahip olup daha iyi lokalizasyon becerisi gösteren bireylerin, normal işiten bireylerin dikey ve ön/arka lokalizasyon için kullandıkları spektral şekil ipuçlarını tek taraflı işiten bireylerin yatay düzlemdeki ses lokalizasyonu için kullanmayı öğrenmiş olabilecekleri belirtilmiştir.

Monoaural işitmeye sahip bireylerin ses lokalizasyon performansındaki bu bireysel farklılıkların yanı sıra spektral ipuçlarının kalitesi ve/veya bunları işleme yeteneği, normal işiten dinleyiciler arasında da farklılık gösterebilmektedir. Ön/arka ve yukarı/aşağı boyutlarında lokalizasyonun büyük bireysel farklılıklar gösterdiği ve gürültülü ortamlarda bireysel farklılıkların arttığı belirtilmiştir (138). Bu konuyla ilgili Andéol ve ark. (138) 19 normal işiten birey üzerinde yaptıkları çalışmada, ses lokalizasyon performansındaki bireysel değişkenliğin, spektral zarfa duyarlılıktaki farklılıklara (algısal hipotez) ve/veya bireysel HRTF akustiğindeki farklılıklara

(akustik hipotez) ne ölçüde atfedilebileceğini araştırmışlardır. Çalışmalarında SMDT testine benzer bir test olan spektral şekle duyarlılığı ölçmek için spektral modülasyon tespit görevi kullanarak spektral modülasyon eşiğini (*Spectral Modulation Threshold*, SMT) değerlendirmişlerdir. Lokalizasyon testi -7,5 dB ile +5 dB arasında değişen sinyal-gürültü oranlarına (SNR'ler) sahip 6 maskeli koşulda gerçekleştirilmiştir ve uyaranlar, yatay (30° lateral) ve farklı dikey açılarda sunulmuştur. Çalışma sonunda spektral kontrastı bozan gürültülü bir arka planda elde edilen lokalizasyon verileri için, spektral şekle daha duyarlı olan yani spektral modülasyon eşiği daha düşük olan bireylerin ses lokalizasyonunda daha iyi performans gösterdiğini bulmuşlardır. Çalışmalarında belirli bir akustik faktör yani HRTF farklılıklarına bağlı bireysel ses lokalizasyon performansı arasında anlamlı bir ilişki bulamamışlardır. Ses lokalizasyon performansı ile spektral modülasyon eşikleri arasında gözlemlenen korelasyonlar, spektral zarfa duyarlılığın, ses lokalizasyon performansındaki bireysel değişkenliğe katkıda bulunan faktörlerden biri olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmalarının sonunda ses lokalizasyon performansındaki bireysel farklılıkların nedeni olarak akustik hipotezin yerine algısal hipotezin daha belirleyici olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmamızda uzaysal işitmeyi subjektif olarak değerlendirdik ve kontrol grubunda bu çalışmaya benzer sonuçlar elde ederek spektral çözünürlük becerisi ile subjektif uzaysal algı arasında yüksek oranda ilişki olduğunu bulduk. Fakat unilateral Kİ kullanan bireylerde anlamlı bir ilişki bulamadık.

Franci ve ark. (139) normal işiten bireylerde yaptıkları çalışmada, geniş bant uyaran için vertikal ve horizontal düzlemdeki lokalizasyonun spektral çözünürlük becerisiyle ilgili olduğunu bulmuşlardır. Van Opstal ve ark. (140) normal işiten bireyler üzerinde yaptıkları çalışmada spektral ipuçlarının vertikal düzlemdeki lokalizasyonda etkili olduğunu bulmuşlardır.

Good ve ark. (141) yaptıkları çalışmada bilateral normal işitmeye sahip 3 bireyin yatay, dikey ve ön/arka konumlardaki lokalizasyon becerisinin sinyal gürültü oranıyla ilişkisini değerlendirmişlerdir. Sinyal-gürültü oranının azalmasıyla ön/arka ve yukarı/aşağı düzlemlerdeki lokalizasyon hatalarının arttığı görülmüştür ve çalışmalarının sonunda spektral ipuçların lokalizasyonunun arka plan gürültüsünden etkilendiği sonucuna varmışlardır.

Literatürdeki çalışmalara bakıldığında, çalışmamızın planlanma aşamasında spektral çözünürlük performansı iyi olan yani periferik işitsel yollardan merkezi işitsel yollara iletilen sinyalin kalitesi daha iyi olduğunda unilateral Kİ kullanıcılarında ve bilateral normal işitmeye sahip olan bireylerde, spektral şekil ipuçlarının daha iyi kullanılabileceği düşünülmüştür ve spektral çözünürlük becerisi daha iyi olan bireylerin günlük yaşamdaki ses lokalizasyonunda daha iyi performans göstereceği varsayılmıştır. Lokalizasyon becerisi KUIK ölçeğinin ‘Uzaysal Algı’ alt boyutu ile subjektif olarak değerlendirilmiştir. Çalışmamızın sonunda çalışma grubunda spektral çözünürlük becerisinin uzaysal algı boyutundan alınan skorlarla ilişkili olmadığı bulunmuştur. Bu durumun nedeni olarak bireylerin öz değerlendirme yoluyla değerlendirilen lokalizasyon performanslarını, gerçekte olandan farklı nitelendirdiği için olabileceği ve ileriki çalışmalarda bireylerin spektral çözünürlük becerileriyle subjektif ve objektif lokalizasyon testi sonuçları karşılaştırılırsa daha anlamlı sonuçların elde edilebileceği düşünülmüştür. Kontrol grubunda ise spektral çözünürlük becerisi ile subjektif uzaysal algı değerlendirmesi arasında güçlü pozitif korelasyon bulunarak varsayımımız desteklenmiştir.

Çalışmamızda objektif spektral çözünürlük değerlendirmesi ve subjektif KUIK Ölçeği kullanılmıştır. Çalışmamızın sınırlılıkları KUIK ölçeğinin alt boyutlarını doğrudan objektif olarak değerlendiren lokalizasyon ve konuşma testlerinin olmaması ve ayrıca katılımcı sayısının azlığıdır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmamızda çalışma grubuna, bilateral ileri ila çok ileri derecede işitme kaybına sahip olup unilateral Kİ kullanıcısı 20 kişi ve kontrol grubuna bilateral normal işitmeye sahip 20 kişi olmak üzere toplamda 40 kişi dahil edilmiştir. Çalışmamızda bireylerin spektral çözünürlük becerileri ve günlük yaşamda deneyimledikleri işitsel olaylar karşısındaki fonksiyonel işitmelerinin ayrıntılı bir öz değerlendirmesini veren KUIK ölçeği skorları değerlendirilmiştir. Spektral çözünürlük becerisi ve KUIK ölçeği bulguları çalışma ve kontrol grubunda ayrı ayrı değerlendirilmiş ve spektral çözünürlük ile KUIK alt boyutları ve genel skoru arasındaki ilişki incelenmiştir.

Spektral çözünürlük değerlendirmesinde, kontrol grubunda çalışma grubuna göre anlamlı derecede daha iyi sonuçlar bulunmuştur. Bu bulgu sonucunda H_{11} hipotezi doğrulanmıştır. KUIK ölçeğinde 3 alt boyut ve genel KUIK skorunda kontrol grubunda çalışma grubuna göre anlamlı derecede daha iyi sonuçlar bulunmuştur. Bu bulgu sonucunda H_{12} hipotezi doğrulanmıştır.

Spektral çözünürlük becerisi ile KUIK ölçeğinin 3 alt boyutu ve genel skoru arasındaki ilişkiye bakıldığında, çalışma grubunda SMDT skoru ile KUIK ölçeğinin KA ($r=0.474$, $p=0.035$; $p<0.05$), İK ($r=0.576$, $p=0.008$; $p<0.05$) ve genel skorunda ($r=0.463$, $p=0.04$; $p<0.05$) elde edilen puanlar ile arasında istatistiksel olarak anlamlı, pozitif ve orta düzey bir ilişki bulunurken UA ile arasında çok zayıf pozitif bir korelasyon ($r=0.267$, $p=0.255$; $p>0.05$) olduğu görülmüştür, fakat anlamlı bulunmamıştır.

Kontrol grubunun SMDT skoru ile KUIK ölçeğinin KA ($r=0.539$, $p=0.014$; $p<0.05$) ve İK alt boyutu skoru arasında ($r=0.490$, $p=0.028$; $p<0.05$) istatistiksel olarak anlamlı, pozitif ve orta düzey bir ilişki, UA alt boyutu ($r=0.813$, $p<0.001$) ve genel skoru arasında ($r=0.819$, $p<0.001$) ise istatistiksel olarak anlamlı, pozitif ve güçlü bir ilişki bulunmuştur. Dolayısıyla çalışma grubundaki bireylerin SMDT skoru ile UA skoru arasındaki korelasyon dışında H_{13} hipotezimiz doğrulanmıştır.

Birçok çalışmada, sessiz ve gürültülü ortamda objektif konuşma algısı testleri ile spektral çözünürlük becerisi arasında yüksek oranda korelasyon bulunmasına rağmen bizim çalışmamızda kullanılan KUIK ölçeğinin KA ve İK alanları ile spektral

7. KAYNAKÇA

1. Erixon E, Högstorp H, Wadin K, Rask-Andersen H. Variational Anatomy of the Human Cochlea. *Otology & Neurotology*. 2009 Jan;30(1):14–22.
2. Scheperle RA, Abbas PJ. Relationships Among Peripheral and Central Electrophysiological Measures of Spatial and Spectral Selectivity and Speech Perception in Cochlear Implant Users. *Ear Hear*. 2015 Jul;36(4):441–53.
3. Turgeon C, Champoux F, Lepore F, Ellemberg D. Deficits in auditory frequency discrimination and speech recognition in cochlear implant users. *Cochlear Implants Int*. 2015 Mar 12;16(2):88–94.
4. Horn DL, Dudley DJ, Dedhia K, Nie K, Drennan WR, Won JH, et al. Effects of age and hearing mechanism on spectral resolution in normal hearing and cochlear-implanted listeners. *J Acoust Soc Am*. 2017 Jan 1;141(1):613–23.
5. Landsberger DM, Padilla M, Martinez AS, Eisenberg LS. Spectral-Temporal Modulated Ripple Discrimination by Children With Cochlear Implants. *Ear Hear*. 2018 Jan;39(1):60–8.
6. Chen F, Zhang YT. A novel temporal fine structure-based speech synthesis model for cochlear implant. *Signal Processing*. 2008 Nov;88(11):2693–9.
7. Temporal information in speech: acoustic, auditory and linguistic aspects. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*. 1992 Jun 29;336(1278):367–73.
8. Cullington HE, Zeng FG. Comparison of Bimodal and Bilateral Cochlear Implant Users on Speech Recognition With Competing Talker, Music Perception, Affective Prosody Discrimination, and Talker Identification. *Ear Hear*. 2011 Feb;32(1):16–30.
9. Boyle PJ, Nunn TB, O'Connor AF, Moore BCJ. STARR. *Ear Hear*. 2013 Mar;34(2):203–12.
10. McDermott JH, Oxenham AJ. Music perception, pitch, and the auditory system. *Curr Opin Neurobiol*. 2008 Aug;18(4):452–63.
11. Zeng FG. Temporal pitch in electric hearing. *Hear Res*. 2002 Dec;174(1–2):101–6.
12. Jones H, Kan A, Litovsky RY. Comparing Sound Localization Deficits in Bilateral Cochlear-Implant Users and Vocoder Simulations With Normal-Hearing Listeners. *Trends Hear*. 2014 Oct 17;18:233121651455457.
13. Best V, Laback B, Majdak P. Binaural interference in bilateral cochlear-implant listeners. *J Acoust Soc Am*. 2011 Nov 1;130(5):2939–50.
14. Warnecke M, Peng ZE, Litovsky RY. The impact of temporal fine structure and signal envelope on auditory motion perception. *PLoS One*. 2020 Aug 21;15(8):e0238125.
15. Brad A. Stach. *Clinical Audiology: An Introduction*. Second Edition. Delmar Cengage Learning; 2010.
16. Dale Purves, George J Augustine, David Fitzpatrick, Lawrence C Katz, Anthony-Samuel LaMantia, James O McNamara, et al., editors. *Neuroscience*. 2nd Edition. Sunderland (MA): Sinauer Associates; 2001.

17. Shaw EAG. Transformation of sound pressure level from the free field to the eardrum in the horizontal plane. *J Acoust Soc Am*. 1974 Dec 1;56(6):1848–61.
18. The role of the pinna in human localization. *Proc R Soc Lond B Biol Sci*. 1967 Aug 15;168(1011):158–80.
19. Ben Greenstein AG. *Color Atlas of Neuroscience Neuroanatomy and Neurophysiology*. Stuttgart - New York: Thieme ; 2000.
20. Lim DJ. Functional structure of the organ of Corti: a review. *Hear Res*. 1986 Jan;22(1–3):117–46.
21. Kollmeier B. Anatomy, Physiology and Function of the Auditory System. In: *Handbook of Signal Processing in Acoustics*. New York, NY: Springer New York; 2008. p. 147–58.
22. Fettiplace R. Hair Cell Transduction, Tuning, and Synaptic Transmission in the Mammalian Cochlea. In: *Comprehensive Physiology*. Wiley; 2017. p. 1197–227.
23. Dhanasingh A, Hochmair I. Signal processing & audio processors. *Acta Otolaryngol*. 2021;141(S1):106–34.
24. Joris J.J. Dirckx. *Programming Cochlear Implants for Auditory Performance*. Universiteit Antwerpen; 2014.
25. Davies-Venn E, Nelson P, Souza P. Comparing auditory filter bandwidths, spectral ripple modulation detection, spectral ripple discrimination, and speech recognition: Normal and impaired hearing. *J Acoust Soc Am*. 2015 Jul 1;138(1):492–503.
26. Drennan WR, Oleson JJ, Gfeller K, Crosson J, Driscoll VD, Won JH, et al. Clinical evaluation of music perception, appraisal and experience in cochlear implant users. *Int J Audiol*. 2015 Feb 1;54(2):114–23.
27. Jung KH, Won JH, Drennan WR, Jameyson E, Miyasaki G, Norton SJ, et al. Psychoacoustic performance and music and speech perception in prelingually deafened children with cochlear implants. *Audiology and Neurotology*. 2012 Apr;17(3):189–97.
28. Moberly AC, Lewis JH, Vasil KJ, Ray C, Tamati TN. Bottom-Up Signal Quality Impacts the Role of Top-Down Cognitive-Linguistic Processing During Speech Recognition by Adults with Cochlear Implants. *Otology and Neurotology*. 2021 Dec 1;42(10):S33–41.
29. Arlinger S, Dryselius H. Speech recognition in noise, temporal and spectral resolution in normal and impaired hearing. In: *Acta Oto-Laryngologica, Supplement*. 1990. p. 30–7.
30. Larsby B, Arlinger S. Auditory temporal and spectral resolution in normal and impaired hearing. *J Am Acad Audiol*. 1999 Apr;10(4):198–210.
31. Oxenham AJ, Kreft HA. Speech perception in tones and noise via cochlear implants reveals influence of spectral resolution on temporal processing. *Trends Hear*. 2014 Jan 1;18.

32. Parida S, Bharadwaj H, Heinz MG. Spectrally specific temporal analyses of spike-train responses to complex sounds: A unifying framework. *PLoS Comput Biol.* 2021 Feb 22;17(2).
33. Hu G, Determan SC, Dong Y, Beeve AT, Collins JE, Gai Y. Spectral and Temporal Envelope Cues for Human and Automatic Speech Recognition in Noise. *JARO - Journal of the Association for Research in Otolaryngology.* 2020 Feb 1;21(1):73–87.
34. Temporal information in speech: acoustic, auditory and linguistic aspects. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.* 1992 Jun 29;336(1278):367–73.
35. Ghitza O. On the upper cutoff frequency of the auditory critical-band envelope detectors in the context of speech perception. *J Acoust Soc Am.* 2001 Sep;110(3 Pt 1):1628–40.
36. Van Tasell DJ, Soli SD, Kirby VM, Widin GP. Speech waveform envelope cues for consonant recognition. *J Acoust Soc Am.* 1987 Oct 1;82(4):1152–61.
37. Shannon R V., Zeng FG, Kamath V, Wygonski J, Ekelid M. Speech Recognition with Primarily Temporal Cues. *Science (1979).* 1995 Oct 13;270(5234):303–4.
38. Moore BCJ. The role of temporal fine structure processing in pitch perception, masking, and speech perception for normal-hearing and hearing-impaired people. *J Assoc Res Otolaryngol.* 2008 Dec;9(4):399–406.
39. Moon IJ, Hong SH. What Is Temporal Fine Structure and Why Is It Important? *Korean J Audiol.* 2014;18(1):1.
40. Mayo Clinic. How cochlear implants work. 2024.
41. Macherey O, Carlyon RP. Cochlear implants. *Current Biology.* 2014 Sep;24(18):R878–84.
42. McKay CM. Spectral Processing In Cochlear Implants. In 2005. p. 473–509.
43. Nie K, Barco A, Zeng FG. Spectral and Temporal Cues in Cochlear Implant Speech Perception. *Ear Hear.* 2006 Apr;27(2):208–17.
44. Vandali AE, Whitford LA, Plant KL, Clark and GM. Speech Perception as a Function of Electrical Stimulation Rate: Using the Nucleus 24 Cochlear Implant System. *Ear Hear.* 2000 Dec;21(6):608–24.
45. Kong YY, Cruz R, Jones JA, Zeng FG. Music Perception with Temporal Cues in Acoustic and Electric Hearing. *Ear Hear.* 2004 Apr;25(2):173–85.
46. Garnham C, O'Driscoll M, Ramsden R, Saeed S. Speech Understanding in Noise with a Med-El COMBI 40+ Cochlear Implant Using Reduced Channel Sets. *Ear Hear.* 2002 Dec;23(6):540–52.
47. Stickney GS, Zeng FG, Litovsky R, Assmann P. Cochlear implant speech recognition with speech maskers. *J Acoust Soc Am.* 2004 Aug 1;116(2):1081–91.
48. Fu QJ, Nogaki G. Noise susceptibility of cochlear implant users: The role of spectral resolution and smearing. *JARO - Journal of the Association for Research in Otolaryngology.* 2005 Mar;6(1):19–27.

49. Dorman MF, Loizou PC, Fitzke J. The Identification of Speech in Noise by Cochlear Implant Patients and Normal-Hearing Listeners Using 6-Channel Signal Processors. *Ear Hear.* 1998 Dec;19(6):481–4.
50. Fishman KE, Shannon R V., Slaterry WH. Speech Recognition as a Function of the Number of Electrodes Used in the SPEAK Cochlear Implant Speech Processor. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research.* 1997 Oct;40(5):1201–15.
51. Lorenzi C, Gilbert G, Carn H, Garnier S, Moore BCJ. Speech perception problems of the hearing impaired reflect inability to use temporal fine structure. *Proceedings of the National Academy of Sciences.* 2006 Dec 5;103(49):18866–9.
52. Reynolds SM, Gifford RH. Effect of signal processing strategy and stimulation type on speech and auditory perception in adult cochlear implant users. *Int J Audiol.* 2019 Jun 3;58(6):363–72.
53. Drennan WR, Won JH, Nie K, Jameyson E, Rubinstein JT. Sensitivity of psychophysical measures to signal processor modifications in cochlear implant users. *Hear Res.* 2010 Apr;262(1–2):1–8.
54. Joly CA, Reynard P, Hermann R, Seldran F, Gallego S, Idriss S, et al. Intra-cochlear current spread correlates with speech perception in experienced adult cochlear implant users. *J Clin Med.* 2021 Dec 1;10(24).
55. Malzanni GE, Lerda C, Battista RA, Canova C, Gatti O, Bussi M, et al. Speech recognition, quality of hearing, and data logging statistics over time in adult cochlear implant users. *Indian Journal of Otology.* 2022 Jan 1;28(1):45–51.
56. Schvartz-Leyzac KC, Conrad CA, Zwolan TA. Datalogging Statistics and Speech Recognition During the First Year of Use in Adult Cochlear Implant Recipients. *Otology & Neurotology.* 2019 Aug;40(7):e686–93.
57. Setup and Procedure [Internet]. Available from: <http://journals.lww.com/ear-hearing>
58. Dhanasingh A. Design of a Cochlear Implant Electrode. *ENT Updates [Internet].* 2022 Oct 3;12(2):97–109. Available from: <https://entupdates.com/en/design-of-a-cochlear-implant-electrode-13336>
59. Dhanasingh A, Jolly C. An overview of cochlear implant electrode array designs. Vol. 356, *Hearing Research.* Elsevier B.V.; 2017. p. 93–103.
60. Xu K, Willis S, Gopen Q, Fu QJ. Effects of Spectral Resolution and Frequency Mismatch on Speech Understanding and Spatial Release From Masking in Simulated Bilateral Cochlear Implants. *Ear Hear.* 2020 Sep;41(5):1362–71.
61. Shannon R, Fu QJ, Galvin Iii J. The number of spectral channels required for speech recognition depends on the difficulty of the listening situation. *Acta Otolaryngol.* 2004 Apr 1;124(0):50–4.
62. Başkent D, Shannon R V. Combined Effects of Frequency Compression-Expansion and Shift on Speech Recognition. *Ear Hear.* 2007 Jun;28(3):277–89.
63. De Seta D, Nguyen Y, Vanier A, Ferrary E, Bebear JP, Godey B, et al. Five-year hearing outcomes in bilateral simultaneously cochlear-implanted adult patients. *Audiology and Neurotology.* 2016 Oct 1;21(4):261–7.

64. Shirvani S, Jafari Z, Motasaddi Zarandi M, Jalaie S, Mohagheghi H, Tale MR. Emotional perception of music in children with bimodal fitting and unilateral cochlear implant. *Annals of Otology, Rhinology and Laryngology*. 2016 Jun 1;125(6):470–7.
65. Akeroyd MA. The psychoacoustics of binaural hearing. *Int J Audiol*. 2006 Jan 7;45(sup1):25–33.
66. Colburn HS. Binaural interaction and localization with various hearing impairments. *Scand Audiol Suppl*. 1982;15:27–45.
67. Arlinger S, Gatehouse S, Kiessling J, Naylor G, Verschuure H, Wouters J. The Design of a Project to Assess Bilateral Versus Unilateral Hearing Aid Fitting. *Trends Amplif*. 2008 Jun 1;12(2):137–44.
68. Moore DR, Shannon R V. Beyond cochlear implants: Awakening the deafened brain. Vol. 12, *Nature Neuroscience*. 2009. p. 686–91.
69. Holt RF, Svirsky MA. An Exploratory Look at Pediatric Cochlear Implantation: Is Earliest Always Best? *Ear Hear*. 2008 Aug;29(4):492–511.
70. Litovsky RY, Parkinson A, Arcaroli J. Spatial Hearing and Speech Intelligibility in Bilateral Cochlear Implant Users. *Ear Hear*. 2009 Aug;30(4):419–31.
71. Murphy J, Summerfield AQ, O'Donoghue GM, Moore DR. Spatial hearing of normally hearing and cochlear implanted children. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 2011 Apr;75(4):489–94.
72. Jones SJ, Van der Poel JC. Binaural interaction in the brain-stem auditory evoked potential: evidence for a delay line coincidence detection mechanism. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology/Evoked Potentials Section*. 1990 May;77(3):214–24.
73. Bipin Kishore P. Binaural hearing: Physiological and Clinical View. *Archives of Otolaryngology and Rhinology*. 2020 May 5;6(2):033–6.
74. Adams JC. Ascending projections to the inferior colliculus. *Journal of Comparative Neurology*. 1979 Feb 9;183(3):519–38.
75. Gutierrez-Parera P, Lopez JJ, Mora-Merchan JM, Larios DF. Interaural time difference individualization in HRTF by scaling through anthropometric parameters. *EURASIP J Audio Speech Music Process*. 2022 Dec 1;2022(1).
76. Avan P, Giraudet F, Büki B. Importance of Binaural Hearing. *Audiology and Neurotology*. 2015;20(Suppl. 1):3–6.
77. Dincer D'Alessandro H, Sennaroğlu G, Yücel E, Belgin E, Mancini P. Binaural squelch and head shadow effects in children with unilateral cochlear implants and contralateral hearing aids. *Acta Otorhinolaryngol Ital*. 2015 Oct;35(5):343–9.
78. Edmonds BA, Culling JF. Interaural correlation and the binaural summation of loudness. *J Acoust Soc Am*. 2009 Jun 1;125(6):3865–70.
79. Middlebrooks JC. Sound localization. In: *Handbook of Clinical Neurology*. Elsevier B.V.; 2015. p. 99–116.

80. Carlile S, Leong P, Hyams S. The nature and distribution of errors in sound localization by human listeners. *Hear Res.* 1997 Dec;114(1–2):179–96.
81. Yost WA, Loisel L, Dorman M, Burns J, Brown CA. Sound source localization of filtered noises by listeners with normal hearing: A statistical analysis. *J Acoust Soc Am.* 2013 May 1;133(5):2876–82.
82. Wightman FL, Kistler DJ. The dominant role of low-frequency interaural time differences in sound localization. *J Acoust Soc Am.* 1992 Mar 1;91(3):1648–61.
83. Rayleigh, Lord. XII. On our perception of sound direction. *The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science.* 1907 Feb 16;13(74):214–32.
84. Hervé Glotin. *Soundscape Semiotics - Localisation and Categorisation.* InTech; 2014.
85. Macpherson EA, Sabin AT. Vertical-plane sound localization with distorted spectral cues. *Hear Res.* 2013 Dec;306:76–92.
86. Jens Blauert. *Spatial hearing: the psychophysics of human sound localization.* London, England: MIT Press; 1997.
87. Ting TM, Ahmad NS, Goh P, Mohamad-Saleh J. Binaural Modelling and Spatial Auditory Cue Analysis of 3D-Printed Ears. *Sensors.* 2021 Jan 1;21(1):227.
88. Keating P, Dahmen JC, King AJ. Context-Specific Reweighting of Auditory Spatial Cues following Altered Experience during Development. *Current Biology.* 2013 Jul;23(14):1291–9.
89. Slattery WH, Middlebrooks JC. Monaural sound localization: Acute versus chronic unilateral impairment. *Hear Res.* 1994 May;75(1–2):38–46.
90. Távora-Vieira D, Rajan GP, Van de Heyning P, Mertens G. Evaluating the Long-Term Hearing Outcomes of Cochlear Implant Users With Single-Sided Deafness. *Otology & Neurotology.* 2019 Jul;40(6):e575–80.
91. Ramakers GGJ, Smulders YE, van Zon A, Van Zanten GA, Grolman W, Stegeman I. Correlation between subjective and objective hearing tests after unilateral and bilateral cochlear implantation. *BMC Ear Nose Throat Disord.* 2017 Dec 28;17(1):10.
92. Gordon K, Henkin Y, Kral A. Asymmetric hearing during development: The aural preference syndrome and treatment options. *Pediatrics.* 2015 Jul 1;136(1):141–53.
93. Svirsky MA, Fitzgerald MB, Sagi E, Glassman EK. Bilateral cochlear implants with large asymmetries in electrode insertion depth: implications for the study of auditory plasticity. *Acta Otolaryngol.* 2015 Apr 3;135(4):354–63.
94. Kan A, Litovsky RY, Goupell MJ. Effects of Interaural Pitch Matching and Auditory Image Centering on Binaural Sensitivity in Cochlear Implant Users. *Ear Hear.* 2015 May;36(3):e62–8.
95. Yoon Y soo, Li Y, Kang HY, Fu QJ. The relationship between binaural benefit and difference in unilateral speech recognition performance for bilateral cochlear implant users. *Int J Audiol.* 2011 Aug 23;50(8):554–65.

96. Laske RD, Veraguth D, Dillier N, Binkert A, Holzmann D, Huber AM. Subjective and Objective Results After Bilateral Cochlear Implantation in Adults. *Otology & Neurotology*. 2009 Apr;30(3):313–8.
97. Noble W, Tyler R, Dunn C, Bhullar N. Unilateral and bilateral cochlear implants and the implant-plus-hearing-aid profile: Comparing self-assessed and measured abilities. *Int J Audiol*. 2008 Jan 7;47(8):505–14.
98. Clark JG. Uses and abuses of hearing loss classification. *ASHA*. 1981 Jul;23(7):493–500.
99. Aronoff JM, Landsberger DM. The development of a modified spectral ripple test. *J Acoust Soc Am*. 2013 Aug 1;134(2):EL217–22.
100. Noble W, Gatehouse S. Interaural asymmetry of hearing loss, Speech, Spatial and Qualities of Hearing Scale (SSQ) disabilities, and handicap. *Int J Audiol*. 2004 Jan 7;43(2):100–14.
101. Nurcan Kılıç. Konuşma, Uzaysal Algı ve İşitme Kalitesi (KUIK) Ölçeğinin Türkçeye Uyarlanıp, Normalizasyonunun Yapılarak; Normal İşiten ve Sensörinöral İşitme Kayıplı Yetişkin Bireylerde İncelenmesi [Yüksek Lisans Tezi]. 2017.
102. Henry BA, Turner CW, Behrens A. Spectral peak resolution and speech recognition in quiet: Normal hearing, hearing impaired, and cochlear implant listeners. *J Acoust Soc Am*. 2005 Aug 1;118(2):1111–21.
103. Henry BA, Turner CW. The resolution of complex spectral patterns by cochlear implant and normal-hearing listeners. *J Acoust Soc Am*. 2003 May 1;113(5):2861–73.
104. Fu QJ, Shannon R V., Wang X. Effects of noise and spectral resolution on vowel and consonant recognition: Acoustic and electric hearing. *J Acoust Soc Am*. 1998 Dec 1;104(6):3586–96.
105. Henry BA, Turner CW. The resolution of complex spectral patterns by cochlear implant and normal-hearing listeners. *J Acoust Soc Am*. 2003 May 1;113(5):2861–73.
106. Cohen LT. Practical model description of peripheral neural excitation in cochlear implant recipients: 4. Model development at low pulse rates: General model and application to individuals. *Hear Res*. 2009 Feb;248(1–2):15–30.
107. Goldwyn JH, Bierer SM, Bierer JA. Modeling the electrode–neuron interface of cochlear implants: Effects of neural survival, electrode placement, and the partial tripolar configuration. *Hear Res*. 2010 Sep;268(1–2):93–104.
108. Winn MB, Won JH, Moon IJ. Assessment of Spectral and Temporal Resolution in Cochlear Implant Users Using Psychoacoustic Discrimination and Speech Cue Categorization. *Ear Hear*. 2016 Nov;37(6):e377–90.
109. Saoji AA, Litvak L, Spahr AJ, Eddins DA. Spectral modulation detection and vowel and consonant identifications in cochlear implant listeners. *J Acoust Soc Am*. 2009 Sep 1;126(3):955–8.
110. Anderson ES, Oxenham AJ, Nelson PB, Nelson DA. Assessing the role of spectral and intensity cues in spectral ripple detection and discrimination in cochlear-implant users. *J Acoust Soc Am*. 2012 Dec 1;132(6):3925–34.

111. Winn MB, Litovsky RY. Using speech sounds to test functional spectral resolution in listeners with cochlear implants. *J Acoust Soc Am*. 2015 Mar 1;137(3):1430–42.
112. Green T, Faulkner A, Rosen S. Overlapping frequency coverage and simulated spatial cue effects on bimodal (electrical and acoustical) sentence recognition in noise. *J Acoust Soc Am*. 2014 Feb 1;135(2):851–61.
113. Won JH, Drennan WR, Rubinstein JT. Spectral-Ripple Resolution Correlates with Speech Reception in Noise in Cochlear Implant Users. *Journal of the Association for Research in Otolaryngology*. 2007 Aug 3;8(3):384–92.
114. Lawler M, Yu J, Aronoff JM. Comparison of the spectral-temporally modulated ripple test with the Arizona biomedical institute sentence test in cochlear implant users. *Ear Hear*. 2017;38(6):760–6.
115. Holden LK, Firszt JB, Reeder RM, Uchanski RM, Dwyer NY, Holden TA. Factors Affecting Outcomes in Cochlear Implant Recipients Implanted With a Perimodiolar Electrode Array Located in Scala Tympani. *Otology & Neurotology*. 2016 Dec;37(10):1662–8.
116. Zhou N. Deactivating stimulation sites based on low-rate thresholds improves spectral ripple and speech reception thresholds in cochlear implant users. *J Acoust Soc Am*. 2017 Mar 1;141(3):EL243–8.
117. Won JH, Humphrey EL, Yeager KR, Martinez AA, Robinson CH, Mills KE, et al. Relationship among the physiologic channel interactions, spectral-ripple discrimination, and vowel identification in cochlear implant users. *J Acoust Soc Am*. 2014 Nov 1;136(5):2714–25.
118. Zwolan TA, Collins LM, Wakefield GH. Electrode discrimination and speech recognition in postlingually deafened adult cochlear implant subjects. *J Acoust Soc Am*. 1997 Dec 1;102(6):3673–85.
119. Levitt H. Transformed Up-Down Methods in Psychoacoustics. *J Acoust Soc Am*. 1971 Feb 1;49(2B):467–77.
120. Lazard DS, Vincent C, Venail F, Van de Heyning P, Truy E, Sterkers O, et al. Pre-, Per- and Postoperative Factors Affecting Performance of Postlinguistically Deaf Adults Using Cochlear Implants: A New Conceptual Model over Time. *PLoS One*. 2012 Nov 9;7(11):e48739.
121. Eapen RJ, Buss E, Adunka MC, Pillsbury HC, Buchman CA. Hearing-in-Noise Benefits After Bilateral Simultaneous Cochlear Implantation Continue to Improve 4 Years After Implantation. *Otology & Neurotology*. 2009 Feb;30(2):153–9.
122. Sheft S, Shafiro V, Lorenzi C, McMullen R, Farrell C. Effects of Age and Hearing Loss on the Relationship Between Discrimination of Stochastic Frequency Modulation and Speech Perception. *Ear Hear*. 2012 Nov;33(6):709–20.
123. Nambi PMA, Sangamanatha AV, Vikas MD, Bhat JayashreeS, Shama K. Perception of Spectral Ripples and Speech Perception in Noise by Older Adults. *Ageing Int*. 2016 Sep 15;41(3):283–97.

124. Kirby BJ, Spratford M, Klein KE, McCreery RW. Cognitive Abilities Contribute to Spectro-Temporal Discrimination in Children Who Are Hard of Hearing. *Ear Hear.* 2019 May;40(3):645–50.
125. Resnick JM, Horn DL, Noble AR, Rubinstein JT. Spectral aliasing in an acoustic spectral ripple discrimination task. *J Acoust Soc Am.* 2020 Feb 1;147(2):1054–8.
126. DiNino M, Arenberg JG. Age-Related Performance on Vowel Identification and the Spectral-temporally Modulated Ripple Test in Children With Normal Hearing and With Cochlear Implants. *Trends Hear.* 2018 Jan 30;22:233121651877095.
127. Tao DD, Shi B, Galvin JJ, Liu JS, Fu QJ. Frequency detection, frequency discrimination, and spectro-temporal pattern perception in older and younger typically hearing adults. *Heliyon.* 2023 Aug;9(8):e18922.
128. Litovsky RY, Parkinson A, Arcaroli J. Spatial Hearing and Speech Intelligibility in Bilateral Cochlear Implant Users. *Ear Hear.* 2009 Aug;30(4):419–31.
129. McRackan TR, Bauschard M, Hatch JL, Franko-Tobin E, Droghini HR, Nguyen SA, et al. Meta-analysis of quality-of-life improvement after cochlear implantation and associations with speech recognition abilities. *Laryngoscope.* 2018 Apr 21;128(4):982–90.
130. Damen GWJA, Beynon AJ, Krabbe PFM, Mulder JJS, Mylanus EAM. Cochlear implantation and quality of life in postlingually deaf adults: long-term follow-up. *Otolaryngol Head Neck Surg.* 2007 Apr;136(4):597–604.
131. Moberly AC, Harris MS, Boyce L, Vasil K, Wucinich T, Pisoni DB, et al. Relating quality of life to outcomes and predictors in adult cochlear implant users: Are we measuring the right things? *Laryngoscope.* 2018 Apr;128(4):959–66.
132. Hirschfelder A, Gräbel S, Olze H. The impact of cochlear implantation on quality of life: the role of audiologic performance and variables. *Otolaryngol Head Neck Surg.* 2008 Mar;138(3):357–62.
133. Lee S. Sound Localization in Unilateral Cochlear Implant Users. *Audiology and Speech Research.* 2022 Jul 31;18(3):172–82.
134. Kocak Erdem B, Ciprut A. Evaluation of Speech, Spatial Perception and Hearing Quality in Unilateral, Bimodal and Bilateral Cochlear Implant Users. *Turk Arch Otorhinolaryngol.* 2019 Oct 1;57(3):149–53.
135. Kılıç N, Şahin Kamışlı Gİ, Gündüz B, Bayramoğlu İ, Kemaloğlu YK. Turkish Validity and Reliability Study of the Speech, Spatial and Qualities of Hearing Scale. *Turk Arch Otorhinolaryngol.* 2021 Oct 15;59(3):172–87.
136. Luntz M, Brodsky A, Hafner H, Shpak T, Feiglin H, Pratt H. Sound localization in patients with cochlear implant—preliminary results. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 2002 May;64(1):1–7.
137. Grantham DW, Ricketts TA, Ashmead DH, Labadie RF, Haynes DS. Localization by Postlingually Deafened Adults Fitted With a Single Cochlear Implant. *Laryngoscope.* 2008 Jan 2;118(1):145–51.

138. Andéol G, Macpherson EA, Sabin AT. Sound localization in noise and sensitivity to spectral shape. *Hear Res.* 2013 Oct;304:20–7.
139. Frénel A, McDermott JH. Deep neural network models of sound localization reveal how perception is adapted to real-world environments. *Nat Hum Behav.* 2022 Jan 27;6(1):111–33.
140. Van Opstal AJ, Vliegen J, Van Esch T. Reconstructing spectral cues for sound localization from responses to rippled noise stimuli. *PLoS One.* 2017 Mar 23;12(3):e0174185.
141. Good MD, Gilkey RH. Sound localization in noise: The effect of signal-to-noise ratio. *J Acoust Soc Am.* 1996 Feb 1;99(2):1108–17.



8. EKLER

EK-1: Etik Kurul Onayı

HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
GİRİŞİMSSEL OLMAYAN KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU
KURUL KARARI



OTURUM TARİHİ	OTURUM SAYISI	KARAR SAYISI
18.04.2023	2023/07	2023/07-40
Araştırma Numarası : GO 23/191		Değerlendirme Tarihi : 07.03.2023

Üniversitemiz Sağlık Bilimleri Fakültesi Odyoloji Bölümü öğretim üyelerinden Doç. Dr. Betül Çiçek ÇINAR'ın sorumlu araştırmacı olduğu, Arş. Gör. Sevda ÜSTÜNDAĞ'ın yüksek lisans tez çalışması olan, GO 23/191 kayıt numaralı **"Koklear İmplant Kullanıcılarında Spektral Çözünürlük ve Lokalizasyon Becerilerinin Değerlendirilmesi"** başlıklı araştırma önerisi gerekçe, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş olup, 19 Nisan 2023 – 19 Nisan 2024 tarihleri arasında geçerli olmak üzere etik açıdan **uygun bulunmuştur**.

Çalışma tamamlandığında sonuçlarını içeren bir rapor örneğinin Etik Kurulumuza gönderilmesi gerekmektedir.

Prof. Dr. Nüket
PAKSOY ERBAYDAR
Kurul Başkanı

Prof. Dr. Güzide Burça
AYDIN
Kurul Üyesi

Prof. Dr. Mehmet Özgür
UYANIK
Kurul Üyesi

Prof. Dr. Ayşe KİN
İŞLER
Kurul Üyesi

Prof. Dr. Sibel
PEHLİVAN
Kurul Üyesi

İZİNLI
Prof. Dr. Burcu Balam
DOĞU
Kurul Üyesi

Prof. Dr. Tolga
YILDIRIM
Kurul Üyesi

İZİNLI
Prof. Dr. Hande GÜNEY
DENİZ
Kurul Üyesi

Doç. Dr. Betül ÇELEBİ
SALTİK
Kurul Üyesi

Doç. Dr. Merve BATUK
Kurul Üyesi

Doç. Dr. Gülten IŞIK
KOÇ
Kurul Üyesi

Dr. Öğr. Üyesi Müge
DEMİR
Kurul Üyesi

İZİNLI
Dr. Öğr. Üyesi Burcu
Ersöz ALAN
Kurul Üyesi

Av. Buket ÇINAR
Kurul Üyesi

EK-2: Protokol Revizyon, Süre Uzatma ve Tez Başlığı Değişikliği için Dilekçe Onayı



HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ SAĞLIK BİLİMLERİ ARAŞTIRMA ETİK KURULU

KURUL KARARI

OTURUM TARİHİ	OTURUM SAYISI	KARAR SAYISI
05.03.2024	2024/05	2024/05-58
Araştırma Numarası : GO 23/191		Onay Tarihi : 18.04.2023

Kurulumuzun 18.04.2023 tarihli toplantısında GO 23/191 kayıt numarası ile onaylanmış olan ve Üniversitemiz Sağlık Bilimleri Fakültesi Odyoloji Bölümü öğretim üyelerinden Doç. Dr. Betül Çiçek ÇINAR'ın sorumlu araştırmacı olduğu, Arş. Gör. Sevdâ ÜSTÜNDAĞ'ın yüksek lisans tez çalışması olan, GO 23/191 kayıt numaralı "*Koklear İmplant Kullanıcılarında Spektral Çözünürlük ve Lokalizasyon Becerilerinin Değerlendirilmesi*" başlıklı projeniz için vermiş olduğunuz 21.02.2024 tarihli başlık değişikliği, süre uzatma ve protokol revizyon talebi dilekçeniz Kurulumuzun 05.03.2024 tarihli toplantısında görüşülmüş ve **uygun bulunmuştur**. Çalışmanın başlığı "*Koklear İmplant Kullanıcılarında Spektral Çözünürlük ve Konuşma, Uzaysal Algı ve İşitme Kalitesinin Değerlendirilmesi*" olarak değiştirilmiştir. Projenin yeni sonlanım tarihi 01 Ekim 2024 olarak belirlenmiş ve kayıtlarımıza eklenmiştir.

Çalışma tamamlandığında sonuçlarını içeren bir rapor örneğinin Etik Kurulumuza gönderilmesi gerekmektedir.

Prof. Dr. Nüket
PAKSOY ERBAYDAR
Kurul Başkanı

Prof. Dr. Güzide Burça
AYDIN
Kurul Üyesi

Prof. Dr. Mehmet Özgür
UYANIK
Kurul Üyesi

Prof. Dr. Ayşe KİN
İŞLER
Kurul Üyesi

Prof. Dr. Burcu Balam
DOĞU
Kurul Üyesi

Prof. Dr. Tolga
YILDIRIM
Kurul Üyesi

Prof. Dr. İpek GÜRBÜZ
Kurul Üyesi

Prof. Dr. Betül ÇELEBİ
SALTİK
Kurul Üyesi

Doç. Dr. Merve BATUK
Kurul Üyesi

Doç. Dr. Gülten İŞİK
KOÇ
Kurul Üyesi

Doç. Dr. İbrahim Halil
ÖNCEL
Kurul Üyesi

Dr. Öğr. Üyesi Melike
Hacer ÖZKAN
Kurul Üyesi

Dr. Öğr. Üyesi Müge
DEMİR
Kurul Üyesi

Dr. Öğr. Üyesi Burcu
Ersöz ALAN
Kurul Üyesi

Dr. Öğr. Üyesi Güneş
GÜNER
Kurul Üyesi

EK-3: Çalışma Grubu için Veri Toplama Formu

VERİ TOPLAMA FORMU	
1. Demografik Bilgiler	
Yaş:	Katılımcı No:
Cinsiyet:	
Anamnez	
2. İşitme Kaybı Öyküsü	
Başlangıç zamanı:	Ailede işitme kayıplı birey: Var...../Yok —
Tanılanma zamanı:	
Tanı: (Tipi – derecesi- konfigürasyonu?)	
Etiyolojisi:	
Tek taraflı ☐ Sağ ☐ Sol ☐ Bilateral ☐	
Sabit ☐ Progresif ☐ Fluktuan ☐ Ani kayıp ☐	
Konjenital ☐ Kazanılmış ☐	
3. İşitme Cihazı Kullanımı	
İşitme cihazı kullandınız mı? Evet ☐ Hayır ☐	
Evetse hangi kulak Sağ ☐ Sol ☐ Bilateral ☐	
Düzenli olarak kullandınız mı? Evet ☐ Hayır ☐	
İşitme Cihazı kullanım süresi:	
4. Koklear İmplant Kullanımı	
Koklear İmplant uygulanma tarihi:	
Koklear İmplant uygulanan kulak: Sağ ☐ Sol ☐ Bilateral ☐	
Günlük kullanım süresi:	
Tek taraflı CI ise diğer kulakta işitme cihazı kullanımı:	
5. Tanılanmış; kulak patolojisi ve anamnelisi, engel, nörolojik, psikiyatrik veya sistemik bir rahatsızlığınız var mı?	
Evet ☐ Hayır ☐	
6. Radyoloji bulguları	
BT sonucu:	
MRG sonucu:	
7. Koklear İmplantlı İşitme Eşiği Sonucu (250-6000 Hz)	
Sağ Kulak:	
Sol Kulak:	

EK-4: Kontrol Grubu için Veri Toplama Formu

VERİ TOPLAMA FORMU	
1.Demografik Bilgiler	
Yaş:	Katılımcı No:
Cinsiyet:	
Anamnez	
5.Tanılanmış; kulak patolojisi ve anamolisi, engel, nörolojik, psikiyatrik veya sistemik bir rahatsızlığınız var mı?	
Evet ☐ Hayır ☐	
1. İşitme Eşiği Sonucu (125-8000 Hz) Sağ Kulak: Sol Kulak:	

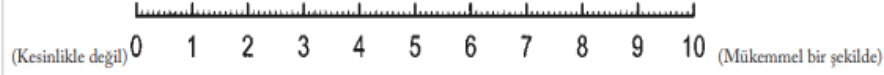
EK-5: Konuşma, Uzaysal Algı ve İşitme Kalitesi Ölçeği (KUİK)

Katılımcı no:

KONUŞMA ALGISI

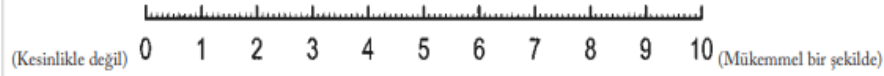
Bir kişiyle konuşuyorsunuz ve aynı oda içinde açık bir televizyon var. Televizyonu kapatmadan konuştuğunuz kişinin ne söylediğini takip edebilir misiniz?

UD ☐



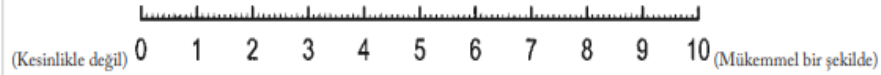
Sessiz bir salonda bir başka kişiyle konuşuyorsunuz. Karşınızdaki kişinin söylediklerini takip edebilir misiniz?

UD ☐



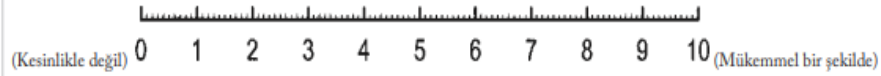
Bir masanın etrafında oturan beş kişilik bir grubun içindesiniz. Bulduğunuz yer sessiz bir ortam. Gruptaki herkesi görebiliyorsunuz. Sohbeti takip edebilir misiniz?

UD ☐



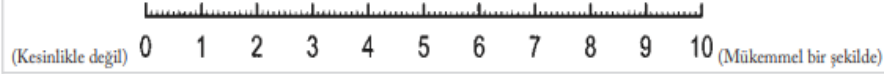
Kalabalık bir restoranda beş kişilik bir grubun içindesiniz. Gruptaki herkesi görebiliyorsunuz. Sohbeti takip edebilir misiniz?

UD ☐



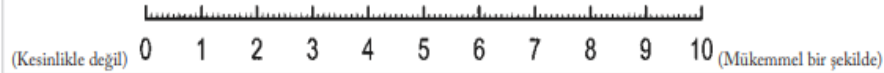
Bir kişiyle konuşuyorsunuz. Arka planda fan veya akan su sesi gibi sürekli bir gürültü var. Kişinin söylediklerini takip edebilir misiniz?

UD ☐



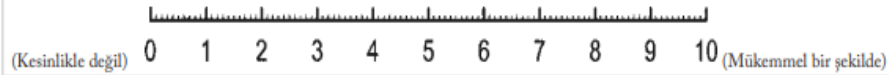
Kalabalık bir restoranda beş kişilik bir grubun içindesiniz. Gruptaki herkesi göremiyorsunuz. Sohbeti takip edebilir misiniz?

UD ☐



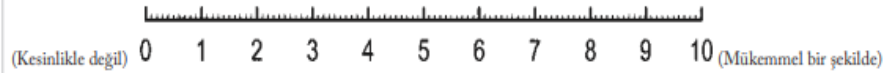
Cami ya da tren garı gibi çok yankı yapan bir yerde biriyle konuşuyorsunuz. Karşınızdaki kişinin söylediklerini takip edebilir misiniz?

UD ☐



Sesi sizin konuştuğunuz kişiyle aynı tonda olan başka bir kişi konuşurken, biriyle sohbet edebilir misiniz?

UD ☐



Sesi sizin konuştuğunuz kişiden farklı tonda olan başka bir kişi konuşurken, biriyle sohbet edebilir misiniz?	
UD ☐	
(Kesinlikle değil)	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 (Mükemmel bir şekilde)
Sizinle konuşan birini dinliyorsunuz ve aynı anda televizyondaki spikeri takip etmeye çalışıyorsunuz. Her iki kişinin de ne dediğini anlayabilir misiniz?	
UD ☐	
(Kesinlikle değil)	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 (Mükemmel bir şekilde)
Birçok kişinin konuşmakta olduğu bir odada bir kişiyle sohbet ediyorsunuz. Konuştuğunuz kişinin ne dediğini takip edebilir misiniz?	
UD ☐	
(Kesinlikle değil)	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 (Mükemmel bir şekilde)
Bir grup ile birliktesiniz ve sohbet bir kişiden diğerine çok çabuk geçiyor. Her yeni konuşmacının ilk söylediklerini kaçırmadan sohbeti kolayca takip edebilir misiniz?	
UD ☐	
(Kesinlikle değil)	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 (Mükemmel bir şekilde)
Telefonda kolaylıkla sohbet edebiliyor musunuz? [cihaz kullanmadan, bir ya da iki cihaz kullanarak]	
UD ☐	
(Kesinlikle değil)	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 (Mükemmel bir şekilde)
Telefonda birini dinliyorsunuz ve yanınızdaki kişi konuşmaya başlıyor. Her iki konuşmacının da ne dediğini takip edebilir misiniz?	
UD ☐	
(Kesinlikle değil)	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 (Mükemmel bir şekilde)

UZAYSAL ALGI

Bilmediğiniz bir dış mekanda bulunuyorsunuz. Birinin çim biçme makinesi kullandığını işitiyorsunuz. Nerede olduğunu göremiyorsunuz. Sesin nereden geldiğini anlayabilir misiniz?

UD ☐

(Kesinlikle değil)  (Mükemmel bir şekilde)

Birkaç kişiyle bir masanın etrafında oturuyorsunuz veya toplantı yapıyorsunuz. Herkesi göremiyorsunuz. Bir kişi konuşmaya başlar başlamaz o kişinin nerede olduğunu anlayabilir misiniz?

UD ☐

(Kesinlikle değil)  (Mükemmel bir şekilde)

İki kişinin ortasında oturuyorsunuz. Biri konuşmaya başlıyor. Konuşan kişinin solunuzdaki kişi mi yoksa sağınızdaki kişi mi olduğunu bakmadan anlayabilir misiniz?

UD ☐

(Kesinlikle değil)  (Mükemmel bir şekilde)

Bilmediğiniz bir evde bulunuyorsunuz. Ev sessiz. Bir kapının gürültüyle kapandığını işitiyorsunuz. Bu sesin nereden geldiğini anlayabilir misiniz?

UD ☐

(Kesinlikle değil)  (Mükemmel bir şekilde)

Bir binanın altınızda ve üstünüzde katların olduğu merdiven boşluğundasınız. Başka bir kattan sesler duyuyorsunuz. Sesin nereden geldiğini kolayca anlayabilir misiniz?

UD ☐

(Kesinlikle değil)  (Mükemmel bir şekilde)

Dışarıdasınız. Bir köpek yüksek sesle havlıyor. Köpeğin nerede olduğunu bakmadan anlayabilir misiniz?

UD ☐

(Kesinlikle değil)  (Mükemmel bir şekilde)

Kalabalık bir sokağın kaldırımında ayakta duruyorsunuz. Gelen aracın bir kamyon mu ya da otobüs mü olduğunu bakmadan anlayabilir misiniz?

UD ☐

(Kesinlikle değil)  (Mükemmel bir şekilde)

Sokaktayken, yürüyen bir kişinin kendi sesinden veya ayak sesinden o kişinin ne kadar uzakta olduğunu anlayabilir misiniz?

UD ☐

(Kesinlikle değil)  (Mükemmel bir şekilde)

Bir otobüs ya da kamyonun ne kadar uzakta olduğunu sesinden anlayabilir misiniz?	
UD ☐	
(Kesinlikle değil)	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 (Mükemmel bir şekilde)
Bir otobüs ya da kamyonun hangi yönde hareket ettiğini sesinden anlayabilir misiniz, örneğin soldan sağa mı yoksa sağdan sola mı hareket ediyor?	
UD ☐	
(Kesinlikle değil)	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 (Mükemmel bir şekilde)
Bir kişinin hangi yönde hareket ettiğini sesinden veya ayak sesinden anlayabilir misiniz, örneğin soldan sağa mı yoksa sağdan sola mı hareket ediyor?	
UD ☐	
(Kesinlikle değil)	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 (Mükemmel bir şekilde)
Bir kişinin size doğru mu geliyor yoksa uzaklaşıyor mu olduğunu sesinden ya da ayak sesinden anlayabilir misiniz?	
UD ☐	
(Kesinlikle değil)	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 (Mükemmel bir şekilde)
Bir otobüs veya kamyonun size doğru mu geliyor yoksa uzaklaşıyor mu olduğunu sesinden anlayabilir misiniz?	
UD ☐	
(Kesinlikle değil)	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 (Mükemmel bir şekilde)
Duyduğunuz sesler size dış dünyadan değil de kafanızın içindeymiş gibi mi geliyor?	
UD ☐	
(Kafamın içinden)	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 (Dışarıdan)
Sesini duyduğunuz ancak ilk başta görmediğiniz kişi veya nesnelere baktığınızda, tahmin ettiğinizden daha yakında olduğunu mu görüyorsunuz?	
UD ☐	
(Daha yakın)	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 (Yakın değil)
Sesini duyduğunuz ancak ilk başta görmediğiniz kişi veya nesnelere baktığınızda, seslerinin tahmin ettiğinizden daha uzakta olduğunu mu görüyorsunuz?	
UD ☐	
(Daha uzak)	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 (Uzak değil)
Seslerin tam olarak tahmin ettiğiniz yerden geldiğini mi düşünüyorsunuz?	
UD ☐	
(Kesinlikle değil)	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 (Mükemmel bir şekilde)

İŞİTME KALİTESİ

İki sesi aynı anda duyduğunuz hayal edin; örneğin, suyun lavaboya akışı ve bir radyonun çalışması. Bu seslerin birbirinden ayrı olduğunu fark edebilir misiniz?	
UD ☐	
(Kesinlikle değil)	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 (Mükemmel bir şekilde)
Aynı anda birden fazla ses duyduğunuzda, bunlar size birbiriyle karışmış tek bir ses gibi mi geliyor?	
UD ☐	
(Karışmış)	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 (Karışmamış)
Radyodan müzik sesinin geldiği bir odasınız. Aynı odada başka biri de konuşuyor. Konuşan kişinin sesini müzikten ayrı olarak duyabilir misiniz?	
UD ☐	
(Kesinlikle değil)	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 (Mükemmel bir şekilde)
Bildığınız farklı kişileri seslerinden kolayca tanıyabilir misiniz?	
UD ☐	
(Kesinlikle değil)	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 (Mükemmel bir şekilde)
Aşina olduğunuz farklı müzik parçalarını birbirinden kolayca ayırt edebilir misiniz?	
UD ☐	
(Kesinlikle değil)	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 (Mükemmel bir şekilde)
Farklı sesler arasındaki farkı anlayabiliyor musunuz; örneğin, bir otomobil ile otobüs; tencerede kaynayan su ile tavada pişen yiyecekler?	
UD ☐	
(Kesinlikle değil)	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 (Mükemmel bir şekilde)
Müzik dinlerken, bildiğiniz kadarıyla hangi enstrümanların çalındığını anlayabiliyor musunuz?	
UD ☐	
(Kesinlikle değil)	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 (Mükemmel bir şekilde)
Müzik dinlerken, sesler net ve doğal geliyor mu?	
UD ☐	
(Kesinlikle değil)	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 (Mükemmel bir şekilde)
Günlük hayatta duyduğunuz sesler size net bir şekilde geliyor mu?	
UD ☐	
(Kesinlikle değil)	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 (Mükemmel bir şekilde)

Diğer insanların konuşma sesleri size net ve doğal geliyor mu?	
UD ☐	
(Kesinlikle değil)	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 (Mükemmel bir şekilde)
Günlük hayatta duyduğunuz sesler size yapay ve doğal olmayan bir şekilde mi geliyor?	
UD ☐	
(Doğal değil)	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 (Doğal)
Konuştuğunuzda, sesiniz kendinize doğal geliyor mu?	
UD ☐	
(Kesinlikle değil)	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 (Mükemmel bir şekilde)
Başka bir kişinin ruh halini sesinden kolayca tahmin edebiliyor musunuz?	
UD ☐	
(Kesinlikle değil)	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 (Mükemmel bir şekilde)
Bir kişiye veya şeyi dinlerken çok fazla konsantre olmak zorunda kalıyor musunuz?	
UD ☐	
(Çok fazla kalıyorum)	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 (Hiç Kalmıyorum)
Başkalarıyla konuşurken ne dediklerini anlamak için çok fazla çaba sarf ediyor musunuz?	
UD ☐	
(Çok fazla ediyorum)	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 (Etmiyorum)
Bir arabada sürücü olarak bulunduğunuz sırada, yan koltuğunuzda oturan kişinin ne söylediğini kolayca işitebilir misiniz?	
UD ☐	
(Kesinlikle değil)	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 (Mükemmel bir şekilde)
Yolcu olarak bulunduğunuzda, yan koltuğunuzda oturan sürücünün ne dediğini kolayca işitebilir misiniz?	
UD ☐	
(Kesinlikle değil)	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 (Mükemmel bir şekilde)
Bir şeyi dinlemeye çalışırken diğer sesleri kolayca yok sayabiliyor musunuz?	
UD ☐	
(Yok sayamıyorum)	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 (Kolaylıkla yok sayarım)

Ek-6: Dijital Makbuz



Dijital Makbuz

Bu makbuz ödevinizin Turnitin'e ulaştığını bildirmektedir. Gönderiminize dair bilgiler şöyledir:

Gönderinizin ilk sayfası aşağıda gönderilmektedir.

Gönderen:	sevda ustrundag
Ödev başlığı:	Koklear İmplant Kullanıcılarında Spektral Çözünürlük ve Konu...
Gönderi Başlığı:	KOKLEAR İMPLANT KULLANICILARINDA SPEKTRAL ÇÖZÜNÜR...
Dosya adı:	Spektral-_Z_Unilateral_CI_sevda_ustundag.docx
Dosya boyutu:	740.79K
Sayfa sayısı:	43
Kelime sayısı:	10,952
Karakter sayısı:	77,474
Gönderim Tarihi:	14-Haz-2024 04:41ÖS (UTC+0300)
Gönderim Numarası:	2365315108



Copyright 2024 Turnitin. Tüm hakları saklıdır.

Ek-7: Turnitin Ekran Görüntüsü

KOKLEAR İMPLANT KULLANICILARINDA SPEKTRAL ÇÖZÜNÜRLÜK İLE KONUŞMA, UZAYSAL ALGI VE İŞİTME KALİTESİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

ORJİNALLIK RAPORU

% 11	% 9	% 6	% 4
BENZERLİK ENDEKSİ	İNTERNET KAYNAKLARI	YAYINLAR	ÖĞRENCİ ÖDEVLERİ

BİRİNCİL KAYNAKLAR

1	openaccess.hacettepe.edu.tr İnternet Kaynağı	% 3
2	openaccess.hacettepe.edu.tr:8080 İnternet Kaynağı	% 1
3	www.openaccess.hacettepe.edu.tr:8080 İnternet Kaynağı	% 1
4	dergipark.org.tr İnternet Kaynağı	% 1
5	docplayer.biz.tr İnternet Kaynağı	% 1
6	www.sporbilim.com İnternet Kaynağı	<% 1
7	acikbilim.yok.gov.tr İnternet Kaynağı	<% 1
8	Akbulut, Ahmet Alperen. "Muzikle İlgili yaşam Kalitesi Anketinin Türkceye uyarlanması", Marmara Üniversitesi (Turkey), 2021 Yayın	<% 1

9. ÖZGEÇMİŞ