

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

**YETİŞKİN KOKLEAR İMPLANT KULLANICILARINDA  
GÜRÜLTÜDE KONUŞMAYI AYIRT ETME BECERİSİNİN  
SPEKTRAL ÇÖZÜNÜRLÜK, ZAMANSAL ÇÖZÜNÜRLÜK VE  
MELODİK KONTUR TANIMA BECERİLERİ İLE  
İLİŞKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Uzm. Ody. Türkan Özlem Bayülgen**

**Odyoloji Programı**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ANKARA**

**2020**

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca ve tez sürecimde deneyim ve bilgisini hiç esirgmeden her zaman bana yardımcı olan, tez sürecimde kendisinden çok şey öğrendiğim, yetişmemde büyük katkısı ve emeği olan değerli tez danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Mehmet YARALI'ya

Yüksek lisans eğitimim boyunca her daim anlayış, güler yüz ve yol göstericiliği ile desteğini hissettiğim, eğitimimde değerli katkıları olan bölüm başkanımız değerli hocam Prof. Dr. Gonca SENNAROĞLU'na,

Eğitimim boyunca ve tez çalışmam süresince destekleri ve değerli katkıları bulunan Prof. Dr. Esra YÜCEL'e, eğitim ve tez sürecimdeki destek olan, karşılaşılan zorluklarda yardımlarını esirgemeyen Doç. Dr. Meral Didem TÜRKYILMAZ'a, eğitimim boyunca değerli katkıları bulunan ve çalışmamıza yardım ve desteklerini esirgemeyen Doç. Dr. Merve BATUK ve Doç. Dr. Betül Çiçek ÇINAR'a olmak üzere değerli tüm bölüm öğretim üyelerine,

Yüksek lisans eğitim sürecimde tanıdığım ve bu süreçte beni yalnız bırakmayan değerli dostum ve meslektaşım Uzm. Ody. İrem DÜŞÜNMEZ'e

Tez sürecimde göstermiş olduğu büyük desteği her daim gösteren ve hissettiren, karşılaşılan zorlukları gülümsenen anılara dönüştüren, her daim benimle birlikte düşünen, hisseden ve heyecanımı paylaşan Uzm. Ody. Volkan TUTAR'a

Attığım her adımda bana destek olan, beni bugünlere getiren, tüm hayatım boyunca olduğu gibi tez sürecimde de duygularımı benimle paylaşan, emeklerini hiçbir zaman ödeyemeyeceğim sevgili babam Niyazi BAYÜLGEN ve canım annem Sönmez BAYÜLGEN'e,

Sonsuz teşekkürler.

## ÖZET

**Bayülgen T. Ö.; Yetişkin Koklear İmplant Kullanıcılarında Gürültüde Konuşmayı Ayırt Etme Becerisinin Spektral Çözünürlük, Zamansal Çözünürlük Ve Melodik Kontur Tanıma Becerileri İle İlişkisinin Değerlendirilmesi. Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Odyoloji Programı, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 2020.** Koklear implant kullanıcılarında gürültüde konuşmayı anlama ile ilişkili olan işitsel becerilerdeki eksikliklerin hangilerinin gürültüde konuşmayı anlama performansları ile daha ilişkili olduğu netlik kazanmamıştır. Bu çalışmada koklear implant kullanıcılarının gürültüde konuşmayı ayırt etme performansları ile zamansal çözünürlük, spektral çözünürlük ve melodik kontur tanıma becerileri ilişkilendirilmiştir ve kullanıcılar gürültüde konuşmayı ayırt etme başarılarına göre iki gruba ayrılarak grupların bu becerilerde gösterdikleri farklılıklar araştırılmıştır. Bu amaçla çalışmaya 18-55 yaş aralığında tek taraflı koklear implant kullanıcısı olan 24 yetişkin birey katılmıştır. İlk olarak, katılımcılara sessiz ortamda kelime tanıma ve Türkçe Matrix Test uygulanmıştır. Adaptif Matrix konuşmayı alma eşiğine göre gruplara ayrılan katılımcılara Spektral-Temporal Modüle Dalgalanma Testi (spektral çözünürlük için), Aralık Tespit Etme (zamansal çözünürlük için), Melodik Kontur Tanıma (işitsel düzenlilikleri ve perde konturlarının değişim yönünü takip edebilme için) testleri uygulanmıştır. Çalışmanın sonucunda günlük hayatta maruz kalındığı kabul edilen +8 dB SGO ile değerlendirilen konuşmayı anlama performansı ile hem zamansal çözünürlüğün hem de spektral çözünürlüğün ilişkili olduğu görülmüştür. Matrix adaptif değerlendirme performansı ile ilişkili olan becerinin ise spektral çözünürlük olduğu görülmüştür. Gürültüde konuşmayı ayırt etme üst ve alt performans grupları tüm konuşma testlerinde ve spektral çözünürlük becerisinde birbirleri arasında anlamlı olarak farklılık göstermişlerdir. Bulgular gürültüde konuşmayı ayırt etme ile ilişkili olan becerilerin en başta spektral çözünürlük ikinci olarak da zamansal çözünürlük olduğunu göstermiştir. Bulgular önceki çalışmalarla karşılaştırılmış, sonraki çalışmalar için önerilerde bulunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** gürültüde konuşmayı ayırt etme, koklear implant, melodik

kontur tanıma, spektral çözünürlük, zamansal çözünürlük

## ABSTRACT

**Bayülgen T. Ö.; Assessment of the Relationship Between Speech Discrimination in Noise Abilities and Spectral Resolution, Temporal Resolution and Melodic Contour Identification Abilities in Adult Cochlear Implant Users. Hacettepe University Graduate School of Health Sciences, Department of Audiology, Master of Science Thesis, Ankara, 2020.** Which deficiencies in auditory skills are more related to cochlear implant users performance in speech understanding in noise is not clarified. In this study, speech discrimination in noise performance of cochlear implant users have been associated with their temporal resolution, spectral resolution and melodic contour identification skills; and the differences in performance of these skills were investigated by dividing the users into two groups based on their success in speech discrimination in noise. For this purpose, 24 adult unilateral cochlear implant users between the ages of 18-55 were included in the study. Firstly, word identification test in silent and Turkish Matrix Test were applied to the participants. Participants who were divided into groups based on adaptive Matrix speech reception threshold were applied with Spectral-Temporally Modulated Ripple Test (for spectral resolution), Gap Detection Test (for temporal resolution), Melodic Contour Identification Test (for tracking the auditory regularities and the direction of change in pitch contours). In the result of the study, it was observed that both temporal resolution and spectral resolution were associated with speech understanding performance evaluated with +8 dB SNR, which is accepted as the SNR level exposed in daily life. The skill associated with Matrix adaptive evaluation performance was found to be spectral resolution. Groups that showed top and bottom performance in discrimination speech in noise significantly differed from each other in all speech tests and spectral resolution skills. Results have showed that the skills associated with distinguishing speech in noise are primarily spectral resolution and secondly temporal resolution. The results were compared with previous studies, suggestions were made for future studies.

**Keywords:** speech discrimination in noise, cochlear implant, melodic contour identification, spectral resolution, temporal resolution

**İÇİNDEKİLER**

ONAY SAYFASI	iii
YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI	iv
ETİK BEYAN	v
TEŞEKKÜR	vi
ÖZET	vii
ABSTRACT	viii
İÇİNDEKİLER	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR	xii
ŞEKİLLER	xiii
TABLolar	xiv
<b>1. GİRİŞ</b>	1
<b>2. GENEL BİLGİLER</b>	3
2.1. Konuşma Algısı	3
2.2. Spektral Çözünürlük	4
2.3. Zamansal Çözünürlük	7
2.4. Spektro-temporal İşleme ve Konuşmanın Melodik Algısı	11
2.5. Gürültüde Konuşma Algısı	16
2.6. Koklear İmplant ve Koklear İmplant ile Konuşma Algısı	19
2.7. Konuşma İşlemcilerinde Gürültü Yönetimi	23
2.8. Koklear İmplant ile Gürültüde Konuşmayı Ayırt Etme	25
<b>3. BİREYLER VE YÖNTEM</b>	30
3.1. Çalışmanın Türü	30

3.2. Araştırmanın Örnekleme	30
3.2.1. Katılımcıların Belirlenmesi	30
3.2.2. Çalışmaya Dahil Edilme ve Çalışmadan Dışlanma Kriterleri	31
3.3. Yöntem	33
3.3.1. Konuşmayı Ayırt Etme Değerlendirmesi	33
3.3.2. Aralık Tespit Etme (ATE) Testi	35
3.3.3. Spektral-Temporal Modüle Dalgalanma Testi (SMDT)	35
3.3.4. Melodik Kontur Tanıma (MKT) Testi	36
3.4. İstatistiksel Değerlendirme	37
<b>4. BULGULAR</b>	<b>38</b>
4.1. Demografik Bilgiler ve Grupların Belirlenmesi	38
4.2. Üç Heceli Kelime Tanıma Testi Bulguları	39
4.3. Matrix Test Bulguları	40
4.3.1. Sessiz Ortamda Değerlendirme	41
4.3.2. +8 dB SGO Gürültüde Değerlendirme	42
4.3.3. Gürültüde Adaptif Değerlendirme	42
4.4. Aralık Tespit Etme (ATE) Bulguları	43
4.5. Spektral-Temporal Modüle Dalgalanma Testi (SMDT) Bulguları	44
4.6. Melodik Kontur Tanıma (MKT) Test Bulguları	45
4.7. Matrix Sessiz Değerlendirme ile Psikofiziksel Testlerin İlişkisi	47
4.8. Matrix +8 dB SGO Değerlendirme ile Psikofiziksel Testlerin İlişkisi	48
4.9. Matrix SRT ile Konuşma Testlerinin İlişkisi	49
4.10. Matrix SRT Değerinin Psikofiziksel Testlerle Olan İlişkisi	50

<b>5. TARTIŞMA</b>	51
<b>6. SONUÇ ve ÖNERİLER</b>	69
<b>7. KAYNAKLAR</b>	72
<b>8. EKLER</b>	83
EK-1. Tez Çalışması İle İlgili Etik Kurul İzinleri -1	
EK-2. Tez Çalışması İle İlgili Etik Kurul İzinleri -2	
EK-3. Veri Toplama Formu	
EK-4. Turnitin Dijital Makbuz	
EK-5. Tez Orijinallik Raporu	
<b>9. ÖZGEÇMİŞ</b>	

## SİMGELER VE KISALTMALAR

<b>ADRO:</b>	Uyarlanabilir dinamik aralık optimizasyonu
<b>AGC:</b>	Akustik kazanç kontrolü
<b>ASC:</b>	Otomatik hassasiyet kontrolü
<b>A1:</b>	Primer işitsel korteks
<b>CNR:</b>	Devam eden gürültü baskılama
<b>dB:</b>	Desibel
<b>Fo:</b>	Temel frekans
<b>ATE:</b>	Aralık tespit etme
<b>Hz:</b>	Hertz
<b>İK:</b>	İşitme kaybı
<b>Kİ:</b>	Koklear implant
<b>Matrix SRT:</b>	Matrix testi konuşma alım eşiği
<b>MKT:</b>	Melodik kontur tanıma
<b>ms:</b>	Milisaniye
<b>N:</b>	Katılımcı sayısı
<b>Nİ:</b>	Normal işiten
<b>p:</b>	İstatistiksel yanılma düzeyi
<b>RPO:</b>	Ripple per octave
<b>SMDT:</b>	Spektral-temporal modüle dalgalanma testi
<b>SGO:</b>	Sinyal gürültü oranı
<b>SNR-NR:</b>	Sinyal-gürültü oranına dayalı gürültü azaltma
<b>SPL:</b>	Ses basınç seviyesi
<b>SPSS:</b>	Windows tabanlı istatistik paket programı
<b>ss:</b>	Standart sapma
<b>TMT:</b>	Tanıdık melodi tanıma
<b>TNR:</b>	Anlık gürültü baskılama
<b>WNR:</b>	Rüzgar gürültüsü azaltma



**ŞEKİLLER**

<b>Şekil</b>		<b>Sayfa</b>
<b>2.1.</b>	MKT testinde kullanılan melodik modeller	15
<b>3.1.</b>	Çalışmanın birey şeması	32
<b>4.1.</b>	Grupların üç heceli kelime tanıma test sonuçları	40
<b>4.2.</b>	Grupların Matrix sessiz ortamda değerlendirme sonuçları	41
<b>4.3.</b>	Grupların Matrix +8 dB SGO değerlendirme sonuçları	42
<b>4.4.</b>	Grupların Matrix SRT değerleri	43
<b>4.5.</b>	Grupların ATE sonuçları	44
<b>4.6.</b>	Grupların SMDT sonuçları	45
<b>4.7.</b>	Grupların MKT sonuçları	46

**TABLolar**

<b>Tablo</b>	<b>Sayfa</b>
<b>3.1.</b> Katılımcılara ait demografik bilgiler	31
<b>3.2.</b> Katılımcıların işitme kaybı ve koklear implant bilgileri	31
<b>4.1.</b> Gruplara ait demografik bilgiler	39
<b>4.2.</b> Grupların Matrix SRT değerine göre dağılımları	39
<b>4.3.</b> Üç heceli kelime tanıma testi bulguları	40
<b>4.4.</b> Matrix Test bulguları	41
<b>4.5.</b> Aralık Tespit Etme bulguları	43
<b>4.6.</b> Spektral-Temporal Modüle Dalgalanma Testi bulguları	44
<b>4.7.</b> Melodik Kontur Tanıma Test bulguları	45
<b>4.8.</b> Melodik kontur dizi doğru sayısının gruplar arası karşılaştırılması	47
<b>4.9.</b> Melodik kontur dizi subjektif zorlanma puanlarının karşılaştırılması	47
<b>4.10.</b> Matrix sessiz değerlendirme ile psikofiziksel testlerin ilişkisi	48
<b>4.11.</b> Matrix +8 dB SGO değerlendirme ile psikofiziksel testlerin ilişkisi	49
<b>4.12.</b> Matrix SRT ile konuşma testlerinin ilişkisi	49
<b>4.13.</b> Matrix SRT ile psikofiziksel testlerin ilişkisi	50

## 1. GİRİŞ

Koklear implant kullanıcıları sessiz ortamda konuşmayı anlamada iyi bir performans göstermelerine rağmen gürültülü ortamlarda konuşmayı anlamada zorluk yaşamaktadırlar. Önceki çalışmalarda koklear implant kullanıcılarında gürültüde konuşmayı ayırt etme becerileri incelenmiş olup normal işitmeye sahip olan bireylerle karşılaştırıldıklarında zorluk çektikleri bulunmuştur (1). Literatürde normal işiten bireylerin konuşmayı anlama performansında olumsuz bir etkiye neden olmayan gürültü seviyelerinin koklear implant kullanıcıları için önemli dezavantajlara neden olduğu bildirilmiştir (2).

Gürültüde konuşmayı ayırt etme üzerinde etkisi olan bazı işitsel beceriler bulunmaktadır. Bu becerilerin bazıları spektral çözünürlük, temporal çözünürlük, gürültü içerisindeki konuşmanın perde konturunun değişiminin takip edilmesidir. Bu becerilere yönelik yapılan çalışmalarda koklear implant kullanıcılarında gürültüde konuşmayı ayırt etme problemlerinin spektral bilginin bozulmuş olmasından kaynaklanabileceği gibi aynı zamanda zamansal boşluklar sırasında işitsel tamamlamada problem yaşamalarına da bağlı olabileceği bildirilmiştir (3). Koklear implant kullanıcılarının yaşadıkları işitsel tamamlama problemleri ise konuşmanın  $F_0$  (temel frekans) değişimlerinin düzgün bir şekilde yansıtılmıyor olmasından kaynaklandığı belirtilmiştir (3).

Literatürde koklear implant kullanıcılarında gürültüde konuşmayı ayırt etme problemlerine sebep olabilecek psikofiziksel becerilerdeki eksiklikler incelenmiş olsa da, hangi becerinin gürültüde konuşmayı ayırt etme ile ilişkisinin daha yüksek olduğu konusu netlik kazanmamıştır. Bu gerekçe ile bahsettiğimiz üç işitsel becerinin yetişkin koklear implant kullanıcılarında gürültüde konuşmayı ayırt etme becerisi ile ilişkisi incelenmiş olup hangi becerinin gürültüde konuşmayı ayırt etme becerisi üzerinde diğerlerine göre daha etkili olduğu araştırılmıştır. Ayrıca bu üç beceri gürültüde konuşmayı ayırt etme becerisi yüksek ve düşük olan katılımcı gruplarında karşılaştırmalı olarak incelenerek, ilişkisel incelemelerin yanında grupların hangi becerilerde farklılaştığı araştırılmıştır.

Çalışmamızın hipotezleri aşağıda sıralanmıştır.

### Hipotezler

H0: Yetişkin tek taraflı Kİ kullanıcılarında spektral çözünürlük, zamansal çözünürlük ve melodik kontur tanıma becerilerinin gürültüde konuşmayı ayırt etme performansları ile ilişkileri bakımından bir farklılık yoktur.

H1: Yetişkin tek taraflı Kİ kullanıcılarında spektral çözünürlük, zamansal çözünürlük ve melodik kontur tanıma becerilerinin gürültüde konuşmayı ayırt etme performansı ile ilişkileri bakımından fark vardır.

H0: Gürültüde konuşmayı ayırt etme performansı düşük olan yetişkin tek taraflı Kİ kullanıcılarının spektral çözünürlük, melodik kontur tanıma ve zamansal çözünürlük becerileri gürültüde konuşmayı ayırt etme performansı yüksek olan Kİ kullanıcısı olan bireylerle farklılık göstermez.

H2: Gürültüde konuşmayı ayırt etme performansı düşük olan yetişkin tek taraflı Kİ kullanıcılarının spektral çözünürlük, melodik kontur tanıma ve zamansal çözünürlük becerileri gürültüde konuşmayı ayırt etme performansı yüksek olan Kİ kullanıcısı olan bireylerle farklılık gösterir.

## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1. Konuşma Algısı

Moore (2008)'a göre konuşma ve dil üzerine araştırma psikodilbilimsel perspektiften ve işitsel perspektiften yapılır. Psikodilbilimsel perspektiflerden yapılan araştırma, akustik fonetik bilgiden çıkarılan anlamın sistemsel süreçlerini ve bunların cümle ve söylem açısından anlamlandırma ile bağlantısını inceler. İşitsel bir perspektiften araştırma ise konuşma seslerinin akustik özellikleri, konuşma seslerinin işitsel sistemdeki temsili ve bu gösterimin fonetik bilgiyi çıkarmak için nasıl kullanıldığı üzerine odaklanmaktadır (4).

Lotto (2016)'ya göre akustik sinyalin bilgi taşıyan yönlerinin sistem tarafından kodlanması ve dinleyiciler tarafından ayırt edilebilmesi için akustik sinyal işitsel sistem özellikleri tarafından sınırlandırılmaktadır. Bu sınırlandırma işitsel sistemin akustik sinyalin bilgi taşıyan yönlerini kodlamasıdır. Etkili konuşma iletişimi için konuşma bilgisinin içerisindeki benzer paternlerin güçlü bir şekilde kodlanmış ve algısal olarak ayırt edilebilir olması gerekmektedir (5).

Aslında konuşma sesleri sabit bir akustik düzen ile temsil edilmez. Aksine, konuşma sesinin akustik düzeni önceki ve sonraki seslere göre karmaşık bir şekilde değişmektedir. Bununla ilişkili olarak bazı araştırmacılar, konuşma seslerinin algılanması için özel mekanizmaların geliştiğini ve konuşma algısının konuşma dışı seslerin algılanmasından önemli ölçüde farklı olduğunu savunmaktadırlar (6).

Seslerin işitme sistemindeki temsili bir anahtar özelliği tonotopik olmasıdır. Konuşma sinyalleri sinüzoidal frekans bileşenlerine veya bileşen gruplarına ayrıştırılır ve farklı frekans bileşenleri farklı nöron popülasyonlarında temsil edilir. Başka bir deyişle, sesin kısa süreli spektrumu, farklı frekanslara uyumlu olan nöronlardaki nöral aktivite miktarıyla temsil edilir. Bu tonotopik organizasyon işitsel sistem boyunca korunur ancak işitsel sistemdeki daha ileri seviyelerde birden fazla "haritalama" olabilir. Temsili diğer bir kritik özelliği, lineer olmayan baskılamadır, böylece hepsi benzer frekanslara uyumlu bir nöron grubundaki güçlü sinirsel aktivite komşu frekanslarla uyumlu nöronlardaki aktiviteyi baskılar. Bu baskılama, seslerin spektral içeriğinin temsiliyi korumak için

gereklidir. Spektral özelliklerin aktarımında, zamansal ince yapı (*temporal fine structure*) bilgisinin rolü hala tartışmalı olsa da spektral özellikler ayrıca nöral aktivitenin ayrıntılı zamanlaması (faz kilitleme) ile de aktarılabilir (4). Konuşmanın altında yatan akustik özellikler, işitsel yol boyunca tutarlı bir şekilde temsil edilir (7).

Beynin kompleks sesler varlığında bileşen ses kaynaklarını nasıl ayırabildiği konusu genel işitsel ortam analizi adı altında çalışılmıştır. Bregman tarafından öne sürülen işitsel ortam analizi teorisine göre beyin ortak bir kaynaktan gelen ses bileşenlerini gruplandırmak için bilginin iki türünü kullanır. Bu bilgiler ses kaynaklarının genel özelliklerine dayalı sezgisel bilgi ve spesifik seslerle ilgili şematik bilgiler olarak gruplandırılmaktadır. Ortak başlangıca sahip olmak (*onset*) ve tek bir kaynaktan gelen frekans bileşenleri arasındaki harmonik ilişkiler (periyodik sesler için) gibi genel özellikler aynı anda ortaya çıkan farklı kaynaklardan gelen seslerin ayrılmasına; ses perdesinin devamlılığı, tını, genel şiddet seviyesi ve mekansal konum gibi diğer özellikler ise zaman içinde tek bir ses kaynağının izlenmesine yardımcı olabilir (8). Bregman ayrıca genel sezgisel taramaların yanı sıra beyin şema temelli gruplamalar kullanabileceğini de belirtmiştir. Şemaların içerdiği belirli sesler hakkındaki bilgi, şemalanmış bir ses oluşturan bileşenleri bir karışımdan seçmek için kullanılabilir. Şema temelli seçimin, konuşmanın algılanmasında özellikle önemli olabileceği belirtilmiştir (8).

## 2.2. Spektral Çözünürlük

Moore (2012)'a göre doğru konuşma tanıma, konuşma seslerinin spektral şekillerini algılama ve özellikle de spektral tepe noktalarının frekanslarını belirleme yeteneğine bağlıdır (6). Frekans seçiciliği, karmaşık bir seste farklı frekans bileşenlerini ayırt edebilme becerisini ifade etmektedir. Bu süreç ayrıca, frekans çözünürlüğü veya frekans analizi olarak da adlandırılabilir. İşitme duyusunun en temel yönlerinden biridir ve bir sesin diğerini maskeleyip maskeleyemeyeceğini belirlemede önemli bir rol oynamaktadır. Frekans seçiciliği aynı zamanda gürlük, tını ve perde algısında önemli bir rol oynamaktadır (9).

Periferik işitme sisteminin doğrusal olarak üst üste binen band geçişli filtreler seti görevi gördüğü (9, 10) ve gürültüdeki bir sinyalin tespit edilmesinde

dinleyicinin en yüksek sinyal gürültü oranını (SGO) veren işitsel filtrenin çıktısı sinyalini dinlediği varsayılmaktadır (9). İşitme kaybı (İK) ve işitsel filtreler ele alındığında koklear İK olan hastalarda frekans seçiciliğinin azaldığını gösteren önemli kanıtlar vardır (11). Literatürde azalmış frekans seçiciliği, çentikli gürültü maskeleyicileri (12) ve *rippled noise* maskeleyecileri (13) kullanılarak işitsel filtrelerin şekillerinin ölçülmesiyle ve psikofiziksel *tuning curve*'lerin ölçülmesiyle (14, 15) incelenmiştir. İşitsel filtrelerin band genişliğinin koklear İK olan bireylerde normalden üç ila dört kat daha fazla olduğu gösterilmiştir (11).

Spektral çözünürlük ayrıca koklear implant (Kİ) kullanıcılarında ve İK olan bireylerde farklı temel nedenlerden dolayı da azalmaktadır. Çok kanallı Kİ sistemleri, normal işitsel sistemin periferik frekans seçiciliğini çoklu intrakoklear elektrotlarla değiştirmektedir. Spektral ipuçları, band geçişli filtreleme kullanılarak sinyalin frekans bileşenlerinin çözülmesi ve bu bandların çıktı yanıtlarının tonotopik olarak atanmış bir şekilde intrakoklear elektrotlar üzerine haritalanmasıyla kodlanmaktadır. Spektral çözünürlük, Kİ kullanıcılarında uyarıcı kanalların sayısı ve bireyin sağlanan spektral ipuçlarını çözme becerisi ile sınırlıdır (16).

Henry ve ark.na (2005) göre bozulmuş spektral çözünürlük konuşmayı anlamada olumsuz etki yaratmaktadır. Etkilenmiş bir işitsel sistem veya Kİ kullanımı nedeniyle spektral çözünürlüğün azalması, spektral zarfın “bulanık” olmasına yol açabilmektedir. Buna bağlı olarak dinleyicinin konuşmadaki spektral tepe noktalarının frekans konumlarını belirlemesi zorlaşmaktadır (16).

Henry ve ark. (2005) spektral çözünürlüğün ne derece etkilendiği ve konuşma tanımının ne derece bozulduğunun literatürde en az iki farklı yaklaşım kullanarak araştırıldığını bildirmişlerdir. Buna göre ilk yaklaşım, konuşma sinyalinde mevcut olan spektral çözünürlüğü değiştirmeyi ve bu işlemin normal işiten (Nİ) bireylerde, İK olan bireylerde ve Kİ kullanıcılarında konuşma tanıma üzerindeki etkilerini incelemeyi içerir. Nİ bireylerde, simüle edilen azalmış spektral çözünürlüğün etkileri üzerine yapılan çalışmaların sonuçları sessiz ortamda konuşma tanımının azaltılmış spektral çözünürlüğe yüksek dirençli olduğunu göstermektedir. Nİ bireylerde genişletilmiş işitsel filtrelerin etkileri, filtrelenmiş

gürültü uyararı ile konuşma uyarınının çarpılması sonucunda yapay olarak oluşturulmuş spektral bulaşma (*spectral smearing*) koşulları altında konuşma tanıma testleriyle araştırılmıştır. İkinci yaklaşım ise İK olan bireylerde ve Kİ kullanıcılarında, spektral çözünürlüğün psikofiziksel ölçümlerdeki performansı ile konuşma tanımanın ilişkilendirilmesi olarak açıklanmıştır (16).

Baer ve Moore (17) ile ter Keurs ve ark. (18), Nİ bireylerde işitsel filtrelerin altı kat daha geniş bir şekilde simüle edilmesinin sessiz ortamda konuşmayı tanıma üzerinde çok az etkisi olduğunu göstermişlerdir. Henry ve ark.na (2005) göre literatürdeki Kİ simülasyon çalışmaları sonucunda, Kİ sisteminin sessiz ortamda doğru konuşma tanıma için yeterli spektral detay sunabileceği kabul edilmektedir. Nitekim, Kİ kanal sayısının konuşma tanıma üzerindeki etkisi üzerine yapılan çalışmalar, bu dinleyiciler tarafından algılanan etkili kanal sayısının sağlanan kanalların mevcut sayısından daha az olduğunu bildirmektedir (16).

Spektral çözünürlükle ilgili araştırmalarda bir diğer dikkat çeken konu azalmış spektral çözünürlüğün gürültüye olan duyarlılık artışına neden olmasıdır (19). Fu ve ark. (1998) Kİ kullanıcılarının gürültü duyarlılığının, spektral çözünürlük kaybından kaynaklanabileceğini bildirmişlerdir (19).Kİ kullanıcılarının mevcut spektral çözünürlüğünü sınırlayabilecek faktörler Fu ve ark. (2005) tarafından aşağıdaki gibi özetlenmiştir (20):

- 1) İmplant edilmiş elektrot sayısı
- 2) Rezidüel sinir hücrelerinin homojenliği ve implante edilen elektrotlara yakınlıkları
- 3) Uyarıcı elektrotlardan yayılan akım miktarı

İlk faktör Kİ tarafından iletilen sınırlı spektral çözünürlük ile ilişkiliyken, ikinci ve üçüncü faktörler Kİ kullanıcıları tarafından alınan spektral detay miktarını tanımlamaktadır (kullanıcılar arasında büyük farklılıklar gösterebilir). Spektral ipuçları kanal/elektrot etkileşimleri nedeniyle spektral bulaşma olarak adlandırılan duruma bağlı bulanıklaştığında bireyin var olan spektral çözünürlüğü implant cihazı tarafından iletilen spektral bilgiler sonucunda daha da azalabilir (20). Nitekim spektral bulaşma gürültüde konuşmanın anlaşılmasını olumsuz olarak etkilemektedir (17, 18, 21, 22).



Koklear implant kullanıcılarının spektral çözünürlüğünü ölçmek için *Spectral ripple* testleri yaygın olarak kullanılmıştır. Bu testler, spektral olarak dalgalı bir uyarı (*spectrally rippled stimulus*); spektral dalgalanma göstermeyen bir uyarandan, faz olarak tersine çevrilmiş spektral olarak dalgalı bir uyarandan, genlik modülasyonunun fazının tersine çevrildiği bir uyarıcıdan ya da farklı bir *ripple* yoğunluğuna sahip bir uyarandan (oktav başına farklı sayıda dalgalanma içeren uyarı) ayırt edebilmeyi değerlendirmektedir (23-25).

Won ve ark. (26), *spektral ripple* testi ile gürültüde konuşma algısının performansının değerlendirilebileceğini göstermiştir. Fakat Azadpour ve McKay bu teste ait sonuçların yorumlanmasında bir dizi zorluk bildirmiştir (27). Bu durumun üzerine Aronoff ve Landsberger (28), adaptif ve zaman içerisinde spektral olarak modüle edilmiş dalgalanmalar içeren modifiye edilmiş bir spektral dalgalanma testi (*Modified Spectral Ripple Test*) geliştirmiştir. Spektral çözünürlükteki değişikliklere hassas olan bu test Nİ bireylerde ve İK olan bireylerde kullanılabilir.

### 2.3. Zamansal Çözünürlük

Rosen ve ark.na (1992) göre normal işitme mekanizmasının en önemli özelliklerinden biri frekans çözümleyici gibi davranmasıdır. Bu nedenle, konuşma seslerinin algısal özellikleri ve akustik yapısı arasındaki ilişkiyi araştırırken en çok vurgu frekans spektrumuna yapılmaktadır. Ancak, konuşma seslerinin zamansal özelliklerinin seslerin spektral şeklinin işitsel temsilinde ve melodik perde algısında rolü olduğu düşünülmektedir (29). Ayrıca Darwin (1986), bir sesin spektral şekli ile en çok ilişkilendirilen niteliklerden biri olan tını algılanmasında bile zamansal faktörlerin rol oynayabildiğini bildirmiştir (30).

Tek kanallı Kİ sistemleri konuşma dalgası formuna dayanarak kokleaya veya yakınına yerleştirilmiş tek bir elektroda elektriksel bir sinyal iletmektedir. Böylece bu sistemler yerleşime dayanan frekans analizine izin vermezler (29). Buna rağmen, Hochmair-Desoyer ve ark. (31), tek kanallı Kİ kullanıcılarının birçoğunun bilinmeyen cümleleri sadece işitsel bir sinyal temelinde anlayabilmeye derecelerinde, şaşırtıcı derecede iyi performans gösterdiğini bildirmiştir. Bahsi geçen bilgiler zamansal bilginin işitmenin çok önemli bir boyutu olduğunu

göstermektedir çünkü sesler zaman içinde değişmektedir. Nitekim konuşmanın akustik içeriğindeki zamansal değişiklikler anlamsal değişikliklerle ilişkilidir.

Konuşmanın zamansal özelliklerinin ayrıntılı tanımı Rosen ve ark. (1992) tarafından yapılmıştır. Konuşma; farklı akustik ipuçları, işitsel ve algısal bağıntıları olan zarf (*envelope*) , periyodiklik (*periodicity*) ve *fine structure* olmak üzere, üç ana zamansal özellikten oluşmaktadır (29).

Zarf bilgisi çeşitli olarak genlik zarfı, zaman genliği veya zaman yoğunluğu bilgisi olarak bilinir, bu genellikle literatürün çoğunda “zamansal bilgi” ile ifade edilen kavramdır. Zarf, esas olarak şiddet (*intensity*) , süre (*duration*) , yükselme süresi (*rise time*) ve düşme süresi (*fall time*) gibi akustik özellikler ile tanımlanabilmektedir. Başlıca işitsel korelasyonları ses şiddeti, uzunluk, atak (*attack*) ve erimedir (*decay*). Zarfın alçak frekans varyasyonları dört ana dil bilgisi türünü aktarabilir. Bunlar artikülasyona göre segmental ipuçları, sesletim için segmental ipuçları, ünlü tanıma için segmental ipuçları ve prozodik ipuçlardır (29).

Rosen ve ark. (1992), konuşma sinyalinin periyodik-aperiyodik uyarım arasındaki farkla ilgili özelliklerinin ve periyodik uyarım oranıyla ilgili olan özelliklerinin periyodiklik bilgisi olarak adlandırıldığını ifade etmiştir. Periyodik sesler öncelikle yaklaşık 50 ila 500 Hz arasındaki hızlarda değişkenlik gösterirken, aperiodyodik ses tipik olarak birkaç kHz'ten 5-10 kHz'e kadar hızlarda değişkenlik göstermektedir (1 kHz'in altındaki hızlarda da olabilirler) (29). Periyodik seslerin tek periyotlarındaki dalganın değişimlerinde ya da aperiodyodik olanların kısa zaman aralıkları üzerinde *fine structure* bilgisinden bahsedilebilir. Bu bilgi, yaklaşık 600 Hz'ten yaklaşık 10 kHz'e kadar dominant dalgalanma oranlarına sahiptir. *Fine structure* bilgisi sesin spektrumu hakkında bilgi verir ve formant düzenini içerir. Ayrıca, *fine structure* bilgisi tını ile ilişkilidir ve en küçük segmental dil bilgisi örneklerini taşıyabilir (29).

Moore (2008)'a göre zamansal analiz tanımlanırken, çevresel işitsel sistemde gerçekleşen filtrelemenin dikkate alınması esastır. Zamansal analiz iki ana işlemi içermektedir. Bu işlemler her bir frekans kanalı içerisinde meydana gelen zaman paterninin analizi ve kanallar arası zaman paternlerinin karşılaştırılmasıdır (32). Moore (2008)'a göre, işitsel sistemin zamansal çözünürlüğünü ölçmede temel

zorluk ise sesin zaman düzenindeki değişikliklerinin genel olarak amplitüd spektrumundaki değişikliklerle (enerjinin frekans üzerinden dağılımı) ilişkilendirilmesidir. Zaman düzenindeki bir değişimin tespiti bazen kendi başına zamansal çözünürlüğe değil, spektral değişimin tespitine de bağlı olabilmektedir (32).

Amerikan Konuşma, Dil ve İşitme Birliğine göre zamansal işleme, akustik işlemlenin zamanla ilgili yönlerini ifade etmektedir. Zamansal işleme, zamansal çözünürlük veya zamansal ayırt etme (yani boşluk saptama ve işitsel füzyon), maskeleye (geri ve ileri maskeleye), zamansal birleştirme (zamansal sumasyon) ve zamansal sıralamayı içeren zamansal işitsel becerileri kapsar. Ayrıca lokalizasyon ve perde algısı ile de ilişkilidir (33).

İşitsel zamansal çözünürlük, kulağın iki sinyali birbirinden ayırt edebileceği en kısa süre olarak tanımlanır (34). Zamansal aralık tespiti, işitsel zamansal keskinlik formunun bir ölçüsüdür. Zamansal aralık tespiti (*Auditory Gap Detection*) ile işitsel zamansal çözünürlük değerlendirilebilmektedir. Bu testte dinleyiciye, zamansal olarak orta noktasında kısa bir sessiz süre (aralık) içeren hedef uyarı ve iki nispeten uzun (örneğin yüzlerce ms) ses sunulmaktadır. Dinleyicinin görevi, aralık içeren uyarıyı tespit etmektir. Tespit edilebilen en kısa aralık (eşik) tespiti için adaptif bir eşik izleme prosedürü kullanılmaktadır. Aralık, içerisine yerleştirildiği sesin uzunluğuna göre kısa olduğundan, ne genel uyarı enerjisi ne de genel uyarı süresi görevi gerçekleştirmek için kolaylıkla kullanılamaz (35).

Bazı araştırmacılar dar band seslerdeki aralıkları tespit etme eşik değerleri için gürültü (36-38) veya sinüsoidler (39) kullanmışlardır. Dar bantlı bir sese zamansal bir aralık eklendiğinde, sesin spektrumu değişmektedir. Enerji sıçraması, sesin nominal frekans aralığının dışında meydana gelir. Sıçramanın algılanmasını önlemek için genellikle arka planda bir gürültü sunularak maskeleye uygulanmaktadır (32). Ayrıca, band genişliğinin artması ile gürültü bandlarında tespit edilen aralık eşiklerinin azaldığı bildirilmiştir. Dar bant gürültüler için aralık eşikleri, mutlak eşik yaklaşık 30 dB üzeri seviyesine kadar olan seviyelerde artan ses seviyesi ile azalma eğilimindedir ancak bundan sonra kabaca sabit kalmaktadır.

Orta band genişliğinde gürültüler (birkaç yüz hertz) için aralık eşiği tipik olarak yaklaşık 10 ms'dir (32).

Moore (2008), dar bandlı uyaranların kullanıldığı deneylerde zamansal çözünürlüğün belki de çok düşük frekanslarda (200 Hz ve altı) kötüleşme haricinde, önemli derecede değişmediğini ifade etmektedir. Dar band uyaranları için aralık eşikleri tipik olarak geniş band gürültü için olanlardan daha yüksektir. Bununla birlikte, orta düzeyde gürültü band genişlikleri için, aralık eşikleri yaklaşık 10 ms veya daha az olarak bildirilmiştir. Ayrıca, tespit edilebilen en küçük aralık genellikle konuşma algılamasıyla ilgili zamansal aralıklardan belirgin şekilde daha büyüktür (örneğin, "sa" ve "sta", birkaç on milisaniye süren zamansal bir aralıkla ayırt edilebilir) (32).

Birçok araştırmacı, konuşmanın zamansal ipuçlarını işleme yeteneğinin, Kİ kullanıcılarında konuşma algısını sınırlayan bir faktör olabileceğini ifade etmiştir (40, 41). Örneğin Muchnik ve ark. (1994) açık uçlu konuşmayı tanıma becerisi daha iyi olan Kİ kullanıcılarının, açık uçlu konuşma algısı kötü olan Kİ kullanıcılarından ayrılan yönünün zamansal çözünürlük becerisi olduğunu bildirmiştir (41). Aralık Tespit Etme (ATE) eşik değerlerinin ölçümleri, Kİ kullanıcılarında işitsel zamansal çözünürlüğü değerlendirmek için yaygın olarak kullanılmaktadır. Kİ kullanıcılarının çoğunun, psikofiziksel ATE ile değerlendirmelerin yanı sıra diğer zamansal ölçümlerle de birlikte normale yakın zamansal çözünürlük sergilediği gösterilmiştir. Örneğin Shannon ve ark. (42) zamansal çözünürlüğü değerlendirmek için üç farklı eşik ölçümü kullanmışlardır: amplitüd modülasyonunun fark edilmesi, alçak frekanslı sinüzoidal akım dalga formlarının fark edilmesi ve iki sestten oluşan kompleks uyaranda atımların (*beats*) saptanması. Çalışmada modülasyonların tespiti Nİ bireyler ve Kİ kullanıcıları arasında bir derece farklılık gösterse de, her iki grup da aynı genel özellikleri sergilemiştir. Bununla birlikte, Kİ kullanıcısı olan yetişkin bireyler ve Nİ yetişkin bireyler için aralık tespit eşiklerinin benzerliğinin en az minimum miktarda açık uçlu konuşma tanıma becerisine sahip kullanıcılara özgü olabileceğini belirten çalışmalar da mevcuttur (40). Açık uçlu konuşmayı tanıma becerisi olmayan ya da çok sınırlı olan Kİ kullanıcılarının aralık tespit eşiklerinin 50 ms'den daha büyük olabileceği bildirilmiştir (41, 43).

#### 2.4. Spektro-temporal İşleme ve Konuşmanın Melodik Algısı

Konuşma, müzik ve diğer kompleks sesler genellikle perdeleri, tınları, gürlükleri, modülasyon biçimleri ve başlangıç/bitiş anlarıyla karakterize edilir. Ses kalitesinin bu tanımlamaları, ses dalgalarının anlık spektral özellikleri ile yakından ilişkilidir (44). Shamma ve ark. (1996), merkezi işitme sisteminin bu spektro-temporal bilgiyi işlemek ve gösterimlerini oluşturmak için mükemmel mekanizmalar geliştirdiğini ifade etmişlerdir. Ayrıca primer işitsel korteksin (A1), sesin dinamik spektrumunun A1'de çeşitli spektral ve zamansal çözünürlük derecelerinde art arda temsil edildiği çok ölçekli bir gösterimi kullandığını savunmuşlardır (44).

Chi ve ark. merkezi işitsel işleme mekanizmasının daha iyi anlaşılabilmesine yönelik bir modeli iki ana işitsel dönüşümle açıklamaktadır. Chi ve ark.na (45) göre modelin ilk aşaması kokleadan orta beyine monaural işlemleri içermektedir. Akustik uyarımın orta dereceli zamansal dinamikleri (<1000 Hz) basit band geçişli spektral seçicilik ile spektrogram benzeri bir gösterime dönüştürülmektedir. İkinci aşama, memeli A1'inde gerçekleştiği düşünülen daha karmaşık spektro-temporal analizi yansıtan kortikal aşama olarak adlandırılmaktadır. Bu aşamalarda gerçekleştirilen spektro-temporal analizler spektro-temporal alan yanıtları (*spectro-temporal response fields*) ile değerlendirilebilir, bunlardan biri de “*ripple analysis method*”tur (46). *Ripple*'lar, farklı parametrelere sahip spektro-temporal zarflarla sinüzoidal olarak modüle edilmiş geniş band gürültüsüdür. İki boyutlu (spektral ve zamansal) olmaları haricinde, lineer filtrelerin transfer fonksiyonunu ölçmede normal sinüzoidlerle aynı işlevi görürler (45).

Chi ve ark. literatürdeki konuşma sinyalindeki sistematik bozulmaların anlaşılabilirliğinin kademeli olarak azaltıldığı deneylerle, spektro-temporal modülasyonların karmaşık seslerin algılanmasındaki önemini ortaya konduğunu ifade etmiştir (45). Shannon ve ark. (1995) Nİ bireylerle yaptıkları çalışmada, konuşma paternlerinin tanınmasının hem spektral hem de zamansal ipuçlarını kullanabilen bir süreç olduğunu bildirmiştir. Ayrıca birkaç bitişik spektral bölgede zamansal ipuçlarının mevcut olması durumunda, minimum spektral bilginin

konuşma tanıma için yeterli olabileceğine de dikkat çekmişlerdir (47). Fu ve Shannon (2000) ise, tutarlı bir anlaşılabilirlik seviyesi elde etmede yavaş zamansal ve geniş spektral modülasyonların önemine dikkat çekmiştir (48).

Chi ve ark. konuşma ve müziği, harmonik veya gürültü dalgalanmalarının (*ripple*'ların) detaylandırılması olarak ifade etmişlerdir. Müzik akustik olarak konuşmadan daha çeşitlidir, buna bağlı olarak müziğin akustik özelliklerini tanımlamak daha zordur (45). Zatorre ve ark. (2002), müzikle ilgili seslerin heterojenliğini göz önünde bulundurarak tonal perde olarak adlandırılan belirli bir konuya odaklanmanın pratik bir yaklaşım olacağını öne sürmüşlerdir. Perde varyasyonları tüm müzik sistemlerinin kritik bir bileşenidir ve perde modülasyonu sayesinde melodiler gibi yapılar oluşturulur (49). Zaman skalası üzerinde ses perdesinin değişim büyüklüğü ve perde değişiminin yönünün doğru algılanması, melodik konturların tanınması, tanıdık melodiler veya melodi düzenindeki hataların tespiti gibi müzik dinleme görevlerinde önemlidir (50, 51). Zatorre ve ark. (2002) müzikal işleme açısından önemli olan perde değişimleri nispeten küçük olduğunu ve melodilerin tipik olarak oktavin 1/12 ila 1/6 düzeninde perde değişimleri ile oluştuğunu ifade etmiştir (52). Buna ek olarak, konuşmadaki tonlama konturları için de perde değişimleri söz konusudur ve bu perde değişimleri yarım oktavdan daha büyük olma eğilimindedir (49). Konuşmadaki perde değişimi, prozodi olarak bilinen daha karmaşık bir modülasyon grubunun parçasını oluşturmaktadır (49).

Prozodi, tonlama (bir cümledeki perde değişimlerine karşılık gelen temel frekans), vurgu ve ritim dahil olmak üzere genel olarak bireysel konuşma seslerinde (yani hece, cümle veya cümle düzeyinde) kullanılan konuşma parametreleri grubunu ifade etmektedir (53). Prozodi, tonal dillerdeki sözcük anlamlarını ayırt etmek (örneğin, Mandarin ve Tayland dili), cümle yapılarını belirginleştirme (cümle içindeki soruları ayırt etmek), cümle içindeki unsurları vurgulama, altını çizme ve duygu işaretlerini verme de dahil olmak üzere, dilin çeşitli iletişimsel işlevleri için önem taşımaktadır (53). Zatorre ve ark. (2012), prozodinin bu fonksiyonlara değişik şekillerde katkısı olduğunu ancak çalışmalarda genellikle müzik ve konuşmadaki en belirgin benzerlik olan melodi, cümle düzeyinde tonlama veya ses perdesinin işlenmesi üzerinde durulduğunu ifade etmişlerdir (53).

Shahin (2011), konuşma ve müziğin bazı yönlerinin algılanmasının, işitme sisteminde ortak akustik ve sinirsel mekanizmalara dayanabileceğini ve müzik eğitiminin gürültüde konuşma algısı için geliştirilmiş davranışsal ve nörofizyolojik yanıtlarla ilişkili olduğunu bildirmiştir (54). Prozodi, melodi ve perde algısı ortak sinirsel sistemlere dayanır ve her ikisi de düşük seviyede aşağıdan yukarıya (*bottom-up*) işleme ve daha yüksek seviyede yukarıdan aşağıya işleme (*top-down*) kullanır (55). Buna bağlı olarak konuşma ve müzikal uyarıların doğrudan karşılaştırılması, karmaşık işitsel sinyallerin algılanması hakkında ilgi çekici bilgiler verebilir.

See ve ark. (56) normal işitmeye sahip bireylerde kapsamlı müzik deneyiminin konuşmadaki spektral değişimlere dikkat vermeyi artırarak konuşmanın spektral olarak karmaşık özelliklerinin algılanmasına katkıda bulunabileceğini ifade etmiştir. Buna bağlı olarak bazı araştırmacılar; perde konturlarını dinleme alıştırmaları gibi müzikal unsurlarla işitsel eğitimin, iletişim eksiklikleri olan kişilerin konuşma algısını daha da geliştirebileceğini varsaymışlardır (57-59). Wang ve ark. (60) Kİ kullanımı ile ilgili araştırmalarında leksikal ve müzikal ses perdesi algısının birbirleriyle son derece ilişkili olduğunu ve benzer mekanizmaları paylaşabileceğini öne sürmektedir. See ve ark. müzikal ve insan sesi perde algısının elektriksel işitmede benzer mekanizmaları paylaşmasına bağlı olarak, daha iyi perde algısına sahip olan Kİ kullanıcılarının konuşmanın suprasegmental yönlerinde daha iyi performans gösterebileceğini ifade etmiştir (56).

Çoğu güncel Kİ cihazı, bütün ses spektrumunu temsil eden sadece 16 ila 22 kanal sağlamaktadır. Bu kaba spektral çözünürlük konuşma tanıma için yeterli olsa da müzikal perde bilgisinin kodlanmasında yeterli değildir (61-63). Kİ sistemlerindeki sınırlı spektral çözünürlük; perde algısı, tını algısı ve enstrümanların ayrımı için önemli olan harmoniklerin çözülmesini de engellemektedir. Kİ kullanıcıları nispeten zayıf spektral çözünürlüğün yanı sıra melodileri müzik notalarının Fo'na göre izleme yeteneğini azaltan sınırlı zamansal bilgiye ulaşabilirler (64). Ayrıca Kİ kullanıcıları, zamansal ipuçlarına erişimi daha fazla kısıtlayan sınırlanmış bir frekans aralığında genlik modülasyonunu tespit edebilmektedirler (42).

Shannon (1992)'a göre Kİ kullanıcılarının müzik algısına uygun ve anlamlı bir test geliştirilirken dinleme görevi tarafından hedeflenen algısal süreçleri göz önünde bulundurmak önemlidir. Örneğin literatürde sıklıkla kullanıldığı gözlenen bilinen melodi tanımlaması, melodide sunulan doğru zaman aralıklarına daha fazla dikkat gerektirirken; yeni melodilerin algılanması, melodinin "perde konturuna" dikkat etmeyi içerebilir. Bu nedenle, tanıdık bir melodi için beklenen aralıklardan sapmalar tanımlama performansını güçlü bir şekilde etkileyebilir. Yeni melodiler için yapısal öğelerin algılanması zaman aralıklarına daha az bağılyken; perde, ritim ve tımdaki değişikliklerin genel konturuna daha fazla bağlı olabilir (42).

Koklear implant kullanıcılarının müzikal algısını değerlendirmek için Galvin ve ark. tarafından Melodik Kontur Tanıma Testi (*Melodic Contour Identification Test*) geliştirilmiştir. Galvin ve ark. (64) çalışmalarında 9 Nİ birey ve 11 Kİ kullanıcılarında melodik kontur şeklinin tanımlanmasını test etmişlerdir. MKT, dokuz tane 5 notadan oluşan melodik konturdan birini tanımlama görevini içermektedir. Her konturdaki ardışık notalar arasındaki aralık, Kİ cihazı tarafından sağlanan müzikal nota çözünürlüğünü test etmek için 1 ila 5 yarım ton arasında sistematik olarak değiştirilmiştir (64). Galvin ve ark. tarafından kullanılan melodik konturlar Şekil 2.1.'de verilmiştir. Çalışmadaki bazı katılımcılar testin uyaran setinde kullanılmamış alternatif frekans aralıkları kullanılarak günde yaklaşık 1 saat boyunca eğitilmiştir. Basit müzikal konturlarla yapılan orta düzeyde bir işitsel eğitimin, Kİ kullanıcılarının MKT ve Tanıdık Melodi Tanıma (*familiar melody identification, TMT*) testlerindeki performanslarına etkisi araştırılmıştır. TMT, ritim ipuçlarının korunduğu veya çıkartıldığı iki adet bilinen 12 melodi setiyle müzikal algı becerisini değerlendirme sağlayan bir testtir (64). Bu çalışmada kullanılan MKT görevi, Kİ kullanıcılarının sadece sınırlı MKT yeteneğine sahip olduklarını göstermiştir. Genel olarak en iyi Kİ kullanıcı performansının bile Nİ bireylerin ortalama bir performansından önemli ölçüde daha zayıf olduğu bildirilmiştir. Ayrıca, Kİ kullanıcılarının müzik algısının, eğitim ve müzik dinleme deneyimi ile MKT performansını büyük ölçüde iyileştirilebileceğini öne sürmüşlerdir ve MKT eğitiminin TMT performansını da iyileştirdiği bildirmişlerdir. Çalışmada, Kİ kullanan katılımcıların MKT performansı ile ünlü tanıma performansı arasında anlamlı bir ilişki bulunurken, MKT ve TMT arasında



veya TMT ve fonem tanıma arasında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır. Kİ kullanıcıları daha düşük müzikal frekans aralığında bir derece daha kötü performans göstermiştir. Kİ kullanıcılarının performansı notalar arasında beş yarım ton değişikliği olan konturlara kıyasla bir veya iki yarım ton aralık değişikliklerini içeren konturlar için önemli ölçüde düşük elde edilmiştir. Ayrıca Kİ kullanıcıları daha sık “düz” (perde değişmeyen) konturları ve en az sıklıkla “alçalan” (perdesi azalan) konturları tanımlayabilmiştir (64). Araştırmacılar MKT performansı bakımından Kİ cihaz markaları arasında bir farklılık bildirmemişlerdir. Buna bağlı olarak Kİ kullanıcılarının konuşma işlemcilerinde kullanılan frekans dağılımlarının, elektrot konfigürasyonlarının ve uyarım hızlarının, MKT performansında sınırlayıcı faktörler olmadığını öne sürmüşlerdir (64). Ters olarak fonksiyonel spektral çözünürlük farklılıklarının (yani, sağlıklı sinir popülasyonlarının dağılımı ve implante elektrotlara yakınlıkları) kullanıcı performansındaki farklılıklara daha büyük olasılıkla katkıda bulunmuş olabileceği bildirilmiştir. Ayrıca, bu hasta farklılıkları kritik konuşma işlemcisi parametreleriyle (örneğin, frekans atama, elektrot konfigürasyonu) etkileşime girebileceği ifade edilmiştir. Bu durumun, en iyi performans gösteren kullanıcılarda işlemci parametrelerinin, fonksiyonel spektral çözünürlük için daha iyi ayarlanmış olabileceğini düşündürdüğü belirtilmiştir (64). Zayıf performans gösteren kullanıcılar için bu parametre ayarlarının yetersiz olabileceği ve mevcut işitsel sinir popülasyonları tarafından desteklenebilecek maksimum fonksiyonel spektral çözünürlüğü sağlamak için bazı ayarlamalar gerekebileceği bildirilmiştir (64).



**Şekil.2.1.** MKT testinde kullanılan melodik modeller (64)

Yükselen, Yükselen-Düz, Yükselen-Alçalan / Düz-Yükselen, Düz, Düz-Alçalan /  
Alçalan-Yükselen, Alçalan-Düz, Alçalan

## 2.5. Gürültüde Konuşma Algısı

Sözel iletişim neredeyse her zaman bir tür arka plan gürültüsünün bulunduğu koşullar altında gerçekleşmektedir ve doğal koşullar altında gürültünün zamana ve frekansa göre dağılımı nadiren aynıdır. Trafik gürültüsü, rakip sesler, klima ve bilgisayar fanlarının gürültüsü yaygın rastlanan gürültü biçimleridir (65).

Assmann ve Summerfield (2004), gürültüde konuşma algısı çalışmalarının kullanılan gürültü maskeleyici türlerine göre gruplandırılabilceğini ifade etmiştir. Bunlar arasında tonal uyaranlar ve dar band gürültü, geniş band gürültü, kesintiye uğramış gürültü, konuşma sesi ile şekillendirilmiş gürültü, babble gürültüsü ve rakip sesler vardır. Her bir gürültü türünün, akustik şekline ve bilgi içeriğine bağlı olarak konuşmanın anlaşılabilirliği üzerinde etkileri farklı olabilmektedir (65). Bir maskeleyici sesin etkili olup olmayacağını belirlemede birincil faktör maskeleyici sesin frekans içeriği ve maskeleyici ile konuşma sinyali arasındaki spektral örtüşme derecesidir (65). Konuşma enerjisi 0,1 ile 6 kHz arasında yoğunlaşmıştır ve bu bölgedeki spektral bileşenlerle oluşan gürültü konuşmanın etkili maskeleyicisidir (65). Konuşma, saf sesler ve dar band gürültü gibi dar band maskeleyicileri tarafından maskelendiğinde düşük frekanslı maskeleyiciler (<500 Hz), yüksek frekanslı maskeleyicilerden daha bozucu etki göstermektedir (66). Maskeleyici frekans bandlarındaki enerji ile baskılanmış konuşma sesi frekanslarına ilişkin bilginin gürültü içerisinden çıkarılması spektral çözünürlük becerisi ile ilişkilidir.

Miller ve Nicely (67), geniş band (beyaz) gürültünün ünsüz-ünlü (*consonant-vowel*) hecelerinde ünsüzlerin tanımlanması üzerindeki etkilerini incelemiştir. Ünsüzlerin ötümlülük, nazallık, afrikasyon, süre ve artikülasyon bölgesi gibi fonetik özellikler açısından sınıflandırıldığı bu çalışmada gürültünün en büyük etkisinin artikülasyon bölgesi üzerinde olduğu ortaya konmuştur. Süre ve frikasyon, gürültü maskeleymesine diğer özelliklere göre daha fazla direnç göstermiştir, seslendirme ve nazallık oldukça başarılı bir şekilde iletilerek -12 dB'lik bir SGO değerinde bile bir dereceye kadar korunmuştur.

Pickett (68) ve Nooteboom (69), geniş band gürültünün ünlülerin algılanması üzerindeki etkilerini incelemiştir. Pickett, benzer formant desenleri

gösteren fonetik olarak farklı ünlülerin ünlü tanımlama hatalarını ortaya çıkarabileceğini öne sürmüştür (örneğin [i] ve [u]). F<sub>2</sub> tepe noktası maskelendiğinde, ünlü harfin benzer bir F<sub>1</sub>'e sahip bir gerideki ünlü olarak tanımlandığını bildirmiştir. Pickett'a (68) göre bu hata paterni, dinleyicilerin ünlüleri tanımlamak için öncelikle formant tepe noktalarının frekanslarını belirlemelerinden kaynaklanmaktadır ve bu durum ünlülerin formant kalıplı bir modelle algılandığını desteklemektedir. Pickett (68), formant tepe noktalarının bir veya daha fazlasının gürültü ile maskelenmesi durumunda süre ipuçlarının (uzun ve kısa ünlüler arasındaki farkların), tanımlama için daha büyük bir etkiye sahip olduğunu belirtmiştir.

Gürültünün konuşmanın anlaşılabilirliği üzerine etkilerine yönelik ilk araştırmalarda sıklıkla beyaz gürültü kullanılırken, daha sonraki çalışmalarda gürültünün daha karmaşık biçimleri kullanılmıştır. Bu bağlamda kullanılacak bir diğer gürültü tipi de süregiden konuşma sesleridir. Cherry (70) sesleri bir sesler bütününde ayırma ve onlardan birini seçerek dikkatini verme sürecini "kokteyl parti sorunu" olarak tanımlamıştır. Sesleri bir sesler bütününde ayırma ve onlardan birini seçerek dikkatini verme sürecinde, rekabetçi sesler spektral ve zamansal örtüşmeye yol açarak işitsel maskelemeye neden olabilir ve buna bağlı olarak hedef konuşmanın linguistik işlemesine bir engel oluşturabilir (65). Buna rağmen, iki sestenden oluşan bir ses karışımını dinlerken, normal işitmeye sahip dinleyicilerin aynı gırtlak ve ses kanalından kaynaklanan bileşik sinyalin bileşenlerini ayırıştırabilme konusunda olağanüstü yetenekleri olduğu belirtilmiştir. Nitekim literatürdeki bir çalışmada, hedef bir cümle farklı bir konuşmacı tarafından konuşulan müdahale edici bir cümle ile birleştirilerek sunulduğunda dinleyiciler 0 dB SGO değerinde hedef sözcüklerin % 70 ila % 80'ini doğru bir şekilde tanıyabilmişlerdir (71).

Maskeleyici seslerin varlığında anlaşılabilirliğe katkıda bulunan bir diğer faktör, Fo bazında işitsel gruplandırma ve ayırıştırma (72-74). Konuşma sırasında vokal kordların titreşimi, dalga formunda tutarlı bir periyodisite paternine ve spektrumdaki harmonikliğe yol açmaktadır. İki sesin birleşiminden oluşan bir uyaranda, hedef sesle ilişkilendirilen periyodisite veya harmoniklik, aynı Fo'a sahip sinyal bileşenlerini gruplamak için temel sağlar. Fo'daki zamana bağlı değişimler aynı zamanda sesin zaman içindeki özelliklerini izlemeye katkıda bulunur (65).

Bir konuşmacıdan gelen ipuçlarının, diğer konuşmacılardan gelenlerden algısal olarak nasıl ayrıldığı sorusu konuşmanın algısı ve işitsel ortam analizi araştırmalarını bir araya getirmiştir. Bir ses karışımındaki bileşenlerin ardışık ve eş zamanlı olarak gruplandırılması arasında ayrımının yapılması Bregman tarafından açıklanmıştır. Bregman'a (75) göre eş zamanlı gruplama, aynı anda sunulan frekans-zaman öğelerinin aynı ses kaynağına ait olup olmadığını belirlemektedir. Sıralı gruplama ise zaman içinde belirli bir ses kaynağını takip etme işlemini ifade etmektedir.

Gürültüde konuşmayı ayırt etme ile ilişkili bir başka etken de binaural işittir. Bir ses kaynağı, serbest alanda doğrudan bir dinleyicinin önüne yerleştirildiğinde, iki kulağa ulaşan akustik sinyaller neredeyse aynıdır. Ses kaynağının konumu bir tarafa veya diğerine doğru kaydırıldığında, her bir kulağa ulaşan sinyal farklılaşır. Başın gölge etkisi nedeniyle ses basınç seviyesinde kulaklar arası oluşan seviye farkı (*interaural level differences*) ve uyarının sağladığı ipuçlarının her iki tarafa farklı zamanda ulaşmasında geçen süre farkı (*interaural time differences*) lokalizasyon, konuşmanın anlaşılabilirliği ve özellikle gürültü varlığında konuşmanın anlaşılmasında ipucu sağlamaktadır (65). Helfer (76), gürültüde konuşma algısındaki hata paternlerini analiz ettiği çalışmada binaural dinlemenin düşük frekanslarda daha fazla fayda sağlayabileceğini bildirmiştir.

Beyaz gürültü gibi bir taşıyıcı sinyal içindeki küçük sessiz aralıkları algılama önemli bir dinleme becerisidir. Bu aralık tespit edebilme yeteneği, sessiz ortamda ve gürültülü ortamda dinleme durumlarında konuşmayı anlama becerisi ile ilişkilidir. Literatürde yaşlı erişkinlerin aralık tespit etme becerisine yönelik kesin bir yargı olmasa da zayıf aralık tespit becerisinin, yaşlı yetişkinlerin arka plan gürültüsünde konuşmayı anlamada zorlanma şikayetleri ile ilişkili olabileceği öne sürülmektedir (77). Phillips ve ark. (2000), zamansal işleme için yaşlı yetişkinler için gürültüde konuşma anlaşılmasında daha kritik bir rol oynayabileceğini bildirmiştir (78). Snell ve ark. (2002), aralık tespitinin 55 yaşın üzerindeki yetişkinler için birden fazla konuşmacı varlığında konuşmayı anlama ile anlamlı derecede ilişkili olduğunu ancak daha genç yetişkinler için anlamlı olmadığını bildirmiştir (79).

Zamansal çözünürlük, özellikle gürültülü ortamlarda konuşmanın doğru anlaşılması için çok önemlidir (80, 81). Feng ve ark. (2010) yüksek frekans İK'nın alçak frekans zamansal çözünürlük üzerindeki etkilerini araştırdığı çalışmalarında alçak frekans bölgesindeki saf ses işitme eşiklerinin normal aralıkta olmasına rağmen, alçak frekans zamansal çözünürlüğün gürültüde konuşmayı anlamada zorluklara neden olabileceğini öne sürmüşlerdir. Çalışmalarının sonuçları, *low-passed noise bursts* ile belirlenen ATE değerlerinin yüksek frekans İK olan bireylerde Nİ kontrol grubu bireyelerine kıyasla daha uzun olduğunu göstermiştir. Aynı zamanda daha iyi *Hearing In Noise Test* (HINT) performansı daha iyi ATE değerleri ilişkilendirilmiştir (82).

Sonuç olarak konuşma uyarandaki spektral ve zamansal ipuçlarını yakalamanın, gürültü içerisindeki düzenlilikleri fark etme ile ilişkilendirilen Fo değerinin takip edilmesinin ve bu ipuçlarının binaural olarak işitilmesinin gürültüde konuşmayı ayırt etme üzerinde etkili olan ana faktörler olduğu söylenebilir.

## 2.6. Koklear İmplant ve Koklear İmplant ile Konuşma Algısı

İşitsel yol kokleadan koklear sinire, beyin sapındaki inferior kolliküllere ve nihayetinde işitsel kortekse kadar uzanır (83). Sensörinöral işitme kaybı, ses basıncının orta kulak tarafından iletilen mekanik enerjisinin VIII. sinirin uyarımını sağlayacak koklear iletimdeki bir başarısızlıktan kaynaklanır. Mekanik enerjinin yol açtığı kokleadaki hidrolik hareket Korti organındaki reseptör hücreleri tarafından elektriksel potansiyele dönüştürülür. Bu süreçte hem sensörial hem de nöral unsurlar görev alır (84). Sensörial bir hasar kokleadaki tüy hücrelerinden kaynaklanır. İç tüy hücreleri (*inner hair cells*), iç kulakta bulunan ve ses kaynaklı basınç dalgasının mekanik enerjisini koklear siniri uyaran elektrik sinyallerine dönüştüren mekanik sensörlerdir (83). Yaşlanma, akustik travma, ototoksisite ve bazı patolojiler bu hücrelerin zarar görmesine ve kaybolmasına neden olabilir. Hafif ve orta şiddette işitme kaybı için, işitme cihazlarıyla ses amplifikasyonu akustik bilgiye anlamlı erişim sağlayabilir ancak işitme cihazlarının çalışması için en azından birtakım iç tüy hücrelerinin ve sağlam bir işitme sinirinin bulunması, merkezi işitsel yolların çalışması gereklidir. İleri derece işitme kayıplarında,

geleneksel amplifikasyon çoğu zaman yeterli fayda sağlayamaz. İleri ve çok ileri sensörinöral işitme kaybı olan bireyler için koklear implantasyon genellikle en etkili işitsel rehabilitasyon yöntemidir (85).

İlk olarak 1984 yılında Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi (*U.S. Food and Drug Administration*) tarafından onaylanan Kİ sistemi, iç tüy hücrelerinin zarar görmesi veya kaybı nedeniyle ileri ve çok ileri derecede işitme kaybını tedavi etmek için tasarlanmıştır. İşitme cihazlarının aksine Kİ sistemleri işitmeyi sağlamak için iç tüy hücrelerinin bulunmasını gerektirmez. Kokleaya yerleştirilen bir elektrot dizisi aracılığıyla hasarlı tüy hücrelerini atlayarak doğrudan koklear sinirin spiral ganglion hücrelerine akustik sinyaller iletir (85). Başarılı işitsel rehabilitasyon için işitsel yolun geri kalanı (spiral ganglion hücrelerinden işitsel kortekse) işlevsel olmalıdır. Yaşlanma, bu işitsel yol boyunca birden fazla alanı etkileyerek yaşlı yetişkinlerde Kİ sonuçlarını etkileyebilir (86-89). Bir çalışmada, yaşlı beyinlerde dendrit ve dendritik uzantıların sayısında genel bir düşüş olduğu, yaşla birlikte sinaptik aktivite ve nöroplastisitenin azaldığı ortaya konmuştur (87). Bilişsel fonksiyonların azalması ve kortikal plastisitenin azalması gibi beyinde meydana gelen yaşa bağlı fizyolojik değişiklikler merkezi işitsel işleme alanlarına da etki edebilir (86-89).

Önceki çalışmalarda ileri veya çok ileri derecede İK ile geçen sürenin yetişkinlerin konuşma algısında önemli bir etkisi olduğu görülmektedir (90-92). İşitme cihazlarının kullanımının artmasıyla birlikte bu sürenin Kİ kullanan popülasyonda giderek kısılmasına (93, 94) bağlı olarak bu faktörün geçmiş çalışmalara göre etkisinin azaldığı düşünülebilir. Diğer önemli faktörler ise yaş (92) ve aktif elektrotların sayısı, skaler yerleşim ve modiolustan uzaklık gibi cerrahi faktörlerdir (91, 92, 94, 95). Kİ elektrot yerleşiminin iç kulak travmasına ve işitme kaybına neden olduğu bilinmektedir (96-98). Bununla birlikte, cerrahi teknik ve elektrot tasarımındaki son gelişmelerle artık işitmeyi korumak mümkün olmuştur (99, 100). Tüm bunlara ek olarak azalmış veya yok olmuş işitsel girdilerin ardından beynin yeniden yapılanmasını içeren bilişsel faktörlerin de etkisi söz konusudur (101-103).

Koklear implant alanındaki klinik araştırmalar, konuşma işlemcisi programının optimizasyonunun yetişkin Kİ kullanıcılarının konuşma anlayışını geliştirebileceğini göstermiştir (104-107). Retrospektif bir çalışmada, Budenz ve ark. (83) iki yıl süre ile Kİ kullanan postlingual işitme kayıplı Kİ kullanıcı yetişkinlerin tek heceli kelime ve cümle tanıma puanlarını, 70 yaş ve üzerinde olan daha yaşlı grup ve 70 yaşın altında olan daha genç olan bir gruba ayırarak karşılaştırmıştır. Her iki grupta da, Kİ öncesi puanlara göre tek heceli sözcüklerde ve fonemlerde, sessiz ve gürültülü ortamda cümle ayırt etme skorlarında önemli gelişmeler kaydetmiştir. İK ile geçen süreleri yakın olan Kİ kullanıcılarının karşılaştırılmasına dikkat edildiğinde iki yıllık bir sürede gruplar arasında veya konuşma tanıma puanlarında düzelme oranında anlamlı bir farklılık elde edememişlerdir. Çalışmanın sonucunda daha yaşlı ve daha genç yetişkin Kİ kullanıcılarının cihazlarından eşit şekilde yararlandıklarını bildirmişlerdir.

Friedland ve ark. (108), implantasyondan bir yıl sonra 65 yaş ve üzeri olan ve 65 yaşın altında olan kullanıcılardan oluşan gruplarda konuşma tanıma skorlarını karşılaştırmıştır. Her gruptaki katılımcılar implant öncesi cümle puanları ve İK sürelerine göre karşılaştırılmıştır. Gruplar arasında sessiz ortamda tek heceli kelimeler ve cümlelerdeki skorlarda genç grubun anlamlı olarak daha yüksek skorlara sahip olduğu bildirilmiştir. Ayrıca, azalmış bilişin ve merkezi işitsel işlemeleme becerilerinin daha yaşlı gruptaki düşük konuşma tanıma puanlarına neden olabilecek bir faktör olabileceğini bildirmişlerdir. Bir diğer noktada ise son zamanlarda araştırmacılar, konuşmanın anlaşılmasında yaşlı bireylere daha fazla zamansal bilgi vermenin genç bireylere kıyasla daha çok fayda sağlayacağını öne sürmektedirler (109). Tüm bu faktörlere ek olarak güncel bir çalışmada Kevin ve ark. (2020), preoperatif bilişsel faktörlerin yetişkin Kİ kullanıcılarının konuşmayı anlama performansına katkıda bulunduğunu ve implantasyonun bazı bilişsel alanlarda iyileşmelere yol açabileceğini bildirmiştir (110). Kİ kullanıcılarının konuşmayı anlama performansına etki edebilecek birçok faktör vardır. Nitekim literatürde kullanıcıların işitsel psikofiziksel becerilerine ve bunların konuşma tanıma becerileri ile ilişkilerine daha fazla dikkat çekilmiştir.

İşitsel sistem, çeşitli konuşma seslerini ayırt etmek için konuşma segmentlerinin süresi ve konuşma segmentleri arasındaki sessiz aralıkların süresi

gibi zamansal ipuçları kullanır (111). Kİ tarafından sağlanan bozulmuş spektral bilgilerin Nİ bireylerin algılayabildiklerine göre önemli ölçüde daha zayıf olması zamansal çözünürlük becerisinin Kİ kullanıcıları için önemini artırabilmektedir (40, 112).

Konuşma seslerini algılamalarını akustik işitme deneyimleri ile karşılaştıran birçok Kİ kullanıcısı konuşma seslerinin mekanik veya rahatsız edici hale geldiğini buna bağlı olarak sesin estetik niteliklerinin çoğunun azaldığını ifade etmektedir (113). Gfeller ve ark. (2002) konuşma seslerinin algılanmasında yaşanan estetik nitelik kaybını çoğunlukla konuşma seslerinin perdelerini algılama becerisindeki azalma ile ilişkili olabileceğini bildirmiştir (114). Konuşmayı anlamada başarılı olan Kİ kullanıcıları için perde algısının kaybının sessiz ortamda konuşmanın anlaşılmasında bir sınırlamaya neden olduğu görülmesi de perde algısında sınırlılığın mevcut Kİ sistemlerinin sınırlı spektral çözünürlüğünün bir sonucu olduğu belirtilmektedir (115). Bununla birlikte arka plan gürültüsünde konuşmanın anlaşılması, sessiz ortamda konuşmayı anlamak için gerekenden daha ince spektral çözünürlük gerektirmektedir (19). Fonetik sesler, farklı frekans bandlarında zaman içinde meydana gelen amplitüd değişimlerinden oluşmaktadır (116). Alçak frekans değişimleri (1-50 Hz), prozodik ve segmental konuşma bilgilerinin algılanmasında önemli olan amplitüd zarfı bilgisini taşımaktadır (117, 118). Orta frekans modülasyonları (50-500 Hz) ise konuşma sinyalinde bulunan periyodik bilgileri içermektedir. İmplant edilen elektrotların genellikle 1000 Hz'nin altındaki koklear bölgeleri uyarmaması sınırlı spektral ipuçları sağladığı için Kİ kullanıcılarının konuşma sinyalinden perde ve formant ipuçlarının elde edilmesinde özellikle periyodik zamansal bilgiler önemli olabilmektedir. Daha yüksek frekans modülasyonları (4500 Hz) konuşma sinyallerindeki zamansal ince yapı bilgisini iletmektedir ve 500 ile 1500 Hz arasındaki frekans bölgesinin konuşma tanıma için önemli olduğu önceki çalışmalarda gösterilmiştir (119). Örneğin Wilson ve ark. (1991) konuşma işlemcisinin her bir frekans bandındaki bu ince zamansal değişimlerin, Kİ kullanıcılarının konuşmayı anlamaları için de önemli olduğunu ileri sürmüşlerdir (120). Fu (2002), Kİ kullanıcılarının konuşmayı anlamada bireysel olarak yüksek değişkenlik göstermelerinin zamansal çözünürlükle ilişkili olduğunu savunmuştur. Konuşma işlemcisi tasarımı açısından en iyi zamansal



çözünürlüğü sağlayan parametrelerin optimizasyonu veya uygulanmasının Kİ kullanıcılarının konuşmayı anlama performansını da artırabileceğini ileri sürmüştür (121).

Konuşmanın çeşitli bileşenleri spektral ve zamansal ipuçlarına farklı derecelerde bağlıdır. Örneğin sesli fonem tanıma büyük ölçüde alçak ve orta frekans aralıklarındaki (örneğin, 200–2500 Hz) spektral kalıpların doğru algılanmasına bağlıdır. Bazı ünsüzlerin tanınması ise, akustik sinyalin yükselme süreleri (*rise time*) gibi zamansal zarf kalıplarının algılanmasına bağlıdır (122). Sonuç olarak Kİ sistemleri aracılığıyla sağlanan zamansal ve spektral ipuçlarının konuşmanın anlaşılmasında önem arz ettiği görülmektedir.

## 2.7. Konuşma İşlemcilerinde Gürültü Yönetimi

Çok sayıda araştırmacı, gürültü içindeki konuşmayı ön işlemeye (*pre-processing*) tabi tutarak geliştirilmiş sinyali Kİ cihazlarının işlemcilerine bir girdi olarak besleyen ya da konuşma ile birlikte gelen arka plan gürültüsünü bastıran etkili gürültü azaltma (*noise reduction*) tekniklerinin geliştirilmesine odaklanmıştır (123). Bu gürültü azaltma yaklaşımları genel olarak çoklu ve tek mikrofon sistemlerine ayrılabilir. Çok mikrofonlu gürültü azaltma yaklaşımının faydası, hedef ve gürültü uzamsal olarak ayrıldığında belirginleşir (124). Günümüzde çoklu mikrofon bazlı gürültü azaltma yaklaşımlarının özellikle birkaç gürültü kaynağı olduğu durumlarda gürültülü koşullarda konuşma anlaşılabilirliğini önemli ölçüde artırabileceğine inanılmaktadır (125).

Koklear implant işlemcileri, sinyali hastanın elektriksel dinamik aralığında tutmak ve ani yüksek seslerden kaynaklanan rahatsızlıkları önlemek için bir akustik kazanç kontrolü (*Acoustic gain control*, AGC) kullanır (126). Çoğu Kİ işlemcisinde AGC, hem hızlı bir dedektör hem de yavaş bir detektör ile çift zamanlı olarak çalışır (127, 128). Ayrıca AGC'nin atak zamanının 1 ms içinde başlangıçtan tepeye hızlı bir tepe seviyesine sahip olan geçici gürültüleri yakalamada yavaş kalması nedeniyle bu gürültüleri azaltabilen bir anlık gürültü baskılama özelliği (*Transient noise reduction*, TNR) Kİ sistemlerine eklenmiştir (129).

Dyballa ve ark. (130), Kİ kullanıcılarında sessiz ortamda ve iki anlık gürültü türünde (tekrarlayan çekiç darbeleri ve tabakların, bardakların ve kaşıkların tıkırtı sesleri) TNR'nin konuşmaların anlaşılabilirliği üzerindeki etkisini araştırmıştır. Çalışmada gürültü 90 dB ses basınç seviyesinde (*Sound Pressure Level*, SPL) tepe seviyesine ve yaklaşık 70 dB SPL bir *root mean square* seviyesine sahip olmuştur. Sessiz ortamda gerçekleşen konuşma algısı algorithmadan etkilenmemiştir. Gürültüde konuşmayı anlama eşiği ise, çatal bıçak gürültüsü için 0,4 dB ve çekiç gürültüsü için 1,7 dB geliştirilmiştir.

Günlük durumlarda geçici ani gürültüler, sürekli arka plan gürültüleri ile birlikte ortaya çıkabilir. Bu gibi durumlarda ses işlemcisinde TNR ve devam eden gürültü baskılama (*continuous noise reduction*, CNR) aynı anda etkin duruma geçebilir. TNR sinyal işleme yolunda AGC'den önce aktifleşir. Ses işlemcisinin AGC'sinde çift zamanlı bir kompresör vardır ve her ikisi de geniş band sinyal üzerinde etkilidir (129).

TNR algoritması, konuşma sinyali üzerinde minimum etkiye sahip olacak şekilde tasarlanmıştır (130). CNR algoritması ise, konuşmayı anlamak için yararlı bilgiler içermeyen frekans kanallarını baskılayarak genel SGO değerini iyileştirmeyi amaçlamaktadır. CNR algoritması AGC'nin ardından uygulanır ve farklı frekans kanallarında aktiftir. Algoritma her kanalda, 1.3 sn zaman penceresi ve anlık SGO değerini kullanarak gürültü seviyesinin uzun vadeli bir tahminini hesaplar. Anlık SGO ve uzun vadeli ortalama SGO arasındaki farka bağlı olarak, negatif bir kazanç uygulanır (129).

Otomatik hassasiyet kontrolü (*automatic sensitivity control*, ASC), uyarlanabilir dinamik aralık optimizasyonu (*adaptive dynamic range optimization*, ADRO) ve *Whisper*™, sinyallerin rahat ve duyulabilir olmasını sağlamak için tasarlanmış teknolojilerdir. ASC, gürültülü bir ortamda sesi otomatik olarak kapatmak için tasarlanmış yavaş etkili bir kompresör görevi görmektedir. ADRO ise sinyali elektriksel iletme dinamiği aralığına en iyi şekilde yerleştirmek için her kanaldaki kazancı sürekli ayarlayan bir ön işleme teknolojisidir. *Whisper*, yumuşak sinyalleri 10 dB artırarak yumuşak veya uzak seslere daha fazla erişim sağlayan hızlı etkili bir kompresör görevi görmektedir (131).

Daha yeni gürültü azaltma teknolojileri ise, arka plan gürültüsünü azaltmak için Kİ sistemine özgü Sinyal-Gürültü Oranına Dayalı Gürültü Azaltma (*Signal Noise Rate-Noise Reduction*, SNR-NR) ve rüzgarlı ortamlarda dinleme konforunu artırmak için rüzgar gürültüsü azaltmadır (*wind noise reduction*, WNR). SNR-NR, yöne bakılmaksızın kararlı durum arka plan gürültülerini azaltmak için tasarlanmıştır. Ayrı frekans kanallarındaki arka plan gürültü seviyesini algılayarak her bir kanaldaki SGO değerini belirler ve kötü SGO değerine sahip kanalları zayıflatır (132). WNR, rüzgarın algılanması üzerine mikrofon yönlülük ayarlarını hızla değiştiren ve rüzgardan gelen düşük frekanslı gürültüyü azaltmak için çok kanallı kompresörler kullanan yeni bir algoritmadır (131).

Daha iyi bir dinleme deneyimi sunmak için geliştirilmiş otomatik ortam sınıflandırma teknolojisi ise Kİ sistemine özgü bir arka plan gürültü azaltmayı ve rüzgar gürültüsü azaltma teknolojisini içerir. SCAN olarak bilinen bu teknoloji akustik sinyali sürekli olarak analiz eder; sinyal seviyesi, modülasyon, perde, ritim ve tondaki farklılıklar gibi temel unsurları alır ve ardından dinleme ortamının altı durumundan (sessiz, gürültü, konuşma, gürültüde konuşma, rüzgar veya müzik) biriyle eşleştirmek için bu özellikleri kullanır (131). Mikrofona gelen sinyali analiz ederek her ortam için en uygun mikrofon yönlülüğünü seçmektedir. Sessiz, konuşma ve müzik ortamlarında standart mikrofon yönü, gürültü ortamında *zoom* (sabit yönlülük) gürültüde konuşma ortamında *BEAM* (adaptif yönlülük) etkinleştirilirken, rüzgarlı ortamda WNR aktif hale gelmektedir. Ayrıca ADRO, ASC ve SNR-NR gibi diğer teknolojiler tüm ortamlarda aktif olmaktadır (131).

## **2.8. Koklear İmplant ile Gürültüde Konuşmayı Ayırt Etme**

Koklear implant kullanan bireylere uygulanan gürültüde konuşmayı ayırt etme testleri Kİ kullanıcılarının gürültüde konuşmayı anlamada zorluk yaşadığını ortaya koymuştur. Dorman ve arkadaşları (1998) Kİ kullanıcılarının Nİ bireylerden % 10 ila % 20 daha düşük gürültüde konuşmayı ayırt etme puanları olduğunu bildirmiştir. Ayrıca SGO değerinde +15 dB'den +5dB koşullarına doğru performanslarının aşamalı olarak kötüleştiğini, farklı SGO değerlerinde de Kİ kullanıcılarının Nİ bireylere göre daha kötü konuşmayı anlama performansı gösterdiğini bildirmiştir (1). Schafer ve Thibodeau (2004) Kİ kullanan yetişkinlerin

arka plan gürültüsü varlığından önemli ölçüde etkilendiğini HINT cümlelerinde gösterdikleri performans ile göstermişlerdir (133).

Konuşma testlerinde kullanılan bazı konuşma materyalleri ileri derecede İK olan ve/veya Kİ kullanan bireylerde kullanılmak üzere özel olarak geliştirilmiştir veya uyarlanmıştır. Bu testlerde abartılı net konuşma içeren materyaller (örneğin, *City University of New York Sentence Test*, CUNY (134)) veya nispeten yavaş konuşma oranına sahip malzemeler (örneğin, *Leuven İntelligibility Sentences Test*, LIST (135)) kullanılmıştır. Ayrıca Kİ uyarımı temel alınarak konuşma anlaşılabilirliğinin değerlendirildiği (örneğin AzBio cümleleri (136)) materyaller de bulunmaktadır.

Bununla birlikte, birçok durumda Kİ kullanıcılarında konuşmayı anlama testi, Nİ bireylerle geliştirilen cümle testleri kullanılarak yapılır. Bunlara örnek olarak *Hearing In Noise Test* (HINT) (137, 138) ve *Bamford-Kowal-Bench* (139) cümleleri verilebilir. Kİ kullanıcılarının sınırlandırılmış zamansal ve spektral çözünürlüğünün Nİ bireylerle farklılık göstermesi konuşma anlaşılabilirliği testinin etkinliğini etkileyebilir (140). Konuşma materyallerinin liste denkliliğinin hedef popülasyona ve sessiz ortam veya gürültü gibi test koşullarına bağlı olabileceği bildirilmiştir (137, 141).

Birçok cümle testi gerçek yaşam iletişimini temsil eden anlamlı cümleler kullanır. Bu cümleler bir dereceye kadar kişi tarafından ezberlenebilir (142). Bu dezavantajdan dolayı, Kİ kullanıcılarının uzun süreli takibi sırasında yeterli test tekrarlanabilirlik güvenilirliğiyle tekrarlı testler yapabilmek için eşdeğer anlaşılabilirliğe sahip çok sayıda cümle gereklidir. Kısa anlamlı cümleler içeren cümle testlerine bir alternatif sabit bir gramer yapısına sahip, anlamsal olarak öngörülemeyen isim, sayı, sıfat, nesne ve fiilden oluşan cümleleri kullanan cümle testleridir (143). Sözdizimsel olarak eşdeğer cümleler, her bir kelime tipi için 10 alternatif kelime içeren 5 ila 10 sabit kelime matrixindeki kelimeler kullanılarak oluşturulur. Cümleleri oluşturmak için sadece sabit kelime matrixindeki kelimeler kullanıldığından, bu testlere "Matrix testleri" denir (144). Matrix testlerinin cümleleri hafızaya alınamaz ve bu nedenle çok sayıda liste oluşturmak zorunda kalmadan tekrarlanan konuşma anlaşılabilirlik testi için kullanılabilir (140).

Hey ve ark. (145) Kİ kullanıcılarında Matrix Test tekrarlanılabilirliğini araştırdıkları çalışmalarında gürültüde konuşmanın anlaşılabilirliğini değerlendirmek için gürültüde elde edilen Matrix Testi Konuşma Alım Eşiği (*Matrix Speech Reception Threshold*, Matrix SRT) değerinin dikkate alınması gerektiğini ve sonuçların yüksek tekrarlanabilirliği nedeniyle, SRT değerini belirlemek için adaptif test yöntemiyle kullanılmasını tavsiye etmişlerdir.

Matrix Test birçok dilde kullanılmaktadır. Matrix Test Türkçe versiyonu Zokoll ve ark. tarafından geliştirilmiştir (146). Polat ve ark. (147) postlingual Kİ kullanıcılarının farklı SGO değerlerinde gürültü varlığında, konuşma anlaşılabilirlik performansını Türkçe Matrix Test ile değerlendirmiştir. Çalışmanın sonuçları, katılımcıların saf ses ortalaması (*pure tone average*) değerleri ile sessiz ortamda Matrix SRT değerleri arasında bir ilişki olduğunu göstermektedir. Çalışmada sessiz ortamdaki Matrix SRT değerleri ile gürültüdeki Matrix SRT değerleri arasında bir ilişki bulunamamıştır. Benzer şekilde, saf ses ortalama değerleri ile gürültüde anlama skorları arasındaki korelasyon da anlamlı değildir. Bu nedenle araştırmacılar sadece sessiz koşullarda gerçekleştirilen test bataryalarını kullanarak Kİ kullanıcılarının anlama performansını değerlendirmenin mümkün olmayabileceğini savunmuşlardır.

Koklear implant teknolojisindeki büyük ilerlemelere rağmen arka plan gürültüsünde konuşma algısı, özellikle gürültü ve hedef konuşma uzamsal olarak ayrılmadığında, günlük yaşamda Kİ kullanıcıları için önemli bir zorluk olmaya devam etmektedir (148). Yetersiz frekans seçiciliği, frekans ayırt edimi ve elektrot ayırımı, Kİ kullanıcılarında zayıf konuşma algısı ile sonuçlanmaktadır (149-151). Parikh ve Loizou (2005)'ya göre Kİ kullanıcılarının gürültülü ortamda konuşmayı anlamakta zorlanmaları arka plan gürültüsünün spektral kontrastı azaltmasından kaynaklanmaktadır (152). Nitekim Loizou and Poroy (2001) Kİ kullanıcılarının ünlüleri ayırt edebilmek için Nİ bireylere göre daha geniş bir spektral kontrasta gereksinim duyduklarını bildirmiştir (122). Birkaç kişi aynı anda konuştuğunda, sadece hedefin ve maskenin spektro-temporal çakışmasının neden olduğu enerjisel maskeleye (*energetic masking*) değil, aynı zamanda bilgisel maskeleye (*informational masking*) de önemli bir rol oynamaktadır (153). Bilgisel maskeleye kesin olarak tanımlanmış bir kavram olmamakla birlikte, maskeleyici bir kaynak

tarafından verilen istenmeyen bilgilerin hedeflenen konuşmanın tanınmasını bozma etkisi olarak ifade edilebilir. Bu bozucu etki hedef ve maske uyarısının benzerliği ile ilişkilidir. Dolayısıyla, konuşma sesi farklılıklarının algılanması bilgisel maskelemeyi azaltmak için oldukça önemlidir (154). Kİ kullanıcıları hedef sese ait cinsiyetin tanınması ve konuşmacının ayırt edilmesi için en önemli ipucu olan Fo ipuçlarını küçük bir derece de olsa sınırlı olarak algılayabilmektedir (155, 156). Nitekim Meister ve ark. (2020) en azından iyi konuşmayı anlama performansı gösteren Kİ kullanıcılarının rakip konuşmacılar arasındaki hedef ve maskeleyici karışıklıklarını önemli ölçüde azaltmayı sağlayan Fo farklılıklarından yararlanabileceğini savunmuşlardır (157). Konuşmanın zamansal ipuçları da gürültüde konuşma algısında önemli rol oynayan bir faktördür. Öyle ki spektral ipuçlarının zamansal olarak değişim gösterdiği göz önünde bulundurulduğunda zamansal çözünürlüğün konuşma algısına etki edebilecek en önemli etkenlerden biri olduğu söylenebilir. Kİ kullanıcılarında zamansal çözünürlüğün sıklıkla değerlendirildiği zamansal aralık tespit eşikleri, sessiz ortamda konuşmayı anlama performansında olduğu gibi gürültülü ortamda konuşmayı anlama performansı ile de ilişkilendirilmiştir. Örneğin, Wei ve ark. gürültülü ortamda 4 farklı tonda 25 ünsüz-ünlü hece listesiyle yaptıkları Mandarin ton tanıma testi sonuçları ile aralık tespit eşiklerinin ilişkisini göstermiştir (158). Başka bir çalışmada ise, Kİ kullanıcılarının *Bamford-Kowal-Bench Speech-in-Noise Test* aracılığıyla değerlendirilen gürültüde konuşmayı anlama performanslarının, aralık tespit eşikleri ile anlamlı korelasyon gösterdiği bildirilmiştir (112). Konuşmanın zamansal ipuçları frekansa göre değişim göstermektedir ve zarf (<50 Hz), periyodisite (50-500 Hz) ve zamansal ince yapı bilgisi (> 500 Hz) ile ilgili bilgi sağlamaktadır (29). Zarf ipuçları sessiz koşullarda cümleleri anlamak için yeterli olsa da (47); zamansal ince yapı ipuçları müzik algısında (159), konuşma sesi perdesinin ve artikülasyon yerinin (160) tanınması için önemlidir. Zamansal ince yapı ipuçlarının önemi gürültüde konuşmanın anlaşılması için daha büyüktür (159, 161).

Daha önceki çalışmalarda Kİ kullanıcılarının gürültü duyarlılığının olduğu ve gürültüde konuşmayı ayırt etmede problem yaşadıkları ve zorlu dinleme ortamlarında değişen SGO değerlerine bağlı olarak konuşmayı ayırt etme

performanslarının değişkenlik gösterdiği ortaya konmuştur. Gürültüde konuşmayı ayırt etme becerisi karmaşık sesler içerisinde hedef sesin işitsel sistemde spektral ve zamansal olarak iyi bir şekilde temsil edilmesi ve hedef sese ait spektral özelliklerin zaman içerisinde doğru şekilde gruplandırılarak izlenebilmesi ile ilişkilidir. Kİ kullanıcılarında bozulmuş spektral ve zamansal çözünürlük becerilerinin yanı sıra kullanıcıların Kİ sistemi tarafından da hedef sese ait sınırlı işitsel ipucuna erişim sağlayabilmeleri sonucunda gürültü varlığında konuşmayı ayırt etmede sorun yaşamaktadırlar.

Çalışmamız gürültüde konuşmayı ayırt etme problemlerine sebep olabilecek spektral çözünürlük, zamansal çözünürlük ve melodik kontur tanıma becerilerinin Kİ kullanıcılarının gürültüde konuşmayı anlama performansına etkilerini değerlendirmek ve Kİ kullanıcılarının gürültüde konuşmayı anlama performansı ile hangi becerinin diğerlerine göre daha ilişkili olduğunu araştırmak amacı ile yapılmıştır.

### 3. BİREYLER VE YÖNTEM

#### 3.1. Araştırmanın Türü

Bu çalışma Hacettepe Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulundan GO 18/842 karar numaralı 18.09.2018 tarihli etik kurul izni ile Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Odyoloji Anabilim Dalı, Odyoloji Tezli Yüksek Lisans Programı kapsamında yüksek lisans tezi olarak yapılmıştır. Etik kurul izin yazısı ve çalışmanın öngörülen sürede tamamlanamaması üzerine Etik Kurul çalışma süresi uzatma onayı Ek-1 ve Ek-2’de sunulmuştur. Katılımcılar çalışma hakkında bilgilendirilip gönüllü olarak çalışmaya katılmıştır ve yazılı olarak izinleri alınmıştır.

Psikofiziksel olarak değerlendirdiğimiz spektral çözünürlük, zamansal çözünürlük ve melodik kontur tanıma becerilerinin Kİ kullanıcılarının gürültüde konuşmayı anlama performansına etkilerini değerlendirmek ve Kİ kullanıcılarının gürültüde konuşmayı anlama performansı ile hangi becerinin diğerlerine göre daha ilişkili olduğunu araştırmak amaçlanmıştır. Ek olarak katılımcılar gürültüde konuşmayı anlama performanslarındaki başarılarına göre iki ayrı gruba ayrılarak bu üç işitsel beceri iki grup arasında karşılaştırılmıştır.

#### 3.2. Araştırmanın Örneklemi

##### 3.2.1. Katılımcıların Belirlenmesi

Çalışmaya koklear implant cerrahisi Hacettepe Üniversitesi Hastanesi Kulak Burun Boğaz Anabilim Dalı’nda gerçekleştirilen ve Sağlık Bilimleri Fakültesi Odyoloji Bölümünde düzenli takipleri yapılan katılımcılar dahil edilmiştir. Araştırmaya en az 6 aydır Kİ kullanan, Kİ ile işitme eşikleri 500-4000 Hz arasında 35 dB’den kötü olmayan ve üç heceli kelime tanıma skoru %50’den daha fazla olan 18-55 yaş aralığındaki (yaş ortalamaları=31, ss=12) 24 kişi (8 kadın, 16 erkek) katılmıştır. Katılımcıların kullandıkları implant markasına bağlı parametreleri kontrol altında tutmak amacıyla yalnızca Cochlear marka implant kullanıcıları çalışmaya dahil edilmiştir. Katılımcıların anadili Türkçe’dir. Katılımcılara ait demografik bilgiler ve Kİ tarafları Tablo 3.1.’de gösterilmiştir. Tüm katılımcıların



Kİ uyarım modu MP1+2 ve maxima değeri 8'dir. Katılımcıların İK ve koklear implantlarına ait bilgiler Tablo 3.2.'de verilmiştir.

**Tablo 3.1.** Katılımcılara ait demografik bilgiler

Sayı	Kİ Yönü		Cinsiyet		Yaş	
	Sağ	Sol	Kadın	Erkek	X±SS (yıl)	Değer Aralığı (yıl)
14	10	8	16	31±12	18-55	

X: ortalama yaş, SS: standart sapma, n: kişi sayısı

**Tablo 3.2.** Katılımcıların işitme kaybı ve koklear implant bilgileri

Etiyoloji	İşitme Kaybı	İşlemci Modeli	İmplant Modeli	Rate	PW	Strat.	Kİ yaşı (yıl)	Kİ (yıl) Kullanım süresi
Meniere	Postlingual	N7	CI512	900	25	ACE	24,5	8,5
Kabakulak	Postlingual	Kanso	CI422	900	37	ACE	24	2
Ototoksisite	Postlingual	N6	CI24M	900	37	ACE	12	20
İdiyopatik	Postlingual	Kanso	CI422	900	25	ACE	17	8
İdiyopatik	Prelingual	N6	CI24M	900	25	ACE	2	18
İdiyopatik	Postlingual	N7	CI24RE	720	25	ACE	9	15
İdiyopatik	Postlingual	N5	CI422	900	37	ACE	31,5	2,5
Menenjit	Postlingual	Kanso	CI512	900	25	ACE	23	25
İdiyopatik	Prelingual	N6	CI24M	720	25	ACE	2	20
Menenjit	Postlingual	N6	CI24RE	500	25	ACE	20	11
İletim İK Progresyon	Postlingual	N5	CI422	900	37	ACE	39	2
Ototoksite	Postlingual	Kanso	CI422	900	37	ACE	53	2
Hipoksi	Prelingual	N6	CI24RE	720	50	ACE	3	18
İdiopatik	Postlingual	Kanso	CI422	900	37	ACE	41,5	2,5
İdiopatik	Prelingual	N6	CI24M	900	25	ACE	2	17
İdiopatik	Prelingual	N6	CI422	900	25	ACE	14	5
İdiyopatik	Prelingual	N5	CI24RE	900	25	ACE	5	15
Kafa travması	Postlingual	N5	CI422	900	37	ACE	41,5	4,5
Yüksek ateş	Postlingual	N5	CI24M	900	25	ACE	39	16
İdiyopatik	Prelingual	N5	CI24RE	900	25	ACE	13	6
Hipoksi	Prelingual	Kanso	CI422	900	37	ACE	22	1
Menenjit	Prelingual	N6	CI422	900	25	ACE	38	5
Yüksek ateş	Prelingual	Kanso	CI422	900	37	ACE	29	1
İdiyopatik	Prelingual	Kanso	CI422	900	37	ACE	16	2

İK: işitme kaybı, Kİ: koklear implant, PW: pulse width, Strat.: strateji

### 3.2.2. Çalışmaya Dahil Edilme ve Çalışmadan Dışlanma Kriterleri

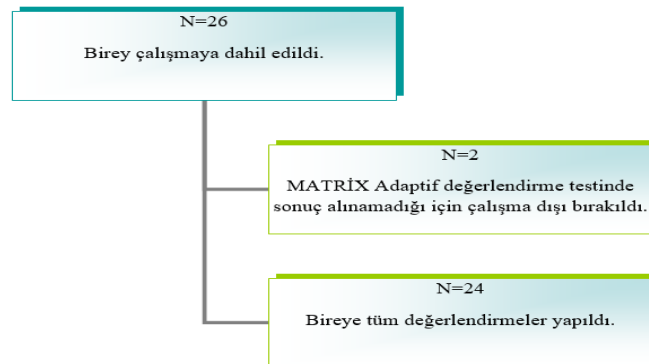
Çalışmaya dahil edilen katılımcıların belirlenmesinde aşağıdaki kriterler dikkate alınmıştır.

- 1) 18-60 yaş arasında olmak
- 2) Herhangi bir nörolojik problemi bulunmamak
- 3) En 6 aydır koklear implant kullanıcısı olmak
- 4) İmplant elektrodunda en fazla bir inaktif kanalı olması
- 5) Anadili Türkçe olmak
- 6) Koklear implantlı işitme eşikleri 500-4000 Hz arasında 35 dB ve daha iyi olması

Dahil olma kriterlerini karşılamayan ve aşağıda belirtilen özelliklere sahip olan bireyler çalışmaya dahil edilmemiştir.

- 1) 18-60 yaş arasında olmamak
- 2) Herhangi bir nörolojik problemi bulunması
- 3) 6 aydan kısa bir süredir koklear implant kullanıcısı olmak
- 4) İmplant elektrodunda birden fazla inaktif kanalı olması
- 5) Anadili Türkçe olmamak
- 6) Koklear implantlı işitme eşikleri 500-4000 Hz arasında 35 dB'den daha kötü olması

Çalışmaya dahil edilme kriterlerini karşılayarak katılan 26 birey arasından 2 kişi MATRIX adaptif değerlendirilmede sonuç alınamaması nedeniyle çalışma dışı bırakılarak kalan 24 bireyle çalışma tamamlanmıştır (Şekil 3.1.).



**Şekil 3.1.** Çalışmanın birey şeması

### 3.3. Yöntem

Araştırmaya katılım kriterlerini sağlayan bireyler için demografik bilgi formu doldurulmuştur (Ek 3). Katılımcı kriterlerini karşılayan implant kullanıcıları tek oturumda iki ayrı değerlendirmeye alınmıştır. İlk olarak üç heceli kelime tanıma ve gürültüde konuşma değerlendirmesine alınan katılımcılar daha sonra Aralık Tespit Etme (*Gap Detection Test*), Spektral-Temporal Modüle Dalgalanma Testi (*Spectral-Temporally Modified Ripple Test*) ve Melodik Kontur Tanıma Testi içeren psikofiziksel değerlendirmelere randomize olarak tabi tutulmuşlardır.

#### 3.3.1. Konuşmayı Ayırt Etme Değerlendirmesi

Katılımcılara ilk olarak sessiz ortamda üç heceli kelime tanıma testi uygulanmıştır. Üç heceli kelime tanıma skoru %50 ve üzerinde olan katılımcılara gürültüde konuşmayı ayırt etme testi uygulanmıştır. Katılımcıların gürültüde konuşma algısının değerlendirilmesi için Türkçe Matrix Test kullanılmıştır. Sessiz kabin içerisindeki hoparlör ile 1 metre mesafede 0 derece açı ile konumlanan sandalyede oturmaları ve duydukları cümleleri ve/veya kelimeleri tekrar etmeleri istenmiştir. Türkçe Matrix Testi kapsamında üç değerlendirme yapılmıştır. Bu değerlendirmeler serbest alanda gerçekleştirilmiştir ve sırasıyla sessiz ortamda adaptif olmayan değerlendirme, +8 dB SGO değerinde gürültüde değerlendirme ve gürültüde adaptif değerlendirme olarak uygulanmıştır. Türkçe Matrix Testin 30 kelimedenden oluşan 3 listesi sırası ile 3 ayrı değerlendirmede kullanılmıştır. Literatürde Matrix SRT değerinin tespiti için (%50 doğruluk payında tekrar edebildiği SGO değeri) genellikle adaptif prosedürün önerilmesi ve çalışmamızın odak noktasının gürültüde konuşmayı anlama performansı olması nedeniyle test prosedürleri bu sıra ile planlanmıştır ve her bir prosedür tek bir kelime listesi ile bir kez uygulanmıştır. Çalışmamızda ortama özgü sınıflandırma sağlayarak mikrofona yönlülüğünü değiştiren SCAN özelliği ve mevcut gürültü azaltma özellikleri test sonuçlarını etkilememesi açısından inaktif hale getirilmiştir.

Türkçe Matrix test GSI-61 odyometre üzerinden *Oldenburg Measurement Application* yazılımı aracılığı ile uygulanmıştır. Çalışmada Türkçe Matrix Test protokolü boyunca katılımcıların 1 metre önünde 0 derece açı ile konumlandırılan GSI-61 odyometreye bağlı Spekon marka ( Akustik Frekans 45-22.000 Hz) tek bir

hoparlör kullanılmıştır. Gürültünün dahil olduğu protokollerde hem gürültü uyarını hem de test uyarını aynı hoparlörden sunulmuştur.

Serbest alanda sessiz ortamda adaptif olmayan değerlendirme 65 dB 03şiddetinde 30 cümleden oluşan bir liste kullanılmıştır. Her cümle için katılımcının doğru olarak tekrar ettiği kelimeler işaretlenmiştir. Test bitiminde yazılım tarafından belirlenen değer kayıt altına alınmıştır. Literatürde günlük hayatta maruz kalındığı kabul edilen SGO değerinin yaklaşık olarak +8 dB olarak bildirilmesine dayanarak daha sonraki değerlendirme serbest alanda +8 dB SGO değerinde gürültüde, konuşma uyarını şiddeti 65 dB’de sabit olacak şekilde 30 cümleden oluşan bir diğer listenin sunulmasıyla gerçekleştirilmiştir (162). Son olarak serbest alanda gürültüde adaptif değerlendirme protokolü üçüncü bir liste ile uygulanmıştır. Gürültü içeren testlerin hepsinde maskeleyen gürültüsü cümlelerden 500 ms önce başlamaktadır ve cümlelerden 500 ms sonra sona ermektedir. Adaptif değerlendirmede gürültü seviyesi 65 dB SPL’de tutulmaktadır ve ilk cümle katılımcıya 0 dB SGO değerinde dinletilmektedir. Adaptif protokol her cümlede bulunan beş kelimenin üçünün doğru tekrar edilmesi durumunda daha sonraki cümlelerin sunum şiddetini azaltmaya dayanmaktadır. Sunulan cümledeki doğru tekrar sayısının üç kelimedenden az olması durumunda ise daha sonra sunulan cümlelerin sunum şiddeti artmaktadır. Sinyal gürültü oranını artırma ya da azaltma oranları değişkenlik göstermektedir ve bu şekilde katılımcının Türkçe Matrix SRT değeri tespit edilmektedir (146). Katılımcılar adaptif prosedürle belirlenen Matrix SRT değerlerinin ortanca değerlerine göre gürültüde konuşmayı ayırt etme başarısında daha iyi ve daha kötü performansa sahip olan üst ve alt performans gruplarına bölünmüştür.

### ***Psikofiziksel Değerlendirmeler***

Katılımcılar ilk değerlendirme sonrası 20 dk dinlenmişlerdir ve daha sonra psikofiziksel değerlendirmelere alınmışlardır. Bu değerlendirme kapsamında ses yalıtımlı odada Aralık Tespit Etme (ATE), Spektral-Temporal Modüle Dalgalanma Testi (SMDT) ve Melodik Kontur Tanıma (MKT) Testinden oluşan değerlendirmeye tabi tutulmuşlardır. Her üç test katılımcılara rastgele sırayla bir kez uygulanmıştır. Katılımcılar König marka SMD-5A model hoparlör ile kulak

hizaları arasında 1 m mesafe bulunmasını sağlayacak şekilde konumlandırılan koltuğa oturmuşlardır ve testler bir dizüstü bilgisayar aracılığı ile ilgili yazılımlar üzerinden yapılmıştır. Test uyarılarının 65 dB SPL ile sunulması için Wintact WT1357 (*Shenzhen Huitianyi Electronics Co. Ltd., Shenzhen, China*) marka dijital ses seviyesi ölçer (*Sound Level Meter*) ile kalibrasyon yapılmıştır.

### 3.3.2. Aralık Tespit Etme (ATE) Testi

Aralık Tespit Etme Testi, *PsyAcoustX*, *MATLAB*® modülü üzerinden çalışan psikofiziksel bir test olup Bidelman ve ark. tarafından oluşturulmuştur (163). Test uygulamasında hoparlör ile 0 derece açı ile 1 metre mesafede konumlanan koltukta oturan katılımcılara ardışık olarak sunulan üç uyarı arasında aralık içereni seçme görevi verilmiştir. Test uyarıları 10 ms aralıklarla sunulan 500 ms süreli geniş band gürültü (100–8000 Hz) uyarıdır. Uyarılardan ikisi 500 ms kesintisiz olarak sunulurken, birisinin sunumunda zamansal olarak ortalanmış çok kısa bir aralık bulunmaktadır. Bu üç uyarı test süresi boyunca üç ayrı seçenekte randomize olarak atanmaktadır. Aralık tespit eşikleri, 2 aşağı/1 yukarı adaptif izleme kuralı kullanılarak ölçülmüştür. Adaptif değerlendirmelerde kullanılan bu yöntem basitlik, yüksek verimlilik, sağlamlık, küçük numune güvenilirliği ile avantaj sağlamaktadır. Temelde, hedef uyarı için belirlenen düzeyin (Aralık Tespit Etme Testi için uyarı sunumundaki zamansal aralık süresi) pozitif bir yanıtta sonra azalmasına (veya olumsuz bir yanıtta sonra artması) dayanmaktadır (164). Önerilen bir prosedür, en az altı veya sekiz geri dönüşüm elde edilene kadar teste devam etmektir (165). Başlangıç aralık süresi 10 ms'dir. ATE adaptif değerlendirmede iki doğru cevabın ardından, bir sonraki deneme için boşluk süresi azaltılmaktadır ve tek bir yanlış cevabın ardından arttırılmaktadır (166). ATE değeri, katılımcıların yanıtlarına bağlı olarak test yazılımı tarafından belirlenmektedir.

### 3.3.3. Spektral-Temporal Modüle Dalgalanma Testi (SMDT)

Adaptif ve zaman içerisinde spektral olarak modüle edilmiş dalgalanmalar içeren, modifiye edilmiş spektral dalgalanma testi Aronoff ve Landsberger tarafından geliştirilmiştir (28). Uyarılar 100-6400 Hz arasında bir oktavın her 1/33.333'ünde aralıklandırılmış 202 eşit amplitüdü saf ses frekans bileşenlerine

sahip harmonik olmayan ton komplekslerinden oluşmaktadır. Saf seslerin amplitüdleri sistemik olarak farklı faz başlangıçlarına sahip sinüs dalgaları ile zamansal olarak modüle edilir. Modüle edici sinüs dalgalarının başlangıç fazındaki değişim, frekans düzleminde dalgalanmaya yol açmaktadır. Test dalgalanma yoğunluğunun (*ripple density*), katılımcının hedef ve referans uyarını birbirinden ayıramayacağı duruma kadar modifiye edilmesine dayanmaktadır. Bir adet dizüstü bilgisayar üzerinden uygulanan test modülünde katılımcılara üç farklı ses duyacakları bildirilerek hangi sesin farklı olduğunu seçmeleri istenmiştir. Seçeneklerin ikisi, 20 rpo (*ripple per octave*) ile referans uyarıcı içerir. Hedef uyarıcı başlangıçta 0.5 rpo değerine sahiptir ve adım adım 0.2 rpo olan 1 yukarı / 1 aşağı uyarılama prosedürü kullanılarak değiştirilir. Yani hedef uyarının dalgalanma yoğunluğu katılımcı yanıtlarına bağlı olarak yanlış cevaplarla 0.2 rpo azalır ve doğru yanıtlarla 0.2 rpo artar. Dalgalanma tekrarlama oranı 5 Hz'de sabitlenmiştir. Denemeler 10 hata ölçülene kadar tekrarlanır ve bildirilen SMDT skoru, son 6 hatanın ortalaması olarak rpo değeriyle yazılım tarafından hesaplanarak sunulur. Daha büyük sonuç değerleri daha iyi performansı ifade etmektedir. Uyarılar, dinleyicinin 1 m mesafede önünde kulak seviyesinde bulunan bir hoparlörden 65 dB (A)'da sunulmaktadır. SMDT değerlendirmesi için kullanılan yazılım <https://www.ear-lab.org/smrt.html> adresinden ücretsiz olarak temin edilebilmektedir (28).

### 3.3.4. Melodik Kontur Tanıma (MKT) Testi

Testte kullanılan dört çeşit melodik kontur uyarını Chait ve ark. (167) tarafından yapılan çalışmada kullanılan uyarılardan esinlenerek oluşturulmuştur. Praat programı (168) kullanılarak Nucleus marka 22 kanallı koklear implantın her bir kanalına atanan frekans band aralığının ortalamasına karşılık gelen frekansta, 0.005 sn atak ve düşüş süresine sahip toplam 0.2 sn süreli 22 adet saf ses üretilmiştir. Üretilen 22 ses Praat programı kullanılarak en düşük frekanstan en yüksek frekansa, en yüksek frekanstan en düşük frekansa olacak şekilde sıralanarak yükselen ve alçalan ses dizisi oluşturulmuştur. Rastgele seçilen bir orta frekansta ardı ardına 22 defa tekrarlanarak sabit ses dizisi, rastgele seçilen 22 ses ise sıralanarak rastgele ses dizisi oluşturulmuştur. Sonrasında rastgele ses dizisine eklenen yükselen, alçalan, sabit uyarımlarla rastgele-yükselen, rastgele alçalan,

rastgele-düz uyaranları oluşturulmuştur. Son olarak rastgele uyaran ardı ardına eklenerek rastgele-rastgele uyaran oluşturulmuştur. Bu uyaranlar Praat (168) programının “praat experiment” özelliği kullanılarak katılımcılara sunulmuştur. Katılımcılara asıl değerlendirme öncesi her bir uyaran çeşidinin 3 kez sunulduğu bir tanıtım düzenlenmiştir. Ardından her bir uyaran çeşidinden 6 tekrar içeren test modülüne geçilmiştir. Her uyaran çeşidi randomize olarak sunulmuştur. Katılımcılara tanıtılan uyaranlardan oluşan testte duydukları kontur çeşidini seçmeleri istenmiştir. Her seçim sonrası ayırt ettikleri kontur için zorlanma derecelerini 1-5 arasındaki puanlamadan işaretlemeleri istenmiştir. Puan cetvelinde çok zor 1 puan, zor 2 puan, orta zorluk 3 puan, kolay 4 puan ve çok kolay 5 puan ile ifade edilmiştir. Bu uyaranlar ile katılımcıların hem melodik konturları tanıma becerilerinin hem de rastgele ses dizilerinin ardından gelen düzenli ses sıralarını fark etme becerilerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

### 3.4. İstatistiksel Değerlendirme

Çalışmada analizler için SPSS 23.0 istatistik paket programı kullanılmıştır. Tüm hipotez testlerinde sonuçların yorumlanması için anlamlılık düzeyi  $p < 0.05$  olarak alınmıştır. Tanımlayıcı istatistikler, ortalama ve standart sapma değerleri ile sunulmuştur. Normal dağılıma uymayan ölçümler için ortanca ve çeyreklikler arası dağılım aralık değerleri verilmiştir. Verilerin normal dağılıma uygunluğu Shapiro-Wilk normallik testi ile incelenmiştir. Verilerin gruplar arasında farklılık gösterip göstermediği parametrik test koşulları sağlandığı durumda bağımsız gruplarda Independent Samples t Testi, sağlanmadığı durumda ise Mann-Whitney U testi ile analiz edilmiştir.

## 4. BULGULAR

Gürültüde konuşmayı ayırt etme ile ilişkili olan spektral çözünürlük, zamansal çözünürlük ve melodik kontur tanıma becerilerinin yetişkin tek taraflı Kİ kullanıcılarının gürültüde konuşmayı anlama performansına etkilerini değerlendirmek ve tek taraflı Kİ kullanıcılarının gürültüde konuşmayı anlama performansı ile hangi becerinin diğerlerine göre daha ilişkili olduğunu araştırmak amacı ile yaptığımız çalışmamızda elde edilen bulgular değerlendirme sırasına göre aşağıda sunulmuştur.

### 4.1. Demografik Bilgiler ve Grupların Belirlenmesi

Çalışmamıza 18-55 yaş aralığında 24 yetişkin (8 kadın, 16 erkek) tek taraflı Kİ kullanıcıları dahil edilmiştir. Literatürde gürültüde konuşmayı ayırt etme performans gruplarının oluşturulma yöntemi göz önünde bulundurularak (169) katılımcılar gürültüde konuşmayı ayırt etme performanslarına ait adaptif Matrix SRT değerlerinin ortanca değerine göre alt ve üst performans grubu olmak üzere iki gruba ayrılmıştır (ortanca=3,15 dB). Üst performans grubu (G1) daha iyi gürültüde konuşmayı ayırt etme becerisine sahip 12 Kİ kullanıcılarından oluşan performans grubu olarak, alt performans grubu (G2) ise üst gruba göre daha kötü gürültüde konuşmayı ayırt etme becerisine sahip 12 Kİ kullanıcılarından oluşan grup olarak planlanmıştır. Grupların yaşları ve Kİ kullanım süreleri Mann-Whitney U testiyle, ameliyat yaşları ise Independent Samples t-Testi ile karşılaştırılmıştır. Analiz sonuçlarına göre grupların yaşları ( $U=50,0$ ,  $p=0,203$ ), Kİ kullanım süreleri ( $U=53,0$ ,  $p=0,271$ ) ve ameliyat oldukları yaş ( $t(22)=0,09$ ,  $p=0,926$ ) bakımından farklı olmadıkları görülmüştür. Gruplardaki katılımcıların yaşları (üst performans grubu için ortanca=32, çeyrekler arası dağılım aralığı=13; alt performans grubu için ortanca=22, çeyrekler arası dağılım aralığı=25), Kİ kullanım süreleri (üst performans grubu için ortanca=9,75, çeyrekler arası dağılım aralığı=16,7, alt performans grubu için ortanca=5, çeyrekler arası dağılım aralığı=13,2) ve ameliyat yaşlarının ortalama, standart sapma, en büyük ve en küçük değerleri Tablo 4.1.'de verilmiştir.



**Tablo 4.1.** Gruplara ait demografik bilgiler

Grup	Ameliyat Yaşı (yıl)		Yaş (yıl)		Kİ Kullanım Süresi (yıl)	
	X±SS	Değer Aralığı	X± SS	Değer Aralığı	X±SS	Değer Aralığı
<b>G1</b>	21,41±14,91	2,0-53,0	32,58±10,70	20-55	11,16±8,27	2-25
<b>G2</b>	22,00±15,33	2,0-41,5	29,75±13,42	18-55	7,75±6,68	1-18

G1:üst performans grubu, G2:alt performans grubu, X: ortalama yaş, SS: standart sapma

Performans gruplarının Matrix SRT değerlerine göre normal dağılım gösterip göstermediği Shapiro-Wilk ile istatistiksel olarak incelenmiştir. Analiz sonuçlarına göre üst performans grubu normal dağılım gösterirken, alt performans grubunun normal dağılım göstermemesi nedeniyle Mann-Whitney U testi kullanılmıştır. Mann-Whitney U testi sonuçlarına göre gruplar arasında Matrix SRT değerleri bakımından anlamlı farklılık vardır ( $U=0,00$ ,  $p=,000$ ). Bu bulgu ortanca değerlerine göre alt ve üst performans gruplarına ayrılan katılımcıların Matrix SRT değerleri bakımından da anlamlı farklılık gösterdiğini işaret etmektedir. Matrix SRT çeyrekler arası dağılım aralıkları tüm bireyler için 35, üst performans grubu için 0,8, alt performans grubu için 31,9 olarak bulunmuştur. Grupların kişi sayıları ve Matrix SRT değerlerinin ortanca, en küçük ve en büyük değerleri Tablo 4.2.'de verilmiştir.

**Tablo 4.2.** Grupların Matrix SRT değerine göre dağılımları

	N	Ortanca (dB)	Değer Aralığı (dB)
<b>TB</b>	24	3,15	-1,90-48,30
<b>G1</b>	12	0,50	-1,90-2,00
<b>G2</b>	12	35,00	4,30-48,30

TB:tüm bireyler, G1:üst performans grubu, G2:alt performans grubu, n:kişi sayısı

#### 4.2. Üç Heceli Kelime Tanıma Testi Bulguları

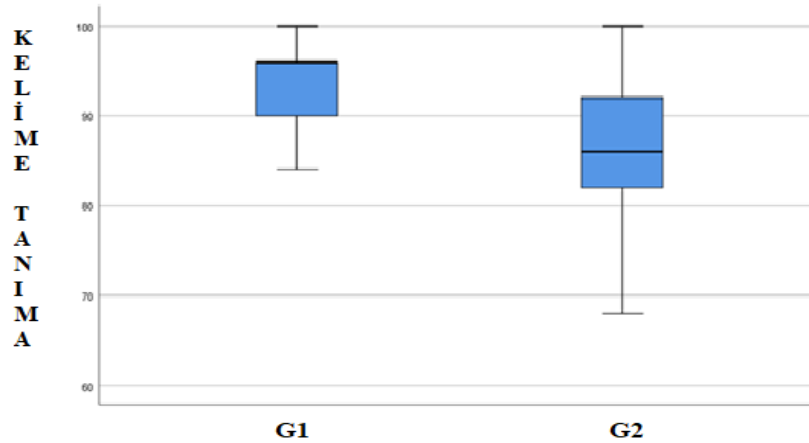
Performans gruplarının Üç Heceli Kelime Tanıma Test skorları Mann-Whitney U testi ile karşılaştırılmıştır. Analiz sonuçlarına göre Üç Heceli Kelime

Tanım skorlarında, üst performans grubunda alt performans grubuna göre anlamlı olarak daha yüksek skor elde edilmiştir ( $U=33,0$ ,  $p=0,021$ ) (Bkz. Şekil 4.1.). Performans gruplarının Üç Heceli Kelime Tanıma Test ortalamları, standart sapmaları, ortanca, en küçük ve en büyük değerleri Tablo 4.3.'te verilmiştir. Ek olarak Üç Heceli Kelime Tanıma Testi çeyrekler arası dağılım aralığı üst ve alt performans grubu için sırasıyla 6 ve 10 olarak bulunmuştur.

**Tablo 4.3.** Üç heceli kelime tanıma testi bulguları

	N	X± SS	Ortanca	Değer Aralığı (%)
<b>G1</b>	12	93,67±4,65	96	84-100
<b>G2</b>	12	86,00±9,42	86	68-100

G1:üst performans grubu, G2:alt performans grubu, X: ortalama, SS: standart sapma, n:kişi sayısı



**Şekil 4.1.** Grupların üç heceli kelime tanıma test sonuçları

G1: üst performans grubu, G2: alt performans grubu

### 4.3. Matrix Test Bulguları

Adaptif olarak ölçülen Matrix SRT değerlerinin ortanca değerine göre ayrılan performans gruplarının Matrix Testine ait sessiz ortamda değerlendirme, +8 dB SGO değerinde gürültüde değerlendirme ve gürültüde adaptif değerlendirmelerinin ortalamları, standart sapmaları, ortanca, en küçük ve en büyük değerleri Tablo 4.4.'te verilmiştir.

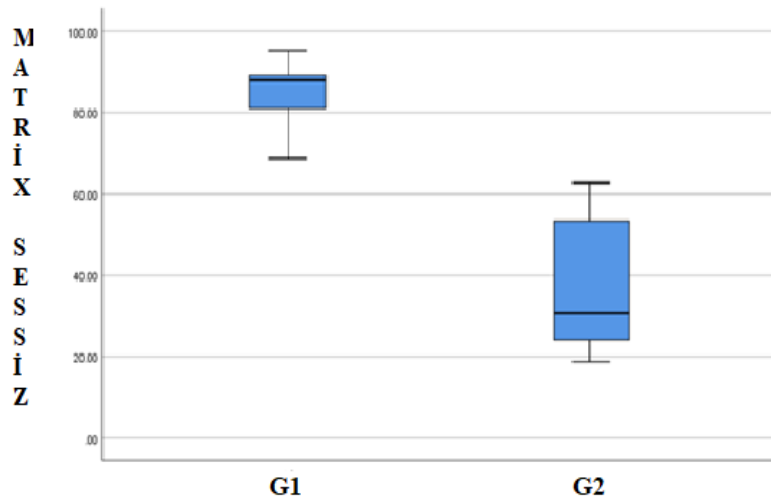
**Tablo 4.4.** Matrix Test bulguları

	Matrix	(X±SS)	Ortanca	Değer Aralığı
G1	Sessiz (%)	85,268±7,880	88,00	68,70-95,30
	+8dB SGO (%)	84,492±9,689	87,30	60,70-94,00
	Adaptif (dB)	0,3±1,2	0,50	-1,9-2,0
G2	Sessiz (%)	37,058±15,730	30,65	18,70-62,70
	+8dB SGO (%)	29,833±14,379	27,00	13,30-54,70
	Adaptif (dB)	26,8±17,3	35,50	4,3-48,3

G1:üst performans grubu, G2:alt performans grubu, X: ortalama, SS: standart sapma

### 4.3.1. Sessiz Ortamda Değerlendirme

Performans gruplarının Matrix sessiz ortamda değerlendirme skorları Mann-Whitney U testi kullanılarak karşılaştırılmıştır. Analiz sonuçlarına göre üst performans grubunda, alt performans grubuna göre anlamlı olarak daha iyi sessiz ortamda Matrix skorları elde edilmiştir ( $U=0,00$ ,  $p=0,000$ ) (Bkz. Şekil 4.2). Sessiz ortamda değerlendirme çeyrekler arası dağılım aralığı üst ve alt performans grubu için sırasıyla 8,1 ve 29,35 olarak bulunmuştur.

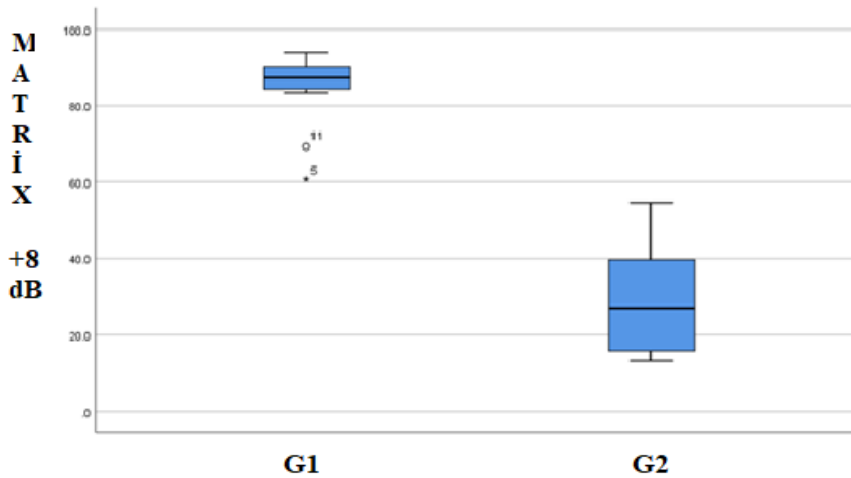
**Şekil 4.2.** Grupların Matrix sessiz ortamda değerlendirme sonuçları

G1: üst performans grubu, G2:alt performans grubu

### 4.3.2. +8 dB SGO Gürültüde Değerlendirme

Performans gruplarının Matrix +8 dB SGO değerinde gürültüde değerlendirme sonuçları Mann-Whitney U testi ile karşılaştırılmıştır. Analiz sonuçlarına göre üst performans grubunda alt performans grubuna göre anlamlı olarak daha iyi Matrix +8 dB SGO skoru elde edilmiştir ( $U=0,00$ ,  $p=0,000$ ) (Bkz. Şekil 4.3). Matrix +8 dB SGO gürültülü ortamda değerlendirme çeyrekler arası dağılım aralığı üst ve alt performans grubu için sırasıyla 6,1 ve 24 olarak bulunmuştur.

Grup ayrımı gözetmeksizin tüm katılımcıların Matrix sessiz değerlendirme ve +8 dB SGO değerinde değerlendirme performansları karşılaştırılarak Spearman Korelasyon analizi yapılmıştır. Analiz sonucuna göre Matrix sessiz değerlendirme ve Matrix +8 dB SGO değerinde değerlendirme arasında kuvvetli pozitif yönlü korelasyon olduğu tespit edilmiştir ( $r=0,858$ ,  $p=0,000$ ).



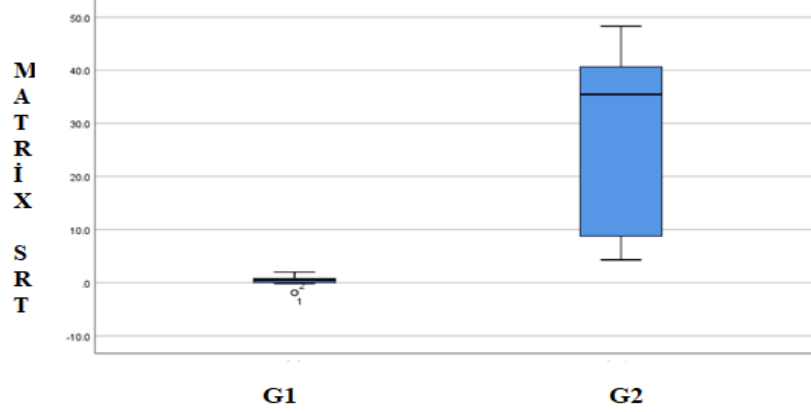
Şekil 4.3. Grupların Matrix +8 dB SGO değerlendirme sonuçları

G1: üst performans grubu, G2:alt performans grubu

### 4.3.3. Gürültüde Adaptif Değerlendirme

Matrix adaptif değerlendirme performansları arasındaki farklılık Mann-Whitney U testi kullanılarak analiz edilmiştir. Analiz sonucunda üst performans grubu, Matrix SRT değerleri bakımından alt performans grubuna göre anlamlı

olarak daha iyi Matrix gürültüde adaptif değerlendirme başarısı göstermiştir ( $U=0,00$ ,  $p=0,000$ ) (Bkz. Şekil 4.4.).



**Şekil 4.4.** Grupların Matrix SRT değerleri

G1: üst performans grubu, G2: alt performans grubu

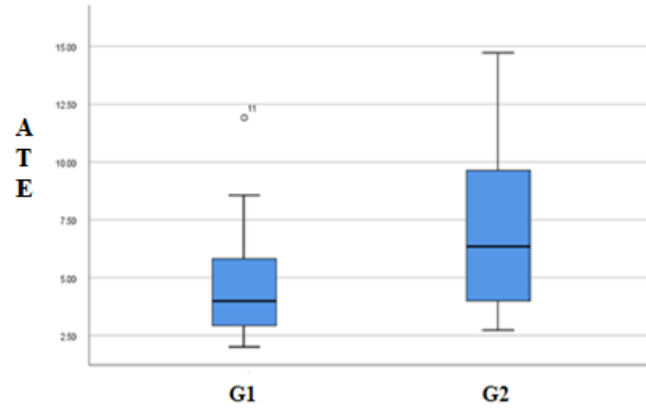
#### 4.4. Aralık Tespit Etme (ATE) Bulguları

Performans gruplarının ATE sonuçları Mann Whitney U Testi kullanılarak analiz edilmiştir. Analiz sonucuna göre performans grupları arasında ATE eşikleri bakımından anlamlı bir farklılık elde edilememiştir ( $U=43,0$ ,  $p=0,094$ ) (Bkz. Şekil 4.5.). Katılımcılarımıza ait ortalama ATE eşik değeri 6,09 msn'dir (ortanca=4,56, çeyrekler arası dağılım aralığı=5,19). Performans gruplarının ortalama aralık tespit eşik değerleri, standart sapmaları, ortanca, en küçük ve en büyük değerleri Tablo 4.5.'te verilmiştir. Ek olarak, ATE değerlerine ait çeyrekler arası dağılım aralığı üst ve alt performans grubu için sırasıyla 2,88 ve 5,63 olarak bulunmuştur.

**Tablo 4.5.** Aralık Tespit Etme bulguları

	<b>n</b>	<b>X± SS</b>	<b>Ortanca</b>	<b>Değer Aralığı (msn)</b>
<b>G1</b>	12	4,855±2,915	3,986	2,005-11,916
<b>G2</b>	12	7,326±3,890	6,348	2,731-14,722

G1:üst performans grubu, G2:alt performans grubu, X: ortalama, SS: standart sapma, n:kişi sayısı, msn: milisaniye



**Şekil 4.5.** Grupların ATE sonuçları

G1: üst performans grubu, G2: alt performans grubu

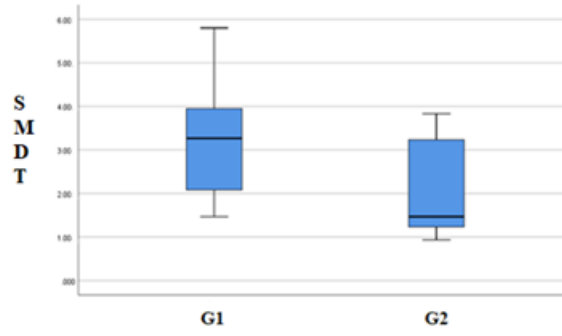
#### 4.5. Spektral-Temporal Modüle Dalgalanma Testi (SMDT) Bulguları

Performans gruplarının SMDT sonuçları Mann Whitney U Testi kullanılarak analiz edilmiştir. Analiz sonucuna göre üst performans grubu, alt performans grubuna göre SMDT değerlendirmesinde anlamlı olarak daha iyi performans göstermiştir ( $U=32,5$ ,  $p=0,022$ ) (Bkz. Şekil 4.6.). Katılımcılarımıza ait ortalama SMDT değeri 2,60 rpo'dur (ortanca=2,26 ve çeyrekler arası dağılım aralığı=2,16). Performans gruplarının ortalama rpo değerleri, standart sapmaları, ortanca, en küçük ve en büyük değerleri Tablo 4.6.'da verilmiştir. Ek olarak SMDT değerlendirmesinin çeyrekler arası dağılım aralığı üst ve alt performans grubu için sırasıyla 1,86 ve 1,99 olarak bulunmuştur.

**Tablo 4.6.** Spektral-Temporal Modüle Dalgalanma Testi bulguları

	n	X± SS	Ortanca	Değer Aralığı (rpo)
<b>G1</b>	12	3,133±1,292	2,666	1,467-5,800
<b>G2</b>	12	2,072±1,109	1,466	0,933-3,833

G1:üst performans grubu, G2:alt performans grubu, X:ortalama, SS:standart sapma, n:kişi sayısı, rpo:ripple per octave



**Şekil 4.6.** Grupların SMDT sonuçları

G1: üst performans grubu, G2: alt performans grubu

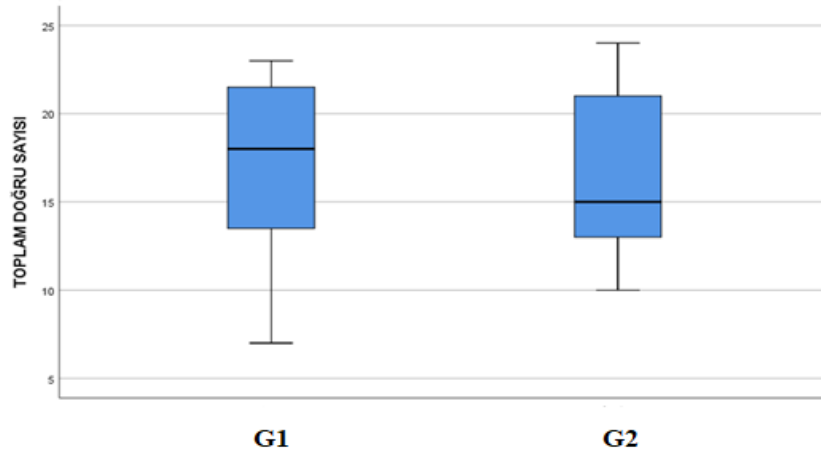
#### 4.6. Melodik Kontur Tanıma (MKT) Test Bulguları

Performans gruplarının MKT Test skorları Independent Samples t-Test kullanılarak analiz edilmiştir. Analiz sonucuna göre üst ve alt performans gösteren gruplar arasında MKT testinde doğru sayısı bakımından anlamlı bir farklılık elde edilememiştir ( $t(22)=0,284$ ,  $p=0,779$ ) (Bkz. Şekil 4.7). Katılımcılarımızın MKT ortalama doğru sayısı 17'dir (Standart sapma=5, ortanca=16). Performans gruplarının toplam doğru sayılarının ortalamaları, standart sapmaları, ortanca, en küçük ve en büyük değerleri Tablo 4.7.'de verilmiştir.

**Tablo 4.7.** Melodik Kontur Tanıma Test bulguları

	N	X± SS	Ortanca	Değer Aralığı (ds)
<b>G1</b>	12	17,08±5,05	18	7-23
<b>G2</b>	12	16,50±5,01	15	10-24

G1:üst performans grubu, G2:alt performans grubu, X:ortalama, SS:standart sapma, n:kişi sayısı, ds:doğru sayısı



**Şekil 4.7.** Grupların MKT sonuçları

G1: üst performans grubu, G2: alt performans grubu

Melodik Kontur Tanıma Testi içerisinde değerlendirilen 4 farklı melodik kontur dizisinden rastgele-rastgele, rastgele-düz, rastgele-yükselen kontur dizilerinin doğru tanınması gruplar arasında Mann-Whitney U Testi ile karşılaştırılmış olup üst ve alt grup arasında farklılık tespit edilmemiştir (*sırasıyla*  $U=44,5$  ve  $p=0,083$ ,  $U=61,0$  ve  $p=0,513$ ,  $U=66,5$  ve  $p=0,745$ ). Rastgele-alçalan melodik kontur dizisinin analizi ise Independent Samples t-Test ile yapılmıştır ve analiz sonucuna göre gruplar arasında farklılık görülmemiştir ( $t(22)=0,759$ ,  $p=0,456$ ).

Melodik Kontur Tanıma Testi içerisinde değerlendirilen rastgele-düz, rastgele-yükselen, rastgele-alçalan kontur dizilerine ait subjektif zorlanma puanlarının gruplar arasındaki farklılaşması Independent Samples t-Test ile analiz edilmiş olup üst ve alt grup arasında farklılık tespit edilmemiştir (*sırasıyla*  $t(22)=0,519$  ve  $p=0,609$ ,  $t(22)=0,533$  ve  $p=0,599$ ,  $t(22)=1,119$  ve  $p=0,275$ ). Rastgele-rastgele melodik kontur dizisi zorlanma puan analizi ise Mann-Whitney U Testi ile yapılmıştır ve analiz sonucuna göre gruplar arasında farklılık görülmemiştir ( $U=59,0$ ,  $p=0,445$ ). MKT testi içerisinde değerlendirdiğimiz rastgele-yükselen, rastgele-alçalan, rastgele-düz ve rastgele-rastgele kontur düzenlerinin doğru sayılarının gruplar arası karşılaştırması Tablo 4.8'de ve subjektif zorlanma puanlarının gruplar arası karşılaştırması Tablo 4.9'da verilmiştir.



**Tablo 4.8.** Melodik Kontur dizi doğru sayısının gruplar arası karşılaştırılması

G1-G2 Doğru Sayısı Karşılaştırması	p değeri
Rastgele-rastgele kontur doğru sayısı	$p=0,083$
Rastgele-yükselen kontur doğru sayısı	$p=0,745$
Rastgele-düz kontur doğru sayısı	$p=0,513$
Rastgele-alçalan kontur doğru sayısı	$p=0,456$

G1:üst performans grubu, G2:alt performans grubu, \*:p<0,05

**Tablo 4.9.** Melodik Kontur dizi subjektif zorlanma puanlarının karşılaştırılması

G1-G2 Zorlanma Puanları Karşılaştırması	p değeri
Rastgele-rastgele kontur zorluk puanı	$p=0,445$
Rastgele-yükselen kontur zorluk puanı	$p=0,599$
Rastgele-düz kontur zorluk puanı	$p=0,609$
Rastgele-alçalan kontur zorluk puanı	$p=0,275$

G1:üst performans grubu, G2:alt performans grubu, \*:p<0,05

#### 4.7. Matrix Sessiz Değerlendirme ile Psikofiziksel Testlerin İlişkisi

Matrix sessiz değerlendirme ile psikofiziksel testlerin korelasyonunu belirlemek için kullanılacak olan korelasyon katsayısını belirlemek amacıyla normallik varsayımının sağlanıp sağlanmadığı incelendi. Normallik varsayımında Matrix sessiz skorları normal dağılım göstermediği durumda Spearman Korelasyon

katsayısı, normal dağılım gösterdiği durumda Pearson Korelasyon katsayısı kullanılmıştır. Matrix sessiz değerlendirme skorları ile ATE değerleri arasında Spearman Korelasyon katsayısına göre anlamlı negatif orta şiddette korelasyon görülmüştür ( $r=-0,489$ ,  $p=0,015$ ). Matrix sessiz değerlendirme ile SMT değerleri arasında Pearson Korelasyon katsayısına göre anlamlı bir korelasyon ilişkisi görülmemiştir ( $r=0,390$ ,  $p=0,060$ ). Matrix sessiz değerlendirme ile MKT arasında ise Pearson Korelasyon katsayısına göre korelasyon saptanmamıştır ( $r=0,030$ ,  $p=0,890$ ). Matrix sessiz değerlendirme ile psikofiziksel testlerin ilişkisi Tablo 4.10.'da gösterilmiştir.

**Tablo 4.10.** Matrix sessiz değerlendirme ile psikofiziksel testlerin ilişkisi

Matrix Sessiz-Psikofiziksel Testler	r değeri	p değeri
Matrix Sessiz-Aralık Tespit Etme	-0,489	<b><math>p=0,015^*</math></b>
Matrix Sessiz-SMDT	0,390	$p=0,060$
Matrix Sessiz-Melodik Kontur Tanıma Testi	0,030	$p=0,890$

SMDT:Spektral-temporal modüle dalgalanma testi, r:korelasyon katsayısı, \*:p<0,05

#### 4.8. Matrix +8 dB SGO Değerlendirme ile Psikofiziksel Testlerin İlişkisi

Matrix +8 dB SGO değerlendirme ile psikofiziksel testlerin korelasyonunu belirlemek için Spearman Korelasyon katsayısı kullanılmıştır. Matrix +8 dB SGO değerlendirme skorları ile ATE değerleri arasında anlamlı negatif orta şiddette korelasyon görülmüştür ( $r=-0,530$ ,  $p=0,008$ ). Matrix +8 dB SGO değerlendirme ile SMDT değerleri arasında anlamlı orta şiddette korelasyon saptanırken ( $r=0,441$ ,  $p=0,031$ ), Matrix +8 dB SGO değerlendirme ile MKT arasında ise korelasyon saptanmamıştır ( $r=-0,061$ ,  $p=0,778$ ). Matrix +8 dB SGO gürültüde değerlendirme ile psikofiziksel testlerin ilişkisi Tablo 4.11'de gösterilmiştir.

**Tablo 4.11.** Matrix +8 dB SGO değerlendirme ile psikofiziksel testlerin ilişkisi

Matrix +8 dB SGO-Psikofiziksel Testler	r değeri	p değeri
Matrix +8 dB SGO-Aralık Tespit Etme	-0,530	<i>p=0,008*</i>
Matrix +8 dB SGO-SMDT	0,441	<i>p=0,031*</i>
Matrix +8 dB SGO-Melodik Kontur Tanıma Testi	-0,061	<i>p=0,778</i>

SMDT:Spektral-temporal modüle dalgalanma testi, SGO:sinyal gürültü oranı, r: spearman korelasyon katsayısı, \*:p<0,05

#### 4.9. Matrix SRT ile Konuşma Testlerinin İlişkisi

Matrix SRT ile konuşma testlerin korelasyonunu belirlemek için Spearman Korelasyon katsayısı kullanılmıştır. Matrix SRT değeri ile Üç Heceli Kelime Tanıma Testi arasında anlamlı orta şiddette negatif korelasyon görülmüştür ( $r=-0,531$ ,  $p=0,008$ ). Matrix SRT değerleri ile Matrix sessiz ortamda değerlendirme skorları arasında anlamlı negatif yüksek şiddette korelasyon ( $r=-0,878$ ,  $p=0,000$ ), Matrix SRT değerleri ile Matrix +8 dB SGO değerlendirme skorları arasında ise anlamlı negatif yüksek şiddette korelasyon tespit edilmiştir ( $r=-0,817$ ,  $p=0,000$ ). Matrix SRT değeri ile konuşma testlerin ilişkisi Tablo 4.12'de gösterilmiştir.

**Tablo 4.12.** Matrix SRT ile konuşma testlerinin ilişkisi

Matrix SRT-Konuşma Testleri	r değeri	p değeri
Matrix SRT-Üç Heceli Kelime Tanıma	-0,531	<i>p=0,008*</i>
Matrix SRT-Matrix Sessiz Ortam	-0,878	<i>p=0,000*</i>
Matrix SRT-Matrix +8 dB SGO	-0,817	<i>p=0,000*</i>

SRT: Konuşmayı alma eşiği, SGO:sinyal gürültü oranı, r: spearman korelasyon katsayısı, \*:p<0,05

#### 4.10. Matrix SRT Değerinin Psikofiziksel Testlerle Olan İlişkisi

Matrix SRT ile psikofiziksel testlerin korelasyonunu belirlemek için Spearman Korelasyon katsayısı kullanılmıştır. Matrix SRT değeri ile ATE değeri arasında anlamlı bir korelasyon ilişkisi görülmemiştir ( $r=0,353$ ,  $p=0,091$ ). Matrix SRT değeri ile SMDT değeri arasında anlamlı orta şiddette negatif korelasyon görülmüştür ( $r=-0,517$ ,  $p=0,010$ ). Matrix SRT değeri ile MKT arasında korelasyon tespit edilmemiştir ( $r=-0,005$ ,  $p=0,983$ ). Matrix SRT değeri ile psikofiziksel testlerin ilişkisi Tablo 4.13'te gösterilmiştir.

**Tablo 4.13.** Matrix SRT ile psikofiziksel testlerin ilişkisi

Matrix SRT-Psikofiziksel Testler	r değeri	p değeri
Matrix SRT-Aralık Tespit Etme	0,353	$p=0,091$
Matrix SRT-SMDT	-0,517	$p=0,010^*$
Matrix SRT-Melodik Kontur Tanıma Testi	-0,005	$p=0,983$

SRT: Konuşmayı alma eşiği, SMDT: spektral-temporal modüle dalgalanma testi r: spearman korelasyon katsayısı, \*: $p<0,05$

## 5.TARTIŞMA

### **Koklear İmplant ve Gürültüde Konuşma Algısı**

İmplant teknolojisindeki gelişmeler, kullanıcıların daha yüksek düzeyde konuşmayı anlayabilmelerini sağlamıştır. Buna rağmen, Kİ kullanıcıları arka plan gürültüsünün konuşma tanıma üzerindeki etkilerine normal işiten bireylerden daha duyarlıdır (20). Elektrot tasarımı ve konuşma işlemcisindeki yeniliklerle birlikte gürültü azaltma algoritmalarının kullanılması Kİ kullanıcılarının gürültüde konuşmayı anlama performansını artırmaya yardımcı olmuştur (170). Gilden ve ark. (2015) gürültü azaltma algoritmaları ile ilgili çalışmalarında mevcut gürültü yönetimlerine ek olarak yeni nesil işlemcilerde SCAN özelliğinin programlara dahil edilmesini önermişlerdir. Ancak bazı katılımcılar, otomatik ortam sınıflandırma teknolojisi olan SCAN nedeniyle takip etmek istedikleri sinyali algılamakta zorlandıklarını öne sürerek bu özellikten yararlanamayacaklarını bildirmişlerdir (132). SCAN, zorlu dinleme durumlarında gün boyunca en uygun mikrofon yönünün otomatik olarak kullanılmasını sağlamaktadır. Gürültü azaltma algoritmalarının, Kİ kullanıcılarının gürültüde konuşmayı ayırt etme becerileri üzerindeki etkisi konusunda Purdy ve ark. (2017) 50 dB SPL sabit gürültüde HINT testi ile tek taraflı olarak aynı konuşma işlemcisini kullanan yetişkin katılımcıları gürültü azaltma algoritmaları açık ve kapalı olarak değerlendirmişlerdir. Sonuçlar, katılımcıların SGO değerlerinin +1 ila +10 dB SGO arasında değiştiğini göstermiştir. HINT kelime skorlarının grup ortalama değeri gürültü azaltma açık koşulu için % 51,7, kapalı koşulu için % 44,6 olarak bulunmuş olup gürültü azaltma açık koşulunun % 7,1 iyileşme sağladığını bildirmişlerdir (171). Gürültü azaltma algoritmaları bu konuda yarar sağlasa da sonuç olarak, daha karmaşık bir işitsel ortamda dinleme Kİ kullanıcıları için zorlayıcı olmaya devam etmektedir.

Kİ kullanıcılarının gürültüde konuşmayı ayırt etme performansında gürültü kaynağı ile konuşma uyarısının uzamsal konumlarının da etkisi olabileceği gösterilmiştir. Polat ve ark. (147), Türkçe Matrix Test değerlendirmesinde, gürültünün önden sunulduğu koşullar ile gürültünün arkadan sunulduğu durumlar arasında bir performans farkı tespit etmişlerdir. Bu fark SGO değeri azaldıkça artmıştır. -10 dB, -5 dB, 0 dB ve +5 dB SGO değerinde elde edilen anlaşılabilirlik

puanlarının, gürültünün arkadan sunulduğu koşulda önden sunulduğu koşula göre anlamlı olarak daha iyi olduğunu bildirmişlerdir. Buna bağlı olarak Kİ kullanıcıları için işitme yönlülüğünün (*directionality*), gürültünün arkadan geldiği durumda performansı artırabileceğini bildirmişlerdir. Çalışmada ayrıca + 10 dB SGO için istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığını bildirmişlerdir. Nitekim, anlaşılabilirlik performansının yüksek SGO değerinde sunulan gürültünün yönünden etkilenmediğini belirtmişlerdir. Çalışmamızda ise katılımcıların gürültüdeki performanslarına, gürültü ve konuşma uyarısının uzamsal konumunun etki edebileceği göz önünde bulundurulmuş olup, aynı zamanda günlük hayatı daha fazla yansıtacağı düşünülerek Türkçe Matrix Test değerlendirmesi sadece konuşma uyarısı ve gürültü uyarısının önden geldiği durumda yapılmıştır.

Nelson ve ark. (2003) tarafından günlük hayatta maruz kalınan SGO değeri +8 dB olarak bildirilmiştir (162). Çalışmamızdaki gürültü ve konuşmanın önden geldiği +8 dB SGO değerlendirme bulgularının karşılaştırılması için Polat ve ark.nın gürültü ve konuşmanın önden geldiği +5 dB SGO ve +10 dB SGO değerlendirmelerine ait bulgular incelendiğinde Polat ve ark.nın (147) çalışmasında, katılımcıların +5 dB SGO için ortalama % 89,30±8,53 ve +10 dB SGO için ortalama % 94,00±6,28 başarı gösterdiklerini, bizim çalışmamızda ise Matrix + 8 dB SGO değerlendirme test başarılarının ortalamasının üst performans grubu için % 84,49 (ortanca=87,30) olarak belirlenirken alt performans gösteren grup için % 29,14 (ortanca=27) olduğu gözlenmiştir. Polat ve ark.nın 22 ila 66 yaş arası postlingual işitme kayıplı üç farklı markanın kulak arkası ses işlemcisini kullanan Kİ kullanıcıları ile gerçekleştirdikleri çalışmalarında gürültünün önde olduğu durumda adaptif Matrix SRT -0,62± 2,11 dB SGO, arka olduğu durumda -4,90±3,47 dB SGO olduğu bildirilmiştir (147). Bizim çalışmamızda da benzer olarak Matrix adaptif değerlendirmelerinde elde edilen ortalama Matrix SRT değerlerine göre ise üst performans grubu 0,3 dB olarak (ortanca=0,50) belirlenirken alt performans grubu 26,8 dB (ortanca=35,50) ile daha kötü gürültüde konuşmayı ayırt etme becerisi göstermiştir. Bu iki çalışmanın bulguları karşılaştırıldığında çalışmamızdaki üst performans grubunun Matrix SRT bulgularının Polat ve ark.nın çalışmasındaki katılımcılarla benzer olduğu söylenebilir. Ayrıca çalışmamızdaki performans gruplarının bulgularının

karşılaştırılması, Kİ kullanıcılarının oldukça değişkenlik gösteren gürültüde konuşmayı ayırt etme becerilerine sahip olduklarını işaret etmektedir. Bununla ilişkili olarak çalışmamızda, Kİ kullanıcıların adaptif değerlendirme performanslarındaki üst gruptan alt gruba doğru oluşan değişkenlik dikkat çekmiştir. Her iki değişkenlik bulgusu, Kİ kullanıcılarının oldukça geniş bir aralıkta değişim gösteren gürültüde konuşmayı anlama performansı gösterebileceğini kanıtlamaktadır. Benzer şekilde Bayri (2018) tarafından yapılan araştırmada kulak arkasına takılan ve kulak arkasına takılmayan kablosuz işlemci olmak üzere iki farklı ses işlemcisini kullanan Kİ kullanıcılarının gürültü ve konuşmanın önden geldiği değerlendirme protokolüne ait adaptif Matrix SRT değerleri kulak arkasına takılan ses işlemcisi kullananlar için -4,3 dB ile 28 dB arasında; kulak arkasına takılmayan kablosuz işlemci kullananlar için -4,5 dB ile 32,1 dB arasında değiştiği bildirilmiştir. Fakat aynı çalışmada Kİ kullanıcılarının Türkçe Matrix Test skorlarının iki ses işlemcisi açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermediğine dikkat çekilmiştir (172). Geniş aralıkta değişen Matrix SRT değerleri bulgusuna benzer olarak bizim çalışmamızda ise Matrix SRT değerleri üst performans grubu için -1,9 dB ile 2 dB arasında; alt performans grubu için 4,3 dB ile 48,3 dB arasında değişim göstermiştir. Bayri (172) tarafından yapılan çalışmaya ve mevcut çalışmamızın gürültüde adaptif değerlendirme Matrix SRT değer aralıklarına göre Kİ kullanıcıları için gürültüde konuşmayı ayırt etme becerisinin oldukça değişkenlik gösterebileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Kİ kullanıcılarının gürültüde konuşmayı ayırt etme performanslarındaki değişkenlik söz konusu olsa da gürültüde konuşmayı ayırt etmede iyi performans gösteren Kİ kullanıcılarının bile Nİ bireylere göre daha kötü performans gösterdiği bilinmektedir. Nitekim Zokoll ve ark. tarafından Nİ bireylerle yapılan Türkçe Matrix değerlendirmesinde gürültüde adaptif Matrix SRT ortalamaları  $-7,22 \pm 0,7$  dB olarak bildirilmiştir (146). Literatürde gürültüde konuşmayı ayırt etme performansına etki edebileceği düşünülen konuşma işlemcisi kullanım yeri farklılıklarının (kulak arkası kablolu sistem veya *off-the-ear* yeni nesil kablosuz işlemciler) Kİ kullanıcılarında bir performans farklılığı yaratmadığı bildirilmiştir (172). Buna ek olarak katılımcılarımızın aynı ses işleme stratejisi (*Advanced Combination Encoder Strategy, ACE*) ile programlanmış olan bir konuşma

işlemcisi kullanıyor olması ile konuşma işlemcilerinin performansına olası etkisinin kontrol altında tutulduğu düşünülmüştür.

Koklear implant kullanıcılarının gürültüde anlama performanslarında önemli bir faktör olan bilişsel becerilerin yaşa bağlı olarak azalma göstermesinin (108) test performansına etkisini sınırlandırmak amacıyla çalışmaya alınan yetişkinlerin yaşı 18-60 yaş aralığında sınırlandırılmıştır. Literatürde Kİ kullanıcılarının yaşa bağlı konuşma algısındaki performans değişimleri birçok çalışma ile ortaya konulmuştur. Örneğin Holden ve ark. (2013) implantasyon yaşının ve İK başlama yaşının özellikle 60 yaşın üzerindeki Kİ kullanıcıları için konuşma tanıma ile negatif ilişkili olduğunu ifade etmişlerdir. Ayrıca implantasyon yaşı ve bilişsel beceri arasında yüksek korelasyon bildirmiş olup, yaşları yakın olan katılımcıların karşılaştırılmasında bilişsel becerilerin sonuçları etkileyen bir faktör olmadığını bildirmişlerdir (92). Gürültüde konuşmayı ayırt etme üst ve alt performans gruplarımızın yaş, ameliyat yaşı ve Kİ kullanım süresi açısından anlamlı bir farklılık göstermemesi ve katılımcıların 18-55 yaş aralığında olması gürültüde konuşmayı ayırt etme performansına olası etkisi olabilecek bu faktörleri kontrol altında tutabildiğimizi düşündürmüştür.

### **Zamansal Çözünürlük**

Zamansal çözünürlük becerisini incelemek için, işitsel zamansal çözünürlüğün bir ölçüsü olan zamansal aralık tespiti sıklıkla kullanılır (173). Reed ve ark. (2009) zamansal çözünürlüğün bir ölçütü olan aralık tespit etme (*gap detection*) görevinde eşit SPL'de yaptıkları karşılaştırmada İK olan bireylerin performansının Nİ bireylerin performansına göre daha kötü olduğunu bildirmiştir (174). Bazı araştırmacılar zamansal çözünürlük becerileri ile gürültülü ortamda sözcük tanıma arasında önemli korelasyonlar olduğunu bildirmişlerdir. Örneğin Tyler ve ark. (1982), 16 Nİ birey (ortalama yaş=23, ss=6) ile 16 İK olan bireyi (ortalama yaş=53, ss=14) karşılaştırdıkları çalışmada gürültü patlamaları (*noise bursts*) ile elde edilen aralık eşikleri ile gürültüde elde edilen kelime tanıma puanları (*The Four Alternative Auditory Feature Test* ile) arasında anlamlı korelasyonlar olduğunu bildirmişlerdir. Daha uzun aralık algılama eşik değerlerinin, saf ses eşik



kaybının etkilerinin kısmi olduğu durumda bile gürültüde konuşma anlaşılabilirliğinin azalması ile önemli ölçüde ilişkili olduğunu bildirmişlerdir (175).

Literatürde Kİ kullanıcılarının, ATE ile değerlendirmelerin yanı sıra diğer psikofiziksel ölçümlerle de birlikte normale yakın zamansal çözünürlük sergilediği gösterilmiştir. Örneğin Shannon ve ark. (1992) zamansal çözünürlüğü değerlendirmek için kullandığı üç farklı eşik ölçümünde (amplitüd modülasyonunun fark edilmesi, alçak frekanslı sinüzoidal akım dalga formlarının fark edilmesi ve iki sestten oluşan kompleks uyaranda atımların (*beats*) saptanması) Nİ bireyler ve Kİ kullanıcılarında modülasyonların tespitinin her iki grupta da aynı genel özellikleri sergilediğini ve aralarında oldukça az fark olduğunu bildirmiştir (42). Benzer bir şekilde Busby ve Clark (1992) çalışmalarında Kİ kullanıcıları için aralık tespit eşiklerinin genellikle 5 ms veya daha az olduğunu bildirmiştir (176). Ters olarak Kİ kullanıcıları ile yapılan başka bir çalışmada ise Wei ve ark. (2007) Kİ kullanan bireylerin, Nİ bireylerden önemli ölçüde daha kötü aralık tespit performansı olduğunu bildirmişlerdir (158). Benzer şekilde Duarte ve ark. (2015) Kİ kullanıcıları yetişkinlerin, Gürültüde Boşluk Tanıma (*Gaps in Noise*) ve Frekans Pattern Test (*Frequency Pattern Test*) performanslarında Nİ bireylerden anlamlı olarak daha başarısız olduklarını, zamansal işleme becerilerinin (zamansal çözünürlük ve zamansal sıralama) Nİ bireylere göre önemli derecede farklılık gösterdiğini bildirmişlerdir (177).

Kİ kullanıcılarında zamansal çözünürlük ve gürültüde konuşmayı ayırt etme becerilerinin ilişkisi önceki çalışmalarda gösterilmiştir. Örneğin Won ve ark. (2011), Kİ sisteminin kullanıcılarına sağlayabildiği zamansal çözünürlük becerisini değerlendirdiği çalışmada akustik geniş band zamansal modülasyon duyarlılığının, sessiz ortamda tek heceli kelime tanıma ve gürültüde iki heceli kelimelerde konuşmayı alma eşikleri ile anlamlı derecede korele olduğunu ve bu ölçümlerin Kİ kullanıcılarının konuşmayı anlama performanslarındaki başarılarını tahmin etmede değerli olabileceğini bildirmiştir (178). Buna benzer olarak bizim çalışmamızda da Matrix sessiz değerlendirme ve Matrix +8 dB SGO değerlendirme sonuçları ATE değerleri ile ilişkili olarak elde edilmiştir. Blankenship ve ark.nın (2016) yaptıkları çalışmada ise bazı Kİ kullanan katılımcılar ve Nİ katılımcılar ile benzer performans gösterse de, Kİ kullanan katılımcıların anlamlı olarak Nİ katılımcılara göre

bozulmuş zamansal işleme (ATE eşik değeri > 20 msn) sahip olduğu ve bazı konuşma testlerinde (*Speech Recognition Test, Central Institute for the Deaf W-22 Word Recognition Test, Bamford-Kowal-Bench Speech-in-Noise Test*) Nİ katılımcılardan daha zayıf konuşmayı anlama performansı sergilediği bildirilmiştir (112). Blankenship ve ark.na zıt olarak bizim çalışmamızda ise ATE eşik değerleri 2 msn ile 14,72 msn arasında değişim göstermektedir ve tüm katılımcılarımız için ortalama ATE eşik değeri 6,1 msn (ortanca=4,56, çeyrekler arası dağılım aralığı=5,19) olarak belirlenmiştir. Blankenship ve ark. ayrıca ATE sonuçları ile bazı konuşma algısı ölçütlerinin (*Consonant-Nucleus-Consonant Test, Arizona Biomedical Sentence Recognition Test, Bamford-Kowal-Bench Speech-in-Noise Test*) anlamlı korelasyonlar gösterdiğini bildirmiştir (112). Benzer olarak bizim çalışmamızda da Kİ kullanıcılarının ATE değerleri Matrix sessiz değerlendirme ( $r=-0,489, p=0,015$ ) ve Matrix +8 dB SGO değerlendirme ( $r=-0,530, p=0,008$ ) ile anlamlı korelasyonlar göstermiştir. Buna bağlı olarak sessiz ortamda ve günlük hayatta maruz kalınan +8 dB SGO gürültüde konuşmayı anlama performanslarının Kİ kullanıcılarının zamansal çözünürlük becerisi ile ilişkili olduğunu düşündürmüştür. Ancak, Matrix SRT değeri ile ATE arasında anlamlı bir ilişki tespit edilememiştir.

Fu (2002), Kİ kullanıcılarının konuşmayı tanımada bireysel olarak yüksek değişkenlik göstermelerinin zamansal çözünürlükle ilişkili olduğunu savunmuştur (121). Bizim çalışmamızda da zamansal çözünürlük becerilerinin katılımcılar arasında nispeten geniş bir aralıkta farklılaşmış olduğu görülmüştür. Kİ kullanıcıları içerisinde üst performans grubunun aralık tespit eşik değerleri 2-11,96 msn arasında (ortanca=3,98) değişim gösterirken alt performans grubunun aralık tespit eşik değerleri 2,73-14,72 msn arasında (ortanca= 6,34) değişim göstermiştir. Ancak Fu (2002) ile zıt olarak çalışmamızda aralık tespit eşik değerleri gürültüde konuşmayı ayırt etme becerisine göre üst ve alt performans grupları arasında anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir ( $p=0,094$ ). Fakat Kİ kullanıcılarında zamansal çözünürlüğün sessiz ortamda ve gürültülü ortamda konuşmayı anlamaya ilişkisini gösteren çalışmalara (112, 178) benzer olarak çalışmamızda, zamansal çözünürlüğün Kİ kullanıcılarının sessiz ortamda ve günlük hayatta maruz kalınan +8 dB SGO gürültüde konuşmayı anlama başarısında etkili olabileceği söylenebilir.

Çalışmamızda ATE değerleri ile Matrix sessiz ve Matrix +8 dB SGO sonuçlarının ilişkili bulunması fakat Matrix SRT değerleri üzerinden ayrılan grupların ATE değerlerinin farklı olmaması ve ATE değerleri ile Matrix SRT değerlerinin ilişkili bulunmamasının, adaptif değerlendirmenin nispeten zor bir görev olmasına bağlı olarak katılımcıların ATE becerisi iyi de olsa kötü de olsa bu görevde anlamlı bir fark yaratamamasından kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir. +8 dB SGO değerinin günlük hayattan bir derecede daha alışık oldukları bir durumu yansıtması nedeniyle ATE becerisi ile ilişki göstermiş olabileceğini düşünüyoruz.

### **Spektral Çözünürlük**

Gürültüde konuşmayı ayırt etme ile ilişkili olan bir diğer işitsel beceri de spektral çözünürlüktür. Mevcut Kİ sistemleri sınırlı sayıda etkili frekans kanalına sahiptir, bu da gürültüde zayıf perde ve konuşma algısına yol açmaktadır (20). Diğer bir açıdan ise spektral ipuçları kanal/elektrot etkileşimleri nedeniyle spektral bulaşma olarak adlandırılan duruma bağlı bulanıklaştığında bireyin var olan spektral çözünürlüğü implant cihazı tarafından iletilen spektral bilgiler sonucunda daha da azalabilir (20). Nitekim Fu (1998), Kİ kullanıcılarının artan gürültü duyarlılığını, öncelikle spektral çözünürlüğün azalması ile ilişkilendirmiştir (19). Benzer olarak Parikh ve Loizou (2005) Kİ kullanıcılarının gürültülü ortamda konuşmayı anlamakta zorlanmalarının arka plan gürültüsünün spektral kontrastı azaltmasından kaynaklandığını bildirmiştir (152). Çalışmamızda kullandığımız SMDT, spektral çözünürlükteki değişikliklere hassas olan bir değerlendirme metodu olarak önceki çalışmalarda Nİ bireylerde, İK olan bireylerde ve Kİ kullanıcılarında spektral çözünürlüğün bir ölçütü olarak kullanılmıştır. İK derecesi arttıkça ayırt edilebilen oktav başına spektral dalgalanma sayısı azaldığı bildirilmiştir (179). Ayrıca spektral dalgalanma ayırt etme eşiğinin, işitme cihazı ve Kİ kullanıcıları da dahil olmak üzere değişen İK derecelerine sahip yetişkin bireylerde sessiz ortamda ve gürültülü ortamda konuşma algısı ile ilişkili olduğu bildirilmiştir (16, 26). Arslan (2019), Nİ bireylerin ortalama SMDT skorlarının  $9,26 \pm 0,65$  rpo (değer aralığı=8,07-10,33 rpo); Kİ kullanıcılarının ortalama SMDT skorlarının  $2,91 \pm 1,42$  rpo (değer aralığı=0,95-6,13 rpo) olduğunu, Nİ bireyler ve Kİ kullanıcılarının ortalama SMDT skoru bakımından istatistiksel olarak anlamlı farklılık gösterdiğini bildirmiştir (180). Bizim çalışmamızda da benzer şekilde Kİ

kullanıcılarının ortalama SMDT skoru  $2,6 \pm 1,3$  rpo (değer aralığı=0,93-5,80 rpo, ortanca=2,26, çeyrekler arası dağılım aralığı=2,16) olarak elde edilmiştir. Arslan tarafından yapılan aynı çalışmada Kİ kullanıcılarının sessiz ortamda ve gürültüde (+10 dB SGO değerinde) Türkçe tek heceli kelime tanıma skorları ile dalgalanma gürültüsü temelli üç farklı spektral çözünürlük test bataryası (*Spectral-Temporally Modulated Ripple Test, Easy Quick Spectral Modulation Detection, Static Spectral Pattern Discrimination*) skorlarının karşılaştırılmasında farklı korelasyon katsayıları ve p değerleriyle anlamlı ilişkiler olduğu bildirilmiştir. Ayrıca, SMDT değerlendirmesi diğer testlere göre hem sessiz ortamda hem de gürültüde konuşmayı anlama becerisi ile en güçlü korelasyon katsayısı gösteren test olarak bildirilmiştir ancak bu farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır (180). Arslan (180)'ın gösterdiği SMDT ve sessiz ortamda konuşma testleri ilişkisinin tersi olarak bizim çalışmamızda ise Matrix sessiz değerlendirme skorları ile SMDT sonuçları arasında anlamlı bir ilişki görülmezken SMDT değerleri Matrix testindeki gürültü içerikli ölçümlerle ilişkili bulunmuştur. Başka bir çalışmada ise Lawler ve ark. (2017) Kİ kullanıcılarının SMDT performansını +8 dB SGO değerinde gerçekleştirdikleri AzBio test skorları ile karşılaştırmıştır. Çalışma sonucunda, SMDT performansının gürültüde konuşma tanıma ile ilişkili olduğunu bildirmiştir. Ek olarak, SMDT skorunda oktav başına 1 dalgalanma artışının AzBio test sonuçları için % 12,1'lik bir iyileşmeye karşılık geldiğini bildirmişlerdir (181). Benzer olarak mevcut çalışmamızda Matrix +8 dB SGO skorları ile SMDT sonuçları arasında anlamlı orta şiddette korelasyon olduğu görülmüştür ( $r=0,441$ ,  $p=0,031$ ). Ek olarak adaptif değerlendirmede elde ettiğimiz Matrix SRT değerleri ile SMDT sonuçları arasında da anlamlı orta şiddette negatif korelasyon olduğu görülmüştür ( $r=-0,517$ ,  $p=0,010$ ).

Sonuç olarak çalışmamızda SMDT rpo değerlerinin, gürültüde konuşmayı ayırt etme üst performans grubunda 1,46-5,80 rpo arasında (ortanca=2,66), alt performans grubunda 0,93-3,83 rpo arasında (ortanca=1,46) olduğu ve gürültüde konuşmayı ayırt etme üst performans grubun alt performans grubuna göre anlamlı olarak daha başarılı SMDT performansı gösterdiği ( $p=0,022$ ) gözlenmiştir. Yapılan ilişkiyel incelemeler ve gruplar arası karşılaştırmalar ışığında spektral çözünürlük becerisinin Kİ kullanıcılarının günlük hayatta maruz kalınan +8 dB SGO değerinde

gürültüde konuşmayı anlamaları ve Matrix SRT performansları ile ilişkili olduğu, daha iyi spektral çözünürlük becerisine sahip Kİ kullanıcılarının daha iyi gürültüde konuşmayı ayırt etme becerisine sahip olabileceği söylenebilir.

### **Spektro-temporal İşleme ve Melodik Kontur Tanıma**

Zorlu dinleme ortamlarında konuşmanın ayırt edilmesine katkıda bulunan bir diğer faktör, Fo bazında işitsel gruplandırma ve ayrıştırımadır (72-74). Milczynski, bir sesin Fo'nun ses perdesinin fiziksel karşılığı olarak görülebileceğini ifade etmiştir (182). Fo'a karşılık gelen ses perdesinin, karmaşık ses bütünlerini ayırmak için kritik bir ipucu olduğu gösterilmiştir. Örneğin Brokx ve Nooteboom (1982), Nİ bireylerin rakip bir konuşmacı varlığında, iki konuşmacının Fo değerleri arasında daha büyük bir fark olmasının, konuşmayı daha iyi anlamayı sağlayabileceğini bildirmiştir (183). Kİ kullanıcıları Fo'nun karşılığı olan perde algısıyla ilişkili görevlerde kötü performans göstermektedir. Bu durumun müzik algısını ve müzikal algının değerlendirilmesini engellediği bilinmektedir. Nitekim Kİ kullanıcıları nispeten zayıf spektral çözünürlüğün yanı sıra melodileri ve müzikal sesleri Fo'larına göre izleme becerisini azaltan sınırlı zamansal bilgiye ulaşabilmektedirler (64). Önceki çalışmalarda Nİ bireylerde eş zamanlı seslerin ayrılmasında Fo'nun önemine dikkat çekilmiştir (183, 184). Farklı Fo'ların ayrıştırılması, dinleyicinin konuşmanın çeşitli üst frekans bileşenlerini "gruplandırmasına" ve dolayısıyla hedef konuşma sesinin tanınmasına yardımcı olur (185). Örneğin işitme kaybında alçak frekans bölgesinde rezidüel işitmenin varlığı perde algısını geliştirerek, çeşitli sesleri Fo yoluyla ayırt edebilmek için kullanılabilir. Bu durum arka planda birden çok konuşmacı olduğu zorlu bir dinleme ortamında daha iyi konuşmayı anlamaya olanak sağlayacaktır (113). Fakat Kİ kullanıcıları 200 Hz'ten daha yüksek frekanslar için sinyallerin Fo'nı algılamakta güçlük çekmektedir (113). Bu durum Fo için *place-frequency* ipuçlarının genellikle zayıf olması (zayıf spektral çözünürlük nedeniyle) ve aynı şekilde Fo için zarf (zamansal) ipuçlarının yalnızca alçak frekanslarda belirgin olması ile açıklanmıştır (186, 187).

Hem gürültülü ortamda konuşma algısına hem de konuşmanın tonlama algısına fayda sağlayabilecek akustik uyaran işlemlenmesinin bir türü de melodik

konturların işlemlenmesidir (enstrümantal melodi veya konuşma süresinde perde değişimlerindeki yükselme ve alçalmalarının işlemlenmesi) (188). Gürültüde konuşmanın anlaşılabilirliği üzerine yapılan çalışmalar; bozulmamış Fo konturlarını içeren konuşmalardaki cümlelerin, aynı cümlelerin Fo değişimlerinin çıkarılması ile elde edilenlerden daha anlaşılır olduğunu göstermektedir (189, 190). Literatürde sıklıkla işitsel eğitimin Kİ kullanıcılarının enstrümantal melodik kontur tanımlamasını geliştirebileceği savunulmaktadır (64, 191, 192). Patel (2014) konuşmadaki melodik konturlara karşı artan hassasiyetin, Kİ kullanıcılarının gürültülü ortamda konuşmayı anlama performansını potansiyel olarak artırabileceğini bildirmiştir (188). Literatürdeki bazı çalışmaların Nİ müzisyenlerin gürültü gibi zorlu dinleme koşullarında özellikle iyi anlama performansı göstermesi sonucunda (193, 194), müziğin dil temelli görevleri geliştirmekle olan ilişkisi birçok çalışma için bir odak noktası olmuştur (188, 194, 195). Bununla bağlantılı olarak daha önceki çalışmalarda Kİ kullanıcılarının konuşma algısını iyileştirmenin bir yöntemi olarak işitsel eğitimin önemine dikkat çekilmiştir (64) ve son zamanlarda müzik tabanlı eğitimin potansiyel faydalarına odaklanmıştır (57-59). Bu konuda OPERA hipotezi (57), müzik eğitiminin algısal konuşma kazanımları sağlayabileceğini düşündüren nedenleri açıklamaya yönelik teorik bir çerçeve sunmaktadır. Örtüşme, hassasiyet, duygu ve tekrarlamayı içeren bu koşullar karşılandığında, konuşma algısında performans kazanımlarını sağlayan etkinin ortaya çıkması beklenmektedir. Bu çerçevede konuşma algısı ile müzik algısı arasındaki ilişkiler ortaya çıkmaktadır. Bu ilişki göz önünde bulundurularak linguistik uyaranlar içermeyen (enstrümantal) müzikal becerilerin konuşma algısının belirli yönlerine aktarılmasını araştırmak amacıyla yapılan bir çalışmada Kİ kullanıcılarına melodik kontur eğitimi verilmiştir. Lo ve ark. (2015) tarafından yapılan bu çalışmada melodik kontur eğitiminin özellikle sessiz ortamda ünsüzlerin algılanmasında ve sadece konuşma tonlama ipuçlarını kullanarak soru ve ifadelerin anlaşılmasında önemli gelişmeler sağladığı bildirilmiştir. Ayrıca melodik kontur eğitiminin perde algısını ve zamansal işleme yeteneklerini geliştirebileceği belirtilmiştir. Ancak araştırmacılar çalışmalarında gürültüde ünsüz algısı veya gürültüde cümle algısı açısından anlamlı bir iyileşme tespit edememişlerdir. Araştırmacılar bu eğitimin özellikle Fo takibinin geliştirilmesiyle gürültüde

konuşmanın tanınmasında iyileşme ile sonuçlanması beklenirken bu etkinin gözlenmemesinin Kİ kullanıcılarının Fo ve *fine structure* ipuçlarına yetersiz erişimi ile ilişkili olabileceğini belirtmişlerdir (196).

Konuşmanın perde bilgisinin takibinin ve melodik kontur ayırt etmenin gürültüde konuşmayı ayırt etme ile ilişkisi göz önünde bulundurularak çalışmamızda Kİ kullanıcılarının konuşmadaki Fo değişimlerini yansıttığı düşünülebilecek olan melodik konturları ayırt etme becerileri de değerlendirilmiştir. Çalışmamızda kullanılan melodik konturların rastgele sıralanmış sesler ardından gelmesinin aynı zamanda rastgele arka plan sesleri ardından gelen işitsel düzenlilikleri fark etmeyi de değerlendirebileceği düşünülmüştür. Nitekim konuşma sırasında vokal kordların açılıp kapandığı düzenlilik (periyodisite ve harmonikliği içeren), konuşmanın en belirgin özelliklerinden biri olarak konuşma algısında önemli bir rol oynar (65). İşitsel düzenlilikler işitsel sahne analizi teorisinde geniş yer tutan bir kavramdır. Akustik girdinin sürekli akışından potansiyel olarak anlamlı paternlerin çıkarılması işlemi işitsel sahne analizi olarak tanımlanmıştır (75). İşitsel düzenliliklerin spektrot temporal özelliklerine göre farklılaşmasına bağlı yapılandırılma mekanizması birden fazla eş zamanlı kaynak olduğunda farklı akustik girdilere odaklanma becerisini kolaylaştırabilir. Literatürde işitsel düzenlilik ve değişiklikleri tespit etme süreçlerinin ayrılabilmesine ve beynin değişikliği saptama becerisini etkileyen koşullar altında bile işitsel düzenliliği takip edebildiğine dair nörofizyolojik kanıtlar sunulmuştur (197). Çalışmamızda konuşmadaki Fo konturlarının değişikliklerini, ve düzensiz ses paternlerinin ardından gelen işitsel düzenlilikleri yansıtacağı düşünülen MKT test doğru sayıları ve subjektif zorlanma puanları iki grup arasında incelendiğinde gürültüde konuşmayı ayırt etme üst ve alt performans gösteren gruplar arasında anlamlı bir farklılık olmadığı görülmüştür. MKT ile uygulanan Matrix testleri arasında anlamlı bir korelasyon görülmemiştir.

Galvin ve ark. (64) MKT performanslarına göre Kİ kullanıcılarının sınırlı MKT becerisine sahip olduğunu göstermiştir. En iyi Kİ kullanıcısının performansının bile Nİ bireylerin ortalama bir performansından önemli ölçüde daha zayıf olduğunu bildirmişlerdir. Yaptıkları çalışmada Kİ kullanıcıları “düz” (perde değişmeyen) konturları daha kolay ayırt edebilirken “alçalan” (perdesi azalan)

konturları ayırt etmekte zorlanmışlardır. Bizim çalışmamızda ise rastgele-rastgele, rastgele-yükselen, rastgele-alçalan, rastgele-düz melodik kontur dizilerini arasında üst ve alt performans grupları arasında kontur dizilerini tanıma ya da subjektik zorlanma puanları arasında anlamlı bir farklılık görülmemiştir. Galvin ve ark.nın başka bir çalışmasında MKT performansı Kİ kullanıcıları arasında oldukça değişken olarak elde edilse de Nİ bireylerden kötü olduğunu ve Kİ kullanıcılarının melodik kontur tanımada genel olarak zorlandıklarını bildirmiştir. Bu durumu spektral ve zamansal ince yapı bilgilerinin çoğunda eksiklik olsa bile konuşma örüntüsü tanımının mümkün olabilmesine karşın, melodik kontur tanımının konuşmaya göre daha fazla spektro-temporal ince yapı ipucusu gerektirmesiyle açıklamışlardır. Ayrıca çalışmalarının yapıldığı dönemdeki Kİ sistemlerinin, müzikal perde temsilinde zayıf olduğunu ancak kısa bir eğitim süresinin melodik perde algısını geliştirebileceğini ifade etmişlerdir. Kİ kullanıcılarının zayıf perde işaretlerini kullanmak için eğitilmeleri gerektiğini ve geliştirilecek daha yeni Kİ sistemlerinde de MKT testinin melodik kontur tanıma becerisini değerlendirebileceğini ifade etmişlerdir (191). Tüm bunlara ek olarak literatürde melodik kontur eğitimi verilen Kİ kullanıcılarının konuşma algılama görevlerinde gelişme sağladıkları da gösterilmiştir (64, 196).

Ping ve ark. (2011), MKT için spektral ipuçlarının zamansal ipuçlarından daha önemli olduğunu bildirmiştir. Ayrıca sınırlı spektral bilgi ile perde farklılığının saptanmasının, perde değişim yönünü (yükselen-alçalan vb.) tanımlamaktan daha kolay olduğunu bildirmişlerdir (198). Benzer şekilde Galvin ve ark. da spektral ve zamansal ince yapı bilgilerinin çoğunda eksiklik olsa bile konuşma örüntüsü tanımının mümkün olabilmesine karşın, melodik kontur tanımının konuşmaya göre daha fazla spektro-temporal ince yapı ipucusu gerektirdiğini ifade etmiştir (191). Çalışmamızda Matrix SRT ile spektral çözünürlüğün bir ölçütü olan SMDT testi ile anlamlı bir ilişki tespit edilirken MKT performansı ile ilişki tespit edilememiştir. Bu duruma ek olarak üst performans grubunun alt gruba göre gürültüde konuşmayı ayırt etme konusunda spektral ipuçlarından yararlanma açısından fark göstermiş olmasına karşın spektral ipuçlarından faydalanmanın perde yönünü takip etmede fark yaratamamasının, perde yönünün tanımlanmasının daha zor bir psikofiziksel bir görev olması (198)



ve melodik kontur tanımının konuşmaya göre daha fazla spektro-temporal ince yapı bilgisi gerektirmesi (191) ile açıklanabileceği düşünülebilir. Buna ek olarak MKT değerlendirmesindeki melodik konturların zorluk derecesinin bütün katılımcılar için eşit derece zor veya kolay olmasının da sonuçları etkilemiş olabileceği düşünülebilir.

### **Gürültüde Konuşmayı Ayırt Etmeye Katkıda Bulunan Psikofiziksel Becerilerin Karşılaştırılması**

Önceki çalışmalarda Kİ kullanıcılarında gürültüde konuşma algısının spektral çözünürlük, zamansal çözünürlük, spektro-temporal ipuçlarının izlenmesi, perde değişme yönünün tespit edilmesi ve melodik konturların tanınması ile ilişkisi araştırılmıştır. Bu çalışmaların ışığında Kİ kullanıcılarının tüm bu psikofiziksel değerlendirmelerde Nİ bireylerden kötü performans gösterdiği sonucuna varılabilir. Yapılan tüm bu çalışmaları yorumladığımızda bu durumun sebebi, çoğunlukla güncel Kİ sistemlerinin spektro-temporal ipuçlarının temsilinde yetersiz kalması ile açıklanmıştır. Daha önce yapılan çalışmalarda, Nİ bireyler ile Kİ kullanıcıları arasında özellikle gürültülü ortamda gözlenen konuşma algısı performans farklılığının bahsedilen psikofiziksel beceriler ile ilişkisi birbirlerinden ayrı olarak değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmelerin sonucunda, Kİ kullanıcılarının bu üç işitsel beceride Nİ bireylere göre düşük skorlar elde etmeleri, bu becerilerin gürültüde konuşma algısı ile ilişkili olması ve Kİ kullanıcılarında zayıf olması nedeniyle konuşma algısını etkileyebileceği kanıtlanmıştır. İncelediğimiz kadarıyla daha önce yapılan psikofiziksel çalışmalarda çoğunlukla spektral çözünürlüğün önemi vurgulanmıştır ancak bu üç psikofiziksel becerinin birlikte değerlendirildiği ve Kİ kullanıcılarının gürültüde konuşmayı anlama performansı ile hangi becerinin daha ilişkili olduğunu araştırmaya yönelik bir araştırma yapılmamıştır. Bu nedenle bu çalışmada katılımcılarımızın sessiz ortamda cümle tanıma, günlük hayatta maruz kaldığı kabul edilen +8 dB SGO değerindeki gürültülü ortamda (162) cümle tanıma ve adaptif olarak değiştirilen SGO değerlerinde cümle tanıma performanslarını değerlendirdik. Ayrıca katılımcılarımızı gürültüde anlama performanslarına göre daha iyi ve daha kötü ayırt etmeye sahip üst ve alt performans gruplarına ayırarak gürültüde konuşma algısında fark yaratan işitsel becerileri araştırmayı hedefledik.

Gürültüde konuşmayı ayırt etme performansı daha iyi olan Kİ kullanıcıları; ATE, SMDT, MKT testlerinin ortalama ve ortanca değerlerine göre alt performans grubundaki Kİ kullanıcılarından daha iyi bir test başarısı göstermiştir. Ancak, üst performans grubunun psikofiziksel testlerde alt performans grubuna göre başarıları istatistiksel anlamlılık düzeyinde incelendiğinde SMDT değerlendirmesi için anlamlı olarak daha yüksek başarı elde edebildikleri ( $p=0,022$ ), ATE değerlendirmesinde test sonuçlarının anlamlı olarak daha yüksek başarıyı göstermediği ( $p=0,094$ ) görülmüştür. MKT değerlendirmesi için de gruplar arası anlamlı bir performans farklılığı olmadığı görülmüştür ( $p=0,779$ ).

Matrix sessiz değerlendirmenin uyguladığımız psikofiziksel testlerle olan ilişkisini araştırdığımızda anlamlı orta şiddette korelasyon ile en ilişkili olan psikofiziksel becerinin zamansal çözünürlüğün bir ölçütü olan aralık tespit eşikleri olduğu görülmüştür ( $r=-0,489$   $p=0,015$ ). Bu bulgumuz Won ve ark. (178) ile Blakenship ve ark. (112) tarafından yapılan çalışmalar ile uyumludur.

Matrix +8 dB değerlendirme sonuçlarının uyguladığımız psikofiziksel testlerle olan ilişkisini araştırdığımızda ise anlamlı orta şiddette korelasyon ile hem zamansal çözünürlüğün bir ölçütü olan aralık tespit eşikleriyle ( $r=-0,530$ ,  $p=0,008$ ) hem de spektral çözünürlüğün bir ölçütü olan rpo değerleriyle ( $r=0,441$ ,  $p=0,031$ ) bir ilişki kurulabildiği görülmüştür. Spektral çözünürlük değerleri ile +8 dB SGO Matrix değerlerinin ilişkisi, spektral çözünürlük becerisinin gruplar arasında farklı olması ile de uyumludur.

Adaptif değerlendirmenin Matrix SRT değeri ile spektral çözünürlüğün bir ölçütü olan rpo değerlerinin anlamlı orta şiddette korelasyon göstermesine ( $r= -0,517$ ,  $p=0,010$ ) karşın zamansal çözünürlüğün bir ölçütü olan ATE değerleri ile anlamlı bir ilişki göstermemiş olması ( $r=0,353$ ,  $p=0,091$ ) zorlu dinleme ortamlarında spektral çözünürlüğün önemini göstermiştir. Çalışmamızda Matrix +8 dB SGO değeri ile hem zamansal çözünürlük hem spektral çözünürlük becerileri anlamlı ilişkiler gösterirken, adaptif değerlendirme ile elde ettiğimiz Matrix SRT değerinin sadece spektral çözünürlük ile anlamlı korelasyon gösterdiği görülmüştür. Bu durumun katılımcılarımızın Matrix SRT ortanca değerinin 3,15 dB olmasına bağlı olarak Matrix adaptif değerlendirmenin, +8 dB SGO

değerlendirmeye göre daha zorlu bir dinleme ortamı sağlanmasından kaynaklanmış olabileceği ve +8 dB SGO değerinin günlük hayattan bir derecede daha alışık oldukları bir durumu yansıtması nedeniyle ATE becerisi ile ilişki göstermiş olabileceği düşünülmüştür. Bu değerlendirme bulgularının ışığında zorlu dinleme ortamlarında spektral çözünürlüğe artan bir gereksinim olduğu düşünülebilir.

Melodik kontur tanıma testinde hem melodik konturların tanınması hem de konturların rastgele seslerden sonra gelmesinin (bu şekilde işitsel düzensizliklerden sonra gelen işitsel düzenlilikleri fark etme becerisini değerlendirmesi amaçlanmıştı) kontur tanıma testini spectro-temporal işleme boyutunu göstermektedir. Çalışmamızda MKT becerilerinin gruplar arasında anlamlı farklılık göstermediği ve konuşma testleri ile anlamlı bir ilişki göstermediği görülmüştür. MKT puanları gruplar arası farklı olmamakla birlikte herhangi bir kontur dizisinin tanınmasında veya konturların tanınma zorluğunda da gruplar arası fark görülmemiştir. Bulguların hepsi testin her iki grup için de eşit derecede kolay/zor olduğunu göstermektedir. Bu noktada testin daha ayırt edici hale getirilmesinin gürültüde konuşmayı ayırt etmede farklı derecelerde başarılı olan Kİ kullanıcılarının değerlendirilmesine olanak sağlayabileceğini düşünüyoruz. Melodik kontur becerisi önceki çalışmalarda daha çok eğitim ve eğitim sonrası değerlendirmeler boyutuyla yer almıştır (64, 196). Ayrıca Galvin ve ark. Kİ kullanıcılarının zayıf perde işaretlerini kullanmak için eğitilmeleri gerektiğine ve geliştirilecek daha yeni Kİ sitemlerinde de MKT testinin melodik kontur tanıma becerisini değerlendirebileceğine dikkat çekmiştir (191). Bu durumda çalışmamızda MKT eğitimi verilmemiş olan katılımcıların benzer skorlar elde etmiş olması şaşırtıcı olmayacaktır. Gelecek çalışmalarda mevcut çalışmada uygulanan melodik konturlar kullanılarak verilen bir eğitim sonrasında gürültüde konuşmayı ayırt etme becerisindeki değişimlerin incelenmesi önerilebilir. Bunun yanı sıra zorlaştırılmış karmaşık melodik konturlar ile değerlendirilmelerin yapılması önerilebilir. İşitsel düzensizliklerden sonra gelen işitsel düzenlilikleri fark etme ve melodik kontur tanımlama becerileri üzerine düzenlenecek eğitim programının etkinliğinin ortaya konulması durumunda bu eğitimin koklear implant kullanıcılarının işitsel rehabilitasyon programları içerisinde yer verilmesi önerilebilir. Literatürde MKT için spektral ipuçlarının zamansal ipuçlarından daha önemli olduğunu bildirilmiş

(198) olmasına ve çalışmamızda üst performans grubunun spektral çözünürlükte anlamlı derecede üstün olmasına rağmen bu grup MKT testinde anlamlı bir üstün başarı elde edememiştir. Bu durum da çalışmamızda kullanılan MKT testinde zamansal çözünürlük becerisinin etkinliğinin önemli olabileceğini göstermektedir. Nitekim ATE değerlerinin gruplar arası farklılık göstermemesinin de zamansal çözünürlüğün bu çalışmadaki yöntemle değerlendirilen MKT becerisine katkısını destekleyebilecek bir bulgu olduğunu düşünüyoruz.

Özetlemek gerekirse çalışmamızda gürültüde konuşmayı ayırt etme üst performans grubunun alt gruba göre SMDT değerlendirmesinde anlamlı olarak daha iyi sonuçlar göstermesine ek olarak SMDT değerlendirmesinin hem Matrix SRT değerleri ile hem de Matrix +8 dB değerlendirme ile anlamlı ilişkiler göstermesi spektral çözünürlüğün gürültüde konuşmayı ayırt etmede olan önemini göstermektedir. Bu nedenle yetişkin tek taraflı Kİ kullanıcılarının spektral çözünürlük becerisine göre farklılaşmalarının gürültüde konuşmayı ayırt etme performanslarına etki edebileceği söylenebilir. Çalışmamızda gruplar arası farklar ve ilişkisel incelemeler doğrultusunda gürültüde konuşmayı ayırt etme performansı ile en ilişkili olan psikofiziksel becerinin spektral çözünürlük olduğu görülmüştür. Günlük hayatta maruz kalındığı kabul edilen +8 dB SGO Matrix değerlendirmesi ile zamansal çözünürlüğün anlamlı ilişkiler göstermesi zamansal çözünürlüğün de gürültüde konuşmayı ayırt etme becerisi ile ilişkili olduğunu göstermektedir. Zamansal çözünürlük, her ne kadar +8 dB SGO ile anlamlı korelasyonlar göstermiş olsa da gürültüde konuşmayı ayırt etme becerisinin adaptif olarak belirlenen ölçütü olan Matrix SRT değerleri ile aralarında anlamlı korelasyon elde edilmemiştir. Bu durumun adaptif değerlendirmenin nispeten zor bir görev olmasına bağlı olarak katılımcıların ATE becerisi iyi de olsa kötü de olsa bu görevde anlamlı bir fark yaratamamasından kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir. +8 dB SGO değerinin günlük hayattan bir derecede daha alışık oldukları bir durumu yansıtması nedeniyle ATE becerisi ile ilişki göstermiş olabileceğini düşünüyoruz. Sonuç olarak daha zorlu bir dinleme ortamı olan adaptif değerlendirme ile zamansal çözünürlük becerilerinin anlamlı bir ilişkisi olmaması ancak günlük hayatta maruz kalındığı kabul edilen +8 dB SGO değerlendirme ile anlamlı bir ilişkili

kurulabilmesi nedeniyle gürültüde konuşmayı ayırt etme ile ikinci sırada ilişkili bulunduğumuz psikofiziksel beceri zamansal çözünürlük olmuştur.

Çalışmamızda gürültüde konuşmayı ayırt etme performanslarına göre ayırdığımız gruplar arasında MKT arasında farklılık gözlenmemesi ve gürültüde konuşmayı ayırt etme testleri ile anlamlı korelasyonlar göstermemesi nedeniyle bu çalışmada kullanılan yöntemle değerlendirilen MKT becerisi gürültüde konuşmayı ayırt etme ile ilişkilendirilememiştir. Sonuç olarak MKT becerisinin katılımcılarımızın gürültüde anlama performanslarında etkili bir farklılık yaratmadığı gözlenmiştir. Literatürdeki MKT eğitimlerinin bu beceriyi geliştirebileceği bilgisine dayanarak Kİ kullanıcılarının çalışmamızda kullanılan melodik konturlarla belirli bir süre alacakları eğitim sonucunda gürültüde konuşmayı ayırt etme becerisinin geliştirilebileceği ve bu çalışmada uygulanan MKT testinin eğitim ile geliştirdikleri becerilerini değerlendirebilecek bir test olarak kullanılabilirliği düşünülebilir. Ayrıca MKT testinde kullanılan konturların zorlaştırılması da önerilebilir.

Çalışmamızda Kİ kullanıcılarının gürültüde konuşmayı ayırt etme performansının üç temel psikofiziksel beceri ile olan ilişkisi araştırılmıştır. Kİ kullanıcılarının gürültüde konuşmayı ayırt etme performansına etki eden psikofiziksel becerilerin üstünlüklerine yönelik araştırmaların, gelecekte Kİ teknolojilerindeki gelişmelere ve Kİ kullanan bireylerin takip ve değerlendirme yöntemlerine ışık tutabileceğini düşünüyoruz. Çalışmamızın üç limitasyonu vardır. İlk olarak, gürültüde konuşmayı ayırt etmede daha iyi performans gösteren grubun, alt performans grubuna göre daha iyi ATE değerlerine ve MKT puanlarına sahip olduğu görülmüştür ancak bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Gruplar arası psikofiziksel becerilerin daha büyük örneklem sayısı ile değerlendirilme imkanı elde edilmesiyle grupların zamansal çözünürlük ve melodik kontur tanıma becerileri bakımından anlamlı olarak farklılaşabileceği düşünülebilir. İkinci limitasyonumuz ise katılımcıların bilişsel becerilerini değerlendirerek psikofiziksel değerlendirmeler ve gürültüde konuşmayı anlama becerileri ile ilişkilendirememiş olmamızdır. 2019 yılında yapılan güncel bir çalışmada yetişkin Kİ kullanıcılarının gürültüde ayırt etme performansına etki eden bir diğer faktör olan bilişsel becerilerin önemine dikkat çekilmiştir (110). Aynı çalışmada

preoperatif bilişsel faktörlerin yetişkin Kİ kullanıcılarının konuşma tanıma performanslarına katkıda bulunduğunu ve implantasyonun bazı bilişsel alanlarda iyileşmelere yol açabileceği öncülüğünü desteklemektedir. Araştırmacılar ameliyat öncesi, görsel olarak değerlendirilen çalışma belleği ile koklear implantasyondan 6 ay sonra postoperatif konuşma tanıma sonuçlarının tahmin edebilirliğine dikkat çekmişlerdir. Kİ kullanıcıları için bilişsel değerlendirme sonuçlarında en büyük gelişmelerin, bilişsel yetenekleri en düşük olan kullanıcılarda gözlendiğini vurgulamışlardır. Mussoi (2016) ise kısa süreli belleğin (*short-term memory*), gürültülü ortamda ve hızlı bir konuşma akışında daha iyi konuşma algısı ile ilişkili olduğunu bildirmiştir (199). Bu bulguların ışığında gelecek çalışmalarda gürültüde konuşmayı anlama performansında ve psikofiziksel ölçümlerde bilişsel becerilerin etkisinin araştırılması önerilebilir. Gürültüde konuşmayı anlama ve psikofiziksel değerlendirmelerde daha kötü performans gösteren yetişkin Kİ kullanıcılarının bilişsel becerilerinin bu becerilerde bir dezavantaj sağlayıp sağlamadığının ortaya konmasının literatüre anlamlı bir katkı sağlayacağı düşünülebilir. Son olarak, çalışmamızda gürültüde konuşmayı ayırt etme becerisinin sessiz ortamda konuşmayı ayırt etme becerisi ile ilişkili olduğu görülmüştür. Bu nedenle sessiz ortamda konuşmayı ayırt etme becerileri farklılık göstermeksizin gürültüde konuşmayı ayırt etme becerilerinde farklılık gösteren Kİ kullanıcıları ile çalışılması, böylece psikofiziksel becerilerin sadece gürültüde konuşmayı ayırt etme performansına yönelik bir etkisinin olup olmadığını belirleyebilecek çalışmalar yapılması önerilebilir.

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan bu çalışmada yetişkin tek taraflı koklear implant kullanıcılarının gürültüde konuşmayı anlama performansları ile bu performansa etki edebilecek psikofiziksel becerilerinin ilişkisi araştırılmıştır. Ek olarak; koklear implant kullanıcıları gürültüde konuşmayı ayırt etme performanslarına göre gruplara ayrılmış olup, üst performans grubunun psikofiziksel testlerde alt performans grubuna göre gösterdikleri performans farklılıkları araştırılmıştır. Bu amaçla çalışmaya 24 yetişkin tek taraflı koklear implant kullanıcısı alınmış olup, gürültüde konuşmayı ayırt etme başarılarına göre on ikişer katılımcıdan oluşan üst ve alt performans grupları oluşturulmuştur. Çalışmamızda elde ettiğimiz sonuç ve öneriler aşağıda sunulmuştur.

1) Yetişkin tek taraflı koklear implant kullanıcılarının, günlük hayatta maruz kaldığı kabul edilen +8 dB SGO değerinde gürültüde konuşmayı ayırt etme performansı hem zamansal çözünürlük hem spektral çözünürlük becerileri ile ilişkilidir (sırasıyla  $r=-0,530$ ,  $p=0,008$  ve  $r=0,441$ ,  $p=0,031$ ).

2) Yetişkin tek taraflı koklear implant kullanıcılarının adaptif olarak belirlenen Matrix konuşmayı alma eşikleri ile ilişkili olan psikofiziksel beceri spektral çözünürlüktür ( $r=-0,517$ ,  $p=0,010$ ).

3) Gürültüde konuşmayı ayırt etme performansı daha kötü olan yetişkin tek taraflı koklear implant kullanıcılarının spektral çözünürlük, melodik kontur tanıma ve zamansal çözünürlük becerileri gürültüde konuşmayı ayırt etme skorları daha yüksek olan kullanıcılara göre daha kötüdür. Ancak gürültüde konuşmayı ayırt etme performansı daha kötü olan koklear implant kullanıcılarının, gürültüde konuşmayı ayırt etmede daha iyi olan koklear implant kullanıcılarına göre anlamlı olarak daha kötü oldukları psikofiziksel beceri sadece spektral çözünürlüktür ( $U=32,5$  ve  $p=0,022$ ).

4) Yetişkin tek taraflı koklear implant kullanıcılarının gürültüde konuşmayı ayırt etme performansları oldukça değişkenlik göstermektedir. Performanslarındaki bu yüksek değişkenliğin büyük oranda spektral çözünürlük becerileri ile ilişkili olabileceği düşünülebilir.

5) Koklear implant kullanıcılarının gürültüde konuşmayı ayırt etme performansı ile en ilişkili olduğu bulunan spektral çözünürlük becerisinin geliştirilmesine yönelik işitsel rehabilitasyon programlarının düzenlenmesi, yeni geliştirilecek koklear implant sistemlerinde spektral temsilin iyileşmesini sağlayabilecek yeniliklere öncelik verilmesi önerilebilir.

6) Gürültüde konuşmayı ayırt etme üst performans grubunun spektral çözünürlük, melodik kontur tanıma ve zamansal çözünürlük becerilerini değerlendiren test sonuçlarının daha iyi olmasına rağmen gruplar arası farkın zamansal çözünürlük ve melodik kontur tanıma becerileri için anlamlı olmamasına bağlı olarak daha geniş örneklem büyüklüğündeki performans gruplarının psikofiziksel test sonuçlarının karşılaştırıldığı çalışmalar yapılması önerilmektedir.

7) Çalışmamızda yetişkin tek taraflı koklear implant kullanıcıları için gürültüde konuşmayı ayırt etmenin büyük oranda sessiz ortamda konuşmayı ayırt etme ile ilişkili olduğunu görülmüştür. Buna bağlı olarak sessiz ortamda farklı becerilere sahip olmayan ancak gürültüde konuşmayı ayırt etmede farklılaşan yetişkin koklear implant kullanıcıları ile psikofiziksel becerilerin ilişkilendirileceği çalışmaların yapılması önerilmektedir.

8) Gelecek çalışmalarda yalnızca prelingual ya da yalnızca postlingual koklear implant kullanıcılarının gürültüde konuşmayı ayırt etme performansları ile işitsel becerilerinin ilişkilendirildiği çalışmaların yapılması önerilebilir. Ek olarak gürültüde konuşmayı ayırt etme performansı benzer olan prelingual ve postlingual yetişkin koklear implant kullanıcılarının gürültüde konuşmayı ayırt etme becerileri ile psikofiziksel becerilerini ilişkilendiren çalışmaların yapılması önerilebilir. Bu noktada prelingual ve postlingual koklear implant kullanıcılarının işitsel becerileri ve gürültüde konuşmayı ayırt etme becerileri bakımından ilişkisel yönden farklılıklar tespit edilmesi durumunda farklılıkların koklear implant kullanıcıları için klinik ve işitsel rehabilitasyon programlarında kullanıcılara özgü hale getirilebilecek yeniliklere öncülük edebileceği düşünülebilir.

9) Melodik Kontur Tanıma Testinin daha ayırt edici hale getirilmesi ve kullandığımız melodik konturlara benzer konturlarla yapılan bir eğitim sonrası koklear implant kullanıcılarının konuşmayı anlama performanslarına ve



değerlendirdiğimiz işitsel becerilerine olan etkilerinin araştırılması önerilmektedir. İşitsel düzensizliklerden sonra gelen işitsel düzenlilikleri fark etme ve melodik kontur tanımlama becerileri üzerine düzenlenecek eğitim programının etkinliğinin ortaya konulması durumunda bu eğitimin koklear implant kullanıcılarının işitsel rehabilitasyon programları içerisinde yer verilmesi önerilmektedir.

10) Gelecek çalışmalarda yetişkin koklear implant kullanıcılarının gürültüde konuşmayı anlama performansları ve psikofiziksel becerileri araştırılırken kullanıcıların bilişsel becerilerinin etkisinin araştırılması önerilmektedir.

11) Günlük hayatı daha çok yansıtan bir değerlendirme olabileceği düşüncesiyle koklear implant kullanıcılarında gürültüde konuşmayı ayırt etmenin bilgisayarlı maskelendirici kullanılarak incelenmesi ve bulguların çalışmamızda değerlendirilen işitsel becerilerle ilişkilendirilmesi önerilmektedir.

## KAYNAKLAR

1. 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 and Hearing*. 1998;19(6):481-4.
2. Dorman MF, Gifford RH. Speech Understanding in Complex Listening Environments by Listeners Fit With Cochlear Implants. *Journal of speech, language, and hearing research*. 2017;60(10):3019-26.
3. Nelson PB, Jin S-H. Factors affecting speech understanding in gated interference: Cochlear implant users and normal-hearing listeners. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2004;115(5):2286-94.
4. Moore BC, Tyler LK, Marslen-Wilson W. Introduction. The perception of speech: from sound to meaning. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*. 2008;363(1493):917-21.
5. Lotto AJ, Holt LL. Chapter 16 - Speech Perception: The View from the Auditory System. In: Hickok G, Small SL, editors. *Neurobiology of Language*. San Diego: Academic Press; 2016. p. 185-94.
6. Moore BCJ. *An introduction to the psychology of hearing*. Bingley: Emerald; 2012.
7. Kraus N, McGee T, Carrell TD, Sharma A. Neurophysiologic bases of speech discrimination. *Ear Hear*. 1995;16(1):19-37.
8. Bregman A. *Auditory scene analysis: Hearing in complex environments*. 1993. p. 10-36.
9. Moore BCJ. Frequency selectivity and temporal resolution in normal and hearing-impaired listeners. *British Journal of Audiology*. 1985;19(3):189-201.
10. Fletcher H. *Auditory Patterns*. *Reviews of Modern Physics*. 1940;12(1):47-65.
11. Glasberg BR, Moore BCJ. Auditory filter shapes in subjects with unilateral and bilateral cochlear impairments. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 1986;79(4):1020-33.
12. Tyler RS, Hall JW, Glasberg BR, Moore BCJ, Patterson RD. Auditory filter asymmetry in the hearing impaired. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 1984;76(5):1363-8.
13. Pick G, Evans E, Wilson J. Frequency resolution in patients with hearing loss of cochlear origin. *Psychophysics physiology of hearing*. 1977:273-82.
14. Zwicker E, Schorn K. Psychoacoustical tuning curves in audiology. *Audiology*. 1978;17(2):120-40.
15. Florentine M, Buus S, Scharf B, Zwicker E. Frequency Selectivity in Normally-Hearing and Hearing-Impaired Observers. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*. 1980;23(3):646-69.
16. Henry BA, Turner CW, Behrens A. Spectral peak resolution and speech recognition in quiet: Normal hearing, hearing impaired, and cochlear implant listeners. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2005;118(2):1111-21.
17. Baer T, Moore BC. Effects of spectral smearing on the intelligibility of sentences in noise. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 1993;94(3):1229-41.
18. Ter Keurs M, Festen JM, Plomp R. Effect of spectral envelope smearing on speech reception. I. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 1992;91(5):2872-80.
19. Fu Q-J, Shannon RV, Wang X. Effects of noise and spectral resolution on vowel and consonant recognition: Acoustic and electric hearing. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 1998;104(6):3586-96.

20. Fu Q-J, Nogaki G. Noise Susceptibility of Cochlear Implant Users: The Role of Spectral Resolution and Smearing. *Journal of the Association for Research in Otolaryngology*. 2005;6(1):19-27.
21. Baer T, Moore BC. Effects of spectral smearing on the intelligibility of sentences in the presence of interfering speech. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 1994;95(4):2277-80.
22. Ter Keurs M, Festen JM, Plomp R. Effect of spectral envelope smearing on speech reception. II. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 1993;93(3):1547-52.
23. Jones GL, Ho Won J, Drennan WR, Rubinstein JT. Relationship between channel interaction and spectral-ripple discrimination in cochlear implant users. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2013;133(1):425-33.
24. Anderson ES, Nelson DA, Kreft H, Nelson PB, Oxenham AJ. Comparing spatial tuning curves, spectral ripple resolution, and speech perception in cochlear implant users. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2011;130(1):364-75.
25. Litvak LM, Spahr AJ, Saoji AA, Fridman GY. Relationship between perception of spectral ripple and speech recognition in cochlear implant and vocoder listeners. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2007;122(2):982-91.
26. 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;8(3):384-92.
27. Azadpour M, McKay CM. A psychophysical method for measuring spatial resolution in cochlear implants. *Journal of the Association for Research in Otolaryngology*. 2012;13(1):145-57.
28. Aronoff JM, Landsberger DM. The development of a modified spectral ripple test. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2013;134(2):EL217-EL22.
29. Rosen S, Carlyon RP, Darwin CJ, Russell IJ. Temporal information in speech: acoustic, auditory and linguistic aspects. *The royal society*. 1992;336(1278):367-73.
30. Darwin CJ, Gardner RB. Mistuning a harmonic of a vowel: Grouping and phase effects on vowel quality. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 1986;79(3):838-45.
31. Hochmair-Desoyer IJ, Hochmair ES, Fischer RE, Burian K. Cochlear prostheses in use: recent speech comprehension results. *Arch Otorhinolaryngol*. 1980;229(2):81-98.
32. Moore BCJ. Basic auditory processes involved in the analysis of speech sounds. *The Royal Society*. 2008;363(1493):947-63.
33. Chermak GD, Lee J. Comparison of Children's Performance on Four Tests of Temporal Resolution. *Journal of the American Academy of Audiology*. 2005;16(8):554-63.
34. Gelfand SA. *An Introduction to Psychological and Physiological Acoustics*. Edition t, editor.
35. Phillips DP. Auditory gap detection, perceptual channels, and temporal resolution in speech perception. *Journal of the American Academy of Audiology*. 1999;10(6):343.
36. Buus S, Florentine M. Gap detection in normal and impaired listeners: The effect of level and frequency. *Time resolution in auditory systems: Springer*; 1985. p. 159-79.
37. Fitzgibbons PJ. Temporal gap detection in noise as a function of frequency, bandwidth, and level. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 1983;74(1):67-72.
38. Shailer MJ, Moore BC. Gap detection as a function of frequency, bandwidth, and level. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 1983;74(2):467-73.
39. Shailer MJ, Moore BC. Gap detection and the auditory filter: Phase effects using sinusoidal stimuli. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 1987;81(4):1110-7.

40. Sagi E, Kaiser AR, Meyer TA, Svirsky MA. The effect of temporal gap identification on speech perception by users of cochlear implants. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*. 2009.
41. Muchnik C, Taitelbaum R, Tene S, Hildesheimer M. Auditory temporal resolution and open speech recognition in cochlear implant recipients. *Scandinavian audiology*. 1994;23(2):105-9.
42. Shannon RV. Temporal modulation transfer functions in patients with cochlear implants. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 1992;91(4):2156-64.
43. Tyler RS, Moore BCJ, Kuk FK. Performance of Some of the Better Cochlear-Implant Patients. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*. 1989;32(4):887-911.
44. Shamma SA. Auditory cortical representation of complex acoustic spectra as inferred from the ripple analysis method. *Network: Computation in Neural Systems*. 1996;7(3):439-76.
45. Chi T, Ru P, Shamma SA. Multiresolution spectrotemporal analysis of complex sounds. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2005;118(2):887-906.
46. Wang K, Shamma SA. Spectral shape analysis in the central auditory system. *IEEE transactions on speech audio processing*. 1995;3(5):382-95.
47. Shannon RV, Zeng F-G, Kamath V, Wygonski J, Ekelid M. Speech recognition with primarily temporal cues. *Science*. 1995;270(5234):303-4.
48. Fu Q-J, Shannon RV. Effect of stimulation rate on phoneme recognition by Nucleus-22 cochlear implant listeners. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2000;107(1):589-97.
49. Zatorre RJ, Belin P, Penhune VB. Structure and function of auditory cortex: music and speech. *Trends in Cognitive Sciences*. 2002;6(1):37-46.
50. Peng S-C, Tomblin JB, Turner CW. Production and perception of speech intonation in pediatric cochlear implant recipients and individuals with normal hearing. *Ear hearing*. 2008;29(3):336-51.
51. Looi V, Gfeller K, Driscoll VD, editors. *Music appreciation and training for cochlear implant recipients: a review*. Seminars in hearing; 2012: Thieme Medical Publishers.
52. Vos PG, Troost JM. Ascending and descending melodic intervals: Statistical findings and their perceptual relevance. *Music Perception: An Interdisciplinary Journal*. 1989;6(4):383-96.
53. Zatorre RJ, Baum SR. Musical Melody and Speech Intonation: Singing a Different Tune. *PLOS Biology*. 2012;10(7):e1001372.
54. Shahin A. Neurophysiological Influence of Musical Training on Speech Perception. *Frontiers in Psychology*. 2011;2(126).
55. Chermak GD. Music and auditory training. *The Hearing Journal*. 2010;63(4):58.
56. See RL, Driscoll VD, Gfeller K, Kliethermes S, Oleson J. Speech intonation and melodic contour recognition in children with cochlear implants and with normal hearing. *Otology & neurotology : official publication of the American Otological Society, American Neurotology Society [and] European Academy of Otology and Neurotology*. 2013;34(3):490-8.
57. Patel AD. Why would musical training benefit the neural encoding of speech? The OPERA hypothesis. *Frontiers in psychology*. 2011;2:142.
58. Strait DL, Kraus N, Skoe E, Ashley R. Musical Experience Promotes Subcortical Efficiency in Processing Emotional Vocal Sounds. *The Neurosciences and Music III: Disorders and Plasticity*. 2009;1169:209.
59. Shahin AJ. Neurophysiological influence of musical training on speech perception. *Frontiers in psychology*. 2011;2:126.

60. Wang W, Zhou N, Xu L. Musical pitch and lexical tone perception with cochlear implants. *International journal of audiology*. 2011;50(4):270-8.
61. Shannon RV, Fu Q-J, Galvin III JJ. The number of spectral channels required for speech recognition depends on the difficulty of the listening situation. *Acta otolaryngologica*. 2004;124(0):50-4.
62. Witt S, Murray KT, Tyler RS. Musical backgrounds, listening habits, and aesthetic enjoyment of adult cochlear implant recipients. *Journal of the American Academy of Audiology*. 2000;11:390-406.
63. Kong Y-Y, Cruz R, Jones JA, Zeng F-G. Music perception with temporal cues in acoustic and electric hearing. *Ear hearing*. 2004;25(2):173-85.
64. Galvin III JJ, Fu Q-J, Nogaki G. Melodic contour identification by cochlear implant listeners. *Ear hearing*. 2007;28(3):302.
65. Assmann P, Summerfield Q. The perception of speech under adverse conditions. *Speech processing in the auditory system*: Springer; 2004. p. 231-308.
66. Stevens SS, Miller J, Truscott I. The masking of speech by sine waves, square waves, and regular and modulated pulses. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 1946;18(2):418-24.
67. Miller GA, Nicely PE. An analysis of perceptual confusions among some English consonants. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 1955;27(2):338-52.
68. Pickett J. Perception of vowels heard in noises of various spectra. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 1957;29(5):613-20.
69. Nootboom S. Perceptual confusions among Dutch vowels presented in noise. *IPO Annual Progress Report*. 1968;3:68-71.
70. Cherry EC. Some Experiments on the Recognition of Speech, with One and with Two Ears. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 1953;25(5):975-9.
71. Stubbs RJ, Summerfield Q. Effects of signal-to-noise ratio, signal periodicity, and degree of hearing impairment on the performance of voice-separation algorithms. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 1991;89(3):1383-93.
72. Bird J, Darwin C. Effects of a difference in fundamental frequency in separating two sentences. *Psychophysical physiological advances in hearing*. 1998:263-9.
73. Brox J, Nootboom S. Intonation and the perceptual separation of simultaneous voices. *Journal of Phonetics*. 1982;10(1):23-36.
74. Scheffers MTM. Sifting vowels: Auditory pitch analysis and sound segregation [PhD Thesis]: University of Groningen; 1983.
75. Bregman A. *Auditory scene analysis: The perceptual organization of sound*. Cambridge, MA, US1990.
76. Helfer KS. Binaural cues and consonant perception in reverberation and noise. *Journal of Speech, Language, Hearing Research*. 1994;37(2):429-38.
77. Daniels SB. *Electrophysiological measures of gap detection threshold in younger and older normal hearing adults*: University of Connecticut; 2011.
78. Phillips SL, Gordon-Salant S, Fitzgibbons PJ, Yeni-Komshian G. Frequency and temporal resolution in elderly listeners with good and poor word recognition. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*. 2000;43(1):217-28.
79. Snell KB, Mapes FM, Hickman ED, Frisina DR. Word recognition in competing babble and the effects of age, temporal processing, and absolute sensitivity. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2002;112(2):720-7.
80. Picton T. Hearing in time: evoked potential studies of temporal processing. *Ear and hearing*. 2013;34(4):385-401.

81. Swaminathan J, Heinz MG. Psychophysiological analyses demonstrate the importance of neural envelope coding for speech perception in noise. *Journal of Neuroscience*. 2012;32(5):1747-56.
82. Feng Y, Yin S, Kiefte M, Wang J. Temporal resolution in regions of normal hearing and speech perception in noise for adults with sloping high-frequency hearing loss. *Ear and hearing*. 2010;31(1):115-25.
83. Budenz CL, Cosetti MK, Coelho DH, Birenbaum B, Babb J, Waltzman SB, et al. The effects of cochlear implantation on speech perception in older adults. *J Am Geriatr Soc*. 2011;59(3):446-53.
84. Stach B. *Clinical audiology: An introduction*: Nelson Education; 2008.
85. Budenz CL, Cosetti MK, Coelho DH, Birenbaum B, Babb J, Waltzman SB, et al. The Effects of Cochlear Implantation on Speech Perception in Older Adults. *journal of the american geriatrics society*. 2011;59(3):446-53.
86. Mahncke HW, Bronstone A, Merzenich MM. Brain plasticity and functional losses in the aged: scientific bases for a novel intervention. *Progress in brain research*. 2006;157:81-109.
87. Dickstein DL, Kabaso D, Rocher AB, Luebke JI, Wearne SL, Hof PR. Changes in the structural complexity of the aged brain. *Aging cell*. 2007;6(3):275-84.
88. Gates GA, Cooper JJ, Kannel WB, Miller NJ. Hearing in the elderly: the Framingham cohort, 1983-1985. Part I. Basic audiometric test results. *Ear hearing*. 1990;11(4):247-56.
89. Cooper JJ, Gates GAE, hearing. Hearing in the elderly--the Framingham cohort, 1983-1985: Part II. Prevalence of central auditory processing disorders. *Ear hearing*. 1991;12(5):304-11.
90. Blamey P, Arndt P, Bergeron F, Bredberg G, Brimacombe J, Facer G, et al. Factors affecting auditory performance of postlinguistically deaf adults using cochlear implants. *Audiol Neurootol*. 1996;1(5):293-306.
91. Blamey P, Artieres F, Baskent D, Bergeron F, Beynon A, Burke E, et al. Factors affecting auditory performance of postlinguistically deaf adults using cochlear implants: an update with 2251 patients. *Audiol Neurootol*. 2013;18(1):36-47.
92. Holden LK, Finley CC, Firszt JB, Holden TA, Brenner C, Potts LG, et al. Factors affecting open-set word recognition in adults with cochlear implants. *Ear Hear*. 2013;34(3):342-60.
93. 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. *Otol Neurotol*. 2016;37(10):1662-8.
94. 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;7(11):e48739.
95. Finley CC, Holden TA, Holden LK, Whiting BR, Chole RA, Neely GJ, et al. Role of electrode placement as a contributor to variability in cochlear implant outcomes. *Otol Neurotol*. 2008;29(7):920-8.
96. Eshraghi AA, Nazarian R, Telischi FF, Rajguru SM, Truy E, Gupta C. The cochlear implant: historical aspects and future prospects. *Anat Rec (Hoboken)*. 2012;295(11):1967-80.
97. Sweeney AD, Hunter JB, Carlson ML, Rivas A, Bennett ML, Gifford RH, et al. Durability of Hearing Preservation after Cochlear Implantation with Conventional-Length Electrodes and Scala Tympani Insertion. *Otolaryngol Head Neck Surg*. 2016;154(5):907-13.

98. Causon A, Verschuur C, Newman TA. A Retrospective Analysis of the Contribution of Reported Factors in Cochlear Implantation on Hearing Preservation Outcomes. *Otol Neurotol*. 2015;36(7):1137-45.
99. Zanetti D, Nassif N, Redaelli de Zinis LO. Factors affecting residual hearing preservation in cochlear implantation. *Acta Otorhinolaryngol Ital*. 2015;35(6):433-41.
100. Suhling MC, Majdani O, Salcher R, Leifholz M, Buchner A, Lesinski-Schiedat A, et al. The Impact of Electrode Array Length on Hearing Preservation in Cochlear Implantation. *Otol Neurotol*. 2016;37(8):1006-15.
101. Moore DR, Shannon RV. Beyond cochlear implants: awakening the deafened brain. *Nature Neuroscience*. 2009;12(6):686-91.
102. Lee HJ, Giraud AL, Kang E, Oh SH, Kang H, Kim CS, et al. Cortical activity at rest predicts cochlear implantation outcome. *Cereb Cortex*. 2007;17(4):909-17.
103. Anderson CA, Lazard DS, Hartley DE. Plasticity in bilateral superior temporal cortex: Effects of deafness and cochlear implantation on auditory and visual speech processing. *Hear Res*. 2017;343:138-49.
104. Skinner MW, Holden LK, Holden TA, Demorest ME. Comparison of two methods for selecting minimum stimulation levels used in programming the Nucleus 22 cochlear implant. *J Speech Lang Hear Res*. 1999;42(4):814-28.
105. Holden LK, Reeder RM, Firszt JB, Finley CC. Optimizing the perception of soft speech and speech in noise with the Advanced Bionics cochlear implant system. *Int J Audiol*. 2011;50(4):255-69.
106. Skinner MW, Holden LK, Holden TA. Parameter selection to optimize speech recognition with the Nucleus implant. *Otolaryngol Head Neck Surg*. 1997;117(3 Pt 1):188-95.
107. Skinner MW, Holden LK, Whitford LA, Plant KL, Psarros C, Holden TA. Speech recognition with the nucleus 24 SPEAK, ACE, and CIS speech coding strategies in newly implanted adults. *Ear Hear*. 2002;23(3):207-23.
108. Friedland DR, Runge-Samuels C, Baig H, Jensen J. Case-control analysis of cochlear implant performance in elderly patients. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg*. 2010;136(5):432-8.
109. Goupell MJ, Gaskins CR, Shader MJ, Walter EP, Anderson S, Gordon-Salant S. Age-related differences in the processing of temporal envelope and spectral cues in a speech segment. *Ear and hearing*. 2017;38(6):e335.
110. Zhan KY, Lewis JH, Vasil KJ, Tamati TN, Harris MS, Pisoni DB, et al. Cognitive Functions in Adults Receiving Cochlear Implants: Predictors of Speech Recognition and Changes After Implantation. *Otology & Neurotology*. 2020;41(3):e322-e9.
111. Dorman M, Lindholm JM, Hannley MT. Influence of the first formant on the recognition of voiced stop consonants by hearing-impaired listeners. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*. 1985;28(3):377-80.
112. Blankenship C, Zhang F, Keith R. Behavioral Measures of Temporal Processing and Speech Perception in Cochlear Implant Users. *Journal of the American Academy of Audiology*. 2016;27(9):701-13.
113. Turner CW, Gantz BJ, Vidal C, Behrens A, Henry BA. Speech recognition in noise for cochlear implant listeners: benefits of residual acoustic hearing. *J Acoust Soc Am*. 2004;115(4):1729-35.
114. Gfeller K, Turner C, Mehr M, Woodworth G, Fearn R, Knutson JF, et al. Recognition of familiar melodies by adult cochlear implant recipients and normal-hearing adults. *Cochlear implants international*. 2002;3(1):29-53.

115. Fishman KE, Shannon RV, Slattery 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;40(5):1201-15.
116. Koenig W, Dunn H, Lacy L. The sound spectrograph. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 1946;18(1):19-49.
117. Freyman RL, Nerbonne GP, Cote HA. Effect of consonant-vowel ratio modification on amplitude envelope cues for consonant recognition. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*. 1991;34(2):415-26.
118. Van Tasell DJ, Soli SD, Kirby VM, Widin GP. Speech waveform envelope cues for consonant recognition. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 1987;82(4):1152-61.
119. Steeneken HJM, Houtgast T. A physical method for measuring speech-transmission quality. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 1980;67(1):318-26.
120. Wilson BS, Finley CC, Lawson DT, Wolford RD, Eddington DK, Rabinowitz WM. Better speech recognition with cochlear implants. *Nature*. 1991;352(6332):236-8.
121. Fu Q-J. Temporal processing and speech recognition in cochlear implant users. *NeuroReport*. 2002;13(13):1635-9.
122. Xu L, Thompson CS, Pfingst BE. Relative contributions of spectral and temporal cues for phoneme recognition. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2005;117(5):3255-67.
123. Goehring T, Bolner F, Monaghan JJ, van Dijk B, Zarowski A, Bleeck S. Speech enhancement based on neural networks improves speech intelligibility in noise for cochlear implant users. *Hear Res*. 2017;344:183-94.
124. Schmidt R. Multiple emitter location and signal parameter estimation. *IEEE transactions on antennas propagation*. 1986;34(3):276-80.
125. Lai Y-H, Tsao Y, Lu X, Chen F, Su Y-T, Chen K-C, et al. Deep Learning–Based Noise Reduction Approach to Improve Speech Intelligibility for Cochlear Implant Recipients. *Ear and Hearing*. 2018;39(4):795-809.
126. Vaerenberg B, Govaerts PJ, Stainsby T, Nopp P, Gault A, Gnansia D. A uniform graphical representation of intensity coding in current-generation cochlear implant systems. *Ear Hear*. 2014;35(5):533-43.
127. Khing PP, Swanson BA, Ambikairajah E. The effect of automatic gain control structure and release time on cochlear implant speech intelligibility. *PLoS One*. 2013;8(11):e82263.
128. Boyle PJ, Büchner A, Stone MA, Lenarz T, Moore BC. Comparison of dual-time-constant and fast-acting automatic gain control (AGC) systems in cochlear implants. *International journal of audiology*. 2009;48(4):211-21.
129. Dingemans JG, Vroegop JL, Goedegebure A. Effects of a transient noise reduction algorithm on speech intelligibility in noise, noise tolerance and perceived annoyance in cochlear implant users. *International Journal of Audiology*. 2018;57(5):360-9.
130. Dyballa KH, Hehrmann P, Hamacher V, Nogueira W, Lenarz T, Buchner A. Evaluation of a Transient Noise Reduction Algorithm in Cochlear Implant Users. *Audiol Res*. 2015;5(2):116.
131. Mauger SJ, Warren CD, Knight MR, Goorevich M, Nel E. Clinical evaluation of the Nucleus® 6 cochlear implant system: Performance improvements with SmartSound iQ. *International journal of audiology*. 2014;53(8):564-76.
132. Gilden J, Lewis K, Grant G, Crosson J. Improved hearing in noise using new signal processing algorithms with the Cochlear™ Nucleus® 6 sound processor. *Journal of Otology*. 2015;10(2):51-6.



133. Schafer EC, Thibodeau LM. Speech recognition abilities of adults using cochlear implants with FM systems. *Journal of the American Academy of Audiology*. 2004;15(10):678-91.
134. Boothroyd A, Hanin L, Hnath T. A sentence test of speech perception: Reliability, set equivalence, and short term learning. 1985.
135. Van Wieringen A, Wouters J. LIST and LINT: sentences and numbers for quantifying speech understanding in severely impaired listeners for Flanders and the Netherlands. *International journal of audiology*. 2008;47(6):348-55.
136. Spahr AJ, Dorman MF, Litvak LM, Van Wie S, Gifford RH, Loizou PC, et al. Development and validation of the AzBio sentence lists. *Ear hearing*. 2012;33(1):112.
137. Nilsson M, Soli SD, Sullivan JA. Development of the Hearing in Noise Test for the measurement of speech reception thresholds in quiet and in noise. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 1994;95(2):1085-99.
138. Cekic S, Sennaroglu G. The Turkish hearing in noise test. *International journal of audiology*. 2008;47(6):366-8.
139. Vickers D, Eyles J, Brinton J, Glasberg B, Graham J. Conversion of scores between Bamford, Kowal and Bench (BKB) sentences and Arthur Boothroyd (AB) words in quiet for cochlear implant patients. *Cochlear Implants International*. 2009;10(3):142-9.
140. Theelen-van den Hoek FL, Houben R, Dreschler WA. Investigation into the applicability and optimization of the Dutch matrix sentence test for use with cochlear implant users. *International journal of audiology*. 2014;53(11):817-28.
141. Loven FC, Hawkins DB. Interlist equivalency of the CID W-22 word lists presented in quiet and in noise. *Ear and hearing*. 1983;4(2):91-7.
142. Bronkhorst AW, Bosman AJ, Smoorenburg GF. A model for context effects in speech recognition. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 1993;93(1):499-509.
143. Hagerman B. Sentences for testing speech intelligibility in noise. *Scandinavian audiology*. 1982;11(2):79-87.
144. Houben R, Koopman J, Luts H, Wagener KC, Van Wieringen A, Verschuure H, et al. Development of a Dutch matrix sentence test to assess speech intelligibility in noise. *International Journal of Audiology*. 2014;53(10):760-3.
145. Hey M, Hocke T, Hedderich J, Müller-Deile J. Investigation of a matrix sentence test in noise: reproducibility and discrimination function in cochlear implant patients. *International journal of audiology*. 2014;53(12):895-902.
146. Zokoll MA, Fidan D, Türkyılmaz D, Hochmuth S, Ergenç İ, Sennaroğlu G, et al. Development and evaluation of the Turkish matrix sentence test. *International Journal of Audiology*. 2015;54(sup2):51-61.
147. Polat Z, Bulut E, Ataş A. Assessment of the speech intelligibility performance of post lingual cochlear implant users at different signal-to-noise ratios using the Turkish Matrix Test. *Balkan medical journal*. 2016;33(5):532-8.
148. Litovsky RY, Gordon K. Bilateral cochlear implants in children: Effects of auditory experience and deprivation on auditory perception. *Hear Res*. 2016;338:76-87.
149. Henry BA, McKay CM, McDermott HJ, Clark GM. The relationship between speech perception and electrode discrimination in cochlear implantees. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2000;108(3):1269-80.
150. Nelson DA, Van Tasell DJ, Schroder AC, Soli S, Levine S. Electrode ranking of "place pitch" and speech recognition in electrical hearing. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 1995;98(4):1987-99.
151. Donaldson GS, Nelson DA. Place-pitch sensitivity and its relation to consonant recognition by cochlear implant listeners using the MPEAK and SPEAK speech processing strategies. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2000;107(3):1645-58.

152. Parikh G, Loizou PC. The influence of noise on vowel and consonant cues. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2005;118(6):3874-88.
153. Kidd G, Mason CR, Richards VM, Gallun FJ, Durlach NI. Informational masking. *Auditory perception of sound sources*: Springer; 2008. p. 143-89.
154. Brungart DS. Informational and energetic masking effects in the perception of two simultaneous talkers. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2001;109(3):1101-9.
155. El Boghdady N, Gaudrain E, Başkent D. Does good perception of vocal characteristics relate to better speech-on-speech intelligibility for cochlear implant users? *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2019;145(1):417-39.
156. Meister H, Fürsen K, Streicher B, Lang-Roth R, Walger M. The use of voice cues for speaker gender recognition in cochlear implant recipients. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*. 2016;59(3):546-56.
157. Meister H, Walger M, Lang-Roth R, Müller V. Voice fundamental frequency differences and speech recognition with noise and speech maskers in cochlear implant recipients. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2020;147(1):EL19-EL24.
158. Wei C, Cao K, Jin X, Chen X, Zeng F-G. Psychophysical Performance and Mandarin Tone Recognition in Noise by Cochlear Implant Users. *Ear and Hearing*. 2007;28(2):62S-5S.
159. Smith ZM, Delgutte B, Oxenham AJ. Chimaeric sounds reveal dichotomies in auditory perception. *Nature*. 2002;416(6876):87-90.
160. Drullman R, Festen JM, Plomp R. Effect of temporal envelope smearing on speech reception. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 1994;95(2):1053-64.
161. Brown CA, Bacon SP. Fundamental frequency and speech intelligibility in background noise. *Hearing research*. 2010;266(1-2):52-9.
162. Nelson PB, Jin S-H, Carney AE, Nelson DA. Understanding speech in modulated interference: Cochlear implant users and normal-hearing listeners. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2003;113(2):961-8.
163. Bidelman GM, Jennings SG, Strickland EA. PsyAcoustX: A flexible MATLAB® package for psychoacoustics research. *J Frontiers in psychology*. 2015;6:1498.
164. Levitt H. Transformed up-down methods in psychoacoustics. *The Journal of the Acoustical society of America*. 1971;49(2B):467-77.
165. Wetherill G, Levitt H. Sequential estimation of points on a psychometric function. *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology*. 1965;18(1):1-10.
166. Bidelman GM, Bhagat SP. Cochlear, brainstem, and psychophysical responses show spectrotemporal tradeoff in human auditory processing. *NeuroReport*. 2017;28(1):17-22.
167. Chait M, Ruff CC, Griffiths TD, McAlpine D. Cortical responses to changes in acoustic regularity are differentially modulated by attentional load. *NeuroImage*. 2012;59(2):1932-41.
168. Boersma P. Praat, a system for doing phonetics by computer. *Glott Int*. 2001;5(9):341-5.
169. Anderson S, Chandrasekaran B, Yi H-G, Kraus N. Cortical-evoked potentials reflect speech-in-noise perception in children. *European Journal of Neuroscience*. 2010;32(8):1407-13.
170. Kiefer J, Muller J, Pfennigdorff T, Schon F, Helms J, von Ilberg C, et al. Speech understanding in quiet and in noise with the CIS speech coding strategy (MED-EL Combi-40) compared to the multipeak and spectral peak strategies (nucleus). *ORL J Otorhinolaryngol Relat Spec*. 1996;58(3):127-35.

171. Purdy SC, Welch D, Giles E, Morgan CLA, Tenhagen R, Kuruvilla-Mathew A. Impact of cognition and noise reduction on speech perception in adults with unilateral cochlear implants. *Cochlear Implants International*. 2017;18(3):162-70.
172. Bayri M. Koklear İmplant Kullanıcılarında Kulak Arkasına Takılan Ve Takılmayan Konuşma İşlemcilerinin Konuşmayı Anlama Performansı Üzerine Etkisi [Yüksek Lisans Tezi]: Marmara Üniversitesi; 2018.
173. Busby PA, Clark GM. Gap detection by early-deafened cochlear-implant subjects. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 1999;105(3):1841-52.
174. Reed CM, Braida LD, Zurek PM. Review Article: Review of the Literature on Temporal Resolution in Listeners With Cochlear Hearing Impairment: A Critical Assessment of the Role of Suprathreshold Deficits. *Trends in Amplification*. 2009;13(1):4-43.
175. Tyler RS, Summerfield Q, Wood EJ, Fernandes MA. Psychoacoustic and phonetic temporal processing in normal and hearing-impaired listeners. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 1982;72(3):740-52.
176. Busby P, Tong Y, Clark GM. Psychophysical studies using a multiple-electrode cochlear implant in patients who were deafened early in life. *Audiology*. 1992;31(2):95-111.
177. Duarte M, Gresele ADP, Pinheiro MMC. Temporal processing in postlingual adult users of cochlear implant. *Brazilian journal of otorhinolaryngology*. 2016;82(3):304-9.
178. Won JH, Drennan WR, Nie K, Jameyson EM, Rubinstein JT. Acoustic temporal modulation detection and speech perception in cochlear implant listeners. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2011;130(1):376-88.
179. Kirby BJ, Browning JM, Brennan MA, Spratford M, McCreery RW. Spectro-temporal modulation detection in children. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2015;138(5):EL465-EL8.
180. Arslan NÖ. Normal işiten ve koklear implant kullanıcısı bireylerde spektral çözünürlük test bataryalarının karşılaştırılması [Yüksek Lisans Tezi]: Marmara Üniversitesi; 2019.
181. Lawler M, Yu J, Aronoff J. Comparison of the spectral-temporally modulated ripple test with the Arizona Biomedical Institute Sentence Test in cochlear implant users. *Ear and hearing*. 2017;38(6):760.
182. Milczynski M, Wouters J, Wieringen Av. Improved fundamental frequency coding in cochlear implant signal processing. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2009;125(4):2260-71.
183. Brox JPL, Nooteboom SG. Intonation and the perceptual separation of simultaneous voices. *Journal of Phonetics*. 1982;10(1):23-36.
184. Assmann PF, Summerfield Q. Modeling the perception of concurrent vowels: Vowels with different fundamental frequencies. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 1990;88(2):680-97.
185. Assmann PF, editor. Fundamental frequency and the intelligibility of competing voices. *Proceedings of the 14th International Congress of Phonetic Sciences*; 1999: Citeseer.
186. Geurts L, Wouters J. Coding of the fundamental frequency in continuous interleaved sampling processors for cochlear implants. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2001;109(2):713-26.
187. Green T, Faulkner A, Rosen S. Spectral and temporal cues to pitch in noise-excited vocoder simulations of continuous-interleaved-sampling cochlear implants. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2002;112(5):2155-64.

188. Patel AD. Can nonlinguistic musical training change the way the brain processes speech? The expanded OPERA hypothesis. *Hearing research*. 2014;308:98-108.
189. Patel AD, Xu Y, Wang B, editors. The role of F0 variation in the intelligibility of Mandarin sentences. *Speech Prosody 2010-Fifth International Conference*; 2010.
190. Miller SE, Schlauch RS, Watson PJ. The effects of fundamental frequency contour manipulations on speech intelligibility in background noise. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2010;128(1):435-43.
191. Galvin III JJ, Fu Q-J, Shannon RV. Melodic contour identification and music perception by cochlear implant users. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 2009;1169:518.
192. Fu Q-J, Galvin JJ. Auditory training for cochlear implant patients. *Auditory Prostheses: Springer*; 2011. p. 257-78.
193. Fuller CD, Galvin III JJ, Maat B, Free RH, Başkent D. The musician effect: does it persist under degraded pitch conditions of cochlear implant simulations? *Frontiers in neuroscience*. 2014;8:179.
194. Kraus N, Chandrasekaran B. Music training for the development of auditory skills. *Nature reviews neuroscience*. 2010;11(8):599-605.
195. Besson M, Chobert J, Marie C. Transfer of training between music and speech: common processing, attention, and memory. *Frontiers in psychology*. 2011;2:94.
196. Lo CY, McMahan CM, Looi V, Thompson WF. Melodic contour training and its effect on speech in noise, consonant discrimination, and prosody perception for cochlear implant recipients. *Behavioural neurology*. 2015;2015.
197. Pannese A, Herrmann CS, Sussman E. Analyzing the Auditory Scene: Neurophysiologic Evidence of a Dissociation Between Detection of Regularity and Detection of Change. *Brain Topography*. 2015;28(3):411-22.
198. Ping L, Yuan M, Meng Q, Feng H, editors. Relative contribution of temporal and spectral cues to melodic contour identification. *2011 4th International Conference on Biomedical Engineering and Informatics (BMEI)*; 2011: IEEE.
199. Mussoi BSS. Age-related changes in temporal resolution revisited: findings from cochlear implant users [PhD Thesis]: University of Iowa; 2016.