



TÜRKİYE CUMHURİYETİ
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KOKLEAR İMPLANT KULLANAN ÇOCUKLARDA SPEKTRAL ÇÖZÜNÜRLÜĞÜN DEĞERLENDİRİLMESİ

AYŞENUR KARAMAN
YÜKSEK LİSANS TEZİ

KULAK BURUN BOĞAZ ANABİLİM DALI
ODYOLOJİ VE KONUŞMA BOZUKLUKLARI BİLİM DALI

DANIŞMAN
Prof. Dr. ÇAĞLAR BATMAN

2019-İSTANBUL

TEZ ONAYI

TEZ ONAYI

Kurum : Marmara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü
Programın seviyesi : Yüksek Lisans
Anabilim Dalı : Kulak-Burun-Boğaz Anabilim Dalı
Tez Sahibi : Ayşenur Karaman
Tez Başlığı : Koklear İmplant Kullanan Çocuklarda Spektral Çözünürlüğün Değerlendirilmesi
Sınav Yeri : Marmara Üniversitesi Pendik E.A.H
Sınav Tarihi : 23.08.2019

Tez tarafımızdan okunmuş, kapsam ve kalite yönünden Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Danışman (Unvan, Adı, Soyadı)

Prof. Dr. Çağlar Batman

Kurumu

MÜTF KBB ABD

İmza

Çağlar Batman

Sınav Jüri Üyeleri (Unvan, Adı, Soyadı)

Doç. Dr. A. Ayça Çiprut

MÜTF KBB ABD/ Odyoloji Bilim
Dalı

A. Ayça Çiprut

Prof. Dr. Özlem Konukseven

İstanbul Aydın Üniversitesi Sağlık
Bilimleri Fakültesi Odyoloji Bölümü

Özlem Konukseven

Yukarıdaki jüri kararı Enstitü Yönetim Kurulu'nun 04. Eylül 2019... tarih ve 76. sayılı kararı ile onaylanmıştır.

F. Arıcıoğlu

Prof. Dr. Feyza ARICIOĞLU
Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürü

-Sınav evrakları 3 iş günü içinde ıslak imzalı tek kopya halinde Enstitüye teslim edilmelidir.

-Bu form bilgisayar ortamında doldurulacaktır.

BEYAN

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



Ayşenur KARAMAN

TEŞEKKÜR

Bilgi birikimi ile eğitimime katkısı olan, tez çalışmamda da fikir ve katkılarıyla yardımcı olan, kendisi ile birlikte çalışmaktan mutluluk duyduğum değerli hocam Doç. Dr. Ayşe Ayça ÇİPRUT'a,

Yüksek lisans eğitimim boyunca her konuda bana destek olan, varlığını hissettiren, tanıştığımız ilk günden itibaren dostlukları ile hep yanımda olan çok sevgili arkadaşlarım Büşra Köse'ye, Alperen Akbulut'a ve Niyazi Arslan'a,

Yaşamımın her aşamasında desteklerini esirgemeyen, en güzel anlarıma ortak olan dostlarım Dilanur Bekar'a, İlke Özkılıç'a ve Damlasu Yağcıoğlu'na,

Varlığıyla bana huzur veren, sevgi ve desteğini her zaman hissettiren sevgili Cem Demirel'e,

Bugünlere gelmemi sağlayan, yoluma ışık tutan, yaşadığım tüm zorlukları aşmamda büyük destekleri olan, en değerli varlığım anneme, babama, kardeşlerime,

Değerli hasta yakınlarımıza ve çalışmaya katılan çocuklarımıza,

En içten saygı, sevgi ve teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
KISALTMALAR/SEMBOLLER LİSTESİ	v
TABLO LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
1.ÖZET	1
2.ABSTRACT	2
3. GİRİŞ VE AMAÇ	3
4. GENEL BİLGİLER	5
4.1. Koklear İmplant ve Çalışma Prensibi	5
4.2. Koklear İmplantasyon Yaşının Önemi	6
4.3. Spektral Çözünürlük Nedir?	8
4.4. İşitsel Sistemde Spektral İşleme	8
4.5. Spektral Çözünürlüğün Değerlendirilmesi	9
4.6. Spektral Çözünürlük ve Yaş	14
4.7. Konuşmayı Anlama ve Spektral Çözünürlük	16
4.8. İşitme Kaybının Spektral Çözünürlük Üzerine Etkisi	18
4.9. Koklear İmplant ve Spektral Çözünürlük	19
5. GEREÇ VE YÖNTEM	22

5.1.Çalışma İzni ve Etik Komisyon Onayı	22
5.2. Katılımcılar	22
5.2.1. Araştırmanın katılımcılarının belirlenmesi	22
5.2.2. Araştırmaya dahil edilme kriterleri.....	22
5.2.3. Araştırmadan hariç tutulma kriterleri.....	23
5.2.4. Araştırmadan çıkartılma kriterleri.....	23
5.2.5. Katılımcıların bilgileri.....	24
5.3.Araçlar ve Yöntem	29
5.3.1. Odyolojik değerlendirme	29
5.3.2. Sessiz ve gürültülü ortamda konuşmayı anlama becerisinin değerlendirilmesi.....	29
5.3.3. Spektral çözünürlüğün değerlendirilmesi	30
5.4.Verilerin İstatistiksel Değerlendirilmesi.....	32
6. BULGULAR	33
6.1. Demografik Bilgiler	33
6.2. Sessizlikte ve Gürültüde Konuşmayı Anlama Skorları	33
6.3. SMRT Skorları	35
6.4. Konuşmayı Anlama Skorları ile SMRT Skorları Arasındaki İlişkinin İncelenmesi.....	37
6.5. Kronolojik Yaş ile SMRT Skorları Arasındaki İlişkinin İncelenmesi	38
6.6. SMRT Skorları ile İşitme Kaybı Tanı Ayı ve İşitsel Yoksunluk Süresi Arasındaki İlişkinin İncelenmesi	38

6.7. İşitme Cihazına Başlama Yaşı ile SMRT Skorları Arasındaki İlişkinin İncelenmesi.....	39
6.8. Koklear İmplantasyon Yaşı ile SMRT Skorları Arasındaki İlişkinin İncelenmesi.....	39
6.9. Koklear İmplant Kullanım Süresi ile SMRT Skorları Arasındaki İlişkinin İncelenmesi.....	39
6.10. Bimodal-Bilateral Kullanıcılarda SMRT Skorlarının İncelenmesi.....	39
6.11. SMRT Ölçümlerindeki Skorların İncelenmesi.....	41
7. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	42
8. KAYNAKÇA	52
9. EKLER.....	62
10. ÖZGEÇMİŞ.....	71

KISALTMALAR/SEMBOLLER LİSTESİ

?: Yüzde

<: Küçüktür işareti

>: Büyüktür işareti

±: Artı-eksi işareti

dB: Desibel

E: Erkek

HL: Hearing Level

Hz: Hertz

K: Kadın

Ort: Ortalama

P: Anlamlılık değeri

R: Pearson Korelasyon Katsayısı

R²: Belirleme Katsayısı

SGO: Sinyal Gürültü Oranı

SMD: Spectral Modulation Detection

SMRT: Spectro-Temporally Modulated Ripple Test

SNR: Signal to Noise Ratio

SPSS: İstatistiksel Analiz Programı

SRD: Spectral Ripple Discrimination

Ve ark.: Ve arkadaşları

TABLO LİSTESİ

Tablo 1: Grupların cinsiyet ve yaş dağılımı

Tablo 2: Koklear implantlı grubun işitme kaybı tanılanma ayı ve işitsel yoksunluk sürelerinin ortalamaları

Tablo 3: Koklear implantlı grubun işitme cihazına başlama ayı, implant olma ve implant kullanım sürelerinin ortalamaları

Tablo 4: Araştırma grubundaki katılımcıların özellikleri

Tablo 5: Kontrol grubundaki katılımcıların özellikleri

Tablo 6: Katılımcıların konuşmayı anlama skorları

Tablo 7: Lineer regresyon analizi sonucu elde edilen regresyon katsayısı ve R^2 değeri

Tablo 8: Konuşmayı anlama becerisi ile spektral çözünürlük arasındaki ilişkinin korelasyon katsayısı (r) ve anlamlılık değeri (p)

Tablo 9: Bimodal kullanıcıların işitme cihazlı serbest alan işitme eşikleri

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1: Koklear implantın iç ve dış parçaları

Şekil 2: Farklı yoğunluk, kontrast ve tepe-çukur noktaları olan ripple spektrumları

Şekil 3: a) Hedef (1 RPO, sol) ve referans (20 RPO, orta ve sağ) uyaranların spektrogramları. b) 1 RPO hedef uyaran (üstte) ve 20 RPO referans uyaranının (altta) tek elektrotta amplitüd modülasyonunu gösteren elektrodogramlar

Şekil 4: Bilgisayar aracılığıyla uygulanan SMRT yazılımının kullanıcı arayüzü

Şekil 5: SMRT sonuç ekranı

Şekil 6: Koklear implant kullanıcılarının SMRT skorunu gösteren dağılım grafiği

Şekil 7: Normal işitenlerin SMRT skorunu gösteren dağılım grafiği

Şekil 8: Koklear implant kullanıcıları ve normal işitenlerin ortalama SMRT skorları ($p < 0,0001$)

Şekil 9: Bimodal kullanıcıların sadece koklear implant ve bimodal cihazlı iken SMRT skorları

Şekil 10: Bilateral koklear implant ve unilateral koklear implant kullanım durumlarında SMRT skorları

Koklear İmplant Kullanan Çocuklarda Spektral Çözünürlüğün Değerlendirilmesi

Öğrencinin Adı-Soyadı: Ayşenur KARAMAN

Danışman: Prof. Dr. Çağlar BATMAN

Anabilim Dalı: Kulak Burun Boğaz Anabilim Dalı Odyoloji Bilim Dalı

1.ÖZET

Amaç: Çalışmamızın amacı koklear implant kullanan çocukların spektral çözünürlük becerilerini değerlendirmek ve normal işiten çocukların spektral çözünürlük becerileri ile karşılaştırmak ayrıca spektral çözünürlük becerisi ile konuşmayı anlama becerisi arasındaki ilişkiyi incelemektir.

Materyal ve Metot: Çalışmaya 5-12 yaşları arasında toplam 72 birey dahil edilmiştir. Araştırma grubunu prelingual işitme kayıplı, koklear implant kullanıcısı 48 birey oluşturmaktadır. Kontrol grubunu ise normal işiten 24 birey oluşturmaktadır. Tüm katılımcılara rutin odyolojik değerlendirme yapılmış, konuşmayı anlama testleri uygulanmış ve SMRT (Spectro- Temporally Modulated Ripple Test) ile spektral çözünürlük becerisi değerlendirilmiştir.

Sonuçlar: İki grup arasında SMRT skorları bakımından anlamlı derecede fark bulunmuştur. Koklear implant kullanıcılarında SMRT skorları ile 0 dB SNR'da ve +5 dB SNR'da konuşmayı anlama skorları arasında orta düzeyde anlamlı korelasyon, sessizlikte konuşmayı anlama skorları arasında zayıf düzeyde anlamlı korelasyon elde edilmiştir.

Tartışma: Bulgular koklear implant kullanan çocukların spektral çözünürlük becerilerinin normal işiten çocuklara göre daha zayıf olduğunu göstermektedir. Koklear implant kullanıcılarında SMRT skorları ve konuşmayı anlama becerileri ile ilişkilidir.

Anahtar Sözcükler: spektral çözünürlük, koklear implant, konuşmayı anlama

Evaluation of Spectral Resolution in Children With Cochlear Implants

Student Name-Surname: Ayşenur KARAMAN

Academic Supervisor: Prof. Dr. Çağlar BATMAN

Department: Department of Audiology and Speech Disorders Division of ENT

2.ABSTRACT

Objective: The aim of the research is to evaluate the spectral resolution abilities in children with cochlear implants and compare them with children with normal hearing and also to examine the relationship between the spectral resolution abilities and the speech recognition abilities.

Materials and Method: A total of 72 individuals aged between 5 and 12 were included in the research. The research group consists of 48 individuals with cochlear implant who has prelingual hearing loss. The control group consists of 24 individuals with normal hearing. Routine audiological evaluations were carried out on all participants, speech recognition tests were applied and spectral resolution abilities were evaluated by using SMRT (Spectro-Temporally Modulated Ripple Test).

Results: There is a significant difference in SMRT scores between the two groups. In the cochlear implant users, there is a moderately significant correlation between SMRT scores and speech recognition scores in 0 dB SNR and +5 dB SNR. There is also a weak significant correlation between SMRT scores and speech recognition scores in quiet.

Discussion: The findings show that the spectral resolution skills of children using cochlear implants are poorer than normal hearing children. A statistically significant relationship was observed with speech recognition scores in quiet and noise in children with cochlear implant.

Key Words: spectral resolution, cochlear implant, speech recognition

3. GİRİŞ VE AMAÇ

Teknolojinin ilerlemesi, yenidoğan işitme taramalarının yaygınlaşması, donanımlı odyolog sayısının artması son yıllarda koklear implant kullanımı, dil ve konuşma gelişimi, psikoakustik beceriler için harcanan çabayı artırmıştır. Günümüzde çoğu koklear implant kullanıcısı, sessiz ortamda görsel ipucu olmadan konuşmayı anlamada ve telefon ile konuşmada yüksek performans seviyelerine ulaşabilmektedir. Fakat en iyi koklear implant kullanıcıları bile müzik değerlendirmesinde ve gürültüde konuşmayı anlama gibi zorlu dinleme koşullarında zorlanmaktadır. Teknoloji gelişse de bu sınırlamalar kokleanın doğal yapısının bozulması ve koklear implantlardaki birkaç kanal ile sağlanan azalmış spektral çözünürlük olduğu sürece kaçınılmazdır.

Spektral çözünürlük, dinleyicinin konuşma gibi karmaşık bir sinyalde frekans bilgilerini ayırıştırma ve kullanma becerisi olarak tanımlanır (Venn ve ark., 2015). Spektral çözünürlük çeşitli yollarla ölçülebilir. Günümüzde en popüler yöntemler ripple gürültüsünü kullanarak oluşturulan test bataryaları ile spektral çözünürlüğün ölçüldüğü yöntemlerdir. Doğrusal veya logaritmik frekans eksenindeki sinüzoidal amplitüd değişimleri içeren geniş bantlı bir gürültü olan ripple gürültüsü, doğal seslerin karmaşık spektral varyasyonlarını taklit eden ve dinleyicilerin geniş bant spektral işlemlerinin değerlendirilmesini sağlayan dilsel olmayan bir uyarıcıdır. Ripple gürültüsünün kullanıldığı psikoakustik ölçümler, fonemik veya dilbilimsel yapı bilgisi gerektirmeksizin spektral çözünürlüğü test etmek için etkili yöntemlerdir. Bu test bataryalarından bazıları SRD (Spectral Ripple Discrimination), SMD (Spectral Modulation Detection) ve SMRT (Spectro-temporally Modulated Ripple Test)'dir. Bu yöntemlerin konuşmayı anlama becerisi ile ilişkili olması konuşmayı anlama becerisinin öngörülmesini sağlamakta aynı zamanda dilsel olmayan psikofiziksel ölçümler olması çocukları test etmeyi kolaylaştırmakta ve evrensel olarak yorumlanabilme avantajı sunmaktadır.

Çalışmamızın temel amacı normal işiten çocukların ve koklear implant kullanan çocukların spektral çözünürlük becerilerini karşılaştırmaktır. Çalışmamızda koklear implant kullanan çocukların spektral çözünürlük becerileri hem çeşitli değişkenlere göre kendi içinde incelenecektir hem de normal işitmeye sahip çocukların spektral çözünürlük

becerileri ile karşılaştırılacaktır. Amaçlarımız doğrultusunda çalışmamızda aşağıdaki sorulara cevap aranmaktadır;

1-Normal işitmeye sahip çocukların spektral çözünürlük becerileri ve koklear implant kullanan çocukların spektral çözünürlük becerileri arasında fark var mıdır?

2- Spektral çözünürlük becerisi ile sessizlikte ve gürültüde konuşmayı anlama becerisi arasında bir ilişki var mıdır?

3- Spektral çözünürlük ve kronolojik yaş arasında bir ilişki var mıdır?

4-Spektral çözünürlük ile işitme kaybı tanı yaşı, işitme cihazına başlama yaşı, implantasyon yaşı, implant kullanım süresi gibi odyolojik faktörler arasında bir ilişki var mıdır?



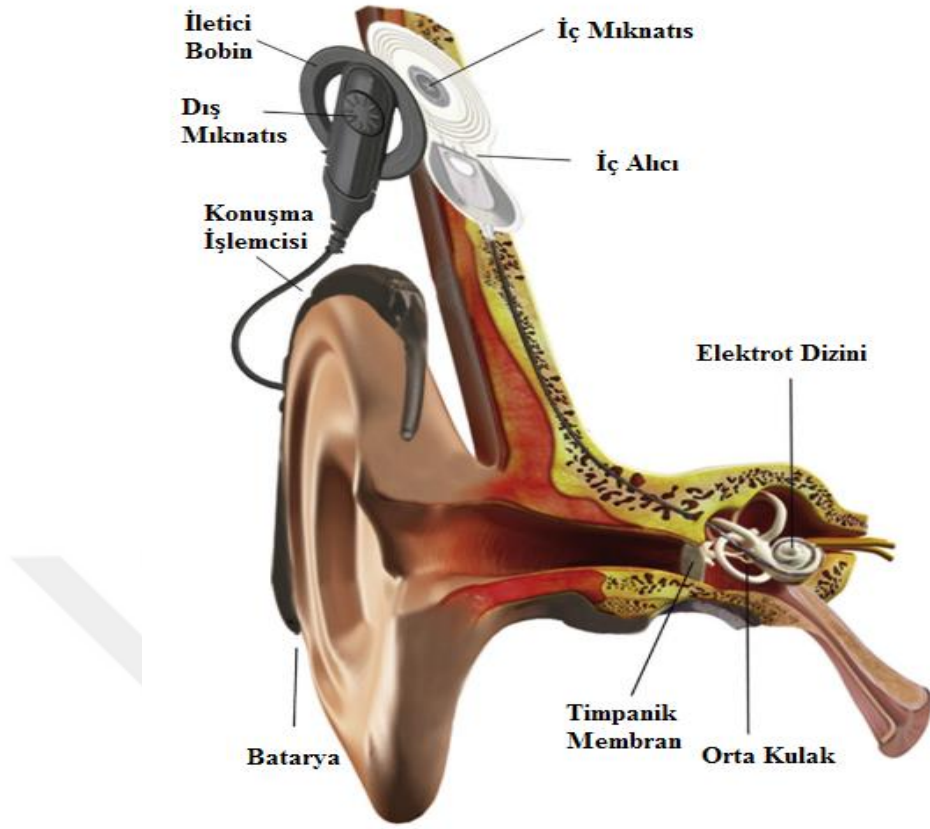
4. GENEL BİLGİLER

4.1. Koklear İmplant ve Çalışma Prensibi

Koklear implant koklear dejenerasyonun meydana geldiği durumlarda cerrahi yöntemle kokleaya yerleştirilen elektrotlar ile işitme sinirinin uyarılmasını sağlayan; kokleanın tonotopik organizasyonuna dayanan elektronik bir cihazdır. Koklear implant ileri/çok ileri derecede işitme kaybı olan ve işitme cihazından yeterli faydayı görmeyen bireylerde işitme duyusunu sağlamak için tercih edilebilir.

Geçmişten günümüze koklear implant parçalarında ve koklear implant teknolojilerinde büyük değişiklikler olmuştur. İlk koklear implant tek elektrotlu idi ve vücuda takılan amplifikatör tarafından analog işleme yapılmaktaydı. İlk temel gelişme dijital sinyal işleme ile çok kanallı, çok elektrotlu implantın geliştirilmesi olmuştur. Konuşma işlemcisi boyutları da büyük ölçüde küçülmüştür (Stach B., 2010).

Koklear implantın iç parça ve dış parça olmak üzere iki temel parçası vardır. Şekil 1' de koklear implantın temel parçaları gösterilmiştir. İç parçayı mastoid kemiğe yerleştirilen alıcı, musculus temporalise yerleştirilen yuvarlak elektrot (toprak elektrot) ve iç kulağın yuvarlak penceresine yerleştirilen elektrot dizini oluşturur. Dış parçanın bileşenleri ise mikrofon, konuşma işlemcisi, batarya (pil) ve iletici bobindir. Ses işlemcisindeki mikrofon akustik uyarıları toplayarak konuşma işlemcisine iletir. Konuşma işlemcisi bu akustik sinyalleri sayısal olarak kodlayarak, dijital sinyallere dönüştürür ve bu dijital bilgiyi iletici bobine gönderir. İletici bobin bilgiyi radyo dalgaları aracılığıyla iç parçada bulunan alıcıya iletir. Alıcı kodlanmış sinyali çözerek elektriksel uyarılara dönüştürür ve elektrot dizini vasıtasıyla işitme sinirini uyarır. Uyarılan işitme siniri lifleri gelen bilgiyi daha üst işitsel merkezlere iletir.



Şekil 2: Koklear implantın iç ve dış parçaları

(Kaynak: Macherey, O., & Carlyon, R. P. Cochlear implants. Current Biology. 2014;24(18):R878-R884.)

Koklear implantın yetişkinlerdeki başarılı sonuçları koklear implantın çocuklarda da denenmesini sağlamıştır. Ani işitme kaybı veya erken tespit edilen doğuştan işitme kaybı olan küçük çocuklar, özellikle erken yaşta implante edildiklerinde koklear implanttan büyük ölçüde faydalanabilmektedirler (Stach B., 2010). Koklear implant, işitme kaybının işitsel gelişim ve dil gelişimi üzerindeki olumsuz etkisini hafifletmektedir (Coelho ve ark., 2009).

4.2. Koklear İmplantasyon Yaşının Önemi

Koklear implantlı çocuklarda erken tanı ve implantasyon kritik öneme sahiptir. Merkezi sinir sisteminin gelişimi iki bilgi kaynağının, genetik faktörlerin ve dış dünyadan gelen girdilerin etkileşimine bağlıdır. Gelişen beynin dış dünyadan gelen bilgilerin nöronal ağlarını değiştirmek ve tamamlamak için kullanıldığı çeşitli hassas dönemler vardır (Bischof, 2007).

Doğumdan önce bile fetüsler dış seslere cevap verebilir ve annelerinin sesini diğer kadınların seslerinden ayırt edebilir (Hoff, 2009). Yaşamın ilk yılı çocukların çevreleriyle etkileşimi, sesler arasında ayırım yapmak, ağlamak, babıldamak, fonemleri tanımak ve ana dillerinin ilk kelimelerini üretmek için birçok önemli aşama içeren çok önemli bir dil gelişimi dönemidir.

Bebeklik döneminde koklear implant tarafından sağlanan işitsel stimülasyon, işitsel yolların daha normal gelişimini sağlar. Çalışmalar konuşma dili gelişimi için kritik olan hassas nöral gelişim dönemlerinin bulunduğunu göstermektedir. Erken tanı ve işitsel rehabilitasyon işitme kayıplı çocukların bu kritik dönemlerden yararlanmak için ihtiyaç duyduğu işitsel girdiyi sağlayabilir (Hammes ve ark., 2002).

İşitsel sistemin kritik döneminin yaşamın ilk 3.5 yılı olduğuna dair göstergeler vardır. Bu süre zarfında merkezi işitsel yolların maksimum derecede esnek olduğu ve stimülasyona dayalı bir gelişim için hazırlandığı düşünülmektedir (Sharma ve ark., 2005). Moeller 2000 yılında yaptığı çalışma sonucunda işitme kayıplı çocukların 11 aylık olmadan önce tanı konulmuş olanlarının, 11 aylık olduktan sonra tanılananlara göre daha iyi kelime dağarcığına ve işitsel muhakeme yeteneğine sahip olduğunu bulmuştur (Moeller, 2000). 6 aylık olmadan işitme cihazı takmaya başlayan çocukların alıcı dil ve ifade edici dil becerileri, 6. aydan sonra işitme cihazı takan çocuklardan belirgin şekilde daha iyidir (Yoshinaga-Itano ve ark., 1998). Hammes ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada 18 aylıkken veya daha önce implantasyon yapılan çocukların birçoğunun yaşlarına uygun konuşma dili becerileri geliştirdiği gözlenmiştir (Hammes ve ark., 2002). Estabrooks erken implantın dil gelişimindeki önemini vurgulamak için koklear implanttan alınan faydayı araştırmış ve implantasyon yaşı küçüldükçe implanttan alınan faydanın arttığını bildirmiştir (Estabrooks, 2006). Sharma ve arkadaşları 2009 yılında yaptıkları çalışmada, 5 yaşından önce implante edilen çocukların işitsel uyarana normal işitmeye sahip çocukların yanıtlarına benzer kortikal yanıtları olduğunu bulmuşlardır. Fakat yanıtlar işitsel yoksunluk süresinin bir fonksiyonu olarak değişmekteydi (Sharma ve ark., 2009).

Özetle, işitme kayıplı çocukların işitsel gelişimde en yoğun dil gelişim dönemini içeren kritik dönemden yarar sağlaması için rehabilitasyon sürecine mümkün olduğunca erken başlanmalıdır.

4.3. Spektral Çözünürlük Nedir?

Spektral çözünürlük, bir dinleyicinin karmaşık bir akustik sinyalin amplitüd spektrumundaki tepe noktalarının sayısı, fazı, yüksekliğindeki değişime duyarlılığı olarak tanımlanabilir. Spektral çözünürlük en az iki duyusal faktöre bağlıdır. İlk olarak spektral çözünürlük amplitüd spektrumundaki tepelerin konumunun belirlenmesini gerektirmektedir. İkinci olarak ise amplitüd spektrumundaki tepe ve çukurlar arasındaki göreceli farkın çözümlenebilmesi gerekmektedir (Horn ve ark., 2017).

Spektral çözünürlük dinleyicinin konuşma gibi karmaşık bir sinyalde frekans bilgilerini ayırtması ve kullanması, üretim yeri farklı olan sesli ve sessiz konuşma seslerinin ayırt edilmesi ve gürültülü dinleme ortamlarında konuşmayı anlamak için önemlidir (Davies-Venn ve ark., 2015; Horn ve ark., 2017). Ayrıca spektral çözünürlük, koklear implant kullanıcılarında perde ayırımı, melodi ve tını tanımlama gibi dilsel olmayan yeteneklerle (Jung ve ark., 2012; Drennan ve ark., 2015) ve uyarımın kanal etkileşimi nedeniyle yayılma derecesi ile ilgilidir (Won ve ark., 2004).

Akustik bilginin frekans kanallarına bölünerek spektral kanal sayısının azaltıldığı çalışmalarda sessizlikte konuşmayı anlamak için en az 4 spektral kanalın (Dorman ve ark., 1997; Shannon ve ark., 1995) ve gürültüde konuşmayı anlamak için 4 'ten fazla kanalın gerekli olduğu bildirilmiştir (Fu ve ark., 1998). 2002 yılında yapılan bir çalışmada melodi tanıma için en az 16 kanala ve yüksek derecede melodi tanıma için en az 64 kanala ihtiyaç olduğu bulunmuştur. (Smith ve ark., 2002).

4.4. İşitsel Sistemde Spektral İşleme

Kokleanın filtreleme özelliği bazılar membranın mekanik özelliğine ve dış tüy hücrelerinin amplifikasyon işlemine dayanmaktadır. Baziler membran dış kulak ve orta kulak tarafından iç kulağa iletilen ses dalgalarının gerçek zamanlı spektral analizini gerçekleştirir. Baziler membrandaki her nokta maksimum tepki verdiği bir karakteristik frekansa sahiptir. Her bir iç tüy hücresi, baziler membrandaki noktanın karakteristik frekansına keskin bir şekilde ayarlanmaktadır. İç tüy hücresini inerve eden işitsel sinir liflerinin her biri iç tüy hücresi ile aynı karakteristik frekansa ve frekans ayarına sahiptir. Periferik işitme sisteminde meydana gelen mekanik ve sinirsel filtreleme, insan ve hayvanlarda frekans çözme yeteneğinin temelini oluşturur. Frekans seçiciliği, işitsel sinir

sisteminin tüm anatomik seviyelerinde görünebilen önemli bir özelliktir (Irvine ve ark., 2005).

Her işitme siniri lifi tek bir iç tüy hücrelerini inerve ettiğinden işitsel sinirdeki frekans seçiciliği baziler membranına çok benzerdir. Baziler membranda ve işitme sinirinde farklı frekanslara ayarlanmış farklı nöronlarla görülen tonotopik organizasyon, üst işitme merkezlerine kadar devam eder (Plack, 2014).

Koklear çekirdekte, her biri kendi tonotopik özelliklerine sahip üç ayrı bölge vardır ve her bölge farklı kokleotopik gösterimle ilişkili olan farklı hücre popülasyonlarına sahiptir (Escabi ve Read., 2005).

Beyin sapı çekirdeğindeki nöronlar frekans seçiciliği gösterir ancak ayarlama özellikleri her zaman işitme sinirinde görülenle aynı değildir. Bazı nöronlar çeşitli karakteristik frekanslara sahip girdileri yansıtan geniş ayarlama özelliklerine sahiptir. Farklı karakteristik frekanslara sahip nöronlardan gelen girdileri yansıtan çoklu tepe noktalarına sahip ayarlama eğrileri de gözlenir. Bazı nöronlar ise işitsel sinirdeki nöronlardan daha keskin ayar gösterebilirler (Plack, 2014).

İşitsel kortekste bulunan nöronlar çeşitli ayarlama özellikleri gösterir. Çoğu keskin ayarlamaya sahiptir ancak bazılarında geniş ayar eğrileri veya çok ayarlı ayar eğrileri ve birçok inhibisyon düzeni vardır. Bu farklı yanıt paternleri, işitsel sinyali işlemek için birleştirilen farklı sinirsel girdileri yansıtır. Nöronların ayarlama özelliklerinin afferent yollar boyunca değişmesi işitsel sistemin farklı frekans kanallarındaki aktiviteyi karşılaştırmasının sonucudur (Plack, 2014).

Kokleanın ve duyuşal işitsel yolun bir bütün olarak en temel görevi, sesleri merkezi bölgelerde daha fazla analiz edilip işlenebilecek frekans kanallarına ayırmaktır.

4.5. Spektral Çözünürlüğün Değerlendirilmesi

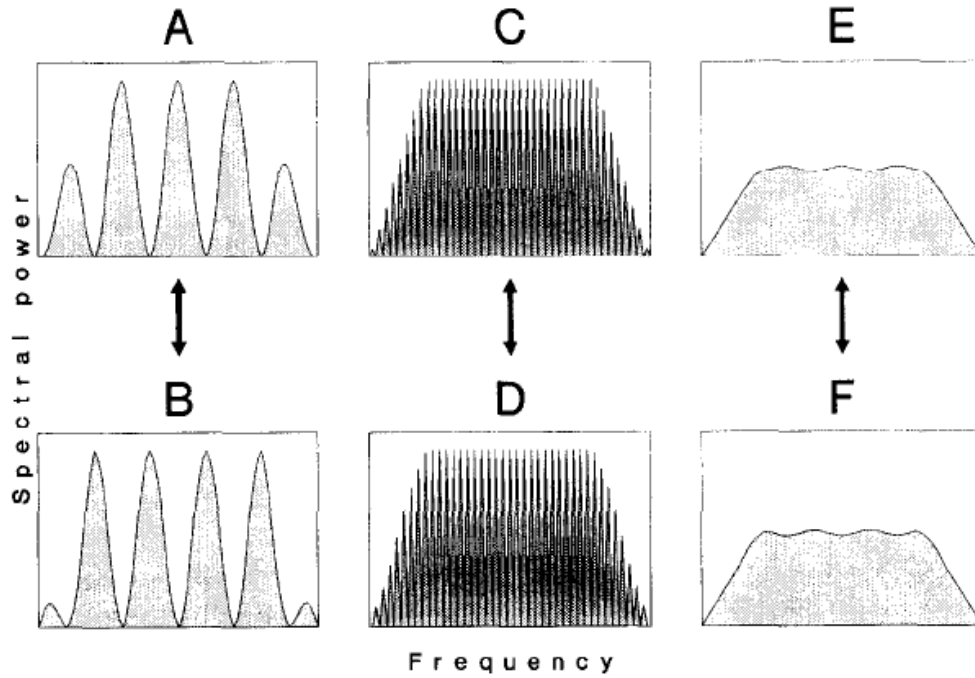
Herhangi bir spektral çözünürlük testinin temel özelliği, spektral çözünürlükteki değişikliklere duyarlı olmasıdır. Spektral çözünürlük, birçok yolla ölçülebilir. Örneğin, her elektrotun aktivasyonundan kaynaklanan sinirsel uyarım yayılma derecesini tespit etmek (Abbas ve ark., 2004), koklear implant kullanıcılarının farklı elektrotlardan kaynaklanan perde (pitch) algılarını sıralama yeteneğini ölçmek (Nelson ve ark., 1995) ve ileri

maskeleme yöntemini kullanarak maskeleme fonksiyonunu belirlemek (Throckmorton ve Collins, 1999) spektral çözünürlük becerisinin değerlendirilmesinde kullanılmıştır.

Doğal konuşma seslerini kullanarak spektral çözünürlüğü doğru bir şekilde değerlendirmek mümkün değildir çünkü konuşma uyararı, algılamayı etkileyebilecek ipuçlarını içerir. Konuşma seslerinin spesifik olarak spektral işaretler sayesinde tanımlanıp tanımlanmadığını bilmek mümkün olmadığından, geleneksel konuşmayı anlama testi saf anlamda bir spektral çözünürlük testi değildir (Winn ve ark., 2016).

Günümüzde koklear implant kullanıcılarında spektral çözünürlüğün değerlendirilmesinde psikoakustik yöntemler sıklıkla kullanılmaktadır. Bazı araştırmacılar hem akustik işitmede hem de elektriksel işitmede spektral çözünürlüğü değerlendirmek için ripple gürültüsünü (spektral olarak dalgalanan gürültü) kullanmışlardır. Ripple gürültüsü, periyodik olarak değişen tepe ve çukurlar içeren bir sinyaldir. Yaygın olarak kullanılan ripple gürültü üretme yöntemi, bir gürültüyü gecikmiş bir versiyonuyla karıştırmaktır (Supin ve ark., 1998).

Doğrusal veya logaritmik frekans eksenindeki sinüzoidal amplitüd değişimleri içeren geniş bantlı bir gürültü olan ripple gürültüsü, doğal seslerin karmaşık spektral varyasyonlarını taklit eden ve dinleyicilerin geniş bant spektral işlemlerinin değerlendirilmesini sağlayan dilsel olmayan bir uyarıcıdır. Ripple gürültüsü spektral modülasyon yoğunluğu, derinlik ve faz ile karakterizedir. Bu 3 parametre spektral çözünürlüğün değerlendirilmesinde kullanılmaktadır. Ripple gürültüsünün yoğunluğu oktav başına düşen spektral dalgalanma sayısına bağlıyken, ripple gürültüsünün derinliği spektral çukur ve tepeler arasındaki amplitüd farkına bağlıdır (Davies-Venn ve ark., 2015). Şekil 2' de farklı yoğunluğa ve farklı kontrasta sahip uyarıların ripple spektrogramları gösterilmektedir.



Şekil 2: Farklı yoğunluk ve farklı kontrastlı ripple spektrumları. A ve B: düşük ripple yoğunluğu ve yüksek kontrastlı spektrum. C ve D: yüksek ripple yoğunluğu ve yüksek kontrastlı spektrum. E ve F: düşük ripple yoğunluğu ve düşük kontrastlı spektrum. A,C,E ve B,D,F spektrumlarındaki uyarıların tepe ve çukur noktaları birbirinin zıttıdır.

(Kaynak: Supin, A. Y., Popov, V. V., Milekhina, O. N., & Tarakanov, M. B. Frequency resolving power measured by rippled noise. *Hearing research*. 1994; 78(1): 31-40.)

Nörofizyolojik çalışmalarda, psikofiziksel çalışmalarda ve kompleks seslerde perde algısı çalışmalarında frekans seçiciliğini tahmin etmek için ripple gürültüsü kullanılmıştır (Supin ve ark., 1994).

Ripple gürültüsünün kullanıldığı psikoakustik ölçümler, fonemik veya dilbilimsel yapı bilgisi gerektirmeksizin spektral çözünürlüğü test etmek için etkili yöntemlerdir. Dilsel olmayan psikofiziksel bir ölçüm olması bebekleri ve çocukları test etmeyi kolaylaştırmaktadır. Bununla birlikte spektral ripple uyarı frekansa özgü herhangi bir spektral çözünürlük kabiliyetini değerlendirmek için kullanılamaz, sadece spektral çözünürlüğün kabaca değerlendirilmesini sağlar (Azadpour ve McKay., 2012).

Spectral Ripple Discrimination (SRD) testi ripple gürültüsü kullanılarak spektral çözünürlüğün ölçüldüğü psikoakustik bir değerlendirmedir (Supin ve ark., 1994; Henry ve

ark., 2005; Won ve ark., 2007; Anderson ve ark., 2011). SRD testi fazsal ters döndürülmüş dalgalanma gürültüsünü ayırt etme becerisine dayalı bir testtir. SRD testinde katılımcının spektral dalgalanma içeren bir gürültü uyarını (ripple gürültüsü) ile bu uyarının ters fazında spektral tepe ve çukur içeren bir uyarın arasında ayırım yapması gerekir. Spektral modülasyon derinliği sabit tutulur ve dalgalanma sayısı katılımcının dalgalanma ayırım eşiğini bulmak için uyarlamalı olarak değiştirilir (Anderson ve ark., 2012). Spektral ripple ayırt etmenin koklear implant kullanıcılarında konuşmayı anlama (Henry ve ark., 2005; Won ve ark., 2007; Anderson ve ark., 2011), frekans ayarlama eğrileri (Anderson ve ark., 2011) ve müzik (Won ve ark., 2007) ile ilişkili olduğu gösterilmiştir.

Spectral Modulation Detection (SMD) ripple gürültüsünün kullanımını içeren farklı bir psikoakustik ölçümdür (Bernstein ve Green., 1987; Eddins ve Bero., 2007; Litvak ve ark., 2007). SMD testi dalgalanma gürültüsünün modülasyon derinliğinin fark edilmesine dayanmaktadır. Bu testte katılımcının spektral olarak dalgalanan bir gürültüyü spektral olarak düz bir gürültüden ayırt etmesi gerekmektedir. Spektral dalgalanma oranının değiştirildiği ve modülasyon derinliğinin sabit tutulduğu tersine çevirme yönteminden farklı olarak SMD testinde dalgalanma hızı sabit tutulur ve spektral dalgalanmaların modülasyon derinliği uyarlamalı olarak değiştirilir (Anderson ve ark., 2012).

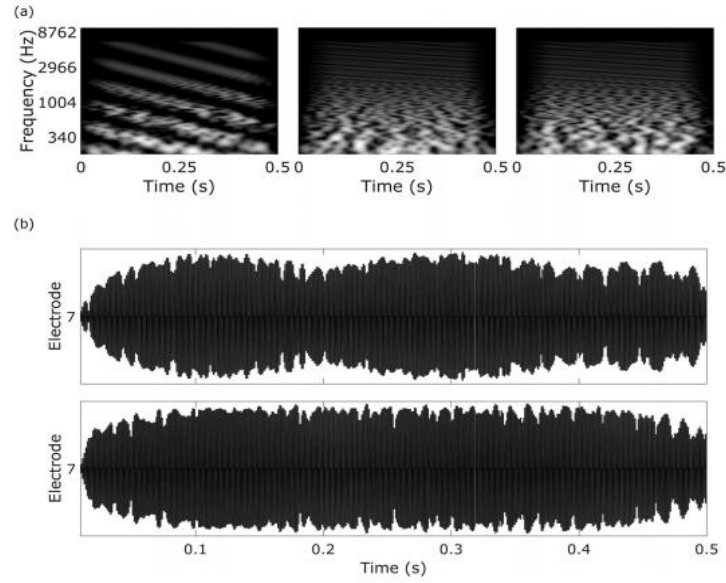
Diğer bir psikoakustik değerlendirme yöntemi olan ve fazsal kaydırılmış dalgalanma gürültüsünü ayırt etme becerisine dayanan Static Spectral-Pattern Discrimination (S-SPD) testinde spektral modülasyon frekansı ve spektral modülasyon derinliği sabit tutularak katılımcıdan spektral dalgalanma gürültüsünün başlangıç fazındaki değişikliği tespit etmesi istenmektedir. (Sheft ve ark., 2011).

Azadpour ve McKay, kullanılan spektral çözünürlük testlerinin koklear implant kullanıcıları için doğru bir spektral çözünürlük ölçüsü sağlamadığını bildirmişlerdir. Bu testlerde spektral ipuçlarına ek olarak ses şiddeti, spektral ağırlık merkezi (ağırlıklı ortalama frekans) ve spektral kenarlardaki değişen enerji gibi kafa karıştırıcı ipuçlarının olduğunu ve bu ipuçlarının daha iyi test sonuçlarına neden olduğunu söylemişlerdir. Bu karmaşık ipuçlarının kullanımını azaltmak için uyarınların şiddetini ve spektral modülasyonun başlangıç fazını rassallaştırmak gibi yöntemler kullanılabilir. Ancak, şiddeti

rassallaştırmak koklear implant kullanıcılarının dinamik aralıklarının dar olması nedeniyle sorun yaratabilir. Aronoff ve Landsberger 2013 yılında SRD testindeki ipuçlarını azalttıkları bir versiyon geliştirmişlerdir. Spectral-Temporally Modulated Ripple Test (SMRT) olarak adlandırdıkları bu testte spektral modülasyon fazının zaman içinde değiştirilmesiyle her bir yerel frekans bölgesindeki ses şiddeti, spektral kenarlardaki enerji ve spektral ağırlık merkezi ipuçları hedef ve referans uyaranları ayırt etmek için kullanılamaz olmuştur (Narne ve ark., 2016).

Aronoff ve Landsberger SMRT'nin spektral çözünürlüğü değerlendirmedeki etkinliğini araştırmıştır. Uyaranları kodlayarak azalmış spektral çözünürlüğü vokoder yardımıyla simüle etmişlerdir. Daha düşük frekans seçiciliğini simüle etmek için vokoder kanallarının sayısını azalttıkça tespit edilebilen dalgalanma yoğunluğunun da azaldığını görmüşlerdir. Aronoff ile Landsberger'in SMRT testinin geliştirilmesine yönelik yaptıkları çalışma SMRT'nin spektral çözünürlükteki değişikliklere duyarlı olduğunu göstermektedir (Aronoff ve Landsberger., 2013).

SMRT'de katılımcıya 3 uyaran sunulmaktadır. Bu uyaranların 2'si referans uyaran, 1'i hedef uyaran olarak isimlendirilmektedir. Katılımcıdan diğer 2 uyarandan farklı olan hedef uyaranı bulması istenmektedir. Hedef uyaran ve referans uyaranın oktav başına düşen ripple yoğunluğu farklıdır. Başlangıçta hedef uyaranın ripple yoğunluğu 0.5 Ripples per Octave (RPO) iken referans uyaranların ripple yoğunluğu 20 RPO'dur. Katılımcının cevabına göre ripple yoğunlukları 0.2 RPO'luk adımlar ile değişmektedir (Aronoff ve Landsberger., 2013). Şekil 3'de farklı RPO'lardaki 2 uyaranın spektrogramları ve bu uyaranların tek bir elektrottaki amplitüd modülasyonunu gösteren elektrogramlar gösterilmektedir.



Şekil 3: a) Hedef (1 RPO, sol) ve referans (20 RPO, orta ve sağ) uyarıların spektrogramları. b) 1 RPO hedef uyarı (üstte) ve 20 RPO referans uyarının (altta) tek elektrotta amplitüd modülasyonunu gösteren elektrodogramlar

(Kaynak: Archer-Boyd, A. W., Southwell, R. V., Deeks, J. M., Turner, R. E., & Carlyon, R. P. Development and validation of a spectro-temporal processing test for cochlear-implant listeners. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 2008; 144(5): 2983-2997.)

SMRT çeşitli çalışmacılar tarafından birçok araştırmada kullanılmıştır (Aranoff ve ark., 2016; de Jong ve ark., 2017; DiNino ve Arenberg., 2018; Goehring ve ark., 2019; Lawler ve ark., 2016; Landsberger ve ark., 2017; Zhou, 2017).

4.6. Spektral Çözünürlük ve Yaş

Spektral çözünürlük normal işitenlerde kademeli olarak olgunlaşmaktadır. (Blagosklonova ve ark., 1989; Rayes ve ark., 2014). Spektral çözünürlüğün gelişimi iki potansiyel bağımsız mekanizmaya bağlıdır. Bunlardan ilki frekans çözünürlüğüdür. İkincisi ise spektral zarf boyunca tepe ve çukur noktaları arasındaki şiddet farkının çözülebilirliğidir. Frekans ayarlama eğrileri ve kritik bant genişlikleri gibi yöntemlerle frekans çözünürlüğünün ölçülmesi insanlarda 6 aylıkken frekans çözünürlüğünün olgunlaştığını göstermiştir (Olsho ve ark., 1987; Schneider ve ark., 1990). Bununla birlikte,

noktalar arası şiddet çözünürlüğünün gelişimi tam olarak anlayamamıştır (Horn ve ark., 2017).

Allen ve Wightman, okul çağındaki çocuklarda ve yetişkinlerde spektral çözünürlük becerilerini SRD testi ile değerlendirmişlerdir. 4-5 yaşlarındaki çocukların yetişkinlere göre daha zayıf ve daha değişken bir performans gösterdiklerini ancak ileri yaşlarda yetişkin performansına ulaştıklarını bulmuşlardır (Allen ve Wightman., 1994).

Eisenberg ve arkadaşları, bir ses kodlayıcısı aracılığıyla spektral bilgiyi azalttıkları çalışmalarında 10-12 yaşları arasındaki normal işitmeye sahip çocukların konuşmayı anlama performansında yetişkinlere benzer performans gösterdiğini ancak 5-7 yaş arasındaki çocukların aynı performansı göstermek için daha fazla spektral bilgiye ihtiyaç duyduklarını bulmuşlardır (Eisenberg ve ark., 2010).

Rakita normal işiten çocuklarda hem koklear implant simülasyonu durumunda hem de işlenmemiş uyarının kullanıldığı durumda yaş ile spektral modülasyon saptama performansı arasında anlamlı bir ilişki olduğunu tespit etmiştir (Rakita, 2012).

Peter ve arkadaşları spektral ripple ayırt etme becerisinin 12–18 yaş arası normal işiten çocuklarda yetişkinlere benzer olduğunu ancak 8-11 yaş arası çocuklarda yetişkinlere benzer olmadığını bildirmiştir (Peter ve ark., 2014).

Yakın zamanda Gifford ve arkadaşlarının yaşları 5-17 arasında değişen 36 pediatrik koklear implant kullanıcısının spektral modülasyon saptama performansı ile yaşları arasında korelasyon saptamamışlardır (Gifford ve ark., 2018).

Kirby ve arkadaşları SMRT kullanarak 6-12 yaş arası normal işiten çocuklar ve 6-16 yaş arası işitme cihazı kullanan çocuklarda spektral çözünürlük becerilerini değerlendirmişlerdir. Spektral çözünürlük performansı, her iki grup için yaşı bir fonksiyonu olarak kademeli olarak iyileşmiştir. İşitme kaybı olan katılımcıların spektral çözünürlük becerisi, normal işiten katılımcılarınkine göre daha zayıf bulunmuştur (Kirby ve ark., 2015).

David M. Landsberger ve arkadaşları 2017’de 5-13 yaşları arasındaki 20 normal işiten ve 20 prelingual koklear implant kullanıcısı ile yaptıkları çalışmada normal işiten

katılımcılarda yaş ile SMRT skorları arasında anlamlı pozitif korelasyon saptamışlardır. Normal işiten grubun aksine koklear implant kullanıcılarında SMRT skorları ile yaş arasında korelasyon bulunmamıştır (Landsberger ve ark., 2018).

4.7. Konuşmayı Anlama ve Spektral Çözünürlük

Konuşmanın çeşitli bileşenleri farklı derecelerde spektral ve temporal ipuçları içerir. Konuşmanın temporal ipuçları zamansal zarf (<50 Hz), periyodiklik (50-500 Hz) ve spektral ince yapı (>500 Hz) hakkında bilgi içerir (Rosen, 1992).

Konuşma sinyalini tanımlamanın bir yolu, belirli frekans bölgelerinde bulunan göreceli enerji miktarının yanı sıra zamanın bir fonksiyonu olarak konuşma sinyalinin genlik dalgalanmaları, yani konuşma sinyalinin zamansal zarfıdır (Anderson, 2011). Zarf bilgisi genlikteki 2-50 Hz arasındaki genel dalgalanmaları içermektedir. Konuşmanın zamansal özelliklerini manipüle eden son çalışmalar spektral ipuçlarının sınırlı olduğu durumlarda bile 20 Hz'den daha hızlı olan zamansal bilgilerin konuşma için önemli olmadığını göstermektedir. 20 Hz üzerindeki tüm temporal bilgilerin kaldırılması veya bozulması konuşmayı anlama üzerinde ihmal edilebilir bir etkiye sahiptir. 20 Hz' in üzerindeki zamansal bilgi, kalitenin artmasına katkıda bulunsa da konuşmayı anlamaya çok az katkıda bulunur. Konuşmada temporal ve spektral ipuçları üzerine yapılan çalışmalar konuşmayı anlamanın temporal ipuçlarından hafif derecede etkilenirken spektral ipuçlarındaki manipülasyonlara oldukça duyarlı olduğunu göstermektedir. Spektral bilginin miktarı ve kalitesi konuşmayı anlama için kritik görünmektedir (Shannon, 2012).

Konuşmayı anlama, konuşma seslerinin spektral örüntüsünü algılama ve özellikle de spektral tepe noktalarının frekanslarını belirleme yeteneğine bağlıdır (Henry ve ark., 2005). Konuşmanın karmaşık spektral örüntüsünü çözmek konuşmayı anlamada önemlidir. Özellikle ilk 3 formantın spektral tepelerini çözümlmek ünlülerin ve diğer fonemlerin tanınmasında önemlidir. Konuşmadaki spektral enerji zirveleri (formantlar), vokal yolun özelliklerini yansıtır ve konuşma sesinin üretimi hakkında akustik bilgi sağlar (Henry ve Turner, 2003).

Koklear implant kullanıcılarında spektral zarf algısı spektral ayrıntıları çözme yeteneğine ve bu ayrıntıları koklea içerisinde veya elektrot dizisi boyunca karşılaştırma yeteneğine dayanır (Anderson ve ark., 2011).

Gürültüde konuşmayı anlamak, koklear implant kullanıcıları için en zor görevlerden biridir. Zayıf frekans seçiciliği ve zayıf elektrot ayrımcılığı koklear implant kullanıcılarında konuşmayı anlamada zayıflığa neden olur (Won ve ark., 2007).

Çeşitli çalışmalar sonucunda işitme kayıplılarda ve koklear implant kullanıcılarında ünlülerin tanınması için daha fazla spektral kontrasta ihtiyaç duydukları bildirilmiştir (Leek ve ark., 1987; Loizou ve Poroy, 2001). Ayrıca arka plan gürültüsünün spektral kontrastı azalttığı ve gürültülü ortamda koklear implant kullanıcılarının konuşmayı anlamasını daha da zorlaştırdığı bildirilmiştir (Parikh ve Loizou., 2005).

Yapılan çalışmalar postlingual yetişkin koklear implant kullanıcılarında spektral modülasyon saptama ve spektral ripple ayırt etme performanslarının konuşmayı anlama performanslarıyla ilişkili olduğunu göstermektedir. (Henry ve Turner., 2003; Saoji ve ark., 2009; Anderson ve ark., 2012). Zhou yaptığı çalışmada unilateral koklear implant kullanıcılarında SMRT skorları ile konuşmayı anlama eşiği arasında anlamlı ilişki bulmuştur (Zhou, 2017). Lawler ve arkadaşları 18 yaşından büyük 25 katılımcıyla yaptıkları çalışmada bilateral bimodal ve unilateral kullanıcılarda SMRT skorları ile gürültüde konuşmayı anlama skorları arasında korelasyon olduğunu bildirmişlerdir (Lawler ve ark., 2017).

Çocuklarda spektral çözünürlük yeteneklerinin etkilerini inceleyen bir başka çalışma Rakita tarafından 7-17 yaşları arasındaki 20 normal işiten çocuğa uygulanmıştır. Katılımcılara gürültüde cümle anlama testi ve SMD testi uygulanmıştır. Test koklear implant kullanımını simüle etmek için vokoder ile simule edilerek ve normal şekilde uygulanmıştır. Sonuçlar, simule edilmiş durumda SMD skorları ile gürültüde konuşmayı anlama skorları arasında anlamlı bir ilişki olduğunu göstermiştir (Rakita 2012).

Çocuklarda spektral çözünürlük yeteneklerinin etkilerini inceleyen bir başka çalışma Jung ve arkadaşları tarafından 8-16 yaşları arasında 11 prelingual koklear implant kullanıcısı ile yapılmıştır. Çalışmada çocukların konuşma algısı sessiz ortamda CNC (Consonant-Vowel-Consonant) kelime testiyle ve gürültüde konuşmayı anlama eşiği belirlenerek değerlendirilmiştir. Spektral çözünürlük becerisi ise spektral ripple ayırt etme eşiği ile değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda bu çocuklar için spektral çözünürlük ile konuşma algısının ilişkili olduğu bildirilmiştir (Jung ve ark., 2012).

Jeddi ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada ise, yaşları 8-12 olan 75 prelingual koklear implant kullanıcısında SMRT skorları ile konuşmayı anlama skorları arasında anlamlı korelasyon olduğu bulunmuştur (Jeddi ve ark., 2019).

4.8. İşitme Kaybının Spektral Çözünürlük Üzerine Etkisi

İşitme kaybının spektral çözünürlüğü olumsuz etkilediği bilinmektedir (Davies-Venn ve ark., 2015). Frekans çözünürlüğü, işitsel sistemin diğer frekans bileşenlerinin varlığında bir frekans bileşenini tespit etme yeteneği gibi, spektral özelliklerine dayanarak sesi kodlama yeteneğinin bir ölçüsüdür (Grenberg ve ark., 2004). Kompleks uyarı frekanslarına ayırma işlemi, genel olarak işitsel filtreler olarak adlandırılan bir dizi örtüşen band geçiş filtresi tarafından baziler membran seviyesinde gerçekleşir. Periferik işitsel sistem, band geçişli örtüşen filtrelerden oluşmaktadır. Keskin bir şekilde ayarlanmış işitsel filtreler iyi spektral çözünürlük ile ilişkilendirilirken; geniş bir şekilde ayarlanmış işitsel filtreler zayıf spektral çözünürlük ile ilişkilendirilir (Moore, 2007). Yani sistemin frekans seçiciliği, bazılar membran üzerindeki her bir noktadaki işitsel filtrenin bant genişliği ile ilgilidir. Filtrenin bant genişliği o filtrenin hangi frekanslara spesifik davrandığı hakkında bilgi verir.

Çok sayıda araştırma, işitsel filtrelerin işitme kayıplılarda normal işitenlere göre daha geniş olduğu ve genişleme derecesinin işitme kaybı derecesiyle arttığı yönünde hemfikirdir (Larsby ve Arlinger, 1999). İşitsel filtrelerin genişlemesi sonucunda kompleks seslerin analizinde problem olur ve spektral analiz yapılamaz. Koklear kökenli işitme kaybı olan kişiler, muhtemelen kokleadaki aktif mekanizmanın zarar görmesinden dolayı düşük frekans seçiciliği gösterir (Moore, 2005). Sensörinöral işitme kaybına sahip bir kişinin normalden daha düşük frekans çözümleme yeteneği, konuşma tanımlamak için kullanılan belirli spektral işaretlerin kaybolmasına neden olabilir. Kısmen bozulmuş frekans çözünürlüğü, formant frekansı farklı olan ünlüler arasında ayırım yapma yeteneğini zayıflatarak konuşma algısını etkileyebilir. Koklear işitme kayıplarındaki bozulmuş spektral ve zamansal çözünürlüğün, bu kişilerin özellikle gürültülü ortamlarda konuşmayı anlamada yaşadıkları zorlukların ana kaynağı olduğu öne sürülmüştür (Moore, 1985). Frekans çözünürlüğünün normalden düşük olması aynı zamanda bir frekans bölgesinin diğerini daha fazla maskeleyesine neden olur ve bu da konuşmanın spektral ipuçlarını ortadan kaldırabilir (Grenberg ve ark., 2004).

Bir işitme bozukluğunun çoğu zaman ilk belirtisinin gürültülü ortamda konuşmayı anlamada zorlanma olduğu gerçeği, spektral ve temporal çözünürlüğün işitme kaybı gelişiminde erken bir safhada, saf ses eşiklerinde önemli etki görülmeden önce bozulma göstermesidir (Larsby ve Arlinger, 1999).

4.9. Koklear İmplant ve Spektral Çözünürlük

Koklear implant kullanan bir kişide karmaşık elektrik sinyallerin işitsel yolda işlenme kabiliyeti, öznenen özneye ve bir stimülasyon bölgesinden diğerine büyük ölçüde değişen implante kokleadaki koşullara bağlıdır. İşitme sinirinin elektriksel uyarımı skala timpaniye yerleştirilen elektrotların ilettiği akımlar ile sağlanır. Normal işitmede koklea uzunluğu boyunca farklı konumlardaki nöronlar akustik uyarının farklı frekanslarına cevap verirler. Koklear implant bu "tonotopik" kodlamayı taklit etmeye ya da yeniden üretmeye çalışır (Niparko, 2009).

Koklear implantlı bireylerde spektral bilgilerin doğru temsili birden çok faktöre bağlı olabilir. Bu faktörlerden bazıları, gelen sinyalin bölündüğü spektral kanal sayısı, sağlıklı spiral ganglion hücrelerinin yeri ve yoğunluğundaki belirsizlik ve uyarının spektral bulanıklık derecesidir (Gifford ve ark., 2018). Bu faktörlerin herhangi birinden veya hepsinden kaynaklanan azalmış spektral bilgi, implant sisteminin sağladığı frekans ve zarf bilgisinin miktarını ve / veya doğruluğunu azaltarak koklear implant kullanıcısının elde edeceği potansiyel faydayı azaltabilir (Anderson, 2011).

Koklear implant kullanıcılarında spektral çözünürlük becerileri ilk olarak koklear implant tarafından sinyalin spektral ayrıntılarının ne kadarının sağlandığı ile ilgilidir. Koklear implantlardaki elektrotun bulunduğu yer tabanlı frekansların kodlanması ile normal işitme arasında çeşitli farklılıklar vardır. Normal işitmede, koklear işitsel filtrelerin merkez frekansları vardır fakat koklear implantta geçirgen filtreler aktif elektrotların sayısı ile sınırlandırılır. Ayrıca, normal işitmedeki işitsel filtreler doğrusal değildir ve şiddete bağlıdır, şiddet arttıkça filtrelerin genişliği artar; oysa ses işlemcisinde kullanılan filtreler genellikle sabittir. İmplantın bir sinyalin farklı frekans bileşenlerini çözme yeteneği esasen ses işlemcilerindeki filtre tasarımı ile sınırlıdır. Elektrotlara atanan filtre bantlarının, elektrot yerinin karakteristik frekansından genellikle daha düşük bir frekansta olduğuna dikkat edilmelidir (dizi genellikle sadece kokleanın ilk turunun etrafına

yerleştirildiği için). Çok kanallı implantlarda konuşma işlemcisi sinyalin frekans bileşenlerini çözümler ve sinyalin spektral bilgisi elektrot dizisi boyunca temsil edilir. Spektral bilgi koklear implantın sınırlı kanal sayısı ve akustik sinyalin elektriksel olarak işlenip temsil edilmesi ile sınırlanacaktır. Mevcut koklear implant sistemlerindeki uyarıcı kanalların sayısı cihaza ve konuşma işleme stratejisine bağlı olarak sınırlıdır. Bu nedenle bu konuşma işlemcileri konuşma sinyalindeki ince spektral ayrıntıları korumaz (Henry ve Turner., 2003). Ayrıca koklear implantta düzensiz sinir yoğunluğuna, nöral ölü bölgelere, elektrot dizisi boyunca sinir liflerinin empedans özelliklerindeki düzensizliklere ve nöron gruplarının karakteristik frekanslarına cevap vermesi nedeniyle kanal etkileşimi meydana gelebilir. Koklea boyunca tutarlı bir sinir lifi yoğunluğunun olmadığı düzensiz işitsel sinir sağkalımı olabilir. Bu durumda, bir elektrotun intakt sinir lifi olmayan bir alanın yakınına uyarılması, uyarılmak istenen yerin her iki tarafında mevcut olan işitsel liflerin uyarılmasına neden olabilir. Uyarılan bölgede sinir lifleri intakt olsa bile elektrotlar tarafından üretilen uyarımın mekansal yayılımı koklear implanttaki frekans bilgisinin doğru temsilini etkileyebilir. Başka bir deyişle, bir elektrotun uyarılması, birden fazla sinir lifi grubunun uyarılmasına neden olabilir. “Mekansal seçicilik” derecesi ve kanal örtüşme miktarı koklear implantın işlevsel olarak kullanabileceği maksimum elektrot / kanal sayısını etkileyecektir (Anderson., 2011). İmplantların 22 kadar stimülasyon kanalı olmasına rağmen sadece 3 ila 9 “fonksiyonel” kanala sahip oldukları bildirilmiştir (Drennan ve Rubinstein., 2008). Kanal etkileşimi yüksek olan bireyler işitsel sinire yüksek derecede spektral bulanık girdi alır; bu kullanıcıların daha zayıf spektral çözünürlüğe sahip olması beklenir (Jones ve ark., 2013). Ayrıca implant için bir sınırlayıcı faktör de farklı elektrotlardaki stimülasyonun algılanmasıdır. Farklı elektrotlar üzerindeki stimülasyonu ayırt etme yeteneği koklear implant kullanıcıları arasında büyük farklılık gösterir (McKay C., 2005).

Spektral kontrast, koklear implant kullanıcılarında spektral çözünürlük becerisini sınırlayan başka bir faktördür. Spektral kontrast spektral tepe ve çukurlar arasındaki şiddet farkıdır. Koklear implantlarda sınırlı sayıda stimülasyon elektrotu ve koklea boyunca sinir sistemini harekete geçiren örtüşen elektrik alanlar, spektral bulaşmaya neden olarak spektral kontrastı azaltabilir. Bu durum girdideki tepeler ve çukurlar arasındaki genlik farklarını azaltarak konuşma anlaşılabilirliği ve enstrüman tanımlaması için çok önemli ipuçları sağlayan spektral baskınlığı bulmayı zorlaştırabilir (Van Dijk ve ark., 2016).

Spektral kontrastı etkileyen bir diğ er faktör dinamik aralıktır. Normal i itmeye sahip bir kişi, 120 dB dinamik aralığa sahipken, koklear implant kullanıcıları 10-20 dB dinamik aralığa sahiptir (Drennan ve Rubinstein., 2008). Akustik i itmedeki geniş dinamik aralık, logaritmik fonksiyon kullanan implant konuşma i lemcilerinde dar bir elektriksel dinamik aralığa sıkıştırılır. Koklear implant kullanıcılarında bu dar dinamik aralık spektral kontrastta azalmaya neden olmaktadır. Spektral kontrastı azaltan bir başka faktör de akustik amplitüdü elektriksel amplitüde  eviren kompresyon işleminin dikli idir. Dinamik aralık geniş olsa bile yüksek kompresyon ayarlama fonksiyonu spektral kontrastın azalmasına sebep olabilir. Giriş sinyalinin etkileyen hassasiyet ayarları da spektral kontrastı etkileyebilir. Kullanıcı hassasiyeti artırdı ında akustik sinyalin amplitüdü kompresyon fonksiyonunun dışında (kompresyon dirse inin üst noktasında) kalabilir. Son olarak, sınırlandırılmış elektriksel dinamik alan arka plan gürültüsü, koklear implant kullanıcılarında spektral kontrastı normal i itenlere göre daha çok azaltır (Loizou ve Pray., 2001).

Koklear implant kullanıcılarında, başta koklear implantın kendisi ile sınırlanan spektral bilgi ne kadar eksiksiz iletilirse iletilsin birçok faktöre bağlı olarak bozulabilmektedir ve/veya azalabilmektedir. Koklear implant kullanıcılarında azalmış spektral  z n rl k, sessizlikte ve gürültüde konuşmayı anlamada zorlu a ve müzik algısında zayıflı a neden olmaktadır.

5. GEREÇ VE YÖNTEM

Temel amacı koklear implant kullanan çocukların spektral çözünürlük becerilerini değerlendirmek ve normal işiten çocukların spektral çözünürlük becerileri ile karşılaştırmak olan çalışmamızın bu bölümünde çalışma izni ve etik komisyon onayına, katılımcılara, araçlar ve yönteme, verilerin istatistiksel değerlendirilmesine ilişkin bilgiler verilmiştir.

5.1.Çalışma İzni ve Etik Komisyon Onayı

Bu çalışma Marmara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Kulak Burun Boğaz Anabilim Dalı, Odyoloji ve Konuşma Bozuklukları Programı Yüksek Lisans tezi olarak yapılmış olup, Marmara Üniversitesi Tıp Fakültesi Etik Komisyonu tarafından 02.11.2018 tarihinde 09.2018.718 protokol kodu ile çalışma izni alınmıştır (Ek-1). Bütün katılımcılar, gönüllülük esasına dayalı olarak bilgilendirilmiş ve gönüllü onay formu imzalamışlardır (Ek-2; Ek-3, Ek-4, Ek-5).

Bu çalışma Marmara Üniversitesi Tıp Fakültesi Kulak Burun Boğaz Anabilim Dalı, Odyoloji ve Konuşma Bozuklukları Bilim Dalı Kliniği'nde yürütülmüştür.

5.2. Katılımcılar

5.2.1. Araştırmanın katılımcılarının belirlenmesi

Marmara Üniversitesi Pendik EAH' te Odyoloji Bilim Dalı Kliniğinde implantlandırılmış ve koklear implant öncesi ve sonrası odyolojik ve rehabilitasyon takipleri yapılan bireyler araştırma grubu olarak; normal işitmeye sahip, odyolojik yakınması olmayan kişiler kontrol grubu olarak çalışma kapsamına alınmıştır. Araştırma grubu 48 katılımcıdan, kontrol grubu ise 24 katılımcıdan oluşmaktadır. Araştırmaya katılan tüm ebeveynlerden ve çocuklardan araştırmaya gönüllü katıldıklarına dair onam formu alınmıştır. Ailenin ve çocuğun araştırmayla ilgili soruları ayrıntılı olarak cevaplanmaya çalışılmıştır.

5.2.2. Araştırmaya dahil edilme kriterleri

Araştırmaya dahil olma kriterleri araştırma grubu için aşağıdaki gibi belirlenmiştir:

- KBB muayenesi bulgularının normal olması,
- 6-12 yaşları arasında olması,
- İşitme kaybının prelingual olması,
- Unilateral/Bilateral/Bimodal koklear implant kullanıcısı olması,
- 500 Hz- 4000 Hz frekansları arasında koklear implantlı işitme eşiklerinin 35 dB HL veya daha iyi olması,
- En az 6 ay boyunca düzenli koklear implant/işitme cihazı kullanıcısı olması koşullarına dikkat edilecektir.
- Çalışmaya katılmak için gönüllü olması ve ailesinin onamının alınmış olması.

Araştırmaya dahil olma kriterleri kontrol grubu için aşağıdaki gibi belirlenmiştir;

- KBB muayenesi bulgularının normal olması,
- 250 Hz – 8000 Hz frekansları arasında saf ses işitme eşiklerinin 20 dB HL veya daha iyi olması,
- 6-12 yaşları arasında olması koşullarına dikkat edilecektir.
- Çalışmaya katılmak için gönüllü olması ve ailesinin onamının alınmış olması.

5.2.3. Araştırmadan hariç tutulma kriterleri

- Nörolojik problem varlığı,
- Psikiyatrik problem varlığı,
- Fiziksel engel varlığı,
- Perfore timpanik membran varlığı,
- Baş dönmesi varlığı,
- Tinnitus varlığı

5.2.4. Araştırmadan çıkartılma kriterleri

- Testi anlayamayan, koopere olamayan bireyler,
- Testi tamamlayamayan bireyler çalışmadan çıkartılmıştır.

5.2.5. Katılımcıların bilgileri

Çalışmaya 5-12 yaşları arasında toplam 72 birey dahil edilmiştir. Araştırma grubunu prelingual işitme kayıplı, koklear implant kullanıcısı 48 birey oluşturmaktadır. Kontrol grubunu ise normal işiten 24 birey oluşturmaktadır.

Tablo 1’de belirtildiği üzere kontrol grubu 10 kadın, 14 erkek katılımcıdan oluşmaktadır ve bu katılımcıların kronolojik yaşı 63-151 ay arasında değişmektedir. Araştırma grubu ise 19 kadın, 29 erkek katılımcıdan oluşmaktadır ve katılımcıların kronolojik yaşı 64-151 ay arasında değişmektedir.

Tablo 1: Grupların cinsiyet ve yaş dağılımı

	Cinsiyet				Yaş (Ay)
	K		E		
	N	%	N	%	
Kontrol Grubu	10	41,7	14	58,3	63-151 (Ort: 105,25±29,08)
Araştırma Grubu	19	39,6	29	60,4	64-151 (Ort: 107,54±22,05)

* E: Erkek; K: Kadın, Ort: Ortalama

Araştırma grubundaki katılımcıların işitme kabı tanılanma ayı ve işitme kaybı tanılanma ayı ile işitme cihazına başlama ayı arasında geçen işitsel yoksunluk süresi Tablo 2’de gösterilmektedir.

Tablo 2: Koklear implantlı grubun işitme kaybı tanılanma ayı ve işitsel yoksunluk sürelerinin ortalamaları

	İşitme Kaybı Tanılanma Ayı	İşitsel Yoksunluk Süresi (Ay)
Araştırma Grubu	1-40 (Ort: 10,91± 10,66)	1-24 Ort:6,58±6,30)

Araştırma grubu katılımcılarının işitme cihazına başlama yaşına, koklear implantasyon yaşına ve ne zamandır koklear implant kullandıklarına dair bilgiler Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 3: Koklear implantlı grubun işitme cihazına başlama yaşı, implant olma yaşı ve implant kullanım sürelerinin ortalamaları

	İşitme Cihazına Başlama Yaşı (Ay)	Koklear İmplantasyon Yaşı (Ay)	Koklear İmplant Kullanım Süresi (Ay)
Araştırma Grubu	4-48 (Ort: 17,10± 10,77)	12-103 (Ort: 37,02±24,98)	6-122 (Ort: 70,52±23,68)

Araştırma grubundaki her bir katılımcının demografik bilgisi ve işitsel amplifikasyona dair bilgisi Tablo 4’de mevcuttur.

Tablo 4: Araştırma grubundaki katılımcıların özellikleri

Katılımcı Numarası	Cinsiyet	Yaş (Ay)	İşitme Cihazı Kullanma Yaşı (Ay)	Koklear İmplantasyon Yaşı (Ay)	Koklear İmplant Kullanım Süresi (Ay)	Koklear İmplant Kullanımı
1	E	64	6	12	52	Bilateral
2	K	85	6	12	73	Unilateral
3	E	114	6	12	102	Unilateral
4	K	81	4	13	68	Unilateral
5	E	132	15	13	119	Bilateral
6	E	87	5	14	73	Unilateral

Tablo 4: Araştırma grubundaki katılımcıların özellikleri (devam)

7	K	108	16	17	91	Unilateral
8	K	84	6	18	66	Unilateral
9	K	109	4	18	91	Unilateral
10	E	82	12	19	63	Unilateral
11	E	137	20	19	118	Bilateral
12	E	89	6	20	69	Unilateral
13	K	91	10	20	71	Unilateral
14	K	79	9	21	58	Unilateral
15	E	144	8	22	122	Unilateral
16	K	94	18	24	70	Unilateral
17	E	92	10	25	67	Bilateral
18	E	106	19	25	81	Unilateral
19	E	94	19	26	68	Unilateral
20	E	110	21	26	84	Unilateral
21	E	106	22	29	77	Unilateral
22	E	115	17	29	86	Unilateral
23	K	126	13	31	95	Unilateral
24	E	140	8	31	109	Bilateral
25	E	88	24	32	56	Unilateral
26	K	105	14	32	73	Bimodal
27	E	111	22	32	79	Unilateral
28	K	118	7	35	83	Unilateral
29	E	95	12	36	59	Unilateral
30	E	85	7	37	48	Unilateral
31	E	99	17	37	62	Unilateral

Tablo 4: Araştırma grubundaki katılımcıların özellikleri (devam)

32	K	110	25	37	73	Bimodal
33	E	120	18	37	83	Unilateral
34	K	129	16	37	92	Unilateral
35	E	112	12	39	73	Unilateral
36	K	115	33	40	75	Unilateral
37	E	99	16	43	56	Bilateral
38	E	66	12	47	19	Unilateral
39	K	111	14	50	61	Unilateral
40	K	126	48	57	69	Bimodal
41	E	151	30	74	77	Unilateral
42	K	112	30	78	34	Bilateral
43	K	151	36	83	68	Unilateral
44	E	142	36	97	45	Unilateral
45	E	127	30	99	28	Unilateral
46	E	109	48	103	6	Bimodal
47	K	140	24	100	40	Bimodal
48	E	72	10	19	53	Unilateral

Kontrol grubundaki her bir katılımcının demografik bilgileri Tablo 5’de mevcuttur.

Tablo 5: Kontrol grubundaki katılımcıların özellikleri

Katılımcılar	Cinsiyet	Yaş (Ay)
1	K	63
2	E	64
3	K	64
4	K	66

Tablo 5: Kontrol grubundaki katılımcıların özellikleri (devam)

5	E	75
6	E	80
7	K	81
8	K	89
9	K	90
10	E	91
11	E	97
12	K	104
13	E	108
14	K	109
15	E	116
16	K	120
17	E	121
18	E	135
19	E	136
20	E	138
21	E	140
22	K	143
23	E	145
24	E	151

5.3.Araçlar ve Yöntem

5.3.1. Odyolojik değerlendirme

Araştırma grubunu oluşturan koklear implant kullanıcısı çocukların serbest alanda implantlı işitme eşiklerine bakılmıştır. Serbest alan işitme eşikleri IAC (Industrial Acoustics Company) sessiz odalarda ve GSI-61 klinik odyometre ve Denox Hoparlör Sistemi kullanılarak belirlenmiştir. Katılımcılar hoparlörlere 0° açıyla ve 1 metre uzakta olacak şekilde oturtulmuştur. Katılımcıların 250, 500, 1000, 2000, 4000, 6000 ve 8000 Hz’lerde implantlı işitme eşikleri belirlenmiştir. Serbest alanda konuşmayı anlama eşiği belirlenmiş ve tek heceli fonetik dengeli kelimeler kullanılarak konuşmayı anlama testi yapılmıştır. Bireylerin serbest alan eşiklerine göre, gerekirse yeni programlama yapılmış ve tekrar serbest alan işitme eşiklerine bakılmıştır.

Kontrol grubundaki katılımcılara otoskopik muayeneden sonra öncelikle odyolojik değerlendirme yapılmıştır. GSI-tympstar timpanometrede, 226 Hz prob ton kullanılarak katılımcıların akustik immitansmetrik değerlendirmesi yapılmıştır. 500, 1000, 2000, 4000 Hz’de ipsilateral ve kontralateral refleks eşiklerine bakılmıştır. Tüm bireylere IAC sessiz odalarda, GSI-61 odyometre ve Telephonics TDH-39 kulaklıklar kullanılarak test yapılmıştır. Katılımcıların 250-8000 Hz arasındaki hava yolu saf ses işitme eşikleri ve 500-4000 Hz kemik yolu işitme eşikleri değerlendirilmiştir. Konuşmayı anlama eşiği belirlenmiş ve tek heceli fonetik dengeli kelimeler kullanılarak konuşmayı anlama testi yapılmıştır. İşitmesinin normal olduğu saptanan katılımcılar çalışmamıza dahil edilmiştir.

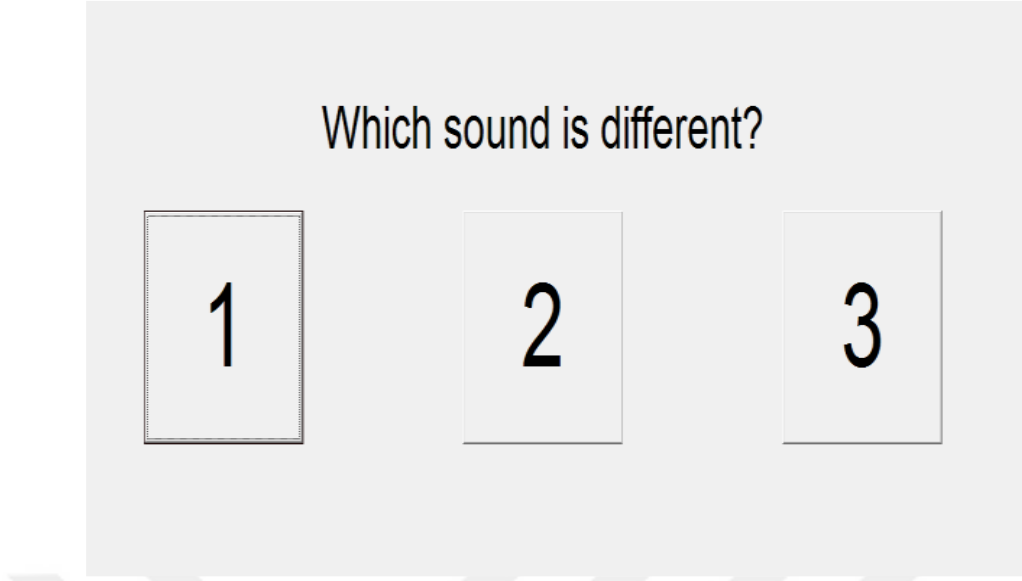
5.3.2. Sessiz ve gürültülü ortamda konuşmayı anlama becerisinin değerlendirilmesi

Hem kontrol grubunda hem de araştırma grubunda gürültüde konuşmayı anlama becerisinin değerlendirmesinde ‘Çocuklar için Fonetik Dengeli Tek Heceli Kelime Listeleri’ kullanılmıştır. Katılımcıdan sunulan 25 kelimeyi tekrar etmesi istenmiştir. Gürültüde yapılan konuşmayı anlama testi için sırasıyla +5 dB ve 0 dB sinyal/gürültü oranları kullanılmıştır. Çocuklarda sıklıkla önerilen sinyal/gürültü oranı +5 dB ve 0 dB olduğu için bu sinyal/gürültü oranları seçilmiştir (Madell ve ark., 2014). Katılımcının en rahat duyduğu ses seviyesinde fonetik dengeli tek heceli kelime listesi kullanılarak öncelikle sessiz durumda konuşmayı anlama testi uygulanmıştır. Sonrasında sinyal gürültü

oranı sırasıyla +5 dB ve 0 dB olacak şekilde konuşmayı anlama etme testi uygulanmıştır. Gürültü olarak konuşma gürültüsü (speech noise) kullanılmıştır. Katılımcı hoparlörden uzaklığı 1 metre ve hoparlöre açısı 0° olacak şekilde oturtulmuştur. Konuşma uyaranı ve gürültü katılımcıya aynı hoparlörden sunulmuştur. Farklı sinyal gürültü oranları için farklı listeler kullanılmıştır ve ihtiyaç duyulduğunda listeler tersten okunacak şekilde kullanılmıştır. Kullanılan listeler ekte verilmiştir (Ek-6). Katılımcıların bir kısmına önce Liste 1 uygulanırken bir kısmına önce Liste 2 uygulanmıştır. Testin sonunda katılımcının doğru tekrar ettiği kelimeler için yüzdelik dilimde skor hesaplanmıştır.

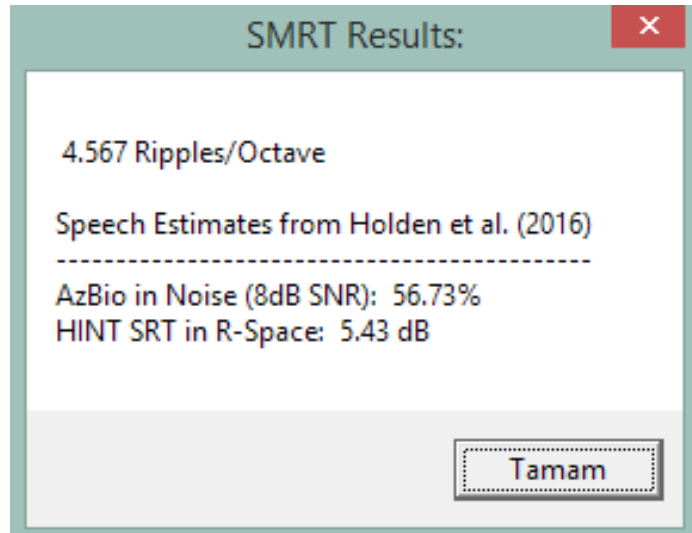
5.3.3. Spektral çözünürlüğün değerlendirilmesi

Spektral çözünürlüğün değerlendirilmesi için SMRT kullanılmıştır. SMRT açık erişimli olup '<https://www.ear-lab.org/smrt.html>' adresinden indirilebilmektedir. Geliştiricileri testin kullanımıyla ilgili herhangi bir kısıtlama koymamışlardır. SMRT'de katılımcıya 3 uyarın sunulmaktadır. Bu uyarıların 2'si referans uyarın, 1'i hedef uyarın olarak isimlendirilmektedir. Katılımcıdan diğer 2 uyarıdan farklı olan, hedef uyarını bulması istenmektedir. Hedef uyarın ve referans uyarın birbirinden oktav başına düşen ripple yoğunluğu bakımından farklıdır. Sunulan her uyarının süresi 500 msn'dir ve uyarıların başlangıcında ve bitişinde 100 msn'lik lineer eğimler mevcuttur. Uyarılar 100 Hz ve 6400 Hz arasında bir oktavın her 1 / 33.333'üne denk olan, 202 eşit genlikli saf ton sestten oluşan, harmonik olmayan kompleks seslerdir. Başlangıçta referans uyarının oktav başına düşen ripple yoğunluğu 20 iken hedef uyarının oktav başına düşen ripple yoğunluğu 0.5'tir (Aronoff & Landsberger, 2013). Hedef uyarının dalgalanma yoğunluğu, katılımcı yanıtlarına bağlı olarak değişmiştir. Dalgalanma yoğunluğu yanlış cevaplarla 0.2 RPO azalmış ve doğru yanıtlarla 0.2 RPO artmaktadır. Uyarıların başlangıç fazı 0, 90, 180, 270 arasından rastgele olacak şekilde ayarlanmıştır (Aronoff & Landsberger, 2013). SMRT yazılımının kullanıcı arayüzü Şekil 4' de gösterilmiştir.



Şekil 4: Bilgisayar aracılığıyla uygulanan SMRT yazılımının kullanıcı arayüzü

Hedef uyarı ve referans uyarı arasındaki fark edilebilirlik test başlangıcında en fazlayken, katılımcı hedef uyarıyı saptadıkça referans uyarı ve hedef uyarı arasındaki fark edilebilirlik azalmaktadır. Testin sonunda katılımcı tarafından fark edilebilen oktav başına düşen spektral dalgalanma sayısı belirlenmektedir. Dolayısıyla daha yüksek skorlar daha iyi spektral çözünürlük becerisinin göstergesidir (Aronoff & Landsberger, 2013). SMRT sonuç ekranı Şekil 5’de gösterilmiştir.



Şekil 5: SMRT sonuç ekranı

SMRT katılımcılara serbest alanda uygulanmıştır. Test için SMRT V.1.1.3 yazılım programı dizüstü bilgisayara yüklenmiştir. Bu bilgisayar ile odyometre bağlantısı sağlanmıştır. Testin uygulanacağı alan için kalibrasyon yapılmış ve uygun ayarlama gerçekleştirilmiştir. Testin uygulanması hem normal işiten çocuklarda hem de koklear implant kullanan çocuklarda aynıdır. Uyarılar JBL marka hoparlör sistemi vasıtasıyla sunulmuştur. Katılımcı hoparlörden uzaklığı 1 metre ve hoparlöre açısı 0° olacak şekilde oturtulmuştur. Test 65 dB A şiddet seviyesinde uygulanmıştır. SMRT uygulanırken her katılımcıya 3 ölçüm yapılmıştır. Test uygulamasından önce katılımcıya test hakkında bilgi verilmiş ve testi nasıl yapacağı anlatılmıştır. İlk ölçüm katılımcının testi anlaması için katılımcının geri bildirimleri doğrultusunda kısa bir eğitim aşaması olarak yapılmıştır. Son iki ölçümün ortalaması alınarak SMRT skorları hesaplanmıştır. Bilateral kullanıcılara bilateral ve ikinci implantlarıyla, bimodal kullanıcılara ise bimodal ve sadece koklear implant kullanımı durumlarında ayrı ayrı ölçüm yapılmıştır.

5.4.Verilerin İstatistiksel Değerlendirilmesi

Araştırmadaki tüm veriler öncelikle araştırmacı tarafından Microsoft Office programında Excel dosyasına kayıt edilmiştir. Verilerin istatistiksel değerlendirmesinde IBM SPSS Statistics Version 23.0.0.2 programı kullanılmıştır.

6. BULGULAR

Araştırmaya toplam 74 çocuk katılmıştır. Ancak 74 çocuktan 2 tanesi testi tamamlayamadığı için çalışma dışı bırakılmıştır. Çalışmanın sonuçları 72 çocuk üzerinden değerlendirilmiştir.

Verilerin istatistiksel değerlendirmesinde IBM SPSS 23.0.0.2 analiz programı kullanılmıştır. Verilerin normal dağılım gösterip göstermediği Kolmogrov Smirnov ile değerlendirilmiş ve veriler normal dağılım gösterdiği için parametrik testler kullanılmıştır. İlk olarak değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri yapılmış daha sonra iki grup arasında karşılaştırmalar Bağımsız Gruplarda T testi ile yapılmıştır. SMRT skorları ile konuşmayı anlama skorları, kronolojik yaş, işitme kaybı tanı yaşı, işitsel yoksunluk süresi, işitme cihazına başlama yaşı, koklear implantasyon yaşı ve koklear implant kullanım süresi arasındaki ilişki korelasyon analizleriyle incelenmiştir.

6.1. Demografik Bilgiler

Çalışmamıza, 5-12 yaşlarında koklear implant kullanıcısı 48 çocuk ve normal işiten 24 çocuk dahil edilmiştir. Gruplar arasındaki yaş farklılığını değerlendirmek için Bağımsız Gruplarda T Testi uygulanmıştır. Test sonucunda, gruplar arasında kronolojik yaş bakımından istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı bulunmuştur ($p>0,05$). Gruplar yaş açısından homojen dağılım göstermektedir.

Gruplar arası cinsiyet dağılımı Chi-Square testi ile incelenmiş ve iki grup arasında cinsiyet dağılımı açısından istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı bulunmuştur ($p>0,05$).

6.2. Sessizlikte ve Gürültüde Konuşmayı Anlama Skorları

Koklear implant kullanıcılarının konuşmayı anlama testi skorları sessiz ortamda ortalama $84,55 \pm 13,62$, +5 dB SNR'da ortalama $69,31 \pm 14,61$ ve 0 dB SNR'da ortalama $58,46 \pm 16,69$ dur. Normal işitenlerin konuşmayı anlama skoru sessiz ortamda ortalama $99,83 \pm 0,81$, +5 dB SNR'da ortalama $89,00 \pm 7,00$ ve 0 dB SNR'da ortalama $83,00 \pm 8,92$ 'dir. İki grup arasında sessizlikte, +5 dB SNR ve 0 dB SNR test durumlarında elde edilen skorlar arasında anlamlı farklılık mevcuttur ($p<0,0001$).

Araştırma grubu ve kontrol grubunun konuşmayı anlama skorları ve p anlamlılık değerleri aşağıdaki tabloda verilmiştir (Tablo 6).

Tablo 6: Katılımcıların konuşmayı anlama skorları

	Katılımcı Sayısı	Sessiz Ortamda Konuşmayı Anlama Skorları	+5 dB SNR'da Konuşmayı Anlama Skorları	0 dB SNR'da Konuşmayı Anlama Skorları
Araştırma Grubu	48	%84,55±13,62	%69,31±14,61	%58,46±16,69
Kontrol Grubu	24	%99,83±0,81	%89,00±7,00	%83,00±8,92
p Değeri		p< 0,0001	p< 0,0001	p< 0,0001

Sessizlikte ve gürültüde konuşmayı anlama skorları ile kronolojik yaş arasında korelasyon bulunamamıştır. Koklear implant kullanıcılarında sessizlikte konuşmayı anlama skorları ile işitme cihazına başlama ayı arasında istatistiksel olarak anlamlı zayıf derecede negatif korelasyon ($r=-0,355$, $p<0,05$), implantasyon ayı arasında istatistiksel olarak anlamlı orta derecede negatif korelasyon ($r=-0,412$, $p<0,05$), implant kullanım süresi ile istatistiksel olarak anlamlı zayıf derecede pozitif korelasyon ($r= 0,363$, $p<0,05$) bulunmuştur.

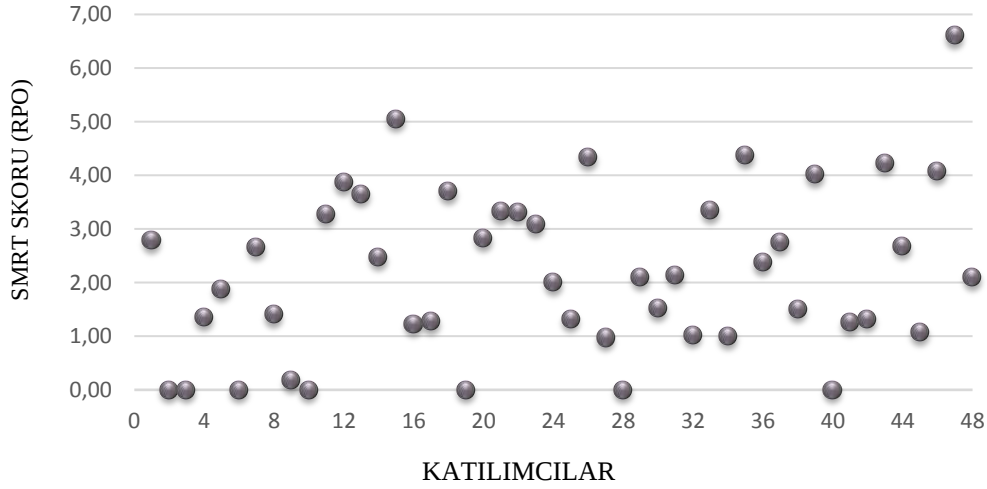
Koklear implant kullanıcılarında +5 dB SNR'da konuşmayı anlama skorları ile işitme cihazına başlama ayı arasında istatistiksel olarak anlamlı zayıf derecede negatif korelasyon ($r=-0,293$, $p<0,05$), implantasyon ayı arasında istatistiksel olarak anlamlı zayıf derecede negatif korelasyon ($r=-0,315$, $p<0,05$) bulunmuştur. Koklear implant kullanıcılarında +5 dB SNR'da konuşmayı anlama skorları ve implant kullanım süresi arasında anlamlı ilişki bulunamamıştır.

Koklear implant kullanıcılarında 0 dB SNR'da konuşmayı anlama skorları ile işitme cihazına başlama ayı arasında istatistiksel olarak anlamlı zayıf derecede negatif korelasyon ($r=-0,363$, $p<0,05$), implantasyon ayı arasında istatistiksel olarak anlamlı zayıf derecede negatif korelasyon ($r=-0,335$, $p<0,05$) bulunmuştur. Koklear implant

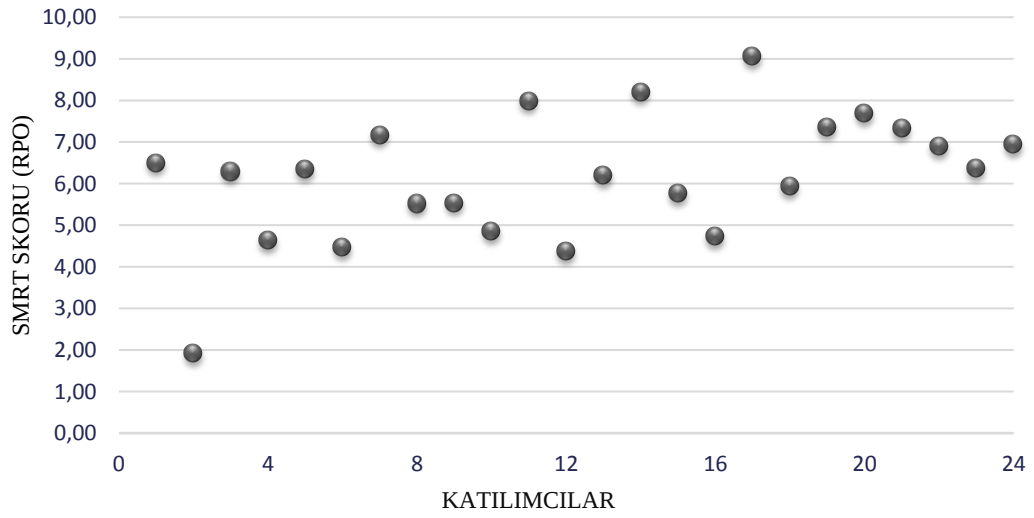
kullanıcılarında 0 dB SNR’da konuşmayı anlama skorları ve implant kullanım süresi arasında anlamlı ilişki bulunamamıştır.

6.3. SMRT Skorları

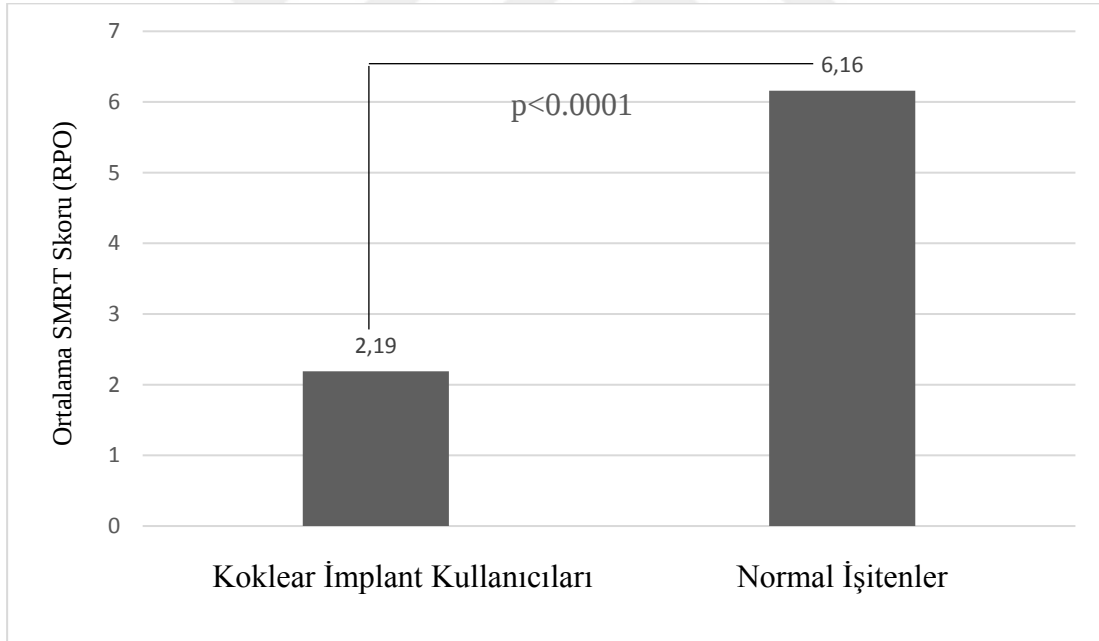
Araştırma grubunun ve kontrol grubunun SMRT skorları karşılaştırması veriler normal dağılım gösterdiği için Bağımsız Gruplarda T-testi ile değerlendirilmiştir. Koklear implant kullanıcılarında ortalama SMRT skoru $2,19 \pm 1,54$ RPO, normal işiten grupta ise $6,16 \pm 1,53$ RPO olarak elde edilmiştir Katılımcıların SMRT skorlarını gösteren dağılım grafikleri Şekil 6’da ve Şekil 7’de gösterilmiştir. 2 grup arasında SMRT skorları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark mevcuttur ($p < 0.0001$). Araştırma grubu ve kontrol grubunun ortalama SMRT skorlarının histogram grafiği Şekil 8’de gösterilmiştir.



Şekil 6: Koklear implant kullanıcılarının SMRT skorunu gösteren dağılım grafiği



Şekil 7: Normal işitenlerin SMRT skorunu gösteren dağılım grafiği



Şekil 8: Koklear implant kullanıcıları ve normal işitenlerin ortalama SMRT skorları ($p < 0,0001$)

SMRT skorundaki 1 RPO'luk artışın konuşmayı anlama skorlarındaki etkisini incelemek için Lineer Regresyon yapılmıştır. Yapılan analiz sonucu aşağıdaki tabloda verilmiştir (Tablo 7).

Tablo 7: Lineer regresyon analizi sonucu elde edilen regresyon katsayısı ve R² değeri

	Sessizlikte Konuşmayı Anlama Testi	+5 dB SNR'da Konuşmayı Anlama Testi	0 dB SNR'da Konuşmayı Anlama Testi
Regresyon Katsayısı (Eğim)	3,04	3,96	5,84
R² Değeri	0,12	0,16	0,28

6.4. Konuşmayı Anlama Skorları ile SMRT Skorları Arasındaki İlişkinin İncelenmesi

SMRT skorları ile konuşmayı anlama skorları arasındaki ilişkinin değerlendirilmesi için Pearson Korelasyon Analizi kullanılmıştır. Tablo 8'de görüldüğü üzere koklear implant kullanıcılarında SMRT skorları ile 0 dB SNR'da gürültüde konuşmayı anlama skorları arasında orta düzeyde anlamlı korelasyon ($r= 0,531$, $p= ,000$), SMRT skorları ve +5 dB SNR'da gürültüde konuşmayı anlama skorları arasında orta düzeyde anlamlı korelasyon ($r= 0,412$, $p= 0,004$), SMRT skorları ve sessiz ortamda konuşmayı anlama skorları arasında zayıf düzeyde anlamlı korelasyon ($r= 0,346$, $p= 0,016$) elde edilmiştir. Normal işiten çocuklarda SMRT skorları ile sessizlikte ve gürültüde konuşmayı anlama skorları arasında korelasyon bulunamamıştır.

Tablo 8: Konuşmayı anlama becerisi ile spektral çözünürlük arasındaki ilişkinin korelasyon katsayısı (r) ve anlamlılık değeri (p)

	Sessizlikte	+5 dB SNR Test Durumunda	0 dB SNR Test Durumunda
Spektral Çözünürlük Becerisi ile Konuşmayı Anlama Becerisi Arasındaki İlişki	p: 0,016 r:= 0,346	p: 0,004 r:= 0,412	p: 0,000 r:= 0,531

6.5. Kronolojik Yaş ile SMRT Skorları Arasındaki İlişkinin İncelenmesi

Kronolojik yaş ile SMRT skorları arasındaki ilişki Pearson korelasyon analizi ile incelenmiştir. Araştırma grubunda kronolojik yaş ile SMRT skorları arasında istatistiksel olarak anlamlı zayıf derecede korelasyon bulunmuştur ($r= 0,298$, $p= 0,039$). Kontrol grubunda kronolojik yaş ile SMRT skorları arasında istatistiksel olarak anlamlı orta derecede korelasyon bulunmuştur ($r= 0,461$, $p=0,024$).

6.6. SMRT Skorları ile İşitme Kaybı Tanı Ayı ve İşitsel Yoksunluk Süresi Arasındaki İlişkinin İncelenmesi

SMRT skorları ile işitme kaybının tanılanma ayı arasındaki ilişki Pearson korelasyon analizi ile incelemiş ve anlamlı ilişki bulunamamıştır ($r= 0,127$, $p >0,05$).

SMRT skorları ile işitsel yoksunluk süresi arasındaki ilişki Pearson korelasyon analizi ile incelemiş ve anlamlı ilişki bulunamamıştır ($r= 0,132$, $p>0,05$).

6.7. İşitme Cihazına Başlama Yaşı ile SMRT Skorları Arasındaki İlişkinin İncelenmesi

SMRT skorları ile işitme cihazına başlama yaşı arasındaki ilişki Pearson korelasyon analizi ile incelenmiştir. SMRT skorları ile işitme cihazına başlama yaşı arasında anlamlı ilişki bulunamamıştır. ($r= 0,180$, $p>0,05$).

6.8. Koklear İmplantasyon Yaşı ile SMRT Skorları Arasındaki İlişkinin İncelenmesi

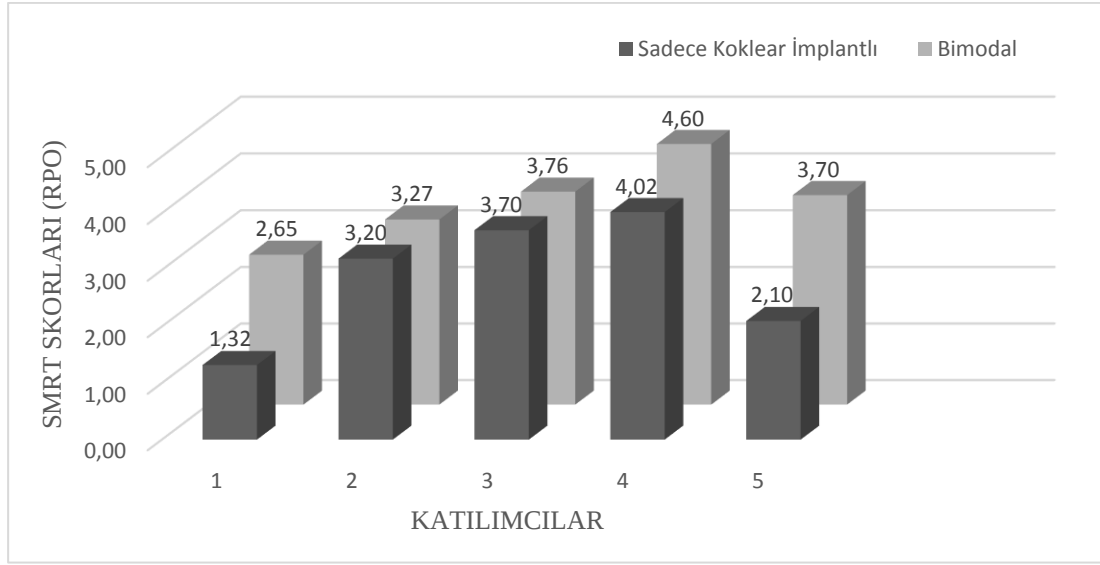
Koklear implantasyon yaşı ile SMRT skorları arasındaki ilişki Pearson korelasyon analizi ile incelenmiştir. Koklear implantasyon yaşı ile SMRT skorları arasında anlamlı ilişki bulunamamıştır ($r= 0,57$, $p>0,05$).

6.9. Koklear İmplant Kullanım Süresi ile SMRT Skorları Arasındaki İlişkinin İncelenmesi

Koklear implant kullanım süresi ile SMRT skorları arasındaki ilişki Pearson korelasyon analizi ile incelenmiştir. Koklear implant kullanım süresi ile SMRT skorları arasında anlamlı ilişki bulunamamıştır ($r= 0,219$, $p>0,05$).

6.10. Bimodal-Bilateral Kullanıcılarda SMRT Skorlarının İncelenmesi

Bimodal kullanıcıların sadece koklear implantlı SMRT skorları ve bimodal cihaz kullanımı durumundaki SMRT skorları örneklem sayısının az olması sebebiyle istatistiksel olarak karşılaştırılamamıştır. Fakat katılımcıların bimodal durumdaki SMRT skorları sadece implantlı oldukları durumdaki SMRT skorlarından daha yüksektir. Bimodal kullanıcıların her birinin sadece koklear implant kullanımı durumunda ve bimodal cihaz kullanımı durumunda SMRT skorlarını gösteren histogram grafiği Şekil 9'da gösterilmiştir.



Şekil 9: Bimodal kullanıcıların sadece koklear implantlıken ve bimodal cihazlı iken SMRT skorları

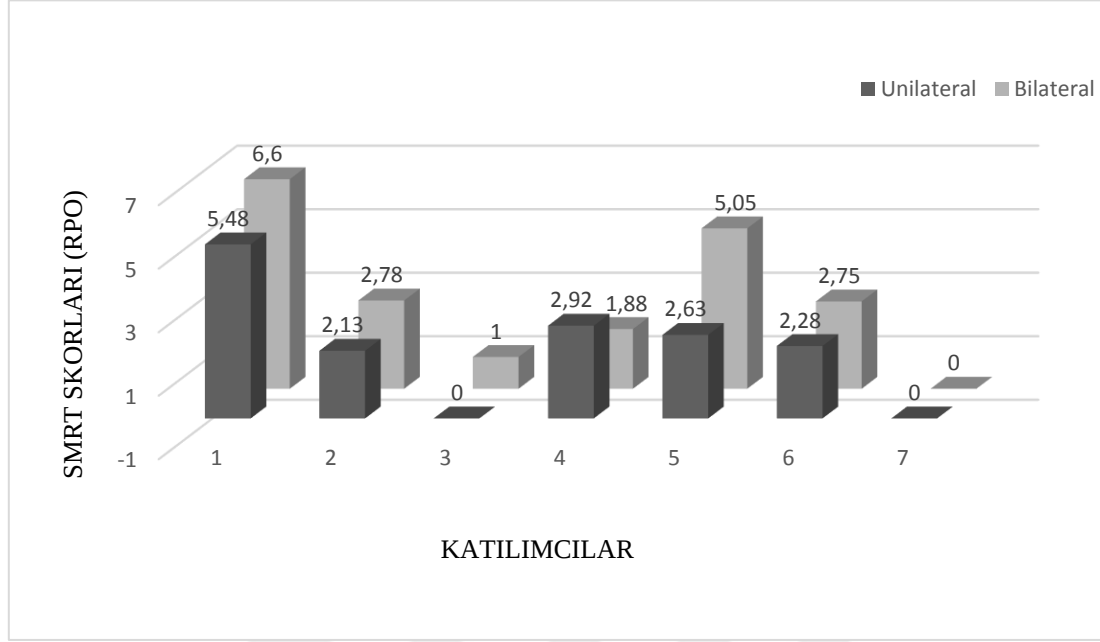
Bimodal kullanıcıların işitme cihazlı serbest alan işitme eşikleri aşağıdaki tabloda verilmiştir (Tablo 9).

Tablo 9: Bimodal kullanıcıların işitme cihazlı serbest alan işitme eşikleri

Katılımcı	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	6000 Hz
1	35 dB HL	30 dB HL	50 dB HL	55 dB HL	35 dB HL	60 dB HL
2	35 dB HL	40 dB HL	45 dB HL	40 dB HL	55 dB HL	60 dB HL
3	45 dB HL	45 dB HL	45 dB HL	60 dB HL	65 dB HL	65 dB HL
4	30 dB HL	35 dB HL	45 dB HL	45 dB HL	55 dB HL	45 dB HL
5	45 dB HL	40 dB HL	45 dB HL	50 dB HL	55 dB HL	65 dB HL

Bilateral koklear implant kullanıcı sayısının az olması sebebiyle bilateral-unilateral koklear implant kullanımı durumlarında SMRT skorları istatistiksel olarak karşılaştırılamamıştır. Sadece 1 katılımcının unilateral (sadece ikinci implant ile) kullandığı skorları daha yüksektir. 1 katılımcının 2. implantı ve bilateral koklear implantlı SMRT skorları aynı, diğer katılımcıların bilateral kullanım durumundaki skorları unilateral kullanım durumundakinden daha yüksektir. Bilateral kullanıcıların her birinin

bilateral koklear implant ve unilateral koklear implant kullanım durumlarında SMRT skorlarını gösteren histogram grafiği Şekil 10’da gösterilmiştir.



Şekil 10: Bilateral koklear implant ve unilateral koklear implant kullanım durumlarında SMRT skorları

6.11. SMRT Ölçümlerindeki Skorların İncelenmesi

İlk SMRT skoru ve ikinci SMRT skoru arasında anlamlı fark olup olmadığı veriler normal dağılım gösterdiği için Paired Samples T Testi ile değerlendirilmiştir. Koklear implant kullanıcılarında ve normal işitenlerde 2 test oturumu skorları arasında anlamlı fark bulunmamıştır ($p>0,05$). Koklear implant kullanıcılarında ilk test oturumundaki SMRT skorları ortalama 2.23 ± 1.43 RPO iken ikinci oturumdaki SMRT skorları ortalaması 2.28 ± 1.66 RPO’ dur. Normal işiten katılımcılarda ise ilk test oturumundaki SMRT skorları ortalama 6.12 ± 1.73 RPO iken ikinci oturumdaki SMRT skorları ortalaması 6.20 ± 1.43 RPO’dur.

7. TARTIŞMA VE SONUÇ

Koklear implant kullanan ve normal işiten çocuklarda spektral çözünürlüğün değerlendirildiği ve spektral çözünürlük becerisi ile konuşmayı anlama becerisi arasındaki ilişkisinin incelendiği çalışmamızın bu bölümünde elde edilen bulgular tartışılmıştır.

Koklear İmplant Kullanıcılarında Daha Zayıf Spektral Çözünürlük

Koklear implantlı grup ve normal işiten grubun SMRT skorları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark gözlenmiştir ($p<0,0001$). Çalışmamızda koklear implantlı katılımcıların ortalama SMRT skoru 2.19 ± 1.54 RPO, normal işiten katılımcıların ortalama SMRT skoru ise 6.16 ± 1.53 RPO elde edilmiştir. Bulgular koklear implant kullanan çocukların spektral çözünürlük becerilerinin normal işiten çocuklara göre daha zayıf olduğunu göstermektedir. Jeddi ve arkadaşlarının 8-12 yaşları arasında 75 prelingual işitme kayıplı koklear implantlı çocukla yaptıkları çalışmada ortalama SMRT skoru 2.18 ± 0.97 RPO bulunmuştur (Jeddi ve ark., 2018). Başka bir çalışmada yaşları 5-13 arasında değişen 20 normal işiten ve 20 koklear implantlı çocuğun SMRT skorları değerlendirilmiş ve koklear implantlı çocukların ortalama SMRT skoru 3.06 RPO, normal işiten çocukların ortalama SMRT skoru ise 8.42 ± 2.08 RPO bulunmuştur (Landsberger ve ark., 2017). DiNino ve Arenberg'in 11-17 yaşları arasında 12 koklear implant kullanıcısı ve 8-17 yaşları arasında normal işiten 34 katılımcıyla yaptıkları çalışmada koklear implant kullanıcılarının ortalama SMRT skoru 2.9 ± 1.9 RPO, normal işiten çocukların ortalama SMRT skoru ise 8.6 ± 1.34 RPO elde edilmiştir.

Koklear implant çalışma yapısı gereği kullanıcıya iletilen spektral bilgiyi önemli ölçüde sınırlamaktadır. Ayrıca elektriksel işitme koklear implant kullanıcılarına iletilen spektral bilginin miktarını ve netliğini etkileyerek akustik işitmedeki gibi doğal bir spektral bilgi akışı sağlayamayabilir. Koklear implant kullanıcılarında spektral çözünürlük becerisi sadece koklear implant sistemine değil implante kokleadaki koşullara ve kişinin spektral bilginin elektriksel temsilini algılama yeteneğine de bağlıdır. Koklear implantın konuşma işlemcisi tarafından spektral kanal sayısı sınırlandırılmaktadır. Konuşma işlemcilerinin çoğu spektral detayı sessizlikte konuşmayı anlayacak kadar temsil edecek kanal sayısına sahip olsa da gürültüde konuşmayı anlama, müzik becerileri gibi alanlarda daha iyi performans için kanal sayısının artırılması ile spektral bilginin daha detaylı sağlanacağı

düşünülmektedir. Fakat kanal sayısını artırmak tam bir çözüm değildir, kullanıcının artmış kanallardan iletilen bilgiyi kullanabilmesi gereklidir.

Ayrıca çeşitli grupların SMRT skorları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bildirilse de SMRT skorlarındaki farkın klinik olarak ne kadar önemli olduğu belirsizliğini korumaktadır. Lawler ve arkadaşları SMRT skorundaki 1 RPO'luk iyileşmenin +8 dB SNR'da AzBio (Arizona Biomedical Institute) cümle testindeki skorda %12,1'lik bir iyileşmeye karşılık geldiğini bildirmiştir (Lawler ve ark., 2017). Çalışmamızda yapılan regresyon analizi sonucunda SMRT skorundaki 1 RPO'luk artışın sessizlikte konuşmayı anlama skorundaki %3,04, +5 dB SNR'da konuşmayı anlama skorunda %3,96 ve 0 dB SNR'da konuşmayı anlama skorunda %5,84'lük artışa denk olduğu öngörülebilir. R^2 değerinin düşük olmasının bağımsız değişkenin değişim aralığının küçük olmasından kaynaklanabileceği düşünülmüştür.

Konuşmayı Anlama Performansı ve Spektral Çözünürlük ile İlişkisi

Odyologların koklear implant kullanıcılarının koklear implanttan sağladığı yararı ölçmesinin bir yolu sessiz ve gürültülü ortamda konuşmayı anlama testleri yapmaktır. Konuşmayı anlama performansı koklear implant kullanıcılarında değişkendir hatta bilateral koklear implant kullanıcılarında iki kulaktan yapılan ölçümlerde fark olabilmektedir. Bu değişkenlik, işitme kaybı süresi, koklear implant öncesi işitme cihazı kullanımı, koklear implant kullanım süresi gibi faktörlerden kaynaklanabilmektedir. Koklear implant kullanıcılarında işitme cihazına başlama ayı ile her 3 durumdaki konuşmayı anlama skorları arasında istatistiksel olarak anlamlı zayıf derecede negatif korelasyon bulunmuştur. İmplantasyon ayı ve sessizlikte konuşmayı anlama skorları arasında istatistiksel olarak anlamlı orta derecede negatif korelasyon elde edilirken +5 dB SNR ve 0 dB SNR'da konuşmayı anlama skorları arasında istatistiksel olarak anlamlı zayıf derecede negatif korelasyon elde edilmiştir. İmplant kullanım süresi ile sadece sessiz durumda konuşmayı anlama skorları arasında zayıf derecede pozitif korelasyon elde edilmiştir. İşitme cihazına başlama ayı ve koklear implantasyon ayı koklear implant kullanıcılarının konuşmayı anlama performansını etkilemektedir. Katılımcıların daha uzun süre implant kullanımıyla implant kullanım süresinin konuşmayı anlama üzerindeki etkisinin ortaya çıkabileceği düşünülmüştür.

Araştırma grubu ve kontrol grubunun konuşmayı anlama skorları arasında her üç test durumunda da istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur ($p<0,0001$). Koklear implant kullanıcılarında konuşmayı anlama performansı üç test durumunda da normal işiten kullanıcılara göre zayıftır. 2 grubun sessizlikte ortalama konuşmayı anlama skorları arasındaki fark %15,28, +5 dB SNR'da ortalama konuşmayı anlama skorları arasındaki fark %19,69 ve 0 dB SNR'da ortalama konuşmayı anlama skorları arasındaki fark %24,54'dür. Gürültü eklendiğinde veya arttığında normal işiten katılımcılar ve koklear implantlı katılımcıların skorları arasındaki fark da artmaktadır.

Teknolojinin ilerlemesi, yenidoğan işitme taramalarının yaygınlaşması, donanımlı odyolog sayısının artması son yıllarda koklear implant kullanımı ve konuşma dili gelişimi için harcanan çabayı artırmıştır. Günümüzde çoğu koklear implant kullanıcısı, sessiz ortamda görsel ipucu olmadan konuşmayı anlamada ve telefon ile konuşmada yüksek performans seviyelerine ulaşabilmektedir. Fakat en iyi koklear implant kullanıcıları bile müzik değerlendirmesinde ve gürültüde konuşmayı anlama gibi zorlu dinleme koşullarında zorlanmaktadır. Teknoloji gelişse de bu sınırlamalar kokleanın doğal yapısının bozulması ve koklear implant tarafından birkaç kanal ile sağlanan azalmış spektral çözünürlük sebebiyle kaçınılmazdır. Zayıf spektral çözünürlük gürültüde anlamayı kısıtlayan önemli bir faktördür.

Normal koklear fonksiyonu olan kişilerin, hedef sinyali arka plandaki gürültüden ayırmalarını sağlayan periferik işleme, koklear implantta sinyal işleme sınırlamaları nedeniyle bozulmaktadır. Gürültülü ortamlarda konuşmayı anlamının zor olduğu göz önüne alındığında koklear implantlı çocukların gürültülü ortamlarda konuşmayı anlamada normal işiten çocuklardan daha fazla sıkıntı yaşaması şaşırtıcı değildir. Gürültülü ortamlarda, konuşmanın anlaşılmasını etkilediği düşünülen algısal ve bilişsel süreçlerin bazıları da bozulmaktadır. Bu durum da muhtemelen koklear implantlı çocukların gürültüyü anlamada yaşadığı sorunları artırmaktadır. Koklear implantlı çocukların, konuşmayı anlama becerisini sınırlayan bir faktör de normal işiten akranları kadar iyi oluşturulmuş fonemik kategorilerinin olmamasıdır (Geers ve Hayes, 2011; Johnson ve Goswami, 2010). Normal işiten akranlarıyla karşılaştırıldığında, koklear implant kullanan çocuklar genel olarak dil yapısını tanımakta (Niparko ve ark., 2010) ve kelime hazinesi oluşturmakta (Hayes ve ark., 2009; James ve ark., 2009) zorlanmaktadır. Koklear implantlı

çocuklarda daha geniş dil eksikliklerinin, bu çocukların gürültülü ortamda konuşmayı anlama becerisini etkilemesi gayet normaldir.

Bulgularımız koklear implant kullanıcılarında spektral çözünürlük becerisi ile konuşmayı anlama becerisinin ilişkili olduğunu göstermektedir. Konuşmayı anlama testinin uygulanma durumu zorlaştıkça spektral çözünürlük ve konuşmayı anlama becerisinin ilişkisinin derecesi ve anlamlılığı artmaktadır.

Normal işitenlerde spektral çözünürlük becerisi ile konuşmayı anlama becerisi arasında anlamlı ilişki bulunamamıştır. SMRT skorları ve konuşmayı anlama skorları arasında ilişki çıkmaması konuşmayı anlama becerisini test etmek için kullanılan konuşmayı anlama testinin skorlarının normal işitenlerde çok yüksek elde edilmesidir. Sessiz ortamda konuşmayı anlama skoru sadece 1 katılımcıda %96 elde edilmiş, geri kalan katılımcıların skorları %100'dür. +5 dB SNR'da konuşmayı anlama skorları %84 ve %100 arasında değişmektedir. 0 dB SNR'da konuşmayı anlama skorları %76 ve %100 arasında değişmektedir. Konuşmayı anlama skorlarındaki tavan etkisini azaltmak veya ortadan kaldırmak için farklı test materyalleri kullanımıyla veya birden çok test materyalinin bir arada kullanımıyla daha geniş performans yelpazesi sağlayarak konuşmayı anlama becerisi ile spektral çözünürlük becerisi arasındaki ilişkinin incelenmesi gerekmektedir.

Jeddi ve arkadaşlarının koklear implant kullanan çocuklarla yaptıkları çalışmada SMRT skorları ile konuşmayı anlama skorları arasında orta derecede anlamlı korelasyon ($r=0.573$, $p<0.001$) ve cümle anlama skorları arasında orta derecede anlamlı korelasyon ($r=0.556$, $p<0.001$) bulunmuştur. DiNino ve Arenberg'in çalışmasında koklear implant kullanan çocuklarda SMRT skorları ve sessizlikte ünlü tanıma skorları arasında korelasyon bulunurken gürültüde ünlü tanıma arasında korelasyon bulunamamıştır (DiNino ve Arenberg., 2018).

SMRT'de kullanılan uyarının konuşma uyarısı gibi kompleks seslerin spektral özelliklerini içeren ve geniş bant spektral işlemelemenin değerlendirilmesini sağlayan dilsel olmayan bir uyarıcı olması fonemik bilgi, dilbilimsel yapı bilgisi ve sentaks bilgisi olmaksızın spektral çözünürlüğün değerlendirilmesini sağlamaktadır. SMRT skorları ve konuşmayı anlama skorlarının korele olması SMRT'nin anadili farklı olan kullanıcılarda, konuşmayı anlama testlerini tamamlayamayacak küçük çocuklarda veya artikülasyon

problemleri nedeniyle tam yanıt alınamayan kullanıcılarda konuşmayı anlama becerisinin tahmini için kullanılabileceğini göstermektedir. Konuşmayı anlama skorları ve SMRT skorları arasındaki korelasyon çocuğun mevcut konuşma veya dil yeteneğine bağlı olmadan koklear implanttan sağlanan konuşma ve iletişim yararını öngören bir psikoakustik test klinisyenler için büyük öneme sahiptir. İşitme kayıplı çocukların, koklear implant kullanan veya işitme cihazı kullanan çocukların işitsel sistemi ile zayıf sınıf akustığı birleştiğinde bu çocuklar eğitim zorlukları bakımından risk altındadır. Gürültüde konuşmayı anlama okul ortamına girmeye hazırlanan ve okula başlayan çocuklarda akademik başarıda önemli rol oynamaktadır. SMRT skorları ve gürültüde konuşmayı anlama skorları arasındaki korelasyon çocuklarda gürültüde konuşmayı anlamanın değerlendirilmesinin pratik bir yolunun SMRT olabileceğini düşündürmüştür. Bunlarla birlikte SMRT'nin konuşmayı anlama testlerinin uygulanamadığı durumlarda konuşmayı anlama becerisini tahmin etmekte ve konuşmayı anlama becerisinin gelişimini takip etmekte rutin olarak kullanılabilmesi için daha fazla çalışma yapılması gerekmektedir.

Kronolojik Yaşın Spektral Çözünürlük Üzerine Etkisi

Çalışmaya dahil edilen, normal işiten çocukların hepsi SMRT testini tamamlayabilmiştir. SMRT testi normal işiten 5 yaşındaki çocuklara rahatça uygulanabilir. Koklear implantlı 2 çocuk testi anlayamadığı için testi tamamlayamamıştır.

Her iki grupta da kronolojik yaş ile spektral çözünürlük becerisi ilişkilidir. Literatüre bakıldığında spektral çözünürlük becerisinin değerlendirildiği çeşitli psikoakustik testlerle yapılan çalışmalarda kronolojik yaş ile spektral çözünürlük ilişkisiyle ilgili farklı sonuçlar mevcuttur. Bazı çalışmalarda spektral çözünürlük becerisinin yaşı bir fonksiyonu olarak geliştiği bildirilmiştir (Kirby ve ark., 2015; Rakita, 2012). Landsberger ve arkadaşları normal işitenlerde SMRT skorları ve yaş arasında korelasyon gözlemiş fakat koklear implant kullanan çocuklarda yaş ve SMRT skorları arasında ilişki gözlememiştir (Landsberger ve ark., 2018). Gifford ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada kronolojik yaş ve spektral çözünürlük arasında ilişki saptanmamıştır (Gifford ve ark., 2018).

Kontrol grubunda spektral çözünürlük ve kronolojik yaş arasında orta derecede istatistiksel olarak anlamlı korelasyon ($r=0,461$, $p<0,05$), araştırma grubunda ise zayıf derecede istatistiksel olarak anlamlı korelasyon gözlenmiştir ($r=0,298$, $p<0,05$). Araştırma

grubundaki daha zayıf ilişkinin koklear implant kullanıcılarında mevcut olan ek değişkenlere bağlı olabileceği düşünülmüştür. Her ne kadar kronolojik yaş ve SMRT skorları korele çıksa da koklear implantlı grupta daha çok olmakla beraber her iki grupta da değişken skorlar mevcuttur. Aynı gruptaki ve aynı yaş aralığındaki katılımcılarda değişken bireysel performans gözlenmesi, dikkat ve yürütücü işlevler gibi bilişsel becerilere bağlı olabilir. Bu alanlardaki gelişimsel farklılıklar değişken skorlara neden olmuş olabilir. SMRT skorlarının kronolojik yaş ile pozitif ilişkili olması sadece işitsel sistemin spektral işleme kapasitesinin yaşa bağlı gelişimine bağlı olmayabilir. Kirby ve arkadaşları SMRT ile sözel olmayan zeka ve görsel çalışma belleği arasında ilişki gözlerken, spektro-zamansal dalgalanma ayırım eşiğiyle sözel çalışma belleği, yürütücü işlevler ve dil becerisi ile ilişki gözlememişlerdir (Kirby ve ark., 2019). SMRT'nin bilişsel fonksiyonlardan nasıl etkilendiğinin incelenmesi, SMRT ile saf bir spektral çözünürlük değerlendirmesi yapabilmek için önemlidir. İdeal bir spektral çözünürlük incelemesi için testin yürütücü işlevler, bilişsel durum gibi faktörlerden bağımsız olması gerekmektedir.

Spektral Çözünürlük ile İşitsel Yoksunluk Süresi, İşitme Cihazına Başlama Ayı, Koklear İmplantasyon Ayı, Koklear İmplant Kullanım Süresi İlişkisi

SMRT skorları ile işitsel yoksunluk süresi, işitme cihazına başlama ayı, koklear implantasyon ayı, koklear implant kullanım süresi gibi odyolojik değişkenler arasında ilişki bulunamamıştır.

Koklear implant kullanımı öncesi işitsel yoksunluk süresi spektral çözünürlük becerisinin olgunlaşmasını etkileyebilir. Fakat bizim çalışmamızda işitsel yoksunluk süresi ve SMRT skorları arasında ilişki bulunamamıştır. Bunun sebebinin katılımcıların çoğunun işitsel yoksunluk süresinin çok kısa olması olabileceği düşünülmüştür. İşitsel yoksunluk süresinin hesaplanmasında işitme kaybı tanı yaşı ve işitme cihazına başlama yaşı arasındaki süre temel alınmıştır. İşitme kaybı tanı yaşından önce işitme kaybı olup olmadığı bilinmeyen katılımcıların işitsel yoksunluk süresi yanıltıcı olabilir. Bu gibi faktörler işitsel yoksunluk ve spektral çözünürlük arasındaki ilişkinin incelenmesini zorlaştırmaktadır.

Landsberger ve arkadaşları yaşları 5-13 arasında 20 prelingual koklear implant kullanıcısı çocukla yaptıkları çalışmada SMRT skorları ile koklear implantasyon yaşı ve koklear implant kullanma süresi arasında anlamlı ilişki bulamamışlardır (Landsberger ve

ark., 2018). DiNino ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada koklear implant kullanıcılarında SMRT performansı ile spektral çözünürlük maturasyonu değerlendirilmiş ve normal işitenlerin 8 yaşındayken, koklear implant kullanıcılarının ise koklear implantlı 13.7 yaşındayken spektral çözünürlüğün olgunlaştığı gözlenmiştir (DiNino ve Arenberg, 2018). Bu çalışmanın sonucu koklear implant yaşının koklear implant kullanıcılarının SMRT performansında rol oynayabileceğini düşündürmesine rağmen Landsberger ve arkadaşlarının 2017’de yaptığı çalışmada implantasyon yaşı ile SMRT skorları arasında ilişki bulmamıştır (Landsberger ve arkadaşları, 2018). Bu iki çalışma arasındaki tutarsızlık DiNino ve Arenberg’in çalışmasındaki katılımcıların koklear implantla geçirdikleri sürenin daha fazla olmasıyla açıklanmıştır. DiNino ve Arenberg’in çalışmasında koklear implant ile geçirilen süre 11.94–17.92 yıl arasında iken Landsberger ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada 6.0–13.1 yıl arasındadır. Bizim çalışmamızda ise koklear implant ile geçirilen süre 0.5-10.1 yıl, ortalama 5.87 yıldır. Koklear implant ile geçirilen sürenin spektral çözünürlük üzerindeki etkisi, kişi koklear implantını daha uzun bir süre boyunca kullanana kadar ölçülür hale gelmeyebilir. Ek olarak, işitsel sistemin gelişimi ile işitsel deneyim arasındaki etkileşim daha sonraki kronolojik yaşlarda daha belirgin olabilir.

Bu bulgular prelingual işitme kayıplı çocuklarda spektral çözünürlüğün gelişmesinin engellenebileceğini gösterse de koklear implantla geçirilen süre ve alınan eğitim arttıkça spektral çözünürlük becerisinde gelişme olabileceği düşünülmektedir.

Bilateral ve Bimodal Kullanım Durumlarında SMRT Skorlarının İncelenmesi

Çalışmamıza katılan bilateral-bimodal kullanıcı sayısının çok az olması nedeniyle gruplar arası veya grup içinde istatistiksel analiz yapılamamıştır. Fakat katılımcıların bilateral-unilateral koklear implant kullanımı ve bimodal-sadece koklear implant kullanımı durumlarında elde ettiği SMRT skorları incelenmiştir. Bilateral 7 kullanıcıdan biri 2. implantı ile yapılan SMRT ölçümünde daha yüksek skor elde etmiştir ve sadece 1 katılımcının ilk ve ikinci implantla elde ettiği SMRT skoru aynıdır. Bilateral kullanıcıların sadece ikinci implantları ile ortalama SMRT skoru 2.20 RPO iken, bilateral durumda ortalama SMRT skoru 2.86 RPO bulunmuştur. Katılımcıların büyük çoğunluğu bilateral koklear implant kullanım durumunda daha iyi spektral çözünürlük becerisine sahiptir. Landsberger ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada katılımcıların ilk implantlarıyla ve

bilateral durumda, unilateral duruma göre daha iyi spektral çözünürlük performansları olduğu bulunmuştur (Landsberger ve ark., 2018). Bu bulgu, iki implant arasındaki olası uyumsuzluklara rağmen erken implantlandırılmış çocuklarda spektral işleme için bilateral gelişme ve adaptasyon olasılığını düşündürmektedir. DiNino ve Arenberg ise yaptıkları çalışma sonucunda ilk ve ikinci implant ile SMRT skorları arasında anlamlı fark gözlememişlerdir (DiNino ve Arenberg, 2018).

Bilateral implantasyonda önemli bir husus implantlar arasındaki süredir. Gordon ve Papsin, implantlar arasındaki süre 2 yıl veya daha fazlaysa implante edilen ikinci kulakta ilk implante edilen kulaktan daha kötü gürültüde konuşmayı anlama performansı olduğunu bildirmişlerdir (Gordon ve Papsin, 2009). Fitzgerald ve arkadaşları, sessizlikte konuşmayı anlama performansı ile implantasyonlar arasında geçen süre arasında negatif korelasyon bulmuşlardır (Fitzgerald ve ark.,2013). Ameliyatlar arasındaki süre 9 yıldan fazla olduğunda, sessiz ortamda iki kulak arasındaki konuşmayı anlama skoru farkı ortalama %54 puana kadar yükselmiştir (Illg ve ark, 2013). Landsberger ve arkadaşlarının SMRT kullanarak yaptıkları çalışma sonucunda ise sıralı implantasyon arasındaki zaman aralığının çocuklar için spektral çözünürlük üzerinde bir etkiye sahip olmadığı bulunmuştur. Ayrıca ikinci implant ile geçirilen süre bilateral veya unilateral durumda SMRT skorları üzerinde bir etkiye sahip değildir (Landsberger ve ark., 2018).

Bimodal cihaz kullanımı olan 5 katılımcının 5'inin de bimodal durumda elde ettiği SMRT skorları daha yüksektir. Sadece koklear implant kullanımındaki ortalama SMRT skoru 2.87 RPO iken bimodal kullanım durumundaki ortalama SMRT skoru 3.60 RPO'dur. Katılımcılarımızın bimodal cihaz kullanım durumunda daha iyi spektral çözünürlük sağladığı görülmektedir. Bimodal işitme alçak frekans bilgisi sağlayarak spektral bilginin daha iyi temsilini sağlayabilir. Koklear implant olmayan kulakta akustik işitmenin zayıf olmasına rağmen bimodal işitmede daha iyi spektral çözünürlüğün olması akustik işitmeyle sağlanan daha iyi frekans çözünürlüğüyle ilişkilendirilmiştir. Birçok bimodal kullanıcı bimodal durumda müzik dinlerken müziğin daha doğal geldiğini bildirmişlerdir (Crew ve ark., 2015). Yapılan çalışmalar sonucunda işitme cihazlı veya bimodal durumda yalnızca koklear implant kullanım durumuna göre daha iyi melodi tanıma performansı olduğu bulunmuştur (Kong ve ark., 2005; Yoon ve ark., 2012).

Öğrenme Etkisi

SMRT testi uygulanırken her katılımcıya önce bir eğitim oturumu düzenlenmiş ve katılımcıyla interaktif olarak test yapılmıştır. Daha sonra 2 kere SMRT testi uygulanmış ve bu iki oturumdaki SMRT testinin ortalaması SMRT skoru olarak belirlenmiştir. 2 oturumun SMRT skorları arasında hem araştırma grubunda hem kontrol grubunda anlamlı bir iyileşme gözlenmemiştir ($p>0,05$).

Genel olarak, temel psikofiziksel becerilerin değerlendirilmesinin öğrenme etkisiyle değişmeyen bir işitsel ölçüm sağladığı varsayılmaktadır (Won ve ark., 2010). Spektral çözünürlüğün değerlendirilmesinde kullanılan psikoakustik testlerde öğrenme etkisinin araştırıldığı çalışmalarda öğrenme etkisi bulunamamıştır. Won ve arkadaşlarının 2007 yılında SRD testi ile spektral çözünürlüğü değerlendirdikleri çalışmalarında SRD testini 6 tekrar ve 2 günde uygulamışlar ve 2 gün arasındaki ölçümlerde ve 6 ölçüm arasında öğrenme etkisi bulamamışlardır (Won ve ark., 2007). Drennan ve arkadaşları 2010'da SRD testini 9 tekrara kadar uyguladıkları çalışmalarında öğrenme etkisi bulamamışlardır (Drennan ve ark., 2010). Jong ve arkadaşlarının 2017 yılında SMRT' de öğrenme etkisini araştırdıkları çalışmalarında aynı gündeki SMRT ölçümleri arasında öğrenme etkisi gözlenmezken, ilk hafta ve 6. Haftada yaptıkları ölçümler arasında öğrenme etkisi gözlenmiştir. Öğrenmenin etkisi tek oturumda gözlenmese de uzun süre içinde öğrenme etkisi araştırıldığında gözlenmektedir (de Jong ve ark., 2017). Fakat skorlarda elde edilen bu iyileşmenin SMRT'deki öğrenme etkisinden mi yoksa spektral çözünürlükteki gelişmeden mi kaynaklandığı belirsizdir.

Çalışmamızda 2 test oturumu arasında öğrenme etkisi gözlenmemesi SMRT'nin spektral çözünürlük performansının öğrenme etkisi olmaksızın değerlendirildiğini göstermektedir. Fakat öğrenmenin etkisinin daha iyi araştırılması için uzun süreye yayılmış ve daha fazla tekrarlı SMRT skorları arasında karşılaştırma yapılması gerekmektedir. Bununla beraber test edilen katılımcıların spektral çözünürlük becerilerinde iyileşme olup olmadığı belirlenmeden uzun süreli ölçümlerde öğrenme etkisini net olarak değerlendirmek mümkün olmayabilir.

Sonuç

SMRT spektral çözünürlük becerisini ölçmekte güvenilir olmakla birlikte konuşmayı anlama becerisinin geleneksel yöntemlerle test edilemediği bireylerde konuşmayı anlama becerisi hakkında bilgi vermektedir. Dilsel bilgi içermeyen bir test olması sonuçların evrensel olarak yorumlanmasını sağlamaktadır. Ayrıca uygulama kolaylığı, test süresinin kısalığı, katılımcıların testi klinisyen olmadan da uygulayabilmeleri klinik ortamda kullanım için avantaj sağlamaktadır. Çalışmamızda tek heceli kelimeler ile konuşmayı anlama becerisi değerlendirilmiştir. Tek heceli kelimelere ek olarak fonem tanıma, cümle anlama gibi farklı konuşma testi materyalleri ile de SMRT arasındaki ilişkiyi incelemek SMRT ile konuşma testleri arasındaki ilişkinin daha net ortaya konmasını sağlar. SMRT'nin konuşmayı anlama becerisinin gelişimini takip etmekte de kullanılabilmesi için daha fazla çalışma yapılması gerekmektedir.

Katılımcıların hepsi işitme cihazından yeterli fayda görmeyip koklear implant kullanıcısı olsa da işitme kayıplarının nasıl ilerlediği ve işitme cihazından gördükleri fayda değişken ve belirsizdir. İşitme cihazına başlama yaşı, implantasyon yaşı gibi odyolojik değişkenler ile SMRT skorları arasında ilişki olmaması bu bireyselliğin bir sonucu da olabilir.

Odyolojik değişkenler ile spektral çözünürlük becerisi arasındaki ilişkinin açıkça ortaya konması için çok daha homojen gruplar ile daha uzun süreli çalışmalara gerek vardır.

Kanal sayısını değiştirerek veya kanallar arasındaki etkileşimi azaltarak spektral çözünürlük iyileştirilebilir. Özellikle küçük çocukların spektral çözünürlüğünü iyileştirmek için tasarlanmış bir işleme stratejisi yararlı olabilir. Fakat unutulmamalıdır ki spektral çözünürlük kanal sayısına bağlı olduğu kadar bireyin spektral bilgiyi ne kadar kullanabildiğiyle de ilgilidir.

Sınırlılıklar

SMRT ile spektral çözünürlük becerisinin ilişkisinin saf bir şekilde incelenmesi için katılımcıların bilişsel fonksiyonları da değerlendirilmelidir. Dikkat, kısa süreli hafıza, yürütücü işlevler gibi fonksiyonlar ile SMRT arasındaki ilişki incelenmelidir. Bu fonksiyonlar çalışmamızda çocukların işitsel görevdeki performansını etkilemiş olabilir.

8. KAYNAKÇA

Abbas, P. J., Hughes, M. L., Brown, C. J., Miller, C. A., & South, H. Channel interaction in cochlear implant users evaluated using the electrically evoked compound action potential. *Audiology and Neurotology*. 2004;9(4):203-213.

Allen, P., & Wightman, F. Psychometric functions for children's detection of tones in noise. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*. 1994;37(1):205-215.

Anderson S.E. Spectral Resolution and Speech Recognition in Noise by Cochlear Implant Users. University of Minnesota, Speech- Language- Hearing Sciences, Doktora Tezi, 2011, ABD (Danışman: Peggy B. Nelson, Ph.D., Robert S. Schlauch, Ph.D.)

Anderson, E. S., Nelson, D. A., Kreft, H., Nelson, P. B., & Oxenham, A. J. 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):364-375.

Anderson, E. S., Oxenham, A. J., Nelson, P. B., & Nelson, D. A. (2012). Assessing the role of spectral and intensity cues in spectral ripple detection and discrimination in cochlear-implant users. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2012;132(6):3925-3934.

Aronoff, J. M., & Landsberger, D. M. The development of a modified spectral ripple test. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2013;134(2):EL217-EL222.

Aronoff, J. M., Stelmach, J., Padilla, M., & Landsberger, D. M. Interleaved processors improve cochlear implant patients' spectral resolution. *Ear and hearing*. 2016;37(2):e85.

Azadpour, M., & McKay, C. M. A psychophysical method for measuring spatial resolution in cochlear implants. *Journal of the Association for Research in Otolaryngology*. 2012;13(1):145-157.

Bernstein, L. R., & Green, D. M. (1987). Detection of simple and complex changes of spectral shape. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 1987;82(5):1587-1592.

Bischof, H.-J. Behavioral and neuronal aspects of developmental sensitive periods. *NeuroReport*. 2007;18(5):461–465.

Blagosklonova, N., Markova, E., Novikova, L., Rybalko, N., & Supin, A. Auditory frequency resolving power in normal children and ones with hearing loss. *International Journal of Psychophysiology*. 1989;7(2-4):148-149.

Coelho, A. C. D. C., Bevilacqua, M. C., Oliveira, G., & Behlau, M. Relationship between voice and speech perception in children with cochlear implant. *Pró-Fono Revista de Atualização Científica*. 2009;21(1):7-12.

Crew, J. D., Galvin III, J. J., Landsberger, D. M., & Fu, Q. J. Contributions of electric and acoustic hearing to bimodal speech and music perception. *PLoS One*, 2015;10(3):e0120279.

Davies-Venn, E., Nelson, P., & Souza, P. Comparing auditory filter bandwidths, spectral ripple modulation detection, spectral ripple discrimination, and speech recognition: Normal and impaired hearing. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2015;138(1):492-503.

de Jong, M. A., Briare, J. J., & Frijns, J. H. Learning effects in psychophysical tests of spectral and temporal resolution. *Ear and hearing*. 2018;39(3):475-481.

de Jong, M. A., Briare, J. J., & Frijns, J. H. Take-Home Trial Comparing Fast Fourier Transformation-Based and Filter Bank-Based Cochlear Implant Speech Coding Strategies. *BioMed Research International*. 2017;2017.

DiNino, M., & Arenberg, J. G. Age-Related Performance on Vowel Identification and the Spectral-temporally Modulated Ripple Test in Children With Normal Hearing and With Cochlear Implants. *Trends in hearing*. 2018;22:2331216518770959.

Dorman, M. F., Loizou, P. C., & Rainey, D. Speech intelligibility as a function of the number of channels of stimulation for signal processors using sine-wave and noise-band outputs. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 1997;102(4):2403-2411.

- Drennan, W. R., & Rubinstein, J. T. Music perception in cochlear implant users and its relationship with psychophysical capabilities. *Journal of Rehabilitation Research And Development*. 2008;45(5):779.
- Drennan, W. R., Oleson, J. J., Gfeller, K., Crosson, J., Driscoll, V. D., Won, J. H., & Rubinstein, J. T. Clinical evaluation of music perception, appraisal and experience in cochlear implant users. *International journal of audiology*. 2015;54(2):114-123.
- Drennan, W. R., Won, J. H., Nie, K., Jameyson, E., & Rubinstein, J. T. Sensitivity of psychophysical measures to signal processor modifications in cochlear implant users. *Hearing research*. 2010;262(1-2):1-8.
- Eddins, D. A., & Bero, E. M. Spectral modulation detection as a function of modulation frequency, carrier bandwidth, and carrier frequency region. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2007;121(1):363-372.
- Eisenberg, L. S., Shannon, R. V., Schaefer Martinez, A., Wygonski, J., & Boothroyd, A. (2000). Speech recognition with reduced spectral cues as a function of age. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2000;107(5):2704-2710.
- Escabí, M. A., & Read, H. L. Neural mechanisms for spectral analysis in the auditory midbrain, thalamus, and cortex. *International review of neurobiology*. 2005;70:207-252.
- Estabrooks, W. Auditory-Verbal therapy: theory and practice. Washington DC, AG Bell. Association for the Deaf; 2006, p: 92-112.
- Fitzgerald, M. B., Green, J. E., Fang, Y., et al. (2013). Factors influencing consistent device use in pediatric recipients of bilateral cochlear implants. *Cochlear Implants International*, 2013;14:257–265.
- Fu, Q. J., Shannon, R. V., & Wang, X. (1998). 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):3586-3596.

Geers, A. E., & Hayes, H. Reading, writing, and phonological processing skills of adolescents with 10 or more years of cochlear implant experience. *Ear and hearing*; 2011;32(1), 49S.

Gifford, R. H., Noble, J. H., Camarata, S. M., Sunderhaus, L. W., Dwyer, R. T., Dawant, B. M., ... & Labadie, R. F. The relationship between spectral modulation detection and speech recognition: adult versus pediatric cochlear implant recipients. *Trends in Hearing*. 2018;22:2331216518771176.

Goehring, T., Archer-Boyd, A., Deeks, J. M., Arenberg, J. G., & Carlyon, R. P. A Site-Selection Strategy based on Polarity Sensitivity for Cochlear Implants: Effects on Spectro-Temporal Resolution and Speech Perception. *Journal of the Association for Research in Otolaryngology*, 2019;1-18.

Gordon, K. A., & Papsin, B. C. Benefits of short interimplant delays in children receiving bilateral cochlear implants. *Otology Neurotology*, 2009;30:319–331.

Edward B. “Hearing Aids and Hearing Impairment.” In S. Greenberg, W.A. Ainsworth, A.N. Popper and R. Fay, eds. *Speech Processing in the Auditory System*. Springer-Verlag, New York. 2004, p:377.

Hammes, D. M., Willis, M., Novak, M. A., Edmondson, D. M., Rotz, L. A., & Thomas, J. F. Early identification and cochlear implantation: critical factors for spoken language development. *Annals of Otology, Rhinology & Laryngology*. 2002;111(5):74-78.

Hayes, H., Geers, A. E., Treiman, R., & Moog, J. S. Receptive vocabulary development in deaf children with cochlear implants: Achievement in an intensive auditory-oral educational setting. *Ear and hearing*. 2009;30(1):128-135.

Henry, B. A., & Turner, C. W. The resolution of complex spectral patterns by cochlear implant and normal-hearing listeners. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2003;113(5):2861-2873.

Henry, B. A., Turner, C. W., & 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):1111-1121.

Hoff, E. Language Development. 4th Ed. International Students Edition. Belmont, CA: Wadsworth Cengage Learning; 2009, p:83.

Horn, D. L., Dudley, D. J., Dedhia, K., Nie, K., Drennan, W. R., Won, J. H., ... & Werner, L. A. (2017). Effects of age and hearing mechanism on spectral resolution in normal hearing and cochlear-implanted listeners. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2017;141(1):613-623.

Horn, D. L., Won, J. H., Rubinstein, J. T., & Werner, L. A. Spectral ripple discrimination in normal hearing infants. *Ear and hearing*. 2017;38(2):212.

Illg, A., Giourgas, A., Kral, A., et al. Speech comprehension in children and adolescents after sequential bilateral cochlear implantation with long interimplant interval. *Otology Neurotology*. 2013;34:682–689.

Irvine, D. R. F., & Malmierca, M. S. Auditory Spectral Processing: An Overview. In M. S. Malmierca, & D. R. F. Irvine, eds. *Auditory Spectral Processing*. 1st ed. UK: Elsevier; 2005, p: 1 – 6

James, D., Rajput, K., Brown, T., Sirimanna, T., Brinton, J., & Goswami, Phonological awareness in deaf children who use cochlear implants. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*. 2005;48(6):1511-28

Jeddi, Z., Lotfi, Y., Moossavi, A., Bakhshi, E., & Hashemi, S. B. Correlation between Auditory Spectral Resolution and Speech Perception in Children with Cochlear Implants. *Iranian Journal of Medical Sciences*. 2019.

Johnson, C., & Goswami, U. Phonological awareness, vocabulary, and reading in deaf children with cochlear implants. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*; 2010;53(2):237-61.

Jones, G. L., Ho Won, J., Drennan, W. R., & Rubinstein, J. T. Relationship between channel interaction and spectral-ripple discrimination in cochlear implant users. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2013;133(1):425-433.

Jung, K. H., Won, J. H., Drennan, W. R., Jameyson, E., Miyasaki, G., Norton, S. J., & Rubinstein, J. T. Psychoacoustic performance and music and speech perception in prelingually deafened children with cochlear implants. *Audiology and Neurotology*. 2012;17(3):189-197.

Kirby, B. J., Browning, J. M., Brennan, M. A., Spratford, M., & McCreery, R. W. Spectro-temporal modulation detection in children. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2015;138(5): EL465-EL468.

Kirby, B. J., Spratford, M., Klein, K. E., & McCreery, R. W. Cognitive Abilities Contribute to Spectro-Temporal Discrimination in Children Who Are Hard of Hearing. *Ear and hearing*, 2018;40(3):645-650.

Kong, Y. Y., Stickney, G. S., & Zeng, F. G. Speech and melody recognition in binaurally combined acoustic and electric hearing. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 2005;117(3):1351-1361.

Landsberger, D. M., Padilla, M., Martinez, A. S., & Eisenberg, L. S. Spectral-temporal modulated ripple discrimination by children with cochlear implants. *Ear and hearing*. 2018;39(1):60-68.

Larsby, B., & Arlinger, S. (1999). Auditory temporal and spectral resolution in normal and impaired hearing. *Journal of the American Academy of Audiology*. 1999;10(4):198-210.

Lawler, M., Yu, J., & Aronoff, J. M. 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):760-766.

Leek, M. R., Dorman, M. F., & Summerfield, Q. Minimum spectral contrast for vowel identification by normal-hearing and hearing-impaired listeners. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 1987;81(1):148-154.

Litvak, L. M., Spahr, A. J., Saoji, A. A., & Fridman, G. Y. 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):982-991.

Loizou, P. C., & Poroy, O. Minimum spectral contrast needed for vowel identification by normal hearing and cochlear implant listeners. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2001;110(3):1619-1627.

Colette M. McKay. "Spectral Processing in Cochlear Implants". *Auditory Spectral Processing: An Overview*. In M. S. Malmierca, & D. R. F. Irvine, eds. *Auditory Spectral Processing*. 1st ed. UK: Elsevier; 2005, p: 476

Moeller, M. P. Early intervention and language development in children who are deaf and hard of hearing. *Pediatrics*. 2000;106(3): E43.

Moore, B. C. Basic psychophysics of human spectral processing. *International review of neurobiology*. 2005;70:49-86.

Moore, B. C. Cochlear hearing loss: physiological, psychological and technical issues. UK: John Wiley & Sons. 2007, p:1-266.

Moore, B. C. Frequency selectivity and temporal resolution in normal and hearing-impaired listeners. *British Journal of Audiology*. 1985;19(3):189-201.

Nahe, V. K., Sharma, M., Van Dun, B., Bansal, S., Prabhu, L., & Moore, B. C. Effects of spectral smearing on performance of the spectral ripple and spectro-temporal ripple tests. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2016;140(6):4298-4306.

Nelson, D. A., Van Tasell, D. J., Schroder, A. C., Soli, S., & Levine, S. (1995). Electrode ranking of "place pitch" and speech recognition in electrical hearing. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 1995;98(4):1987-1999.

Niparko, J. K. (Ed.). *Cochlear implants: Principles & practices*. 2nd ed. Philadelphia: Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins; 2009, p:97-98.

Niparko, J. K., Tobey, E. A., Thal, D. J., Eisenberg, L. S., Wang, N. Y., Quittner, A. L., ... & CDaCI Investigative Team. Spoken language development in children following cochlear implantation. *Jama*. 2010;303(15):1498-1506.

Olsho, L. W., Koch, E. G., & Halpin, C. F. Level and age effects in infant frequency discrimination. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 1987;82(2):454-464.

Parikh, G., & Loizou, P. C. (2005). The influence of noise on vowel and consonant cues. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2005;118(6):3874-3888.

Peter, V., Wong, K., Narne, V. K., Sharma, M., Purdy, S. C., & McMahon, C. Assessing spectral and temporal processing in children and adults using temporal modulation transfer function (TMTF), iterated ripple noise (IRN) perception, and spectral ripple discrimination (SRD). *Journal of the American Academy of Audiology*. 2014;25(2):210-218.

Plack, C. J. *The sense of hearing*. 2nd ed. New York, NY, US: Psychology Press; 2014, p:88-91

Rakita L. Spectral modulation detection in normal hearing children. Washington University School of Medicine. Program in Audiology and Communication Sciences, Doktora Tezi, 2012, ABD (Danışman; Rosalie Uchanski, Ph.D.).

Rayes, H., Sheft, S., & Shafiro, V. Discrimination of static and dynamic spectral patterns by children and young adults in relationship to speech perception in noise. *Audiology research*. 2014;4(1).

Rosen, S. Temporal information in speech and its relevance for cochlear implants. *Cochlear Implant: Acquisitions and Controversies*. 1989;3-26.

Saoji, A. A., Litvak, L., Spahr, A. J., & Eddins, D. A. (2009). Spectral modulation detection and vowel and consonant identifications in cochlear implant listeners. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2009; 126(3):955-958.

Schneider, B. A., Morrongiello, B. A., & Trehub, S. E. (1990). Size of critical band in infants, children, and adults. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. 1990;16(3):642.

Shannon, R. V. The relative importance of amplitude, temporal, and spectral cues for cochlear implant processor design. *American Journal of Audiology*. 2002;11(2):124-7.

Shannon, R. V., Zeng, F. G., Kamath, V., Wygonski, J., & Ekelid, M. Speech recognition with primarily temporal cues. *Science*. 1995;270(5234):303-304.

Sharma, A., Dorman, M.F., Kral, A. The influence of a sensitive period on central auditory development in children with unilateral and bilateral cochlear implants. *Hearing Research*. 2005;203:134–143.

Sharma, A., Nash, A., & Dorman, M. Cortical development, plasticity and reorganization in children with cochlear implants. *Journal of Communication Disorders*. 2009;4:272–279.

Sheft, S., Risley, R., & Shafiro, V. Clinical measures of static and dynamic spectral-pattern discrimination in relationship to speech perception. In *Proceedings of the International Symposium on Auditory and Audiological Research*, 2011; 3:481-488.

Smith, Z. M., Delgutte, B., & Oxenham, A. J. Chimaeric sounds reveal dichotomies in auditory perception. *Nature*. 2002;416(6876):87.

Stach B. *Clinical audiology: an introduction*. Second Edition, Clifton Park, NY: Delmar Cengage Learning; 2010, p: 607-608.

Supin, A. Y., Popov, V. V., Milekhina, O. N., & Tarakanov, M. B. Ripple density resolution for various rippled-noise patterns. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 1998;103(4):2042-2050.

Supin, A. Y., Popov, V. V., Milekhina, O. N., & Tarakanov, M. B. Frequency resolving power measured by rippled noise. *Hearing Research*. 1994;78(1):31-40.

Throckmorton, C. S., & Collins, L. M. Investigation of the effects of temporal and spatial interactions on speech-recognition skills in cochlear-implant subjects. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 1999;105(2):861-873

Waldo N., Thilo R., Andreas B., Optimization of a Spectral Contrast Enhancement Algorithm for Cochlear Implants Based on a Vowel Identification Model Van Dijk, P., Başkent, D., Gaudrain, E., De Kleine, E., Wagner, A., & Lanting, C. eds. In *Physiology, Psychoacoustics and Cognition in Normal and Impaired Hearing*. NY: Springer; 2016, p:93.

Winn, M. B., Won, J. H., & Moon, I. J. Assessment of spectral and temporal resolution in cochlear implant users using psychoacoustic discrimination and speech cue categorization. *Ear and hearing*. 2016;37(6):e377.

Won, J. H., Drennan, W. R., & Rubinstein, J. T. Spectral-ripple resolution correlates with speech reception in noise in cochlear implant users. *Journal of the Association for Research in Otolaryngology*. 2007;8(3):384-392

Won, J. H., Drennan, W. R., Kang, R. S., et al. Psychoacoustic abilities associated with music perception in cochlear implant users. *Ear Hearing*. 2010;31:796–805. bak

Won, J. H., Humphrey, E. L., Yeager, K. R., Martinez, A. A., Robinson, C. H., Mills, K. E., ... & Woo, J. Relationship among the physiologic channel interactions, spectral-ripple discrimination, and vowel identification in cochlear implant users. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2014;136(5):2714-2725.

Yoon YS, Li Y, Fu QJ. Speech recognition and acoustic features in combined electric and acoustic stimulation. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*. 2012;55:105–124.

Yoshinaga-Itano, C., Sedey, A. L., Coulter, D. K., & Mehl, A. L. Language of early-and later-identified children with hearing loss. *Pediatrics*. 1998;102(5):1161-1171.

Zhou, N. Deactivating stimulation sites based on low-rate thresholds improves spectral ripple and speech reception thresholds in cochlear implant users. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2017;141(3):EL243-EL248.

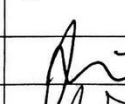
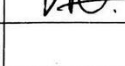
9. EKLER

Ek-1: Etik Kurul



**Marmara Üniversitesi Tıp Fakültesi
Klinik Araştırmalar Etik Kurulu**

BAŞVURU BİLGİLERİ	PROTOKOL KODU	09.2018.718
	PROJE ADI	Koklear İmplant Kullanan Çocuklarda Spektral Çözünürlüğün Değerlendirilmesi
	SORUMLU ARAŞTIRICI ÜNVANI/ADI	Doç. Dr. Ayşe Ayça ÇİPRUT

KARAR BİLGİLERİ	Tarih 02.11.2018					
	Yukarıda başvuru bilgileri verilen araştırma başvuru dosyası ve ilgili belgeler araştırmanın gereği, amaç, yöntem ve sonuçları dikkate alınarak incelenmiş ve gerçekleştirilmesinde sakınca bulunmadığı için Kurulumuzca onaylanmasına oy birliği ile karar verilmiştir. Onay sonrasında yapılacak her türlü proje değişiklikleri (katılımcılar, başlık vb.) veya protokol değişikliklerini Etik Kurulu bildirilerek proje onayının yenilenmesi gerekmektedir.					
ÜYELER						
Unvanı / Adı / Soyadı	Uzmanlık Dalı	Kurumu / EK Üyeligi	Onaylanan Proje ile İlişkisi	Toplantıya Katılım	İmza	
Prof.Dr. Haner DİRESKENELİ	Romatoloji	M.Ü Tıp Fakültesi/ Başkan	Var Yok	☐ Evet ☒ Hayır		
Prof.Dr. Tülin ERGUN	Dermatoloji	M.Ü Tıp Fakültesi/Başkan Yrd.	Var Yok	☐ Evet ☒ Hayır		
Prof. Dr. Şefik GÖRKEY	Tıp Tarihi ve Etik	M.Ü Tıp Fakültesi/Üye	Var Yok	☐ Evet ☒ Hayır		
Prof.Dr. Handan KAYA	Patoloji	M.Ü Tıp Fakültesi/Üye	Var Yok	☐ Evet ☒ Hayır		
Prof.Dr. M.Bahadır GÜLLÜOĞLU	Genel Cerrahi	M.Ü Tıp Fakültesi/Üye	Var Yok	☐ Evet ☒ Hayır		
Prof.Dr. Atilla KARAALP	Farmakoloji	M.Ü Tıp Fakültesi/Üye	Var Yok	☐ Evet ☒ Hayır		
Prof.Dr. Semra SARDAŞ	Eczacı	M.Ü Eczacılık Fak./Üye	Var Yok	☐ Evet ☒ Hayır		
Prof.Dr. Başak DOĞAN	Diş Hekimi	M.Ü Diş Hekimliği Fak./Üye	Var Yok	☐ Evet ☒ Hayır		
Prof. Dr. Beste Melek ATASOY	Radyasyon Onkolojisi	M.Ü Tıp Fakültesi/Üye	Var Yok	☐ Evet ☒ Hayır		
Doç. Dr. Elif KARAKOÇ AYDINER	Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları	M.Ü Tıp Fakültesi/Üye	Var Yok	☐ Evet ☒ Hayır		
Doç.Dr. Meltem KORAY	Diş Hekimi	İstanbul Üniv. Diş Hekimliği Fak./Üye	Var Yok	☐ Evet ☒ Hayır		
Doç. Dr. Gürkan SERT	Hukukçu	M.Ü Tıp Fakültesi/Üye	Var Yok	☐ Evet ☒ Hayır		
Doç.Dr. Figen DEMİR	Halk Sağlığı	Acıbadem Üniv. Tıp Fak.	Var Yok	☐ Evet ☒ Hayır		
Doç.Dr. Pınar Mega TİBER	Biyofizik	M.Ü Tıp Fakültesi/Üye	Var Yok	☐ Evet ☒ Hayır		
Gözde Aynur MİRZA	Sağlık Mensubu olmayan kişi	Serbest	Var Yok	☐ Evet ☒ Hayır		

Ek-2: Araştırma Grubu Bigilendirme Formu

ARAŞTIRMA AMAÇLI ÇALIŞMA İÇİN ÇOCUK RIZA FORMU

(Araştırma Grubu)

Sevgili Arkadaşım, Benim adım Odyolog Ayşenur Karaman. Koklear implant kullanan çocuk hastalarımızda bir araştırma yapıyoruz. Amacımız bu hastaların spektral çözünürlük becerilerini değerlendirmek. Araştırma ile yeni bilgiler öğreneceğiz. Seni bu çalışmaya katılmaya davet ediyoruz.

Araştırmayı Prof. Dr. Çağlar Batman ile birlikte yapıyoruz. Bu araştırmaya katılacak olursan sana rutin odyolojik testler ve Spectral-Modulated Ripple Test (SMRT) uygulanacak. Değerlendirmelerimiz ortalama 1 saat sürecek ve test yönergeleri her testin başlangıcında ayrıca anlatılacak ve uygulamalı olarak sana gösterilecek.

Bu araştırmanın sonuçları senin gibi koklear implant kullanan çocuklar için yararlı bilgiler sağlayacaktır. Bu araştırmanın sonuçlarını başka sağlık profesyonellerine de söyleyeceğiz, sonuçları bildireceğiz ama senin adını söylemeyeceğiz. Bu araştırmaya katılıp katılmamak için karar vermeden önce anne ve baban ile konuşup onlara danışmalısın. Onlara da bu araştırmadan bahsedip onaylarını/izinlerini alacağız. Anne ve baban tamam deseler bile sen kabul etmeyebilirsin.

Bu araştırmaya katılmak senin isteğine bağlı ve istemezsen katılmazsın. Bu nedenle hiç kimse sana kızmaz ya da küsmez. Önce katılmayı kabul etsen bile sonradan vazgeçebilirsin, bu tamamen sana bağlı. Kabul etmediğin durumda da sağlık profesyonelleri sana önceden olduğu gibi iyi davranır, önceye göre farklılık olmaz.

Aklına şimdi gelen veya daha sonra gelecek olan soruları istediğin zaman bana sorabilirsin. Telefon numaram ve adresim bu kağıtta yazıyor. Bu araştırmaya katılmayı kabul ediyorsan aşağıya lütfen adını ve soyadını yaz ve imzayı at. İmzaladıktan sonra sana ve ailine bu formun bir kopyası verilecektir.

Ek-3: Kontrol Grubu Bigilendirme Formu

ARAŞTIRMA AMAÇLI ÇALIŞMA İÇİN ÇOCUK RIZA FORMU

(Sağlıklı Kontrol Grubu)

Sevgili Arkadaşım,

Benim adım Odyolog Ayşenur Karaman. Koklear implant kullanan çocuk hastalarımızda bir araştırma yapıyoruz. Amacımız bu hastaların spektral çözünürlük becerilerini senin gibi sağlıklı çocuklarla kıyaslayarak değerlendirmek. Araştırma ile yeni bilgiler öğreneceğiz. Seni bu çalışmaya katılmaya davet ediyoruz.

Araştırmayı Prof. Dr. Çağlar Batman ile birlikte yapıyoruz. Bu araştırmaya katılacak olursan sana rutin odyolojik testler ve Spectral-Modulated Ripple Test (SMRT) uygulanacak. Değerlendirmelerimiz ortalama 1 saat sürecektir ve test yönergeleri her testin başlangıcında ayrıca anlatılacak ve uygulamalı olarak sana gösterilecektir.

Bu araştırmanın sonuçları koklear implant kullanan çocuklar için yararlı bilgiler sağlayacaktır. Bu araştırmanın sonuçlarını başka sağlık profesyonellerine de söyleyeceğiz, sonuçları bildireceğiz ama senin adını söylemeyeceğiz.

Bu araştırmaya katılıp katılmamak için karar vermeden önce anne ve baban ile konuşup onlara danışmalısın. Onlara da bu araştırmadan bahsedip onaylarını/izinlerini alacağız. Anne ve baban tamam deseler bile sen kabul etmeyebilirsin. Bu araştırmaya katılmak senin isteğine bağlı ve istemezsen katılmazsın. Bu nedenle hiç kimse sana kızmaz ya da küsmez. Önce katılmayı kabul etsen bile sonradan vazgeçebilirsin, bu tamamen sana bağlı. Kabul etmediğin durumda da sağlık profesyonelleri sana önceden olduğu gibi iyi davranır, önceye göre farklılık olmaz.

Aklına şimdi gelen veya daha sonra gelecek olan soruları istediğin zaman bana sorabilirsin. Telefon numaram ve adresim bu kağıtta yazıyor. Bu araştırmaya katılmayı kabul ediyorsan aşağıya lütfen adını ve soyadını yaz ve imzanı at. İmzaladıktan sonra sana ve ailene bu formun bir kopyası verilecektir.

Ek- 4: Ebeveyn Bilgilendirme Formu

GÖNÜLLÜ BİLGİLENDİRME FORMU

Sayın Ebeveyn, Benim adım Ody.Ayşenur Karaman. Koklear implant kullanan çocuk hastalarımızda bir araştırma yapıyoruz. Araştırma ile yeni bilgiler öğreneceğiz. Çocuğumuzu bu çalışmaya katılmaya davet ediyoruz.

Bu çalışma, araştırma amaçlı olarak yapılmaktadır. Çocuğumuzun çalışmaya katılması konusunda karar vermeden önce araştırmanın neden ve nasıl yapıldığını, sizinle ilgili bilgilerin nasıl kullanılacağını, çalışmanın neler içerdiğini, olası yararlarını, risklerini ve rahatsızlıklarını bilmeniz önemlidir.

Lütfen aşağıdaki bilgileri dikkatlice okumak için zaman ayırın ve bu bilgileri ailenizle ve/veya doktorunuzla tartışın. Çalışma hakkında tam olarak bilgi sahibi olduktan sonra ve sorularınız cevaplandıktan sonra eğer katılmak isterseniz sizden ve çocuğunuzdan bu formu imzalamanız istenecektir.

Çalışmanın amaçları ve dayanağı nelerdir, çocuğumdan başka kaç kişi bu çalışmaya atanacak?

Bu araştırmanın amacı, Koklear İmplant Kullanan Çocuklarda Spektral Çözünürlüğün Değerlendirilmesi'dir.

Toplam katılımcı sayısı sizin çocuğunuzla birlikte 50' dir.

Çocuğum bu çalışmaya katılmalı mı?

Bu çalışmada yer alıp almamak tamamen size ve çocuğunuza bağlıdır. Eğer katılmaya karar verirsiniz bu yazılı bilgilendirilmiş olur formu imzalanmak için size verilecektir. Şu anda bu formu imzalarsanız bile istediğiniz herhangi bir zamanda bir neden göstermeksizin çalışmayı bırakmakta özgürsünüz. Aynı şekilde çalışmayı yürüten araştırmacı araştırma şartları gereği sizi çalışmaya dışı bırakabilir.

Bu çalışmaya katılırsa çocuğumu neler bekliyor?

Tüm katılımcıların testleri tek oturumda yapılacaktır. Bu çalışmada çocuğunuza rutin odyolojik değerlendirmede kullanılan otoskopik muayene, akustik immitansmetrik inceleme, otoakustik emisyon testi, saf ses odyometri testi, konuşma odyometrisi ve sonrasında Spectral-Modulated Ripple Test (SMRT) uygulanacaktır. Ayrıca odyolojik değerlendirme formu doldurmanız istenecektir. Testlerin tamamı yaklaşık 1 saat sürecektir.

Yapılacak test ve işlemlerin açıklaması şöyledir:

Otoskopik değerlendirme: KBB hekimi tarafından kulak yapıları muayene edilecektir.

Odyolojik değerlendirme: Saf ses odyometri testi, konuşma odyometrisi, akustik immitansmetri ve otoakustik emisyon testlerinden oluşan rutin değerlendirme yapılacaktır.

Ek-4: Ebeveyn Bilgilendirme Formu (devam)

Spectral-Modulated Ripple Test (SMRT): SMRT’de çocuğunuzdan duyduğu 3 sestten hangisinin diğer 2’sinden farklı olduğunu söylemesi istenecektir.

Çalışmanın riskleri ve rahatsızlıkları nelerdir, çocuğunuzun göreceği olası bir zarar durumunda ne yapılacak?

Bu araştırmada çocuğunuz için herhangi bir risk veya rahatsızlık söz konusu değildir, yapılacak işlemler herhangi bir tıbbi müdahale içermemektedir

Çocuğunuzun bu çalışmaya katılmasının maliyeti nedir?

Çocuğunuzun bu araştırmada yer alması nedeniyle size hiçbir ödeme yapılmayacaktır. Ayrıca, bu araştırmaya kapsamındaki tetkik ve tıbbi bakım hizmetleri için sizden veya bağlı bulunduğunuz sosyal güvenlik kuruluşundan hiçbir ücret istenmeyecektir.

Çocuğunuzun kişisel bilgileri nasıl kullanılacak?

Çocuğunuzun ve sizin kişisel bilgileriniz, araştırmayı ve istatistiksel analizleri yürütmek için kullanılacaktır. Kimlik bilgileriniz çalışma boyunca araştırmacı tarafından gizli tutulacaktır. Çalışmanın sonunda, hakkında bilgi istemeye hakkınız vardır. Çalışma sonuçları çalışma bitiminde tıbbi literatürde yayınlanabilecektir, ancak kimliğiniz açıklanmayacaktır. Çalışma ile ilgili bir sorunuz olduğunda ya da çalışma ile ilgili ek bilgiye gereksiniminiz olduğunuzda aşağıdaki kişi ile lütfen iletişime geçiniz.

Daha fazla bilgi, yardım ve iletişim için kime başvurabilirim?

Çalışma ile ilgili bir sorunuz olduğunda ya da çalışma ile ilgili ek bilgiye gereksiniminiz olduğunuzda aşağıdaki kişi ile lütfen iletişime geçiniz.

ADI : Ayşenur Karaman GÖREVİ : Odyolog, Araştırmacı TEL:05534949620

Ek-5: Gönüllü Onay Formu

GÖNÜLLÜ ONAY FORMU

Yukarıda gönüllüye araştırmadan önce verilmesi gereken bilgileri gösteren metni okudum. Bunlar hakkında bana yazılı ve sözlü açıklamalar yapıldı. Bu koşullarla söz konusu klinik araştırmaya kendi rızamla hiçbir baskı ve zorlama olmaksızın katılmayı kabul ediyorum.

Gönüllünün (çocuğun) Adı-Soyadı:

Telefon No:

Tarih:

Adres:

İmza:

Velisinin Adı, Soyadı:

Telefon No:

Velisinin imzası:

Adres:

ARAŞTIRMACININ

ADI: Ayşemur KARAMAN

GÖREVİ: Odyolog, Sorumlu Araştırmacı

ADRES: Marmara Üniversitesi Odyoloji ve Konuşma Bozuklukları Bilim Dalı

TELEFON: (553) 494 96 20

İMZA:

DANIŞMANIN

ADI: Prof. Dr. Çağlar BATMAN

GÖREVİ: Profesör, Sorumlu Danışman

TELEFON: (532) 376 86 15

Ek-6: Çocuklar için Fonetik Dengeli Tek Heceli Kelime Listeleri

MARMARA ÜNİVERSİTESİ ODYOLOJİ BİLİM DALI Çocuklar için Fonetik Dengeli Tek Heceli Kelime Listeleri (Katz 1975)

LİSTE 1

- 1 KUŞ
- 2 TAY
- 3 BİR
- 4 GÜL
- 5 ÇAM
- 6 BUZ
- 7 TOP
- 8 BAK
- 9 DİŞ
- 10 SAĞ
- 11 KOL
- 12 YAZ
- 13 ÇOK
- 14 EL
- 15 SAÇ
- 16 KAN
- 17 YÜZ
- 18 GÖR
- 19 AT
- 20 DEV
- 21 YIL
- 22 GÖZ
- 23 UN
- 24 VER
- 25 KEL

LİSTE 2

- 1 KAZ
- 2 TAŞ
- 3 BEY
- 4 GÖK
- 5 CAM
- 6 BAŞ
- 7 TUZ
- 8 BEZ
- 9 DUR
- 10 SEV
- 11 KAŞ
- 12 YUT
- 13 ÇAY
- 14 AL
- 15 SOL
- 16 KOR
- 17 YOK
- 18 GÜN
- 19 İP
- 20 DİL
- 21 YÜN
- 22 DAL
- 23 ÜÇ
- 24 FİL
- 25 KİR

EK 7: Bildiri Bilgisi



EK 7: Bildiri Bilgisi (devam)

Koklear İmplant Kullanan Çocuklarda Spektral Çözünürlüğün Değerlendirilmesi

Ayşenur Karaman¹, Ayça Çiprut², Çağlar Batman³

1. YL Öğrencisi, Marmara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü KBB Anabilim Dalı, Odyoloji ve Konuşma Bozuklukları Programı, İstanbul, ayşenur0karaman@gmail.com

2. Doç. Dr. Marmara Üniversitesi Tıp Fakültesi KBB Anabilim Dalı Odyoloji Bilim Dalı

3.Prof. Dr. Marmara Üniversitesi Tıp Fakültesi KBB Anabilim Dalı

Özet

Amaç: Bu çalışmanın temel amacı koklear implant kullanan çocukların spektral çözünürlük becerilerini değerlendirmek ve normal işiten çocukların spektral çözünürlük becerileri ile karşılaştırmaktır.

Yöntem: Çalışmaya 5-12 yaşları arasında toplam 72 birey dahil edilmiştir. Araştırma grubunu prelingual işitme kaybı, koklear implant kullanıcısı 48 birey oluşturmaktadır. Kontrol grubunu ise normal işiten 24 birey oluşturmaktadır. Tüm katılımcılara ilk olarak 5 Hz modülasyonlu uyarılar kullanılarak saf ses odyometrisi ve konuşma odyometrisi yapılmıştır sonrasında sırasıyla +5 dB ve 0 dB sinyal/gürültü oranlarında gürültüde konuşmayı anlama testi uygulanmıştır. Odyolojik değerlendirme yapılan katılımcılara spektral çözünürlüğün değerlendirilmesi için Spectral-Temporally Modulated Ripple Test (SMRT) uygulanmıştır. SMRT'de katılımcıya 3 uyarı sunulmuştur. Katılımcıdan diğer 2 uyarıdan farklı olan hedef uyarı bulması istenmiştir.

Bulgular: Grupların SMRT skorları normal dağılım gösterdiği için

Bağımsız Gruplar T-Testi uygulanmış ve gruplar arasında SMRT skorları bakımından anlamlı fark bulunmuştur ($p<0.0001$). SMRT skorları ve gürültüde konuşmayı anlama skorları arasındaki ilişki Pearson Korelasyon analizi ile incelenmiştir. Koklear implant kullanıcılarında SMRT skorları ve 0 dB SNR'da gürültüde konuşmayı anlama skorları arasında orta düzeyde anlamlı korelasyon ($r=0.531$, $p:0.000$), SMRT skorları ve +5 dB SNR'da gürültüde konuşmayı anlama skorları arasında zayıf düzeyde anlamlı korelasyon ($r=0.412$, $p:0.004$), SMRT skorları ve sessiz ortamda konuşmayı anlama skorları arasında zayıf düzeyde anlamlı korelasyon ($r=0.346$, $p:0.016$) elde edilmiştir. Normal işiten çocuklarda SMRT skorları ile sessizlikte ve gürültüde konuşmayı anlama skorları arasında korelasyon bulunamamıştır.

Sonuç: Bulgular koklear implant kullanan çocukların spektral çözünürlük becerilerinin normal işiten çocuklara göre daha zayıf olduğunu göstermektedir. Koklear implant kullanıcılarında SMRT skorları ve konuşmayı anlama becerileri ile ilişkilidir.

Anahtar kelimeler: Spektral Çözünürlük, SMRT, koklear implant

10. ÖZGEÇMİŞ

Adı	Ayşenur	Soyadı	Karaman
Doğum Yeri	Ankara	Doğum Tarihi	03.09.1994
Uyruğu	T.C	Tel	0553 494 96 20
E-mail	aysenur0karaman@gmail.com		

Eğitim Düzeyi

	Mezun Olduğu Kurumun Adı	Mezuniyet Yılı
Doktora/Uzmanlık		
Yüksek Lisans		
Lisans	Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Odyoloji Bölümü	2017
Lise	Fatih Anadolu Lisesi	2012

İş Deneyimi

Görevi	Kurum	Süre (Yıl - Yıl)
Stajyer Odyolog	Hacettepe Üniversitesi Hastaneleri Odyoloji Ünitesi, Ankara	2015-2015
Stajyer Odyolog	İÜ Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Hastanesi Odyoloji Ünitesi, İstanbul	2016-2016
Stajyer Odyolog	Hacettepe Üniversitesi Hastaneleri Odyoloji Ünitesi, Ankara	2016-2017

Yabancı Dilleri	Okuduğunu Anlama*	Konuşma*	Yazma*
İngilizce	Çok İyi	Orta	İyi

Yabancı Dil Sınav Notu #								
YDS	ÜDS	IELTS	TOEFL IBT	TOEFL PBT	TOEFL CBT	FCE	CAE	CPE
75,00								

	Sayısal	Eşit Ağırlık	Sözel
ALES Puanı	86,4474		

Bilgisayar Bilgisi

Program	Kullanma becerisi
Word, Excel, Power Point, SPSS	Çok İyi

ULUSAL BİLİMSEL TOPLANTILARDA SUNULAN VE BİLDİRİ KİTABINDA BASILAN BİLDİRİLER

Köse B, Karaman A, Çiprut AA. “Koklear İmplant Kullanıcısı Çocuklarda Psikoakustik ve Bilişsel Becerilerin Değerlendirilmesi”, 15. Türk Rinoloji, 7. Ulusal Otoloji Nörootoloji ve 3. Baş Boyun Cerrahisi Ortak Kongresi, Antalya, Türkiye, 4-7 Nisan 2019, ss.84. (Sözlü Bildiri)

Karaman A, Çiprut AA, Batman Ç. “Koklear İmplant Kullanan Çocuklarda Spektral Çözünürlüğün Değerlendirilmesi”, Marmara Odyoloji Günleri, İstanbul, Türkiye, 24-25 Mayıs 2019, ss.10-11. (Sözlü Bildiri)

PROJELER

“TR-MUSHRA (Multiple Stimulus with Hidden Reference and Anchor for Turkish People)’nın Geliştirilmesi ve Değerlendirilmesi”, BAP Araştırma Projesi.

