TÜRKİYE CUMHURİYETİ
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KABLOSUZ BAĞLANTI ÖZELLIĞINE SAHIP BILATERAL IŞITME CIHAZI KULLANAN IŞITME KAYIPLI BIREYLERDE VE NORMAL IŞITENLERDE UZAYSAL AYRILIK ETKISININ IŞITSEL UYARILMIŞ KORTIKAL POTANSIYELLER ILE INCELENMESI

ATILIM ATILGAN
DOKTORA TEZİ

ODYOLOJİ VE KONUŞMA BOZUKLUKLARI BİLİM DALI

DANIŞMAN
DOÇ. DR. AYÇA ÇİPRUT

2016- İSTANBUL

TÜRKİYE CUMHURİYETİ
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KABLOSUZ BAĞLANTI ÖZELLIĞINE SAHIP BILATERAL IŞITME CIHAZI KULLANAN IŞITME KAYIPLI BIREYLERDE VE NORMAL IŞITENLERDE UZAYSAL AYRILIK ETKISININ IŞITSEL UYARILMIŞ KORTIKAL POTANSIYELLER ILE INCELENMESI

ATILIM ATILGAN
DOKTORA TEZİ

ODYOLOJİ VE KONUŞMA BOZUKLUKLARI BİLİM DALI

DANIŞMAN
DOÇ. DR. AYÇA ÇİPRUT

2016- İSTANBUL

TEZ ONAYI

Kurum	: Marmara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü
Programın seviyesi	: Doktora
Anabilim Dalı	: Kulak Burun Boğaz ABD/ Odyoloji BD
Tez Sahibi	: Atılım Atılgan
Tez Başlığı	: Kablosuz Bağlantı Özelliğine Sahip Bilateral İşitme Cihazı Kullanan İşitme Kayıplı Bireylerde ve Normal İşitenlerde Uzaysal Ayrılık Etkisinin İşitsel Uyarılmış Kortikal Potansiyeller ile İncelenmesi
Sınav Yeri	: Marmara Üniversitesi Tıp Fakültesi Pendik Eğitim ve Araştırma Hastanesi
Sınav Tarihi	: 01.04.2016

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

Danışman (Unvan, Adı, Soyadı)	**Kurumu**	**İmza**
Doç. Dr. Ayça Çiprut	Marmara Üniversitesi	
Sınav Jüri Üyeleri (Unvan, Adı, Soyadı)		
Prof. Dr. Çağlar Batman	Marmara Üniversitesi	
Prof. Dr. Bülent Şerbetçioğlu	Medipol Üniversitesi	
Doç. Dr. Tekin Bağlam	Marmara Üniversitesi	
Doç. Dr. Ufuk Derinsu	Marmara Üniversitesi	

Yukarıdaki jüri kararı Enstitü Yönetim Kurulu'nun 21../04/2016 tarih ve 41. sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. Göksel ŞENER
Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürü

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 olmadığı beyan ederim.

Atılım ATILGAN



Bu çalışmanın gerçekleşmesindeki destek ve katkılarından dolayı tez danışmanım Doç. Dr. Ayça Çiprut, Odyoloji Bilim Dalı öğretim üyesi Doç. Dr. Ufuk Derinsu ve emekli öğretim üyesi Prof. Dr. Ferda Akdaş'a, aileme ve arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Çalışmanın oluşturulmasında verdikleri teorik ve pratik destek için Phonak Türkiye İşitme Cihazları, GAES İşitme Cihazları, Duysel Tıbbi Cihazlar, VIP İşitme Cihazları firmalarına teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER **Sayfa No**

KISALTMA VE SEMBOLLER…..……..... i

ŞEKİL VE TABLOLARIN LİSTESİ…….. iii

1. ÖZET…….. 1

2. SUMMARY…… 3

3. GİRİŞ VE AMAÇ…….. 5

4. GENEL BİLGİLER…….. 7

4.1. İki Kulakla (Binaural) İşitme……... 7

4.1.1. Sesin yönünü/ yerini tespit etmenin fizyolojik temelleri…….. 9

4.1.2. İşitme Kaybı ve Bilateral İşitme Cihazı Kullanımı……... 10

4.2. Uzaysal Ayrılık Etkisi ve Gürültüde Konuşmayı Anlama……... 11

4.3 Yönsel Mikrofon Teknolojileri……. 13

4.3.1. Yönsel İşitme Cihazlarının Sinyal İşleme Prensibi……... 14

4.3.2. Kablosuz Sinyal İşleme Teknolojisi ile Kullanılan Binaural Yönsel Mikrofon Yaklaşımları……... 18

4.4 İşitsel Uyarılmış Potansiyeller ve Sınıflandırılması…….. 20

4.4.1 Tanım……. 20

4.4.2. Kayıt ve Elektrot Yerleşimi……... 20

4.4.3. Sınıflandırma……. 22

4.5. İşitsel Uyarılmış Kortikal Potansiyeller …… 23

4.5.1 Tanım ve Sınıflandırma…… 23

4.5.2. İşitsel Olayların Değişikliği Fark Etme Tekniğiyle (Odd-Ball Paradigması) Sunumu……. 24

4.5.3. P1- N1- P2 Kompleksi…….. 25

4.5.4. Akustik Değişim Kompleksi……. 27

4.5.5. Eşleşmeyen Negativite (EMN)…….. 27

4.5.6. P300……... 29

4.6. İşitme Kayıplılarda ve İşitme Cihazı Kullanıcılarında İşitsel Uyarılmış Kortikal Potansiyeller…….. 30

4.7. Normal İşitenlerde ve İşitme Cihazı Kullanıcılarında Gürültünün İşitsel Kortikal Potansiyeller Üzerindeki Etkisi…… 32

5. GEREÇ VE YÖNTEM……. 37
5.1. Örneklem…… 37
5.2. Kullanılan İşitme Cihazları ve Değerlendirmesi…… 40
5.3. İşitme Cihazlarının Yönsellik Özellikleri…… 42
5.4. Kulak Kalıbı Özellikleri……... 43
5.4. İşitsel Uyarılmış Kortikal Potansiyeller (P1- N1- P2 ve EMN)……... 43
5.5.1. Test Odası ve Kullanılan Donanımlar……... 43
5.5.2. Test Uyaranları…….. 44
5.5.3. Uyaran Şiddet Seviyesi……. 45
5.5.4. Elektrot Yerleşimi……. 46
5.5.5. Uyaran ve Kayıt Parametreleri…….. 46
5.5.6. Test Protokolü……... 47
5.5.7. EEG Dalga Formunun Analizi…….. 49
5.6. Etik Kurul Onayı…….. 50
5.7. Araştırmada Kullanılan İstatistik Yöntemler……... 50
6. BULGULAR…….. 51
6.1. Normal İşiten Bireyler…….. 51
6.2 İşitme Kayıplı Bireyler
6.2.1. Alt Grup- 1: Phonak ……. 58
6.2.2. Alt Grup- 2: ReSound……... 67
6.3. Gruplar Arası Karşılaştırmalar……. 75
7. TARTIŞMA VE SONUÇ…….. 80
7.1. Gürültü Varlığının Etkisi…….. 80
7.2. Gürültünün Yönünün Etkisi……. 81
7.3. Gürültünün Yönüne Göre İşitme Cihazı Yönselliğinin Etkisi……. 84
7.4. Binaural Yönsellik Yaklaşımlarının Karşılaştırılması……. 91
8. KAYNAKLAR……... 96
9. EK- 1: BİLGİLENDİRME FORMU……... 106
10. EK-2: ONAY FORMU…… 109
11. EK-3: ETİK KURUL ONAYI…… 110
12. ÖZGEÇMİŞ……. 111

KISALTMALAR VE SEMBOLLER

I. KISALTMALAR

UAE: Uzaysal Ayrılık Etkisi

İUKP: İşitsel Uyarılmış Kortikal Potansiyeller

KZF: Kulaklar arası Zaman Farkı

KŞF: Kulaklar arası Şiddet Farkı

SGO: Sinyal/ Gürültü Oranı

SGK: Sinyal/ Gürültü Kaybı

İBC: İşitsel Beyinsapı Cevabı

OLC: Orta Latans Cevaplar

GLC: Geç Latans Cevaplar

EMN: Eşleşmeyen Negativite

İOİP: İşitsel Olay- İlişkili Potansiyeller

ADK: Akustik Değişim Kompleksi

CZ: Verteks

A1: Sağ kulak memesi

Fpz: Alın

ITD: Interaural Time Difference

ILD: Interaural Level Difference

SOC: Superior Olivary Complex

MSO: Medial Superior Olivary Complex

LSO: Lateral Superior Olivary Complex

AVCN: Anetroventral Cochlear Nucleus

IC: Inferior Colliculus

SNR: Signal-to-Noise Ratio

HINT: Hearing-In-Noise Test

Q- SIN: Quick Speech-In-Noise Test

AERP: Auditory Event- Related Potentials

P3: P300

MMN: Mismatch Negativity

REAR: Real-Ear Aided Response

NAL- NL2: National Acoustic Labratories- Nonlineer Two

RT: Reverberation Time

VOT: Voice Onset Time

EEG: Electroencephalogram

II. SEMBOLLER

µV: Mikrovolt

Hz: Hertz

msn: milisaniye

dB: Decibel

dB SPL: Decibel Sound Pressure Level

$S_{0:}$ Konuşma sesi katılımcının karşısında

$S_0G_{0:}$ Konuşma sesi ve gürültü katılımcının karşısında

$S_0G_{-90:}$ Konuşma sesi katılımcının karşısında gürültü solda

S_0G_{+90} Konuşma sesi katılımcının karşısında gürültü sağda

ŞEKİL VE TABLOLARIN LİSTESİ

I. ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil-1: Ufuk açısı (Horizontal Düzlem)
Şekil- 2: Yükseklik/ Dikey (Vertikal Düzlem)
Şekil-3: Yönsel mikrofonların duyarlılık Grafiği
Şekil-4: Yönsel Duyarlılık Modları
Şekil-5: Uluslararası 10- 20 sistemi
Şekil- 6: İşitsel Uyarılmış Potansiyeller
Şekil-7: İşitme kayıplı grupta yer alan bireylerin 250- 8000 Hz aralığında elde edilen işitme eşiği ortalama ve standart sapma değerleri.
Şekil-8: İşitme kayıplı grupta Phonak İşitme Cihazı ve ReSound İşitme Cihazı kullanan bireylerin yer alan bireylerin 250- 8000 Hz aralığında elde edilen işitme eşiği ortalama ve standart sapma değerleri.
Şekil- 9: Yönsellik Ölçümü
Şekil- 10: Bir REAR ve MPO ölçüm örneği
Şekil- 11: Test Odası Kurulumu
Şekil- 12: /ba/ ve /da/ uyaranlarının dalga formları
Şekil-13: Elektrot Yerleşimi
Şekil- 14: EEG kaydında Sinyal/ Gürültü Spektrum Örneği
Şekil- 15: Test Koşulları
Şekil-16: İUKP dalga formu örneği
Şekil- 17: Normal İşiten Grup P1, N1, P2, EMN latans ve amplitüt değerleri
Şekil- 18: İşitme kayıplı bir katılımcıda uzaysal ayrılık etkisi
Şekil- 19: Phonak grup için latans ortalama ve standart sapma grafiği
Şekil- 20: Resound grup için latans ortalama ve standart sapma grafiği
Şekil- 21: Binaural Yönsellik Yaklaşımlarının Normal İşitenlere Göre Karşılaştırılması

II. TABLOLARIN LİSTESİ

Tablo- 1: İşitsel Kortikal Potansiyellerin eksojen/ endojen olma durumuna göre sınıflandırması gösterilmektedir.

Tablo- 2: Çalışmada kullanılan işitme cihazı marka ve modelleri ile örneklem sayısı

Tablo- 3: İşitme cihazlarının teknik özellikleri

Tablo- 4: Cihazların yönsellik özellikleri

Tablo- 5: Normal İşiten Grup Test Koşullarına Göre Latans ve Amplitüt Ortalamaları.

Tablo- 6: Normal İşitenlerde Gürültünün Açısına Göre Latanslarda Değişim

Tablo- 7: Normal İşitenlerde Gürültünün Açısına Göre Latanslarda Değişim

Tablo- 8: Normal İşitenlerde N1, P2, EMN Latanslarının Gürültünün Açısına Göre Grup İçi Karşılaştırması

Tablo- 9: Normal İşitenlerde Latans farklarının ortalama ve standart sapma değerleri

Tablo 10: Phonak deney grubunda tam yönsellikte, test koşuluna göre latans ve amplitüt ortalamaları.

Tablo 11: Phonak deney grubunda tam yönsellikte, test koşuluna ve yönselliğe göre latans ve amplitüt ortalamaları.

Tablo-12: Phonak deney grubunda latansların gürültünün varlığına ve açısına göre değişimi

Tablo- 13: Phonak Deney Grubunda So- S_0G_{-90} Latans Farklarının Yönselliğe Göre Karşılaştırması

Tablo- 14: Phonak Deney Grubunda So- S_0G_{+90} Latans Farklarının Yönselliğe Göre Karşılaştırması

Tablo- 15: Phonak Deney Grubunda SoGo - S_0G_{-90} Latans Farklarının Yönselliğe Göre Karşılaştırması

Tablo 16: Phonak Deney Grubunda SoGo - S_0G_{+90} Latans Farklarının Yönselliğe Göre Karşılaştırması

Tablo- 17: Phonak deney grubunda gürültünün açısının hedeften uzaklaşmasıyla (Uzaysal Ayrılık Etkisi) elde edilen latans farklılıkları.

Tablo- 18: Phonak deney grubunda yönselliğe göre gürültünün açısının hedeften uzaklaşmasının Etkisi

Tablo- 19: ReSound deney grubunda tam yönsellikte, test koşuluna göre latans ve amplitüt ortalamaları.

Tablo- 20: ReSound deney grubunda tam yönsellikte, test koşuluna ve yönselliğe göre latans ve amplitüt ortalamaları.

Tablo- 21: ReSound deney grubunda latansların gürültünün varlığına ve açısına göre değişimi

Tablo- 22: ReSound deney grubunda So- S_0G_{-90} Latans Farklarının Yönselliğe Göre Karşılaştırması

Tablo – 23: ReSound deney grubunda So- S_0G_{+90} Latans Farklarının Yönselliğe Göre Karşılaştırması

Tablo- 24: ReSound deney grubunda SoGo - S_0G_{-90} Latans Farklarının Yönselliğe Göre Karşılaştırması

Tablo- 25: ReSound deney grubunda SoGo - S_0G_{+90} Latans Farklarının Yönselliğe Göre Karşılaştırması

Tablo- 26: ReSound deney grubunda gürültünün açısının hedeften uzaklaşmasıyla (Uzaysal Ayrılık Etkisi) elde edilen latans farklılıkları.

Tablo-27: Gürültünün soldan ve sağdan geldiği koşulda elde edilen N1, P2, EMN latanslarının gruplar arasındaki farklılığı

Tablo- 28: Gürültünün soldan geldiği koşulda gruplar arası karşılaştırma

Tablo- 29: Gürültünün sağdan geldiği koşulda gruplar arası karşılaştırma

Tablo- 30: [(SoGo)- (S_0G_{-90})] için uzaysal ayrılık farklarının gruplar arası karşılaştırması

Tablo- 31: [(SoGo)- (S_0G_{+90})] için uzaysal ayrılık farklarının gruplar arası karşılaştırması

1. ÖZET

Kablosuz Bağlantı Özelliğine Sahip Bilateral İşitme Cihazı Kullanan İşitme Kayıplı Bireylerde ve Normal İşitenlerde Uzaysal Ayrılık Etkisinin İşitsel Uyarılmış Kortikal Potansiyellerle İncelenmesi

Amaç: Gürültülü ortamlarda uzaysal ayrılık avantajı davranışsal çalışmalarla gösterilmiştir. Gürültü konuşmanın geldiği yönden ayrıldığında konuşmayı anlama artmaktadır. Çalışmamızın amacı bu avantajı İşitsel Uyarılmış Kortikal Potansiyeller (İUKP) kullanarak normal işiten ve işitme kayıplı bireylerde araştırmaktır. Ayrıca işitme kayıplı bireylerde işitme cihazının yönsellik özellikleri kullanıldığında uzaysal ayrılık etkisinin İUKP'lerde gözlenip gözlenmediği araştırılmıştır.

Gereç ve Yöntem: Bu çalışmaya 30 normal işiten, 28 işitme kayıplı işitme cihazı kullanıcısı birey dahil olmuştur. Pasif odd-ball paradigması kullanılarak /ba/ ve /da/ konuşma uyaranları bireyin tam karşısından (0°) sunulmuştur. Devamlı konuşma gürültüsü 5 dB sinyal-gürültü oranında bireyin karşısından (0°), sağından (+90°) ve solundan (-90°) sunulmuştur. İşitme kayıplı bireyler test sırasında Phonak ve ReSound işitme cihazlarını üç farklı yönsellikte kullanmışlardır.

Bulgular: Çalışmamızda normal işitenlerde N1, P2, EMN latanslarında ve N1, EMN amplitütlerinde anlamlı derecede gürültü yönünün etkisi görülmüştür ($p<0,001$). Gürültü, konuşma uyaranıyla aynı yönden sunulduğunda gürültünün sağdan ya da soldan sunulmasına göre N1, P2, EMN latansları uzamıştır ($p<0,05$). Yönsellik koşulları açısından değerlendirildiğinde adaptif yönsellikte elde edilen N1 ve P2 latansları diğer yönsellik koşullarına göre daha erkendir ($p<0,05$). Binaural yönselliğin etkisi gözlenmemiştir ($p>0,05$).

Sonuçlar: Çalışmamızda uzaysal ayrılık etkisi hem kontrol grubunda hem de deney gruplarında gözlenmiştir. Adaptif yönselliğin etkisi gözlenirken binaural yönsellik etkisi gözlenmemiştir. Sonuçlar davranışsal gürültüde konuşmayı anlama testleriyle İUKP değerlendirmeleri arasında ilişki olabileceğini düşündürmüştür.

AnahtarSözcükler: İşitsel Uyarılmış Kortikal Potansiyeller, İşitme Cihazı, Yönsellik, Gürültüde Konuşma, Uzaysal Ayrılık

2- SUMMARY

Evaluation of Spatial Separation Benefit with Cortical Auditory Evoked Potentials in normal hearing and in hearing impaired subjects using Hearing Aids with Wireless Directionality Features

Objective: Spatial separation benefit in noisy situations has been demonstrated with behavioral studies. When the noise direction separates from the speech direction, speech understanding improves. We aimed to study this advantage with using Cortical Auditory Evoked Potentials (CAEP) on subjects with normal hearing and subjects with hearing loss, we also aimed to study the effect of hearing aid directionality feature on spatial separation benefit with CAEP.

Design: Thirty subjects with normal hearing and 28 subjects with hearing loss participated in this study. Speech stimuli /ba/ and /da/ were presented with passive oddball paradigm in front of subject (0°). Continuous Speech Noise (+5 signal-to-noise ratio) was presented either in front of subject (0°), left side (-90°) or right side (+90°). Cortical evoked potentials (N1, P2, MMN) have been recorded in quiet condition and three noisy conditions. Three directionality modes (omni, adaptive, binaural) were evaluated with two different hearing aids (Phonak, Resound).

Results: We found a significant effect of noise direction on N1, P2, MMN latencies ($p<0,001$) and N1, MMN amplitudes for participants with normal hearing. When noise presented in the same direction with speech stimuli, N1, P2, MMN were prolonged much more than when noise was presented at left side and right side ($p<0,05$). We found significant effects of adaptive directionality for spatial separation benefit on N1 and P2 for both Phonak and Resound groups ($p<0,05$). There was no advantage of binaural directionality ($p>0,05$) for both groups.

Conclusion: We observed spatial separation effects with using Cortical Auditory Evoked Potentials (CAEP) for both control and experimental groups. We also observed effects of adaptive directionality to CAEP, but not for the binaural

directionality. These findings suggest that CAEPs may have a potential to explain cortical mechanisms of behavioral speech understanding in noisy situations.

Keywords: Cortical auditory evoked potentials, hearing aid, directionality, speech-in-noise, spatial release from masking

3. GİRİŞ VE AMAÇ

Uzaysal işitme, çevremizde yer alan ses kaynağının yönünü/ yerini tespit etme, ses kaynağını tanıma, odaklanma ve ayırt etme yeteneklerinin bütünüdür. Uzaysal işitme çeşitli ses kaynaklarını barındıran bir çevrede hedef ses kaynağını anlamada çok önemli bir kavramdır. Sesin sağdan ya da soldan geldiğini anlamak için farklı psikoakustik özellikler, sesin önden, arkadan ya da yukarıdan aşağıdan geldiği anlamak için farklı psikoakustik özellikler mevcuttur.

Başın gölge etkisi sebebiyle gürültülü ortamda gürültüye yakın kulaktaki gürültü şiddeti, gürültüye uzak kulağa göre daha fazladır. Bu durum uzak olan kulakta sinyal gürültü oranında artışına sebep olur. Gürültüde konuşmayı anlama ses ve gürültünün arasındaki açı açıldıkça artar. Bu avantaja Uzaysal Ayrılık Etkisi (UAE) ya da iyi kulak etkisi denmektedir (Litovsky, 2012).

İşitme kaybı olduğunda uzaysal işitme becerilerinde aksaklıklar, hatalar meydana gelir. İşitme cihazı kullanılsa bile seslerin bazı frekanslarda hiç duyulamıyor oluşu, kokleanın frekans seçiciliğinin azalması, işitsel yoksunluğun etkisi, tek taraflı işitme cihazı kullanımı, işitme cihazının dış kulak yolunun ve kulak kepçesinin akustiğini bozması gibi nedenlerle işitsel sahneyi analiz etmek güçleşir. İşitme cihazı teknolojisi yıllar içersinde buna odaklanmaya çalışmış özellikle konuşma seslerinin çevresel seslerden ayırt edilip işlenmesi konusunda önemli aşamalar kaydedilmiştir (Ricketts, 2005).

İşitme cihazlarının yönsel mikrofonları gürültünün akustik ve yönsel özelliklerine göre ortama uyarlanabilir şekilde işitme cihazındaki sinyal gürültü oranını değiştirebilmektedir. Günümüzde işitme cihazı üreticileri kablosuz bağlantı özelliği (wireless) sayesinde bilateral işitme cihazı kullanıcılarında işitme cihazlarının birbiriyle haberleşmesini, dolayısıyla sesin geldiği yönü cihazların tanımasını sağlayan teknolojiler üzerinde çalışmaktadır. Bu teknolojiyle iki işitme cihazında bulunan toplam dört mikrofon ortam sesini analiz eder, bir arada bütün bir sistem olarak çalışır. Sağ- sol işitme cihazları arasındaki dijital sinyal işleme teknolojisi, ses kazancının, yönsel mikrofon modunun sesin geldiği yöne göre değişmesini sağlar.

Kablosuz bağlantı özelliğinin daha iyi işitsel sahne analizi sağladığı, gürültüde konuşmayı anlamanın daha kolaylaştığını, bireylerin daha iyi ses lokalizasyonu sağladıklarını belirten çalışmalar bulunmaktadır (Ibrahim ve ark., 2013; Kreisman ve ark., 2010).

Gürültü varlığından işitsel uyarılmış kortikal potansiyeller (İUKP) etkilenmektedir. Cevap amplitütlerinin azaldığı, morfolojinin bozulduğu, latansların uzadığı çalışmalarda belirtilmiştir (Bennett ve ark., 2012; Billings ve ark., 2011; Billings ve ark., 2009). Gürültü tipi, şiddeti de parametreleri etkileyen bir diğer unsurdur. Sinyal gürültü oranı arttıkça latanslar kısalmaktadır (Billings ve ark., 2011; Billings ve ark., 2007; Kozou ve ark., 2005).

Gürültüde konuşmanın işlemlenmesi, konuşmayı ayırt etme yetenekleri işitsel uyarılmış kortikal potansiyeller kullanılarak incelenebilir, farklı açılardan gürültü gönderilerek uzaysal ayrılık etkisi objektif olarak değerlendirilebilir.

İşitsel uyarılmış kortikal potansiyeller kullanılarak yapılacak değerlendirme, kablosuz bağlantı özelliğine sahip işitme cihazlarının sesin geldiği yöne göre yaptığı sinyal işleme mekanizmasının anlaşılmasını ve kortikal düzeydeki etkisinin görülmesini sağlayacaktır.

Bu araştırmanın amaçları şunlardır;

1- Normal işiten bireylerde ve işitme kayıplı bireylerde uzaysal ayrılık etkisinin işitsel uyarılmış kortikal potansiyeller (İUKP) ile incelenmesi.

2- İşitme cihazının kablosuz bağlantı özelliği aktif durumda kullanılan binaural yönselliğin, pasif durumda kullanılan adaptif yönselliğe göre bireylerin uzaysal ayrılık etkisine bağlı İUKP latans ve amplitüt değerlerindeki farklılıklarının incelenmesi

3- Binaural yönsellik kullanılması durumunda elde edilen İUKP latans ve amplitüt değerlerinin normal işitenlere göre farklılıklarının incelenmesi.

4- İki farklı işitme cihazı üreticisinin binaural yönsellik yaklaşımlarının İUKP ile incelenmesi.

Literatürde kablosuz bağlantı özelliğine sahip işitme cihazı kullanıcılarında gürültüde konuşmayı anlama davranışsal testlerle incelendiği çalışmalar bulunmaktadır (Ibrahim ve ark., 2013; Kreisman ve ark., 2010).

İUKP ile yapılacak değerlendirme, işitme cihazı kullanıcısının gürültüde anlama yeteneğinin objektif olarak kestiriminde, kablosuz bağlantı özelliği gibi sinyal işleme teknolojilerin etkisinin incelenmesinde önemli bilgiler verebilir.

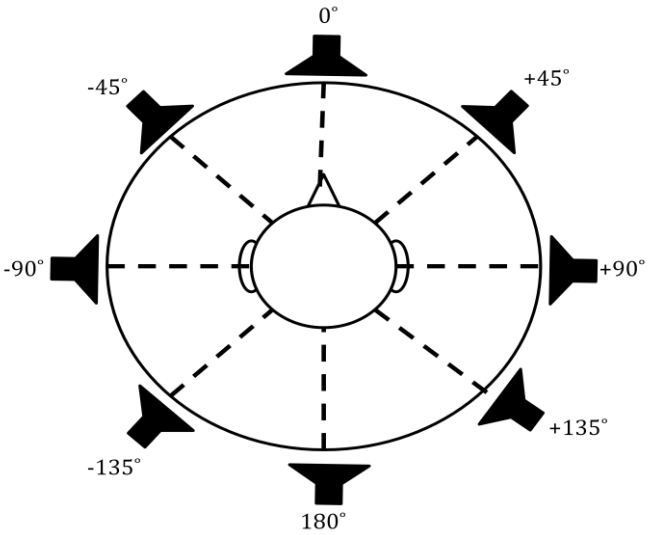
Araştırma yönteminin, yardımcı işitme sistemleri (CROS cihazlari, kemiğe implante cihazlar, koklear implant vb.) kullanan işitme kayıplı bireylerin gürültüde anlama ve uzaysal işitme performanslarının objektif olarak değerlendirmesinde kullanılabileceği düşünülmektedir.

4. GENEL BİLGİLER

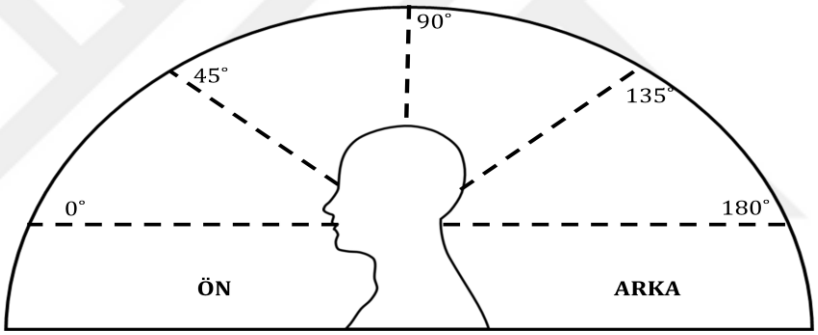
4.1. İki Kulakla (Binaural) İşitme

Bireyin çevresinde yer alan ses kaynağının yönünü/ yerini tespit etme, ses kaynağını tanıma, odaklanma ve ayırt etmenin gerçekleşmesinde farklı psikoakustik süreçler söz konusudur. Vertikal düzlemden (yukarı- aşağı) ve önden-arkadan gelen seslerin anlaşılmasında tek kulaktaki spektral ipuçlarının *(ing: monaural spectral cues)*, horizontal düzlemden (sağ- sol) gelen seslerin anlaşılmasında kulaklar arasındaki zaman ve şiddet farkının etkisi vardır (Moore, 2007).

Sesin geldiği yöne göre açı ve yükseklik dereceleri Şekil-1 ve 2'de belirtilmektedir.



Şekil-1: Ufuk açısı (Horizontal Düzlem)



Şekil- 2: Yükseklik/ Dikey (Vertikal Düzlem)

Başın etkisiyle kulaklar arasında oluşan zaman ve şiddet farklılıkları sayesinde iki kulaktan gelen bilgiler işitsel yollarda ve kortekste işlenir, tek bir ses olarak algılanır (Grantham, 1995). Böylece kişinin işitsel sahneyi anlaması kolaylaşır.

Çevresel seslerin kulak kanalında yaptığı akustik etki yakınlık- uzaklık, yükseklik-alçaklık, yönsellik bakımından farklılık gösterir. Kulak kepçesi, baş ve gövdenin etkisiyle ses kaynağından gelen sesin her iki kulak kanalında ayrı ayrı şiddet ve zaman farklılığı göstermesi, buna bağlı olarak işitsel yollarda sinyallerin zaman ve şiddet farklılıkları işitsel sahneyi analiz etmede rol oynar (Feddersen, Sandel, Teas,

& Jeffress, 1957). Kulak kepçesi, baş ve gövde kulak zarına ulaşan sesin spektrumunu etkiler. Sesin önden ya da arkadan geldiğini anlamak için dış kulak yolu rezonansındaki farklılıklar ipucu sağlamaktadır (Gelfand, 2005).

Alçak frekanslı seslerin dalga boylarının başın boyutuna göre büyük olması nedeniyle ses iki kulağa birbirine yakın şiddetlerde fakat farklı zamanlarda ulaşır. 1500 Hz'in altındaki alçak frekanslı sesler başın etkisi nedeniyle yakın kulağa, uzak kulaktan önce ulaşır. Bu durum iki kulak arasında zaman farkına yol açar. Ses tam olarak kişinin sağından ya da solundan geldiğinde maksimum zaman farklılığı oluşur. Oluşan bu farklılığa Kulaklar arası zaman farkı- KZF *(İng: Interaural Time Difference/ ITD)* denir. Zaman farkı 657- 752 μs arasındadır (Feddersen ve ark., 1957).

Yüksek frekanslı seslerin dalga boylarının başın boyutuna göre küçük olması nedeniyle ses iki kulağa birbirine yakın zamanlarda, fakat farklı şiddetlerde ulaşır. Bu özellik 1500 Hz.'in üzerindeki yüksek frekanslı seslerde uzak olan kulakla yakın olan kulak arasında şiddet farkına yol açar. Bu duruma Kulaklar Arası Şiddet Farkı- KŞF *(İng: Interaural Level Difference/ ILD)* adı verilir. Şiddet farkı frekans yükseldikçe 20 dB'e kadar artabilmektedir (Feddersen ve ark., 1957).

4.1.1. Sesin yönünü/ yerini tespit etmenin fizyolojik temelleri

Başın gölge etkisinden dolayı kulaklar arasında oluşan zaman ve şiddet farkı işitme sistemindeki fizyolojik mekanizmaları da etkiler (Yin, 2002). İşitme yollarında sağ ve sol kulak zarlarında farklı zaman ve şiddetlerde oluşan ses titreşimleri, işitme yollarının farklı bölümlerinde yer alan nöral yapılar tarafından tespit edilir. İşitme yollarında Superior Olivary Complex (SOC) binaural etkileşimin başladığı bölgedir. Periferal düzeyde sesin lokalizasyonunun işlemlenmesi medial (MSO) ve lateral superior olivary (LSO) complex'de gerçekleşir. Sağ ve sol kulakta anteroventral cochlear nucleus (AVCN) ve posteroventral cochlear nucleus'lardan (PVCN) gelen bilgi SOC'te analiz edilir. LSO, kulaklar arası şiddet farkının analizinden, MSO kulaklar arası zaman farkının analizinden sorumludur. İnferior Colliculus (IC) sağ ve sol MSO ve LSO'den gelen bilateral tonotopik girdiyi işler, sağ ve soldan gelen

işitsel girdiler karşılaştırılır. IC, lokalizasyon bilgisinin işlemlenmesinde SOC'ten sonra ikinci istasyondur. İşlenen bilgi işitsel kortekse ulaştırır (Seikel ve ark., 2009)

Her iki kulakta işitme gürlük algısında artışa (binaural summation) sebep olmaktadır. Eşik seviyesinde her iki kulağa da ses verildiğinde gürlük algısı ortalama 3 dB, eşik üstü seviyede ortalama 6 dB artar. (Haggard ve Hall, 1982; Levitt ve Voroba, 1980)

Bulunduğumuz çevrede işitsel birçok uyaran bulunur. İşitsel uyarana seçici dikkat ve odaklanma gibi bilişsel yetiler sayesinde gerekli olanla olmayanı ayırt edebiliriz. İki kulağımızın olması bu yetilere sahip olmamızda en büyük etkendir. Birçok kişinin aynı anda konuştuğu kalabalık, gürültülü ortamlarda dinleyicinin belirli bir konuşmacıya odaklanabilmesine kokteyl parti etkisi denmektedir (Cherry, 1953).

4.1.2. İşitme Kaybı ve Bilateral İşitme Cihazı Kullanımı

İşitme kaybı, bireylerin iletişim becerilerinde aksaklık, çevresel sesleri tespit etme, seslerin yönünü tayin etmede sıkıntı yaşamasına neden olur (Häusler ve ark., 1983; Noble ve ark., 1994). Tek taraflı asimetrik işitme kayıplarında sessiz ortamlarda kişi konuşmayı anlama sıkıntısı yaşamazken, gürültülü ortamlarda sinyal/ gürültü oranına (SGO) göre konuşmayı anlama becerilerinde problemler yaşar (Avan ve ark, 2015). Bilateral işitme kaybında ise işitme kaybının derecesine göre uzaysal işitme becerilerinde aksaklık, gürültülü ortamlarda konuşmayı anlama problemi artar (Noble, 2010).

İşitme cihazı, hastanın her frekanstaki işitme kaybının derecesine göre kulak kanalında ses kazancı sağlar. Kişilerin eşik seviyelerinin altındaki sesler böylelikle duyulabilir olur. Fakat bu durum kişilerin konuşmayı anlamasını sağlamaz. İşitme kaybının tipi ve derecesi, işitme cihazı kullanmadan geçen süre, işitme cihazının simetrik ya da asimetrik kullanılması ve bilişsel durum kişilerin konuşmayı anlama performansını etkilemektedir (Ahlstrom ve ark., 2013; Gygi ve Hall, 2016). İşitme kayıplı kişilerin işitme cihazı kullansalar dahi gürültüde konuşmayı anlamak için daha fazla sinyal gürültü oranına ihtiyacı olduğu bilinmektedir (Kochkin, 2009).

Kulak kepçesinin varlığı ön ve arkadan gelen sesler için SGO'da artış sağlar. Kulak arkası işitme cihazı modelinde mikrofonun bulunduğu konum, kulak kepçesi etkisini *(ing: pinna effect)* azaltmaktadır (Bogaert ve ark., 2011). İşitme cihazının ve/veya kulak kalıbının kulak kanalındaki varlığı, dış kulak yolu rezonansını değiştirmektedir. Gerçek kulak ölçümü testleriyle kulak kalıbı/ işitme cihazının varlığı ile kulak kanalında kişiye özgü oluşan rezonans farklılıkları tespit edilir, farklılıklar işitme cihazının kazancına yansıtılarak bireye özgü en uygun işitme karşılanmaya çalışılır.

Bilateral işitme cihazı kullanımının işitme cihazı memnuniyeti ve işitme cihazıyla konuşmayı anlama performansı üzerinde olumlu etkisini gösteren birçok çalışma bulunmaktadır. Bilateral işitme cihazı kullanımının konuşma anlaşılabilirliğini, işitme cihazının ses kalite algısını, gürültüde konuşmayı anlamayı arttırdığı bildirilmiştir (Holmes, 2003; Litovsky ve ark., 2006; Noble, 2006; Simon, 2005)

4.2. Uzaysal Ayrılık Etkisi ve Gürültüde Konuşmayı Anlama

İki kulakla işitme, gürültülü ortamlarda işitsel sahneyi analiz etmede avantaj sağlar. Hedef ses kaynağı (örn: konuşma) gürültü/ karıştırıcı ses kaynağından (örn: makine gürültüsü, hedeflenmeyen konuşma) farklı bir yönde geldiğinde, hedef ses kaynağı ve karıştırıcı ses kaynağının aynı yönde gelmesine göre konuşmanın anlaşılabilirliği önemli ölçüde artmaktadır (Ahlstrom ve ark., 2013; Best ve ark., 2011; Ching ve ark., 2011; Litovsky, 2005; Litovsky, 2001; Neher ve ark., 2009). Hedef ses kaynağı ve karıştırıcı ses kaynağının aynı yönde geldiğinde konuşmanın anlaşılabilir olması için Sinyal- Gürültü Oranın (SGO) pozitif yönde (sinyal gürültüden daha yüksek) daha fazla olması gereklidir. Hedef ses kaynağı ve karıştırıcı ses kaynağı farklı yönde geldiğinde ise SGO oranı negatif yönde bile olsa konuşmanın anlaşılabilirliği devam etmektedir. Özetle hedef ses karıştırıcı sesten uzaysal olarak ayrı/ uzak konumda olduğunda konuşmayı ayırt etme aynı/ yakın konumda olduğundan daha iyi olmaktadır. Bu avantaja uzaysal ayrılık etkisi (İng: Spatial Release from Masking) (UAE) denmektedir. (Litovsky, 2001)

Uzaysal ayrılık etkisinin incelenmesinde hedef sabit bir açıdan belirli bir şiddette verilir. (Örn: 65 dB SPL) Gürültü belirli açı veya açılardan gönderilir. Testin başlangıcında gürültü konuşmadan daha düşük şiddettedir. (SGO +10 dB)'dir. 5 dB ve 1 dB adımlarla gürültü seviyesi yükseltilir. Konuşmanın (çok heceli kelime ya da cümle) %50 ayırt edildiği sinyal/ gürültü oranı eşik olarak kabul edilir. Aynı konum ve uzaysal dağılımlı konumdaki konuşmayı ayırt etme eşiği birbirinden çıkartılır. Elde edilen değer Uzaysal Ayrılık Eşiği'dir. (Ching ve ark., 2011)

Uzaysal Ayrılık Etkisinin incelenmesi için standardize gürültüde anlama testleri geliştirilmiştir. Nilsson ve ark. tarafından geliştirilen Hearing-In-Noise-Test (HINT) 4 koşulda 0° ve ±90°'de konuşma gürültüsünde standardize cümle listeleriyle gerçekleştirilmektedir. Kişinin %50 oranında cümleyi doğru tekrar edebildiği sinyal/gürültü oranı tespit edilir. Elde edilen oran normal işitenlerde elde edilen standart değerlerle karşılaştırılır ve test sonrası ilgili koşul için geçti/ kaldı sonucu alınır (Nilsson ve ark., 1994). HINT'in Türkçe'ye uyarlaması Çekiç ve Sennaroğlu tarafından yapılmıştır (Cekic ve Sennaroglu, 2008).

Bir diğer konuşmayı anlama testi Quick Speech-In-Noise Test (Q-SIN) serbest alanda ve/ veya kulaklıklarla, 0-20 dB SGO'nda sunulan 6 cümle ile yapılmaktadır. Kişiler önceden kaydedilen cümleleri dinler ve hedef kelimeler doğru veya yanlış olarak işaretlenir. Toplam doğru sayısı 25.5 SGO'dan çıkarılarak Sinyal/ Gürültü Kaybı (SGK) *(İng: Signal to Noise Loss)* tespit edilir. SGK'nın oranına göre performans, normal, hafif, orta, ileri SGK olarak sınıflandırılmaktadır (Killion ve ark., 2004).

Hedef ses ve karıştırıcı ses aynı açıdan geldiğinde normal işitenlerde ve işitme kayıplılarda karıştırıcı tipine bağlı olmaksızın konuşmayı ayırt etme performansı azalırken, uzaysal ayrılık durumunda (gürültü hedef sesten farklı konumda geldiğinde) gürültü/ karıştırıcı tipi, performansı olumsuz yönde etkilenmektedir. Sabit modülasyona sahip geniş bant ya da dar bant gürültüye göre konuşmacı ya da konuşmacılar tarafından üretilen konuşma gürültüsünün uzaysal ayrılık etkisi performansını daha fazla etkilediği bildirilmiştir (Hawley ve ark., 2004).

Bir konuşmacı tarafından üretilen, hedeflenmeyen kelimeler, cümleler veya anlamsız hecelere dayalı konuşmaya, bilgiye dayalı maskeleme (informational) denmektedir (Ihlefeld ve ark., 2008). Best ve ark. yaptıkları çalışmada hedef konuşma spektrumuna benzer ve hedef konuşma ile aynı zamanda sunulan karıştırıcı konuşmanın, hedef sesten farklı zamanda sunulan karıştırıcı konuşmaya göre uzaysal ayrılık etkisini azaltığını bulmuştur (Best ve ark., 2011).

İşitme cihazı ve koklear implant kullanıcılarının uzaysal ayrılıktan aldıkları fayda normal işitenlere göre daha azdır (Ching ve ark., 2011; Misurelli ve Litovsky, 2012; Murphy ve ark., 2011). İşitme cihazının kullanılmaması durumunda uzaysal ayrılığa bağlı sinyal gürültü oranında avantaj en azdır. İşitme cihazının tek kullanılması durumda ise elde edilen performans, çift cihaz kullanımına göre daha azdır (Marrone ve ark., 2008).

Bilateral koklear implant kullanıcılarının uzaysal ayrılık etkisi, tek kulakta koklear implant kullananlara ve bimodal (bir kulakta işitne cihazı, diğer kulakta koklear implant) koklear implant kullanıcılarına göre daha fazladır. Araştırmalar her iki kulakta da işitme cihazı/ koklear implant kullanımının uzaysal ayrılıktan alınan faydayı arttırdığını göstermiştir (Litovsky ve ark., 2012, 2006; Misurelli ve Litovsky, 2012).

4.3 Yönsel Mikrofon Teknolojileri

İşitme cihazı kullanıcılarının başlıca şikayeti gürültüde konuşmayı anlama ve gürültüden rahatsız olmadır (Kochkin, 2009; Plomp, 1978). İşitme kayıplı kişilerin normal işiten insanlardan daha fazla sinyal/ gürültü oranına ihtiyacı olması, uzaysal ayrılık etkisine bağlı avantajın işitme kaybı ile azalması/ olmaması işitme cihazı üreticilerini SGO arttırmaya yönelik teknolojiler geliştirmeye yöneltmiştir.

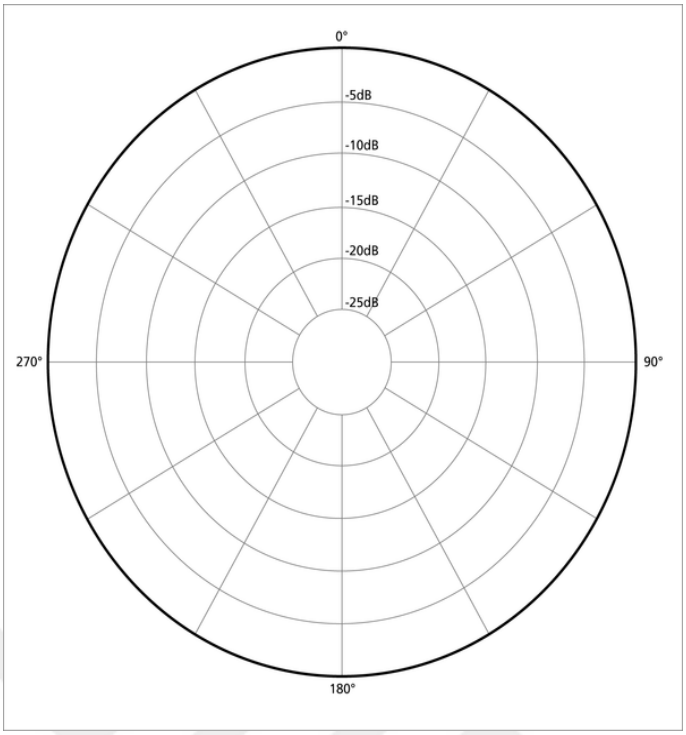
Yönsel *(ing.: directional)* mikrofon teknolojisinde sinyal/ gürültü oranı arttırılarak konuşmanın anlaşılabilirliğinin arttırılması amaçlanır. Bu teknolojide dinlenilen konuşmacının her zaman dinleyicinin karşısında olduğu varsayılır. Ardalan

gürültüsünün geldiği yöne göre yönsel mikrofon önden gelen konuşma sesini arttırmaya, diğer yönlerden gelen ardalan gürültüsünü azaltmaya çalışır. Hawkins ve Yacullo, tam yönselliğe göre yönsellik kullanıldığında sinyal- gürültü oranında 3-4 dB avantaj sağlandığını bildirmiştir (Hawkins ve Yacullo, 1984). Kullanıcılara deneyimleri ve tercihleri sorulduğunda deneysel araştırmalardan farklı sonuçlar elde edilebilmektedir. Wu ve Bentler yaptıkları çalışmada kullanıcıların 4 haftalık deneme periodunda tam yönselliği, diğer yönsellik seçeneklerine tercih ettiğini bulmuştur (Wu ve Bentler, 2010).

4.3.1. Yönsel İşitme Cihazlarının Sinyal İşleme Prensibi

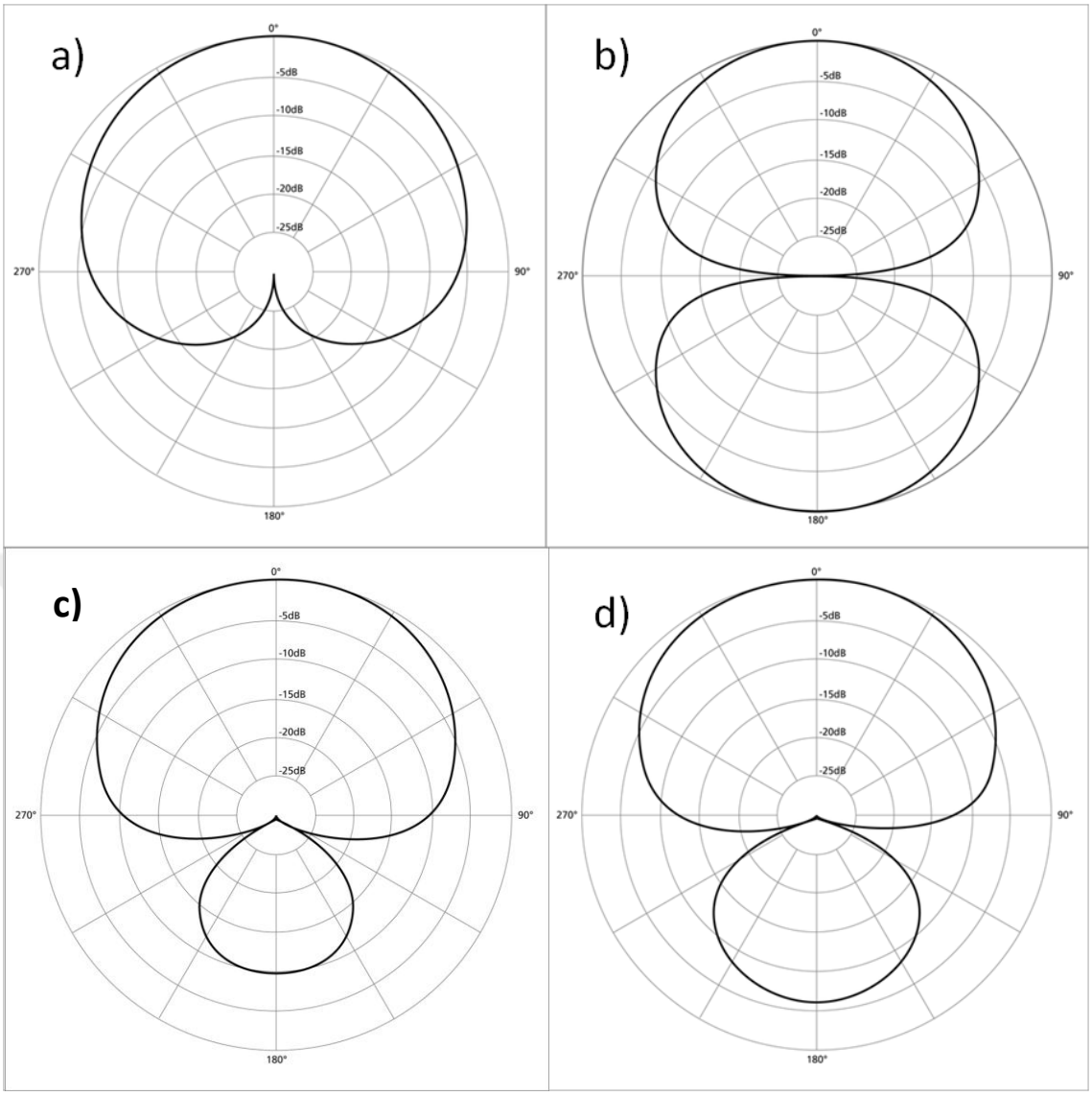
Yönsellik ile işitme cihazının üzerine yerleştirilmiş iki adet tam yönsel mikrofon arasındaki sinyal gecikme farklılıkları analiz edilir. Kulak arkası işitme cihazlarında öne yakın olan mikrofon ön mikrofon *(ing: front),* daha arkadaki mikrofon ise arka mikrofon *(ing: rear)* olarak adlandırılır. Gürültülü ortamda karşıdan gelen konuşmayı dinleyen bir kişinin tam olarak arkasından gelen gürültü, arka mikrofona ön mikrofondan daha önce ulaşır. Bu zaman gecikmesi sayesinde işitme cihazı arkadan/ yandan gelen sesleri tanır ve ses kazancında azaltma/ baskılama sağlar (Dillon, 2012).

Yönsel mikrofonların duyarlılığı kutupsal grafik (polar plot) ile gösterilir. Kutupsal grafik örneği şekil-3'de gösterilmiştir.



Şekil-3: Yönsel mikrofonların duyarlılık Grafiği; Kutupsal Grafik *(ing: polar plot)*
(Kaynak: https://en.wikipedia.org/wiki/Microphone#/media/File:Polar_pattern_omnidirectional.png)

Tam yönsel mikrofon modu tüm açılardan gelen sesleri aynı duyarlılıkta alır. Tam yönsellik dışında 4 farklı geleneksel yönsel duyarlık modları şekil-4 'de gösterilmiştir. Cardiod mikrofon modu önden ve yandan gelen seslere arkadan gelen seslere göre daha çok duyarlıdır (a). Bi-cardiod mikrofon modu önden ve arkadan gelen seslere eşit olarak duyarlı, her iki yandan gelen seslere daha az duyarlıdır (b). Super-cardiod mikrofon modu cardiod mikrofon moduna göre daha dar açıdan önden gelen seslere duyarlı olmakla birlikte kişinin arkadan ve yakınından gelen seslere de duyarlı olur (c). Hyper-cardiod mikrofon modu super- cardiod mikrofon modu gibi daha önden gelen seslere duyarlı olmakla birlikte kişinin arkasından gelen seslere daha duyarlı olur (d) (Mueller ve ark., 2013)



Şekil-4: Yönsel Duyarlılık Modları: a) Cardiod b) Bi-cardiod c) Super-cardiod d) Hyper-cardiod *(Kaynak: https://en.wikipedia.org/wiki/Microphone)*

Mikrofon modları arasında sesin geldiği yöne göre geçiş yapılmasına adaptif yönsellik denilmektedir. Mikrofon modu odyolog ya da kullanıcı tarafından sadece tek mod kullanılacak şekilde belirlenebilir. Bu durumda sabit yönsellik modu kullanılmış olmaktadır. Adaptif yönsellikte sabit yönsellik ve tam yönselliğe göre gürültüde konuşmayı anlama performansının daha iyi olduğu bildirilmiştir (Kuk ve ark., 2005; Picou ve ark., 2014; Ricketts ve Henry, 2002).

Geleneksel yönsel mikrofon kullanımı her bir kulak için ayrı ayrı yapılabilir. Sağ/ sol kulaklardan biri tam yönsel, diğeri yönsel olarak kullanıldığında konuşmayı anlama

performansında yükselme olduğu bildirilmiştir. İki kulakta farklı yönsellik yaklaşımının kullanılması "asimetrik yönsellik yaklaşımı" olarak adlandırılmaktadır (Groth, 2015)

Yönsel mikrofon kullanımının kulak kanalında yaptığı akustik etkiyi incelemek için yönsellik indeksi kulllanılmaktadır. Yönsellik indeksi ile işitme cihazının önünden gelen seslerle diğer tüm yönlerdeki sesler karşılaştırılır ve ses şiddeti farkı dB SPL cinsinden ifade edilir (Taylor ve Mueller, 2011).

Geleneksel yönsel mikrofon kullanımının her dinleme ortamı için uygun olmayabileceği rapor edilmiştir. Hedef ses, karşısı yerine farklı bir konum olduğunda (örneğin şoförün arka koltukta oturanları dinlemesi gibi) geleneksel yönsel mikrofon teknolojisi yetersiz kalmaktadır (Wu ve ark., 2013). Problem çözümü olarak yönsel mikrofon algoritması sanal olarak sesin geldiği yöne göre ön- arka mikrofonların yerini değiştirmektedir (Nyffeler, 2010).

İnsan iletişiminin dinamik/ hareketli olması ve hedef sesin dinleme ortamının dinamik olarak değişmesi nedeniyle getirilen teknoloji çözümü kullanıcının işitme cihazına müdahale ederek yaptığı değişiklik yerine, yönsellik durumları arasında otomatik geçiş sağlamaktır. Dinleme ortamının analizi sonucunda işitme cihazı otomatik olarak yönsellik modunu tam yönsel ya da yönsel olarak değiştirebilmektedir.

Yönsel mikrofon kullanımındaki bir diğer problem alçak frekans kazancının azalmasıdır (Keidser ve ark., 2007). Yönsel mikrofonların alçak frekanslarda ses kazancı kaybına yol açması sebebiyle frekansa spesifik yönsellik algoritmaları geliştirilmiştir. Bu algoritmayla işitme cihazı alçak frekanslarda tam yönsel çalışırken, yüksek frekanslara doğru mikrofonunun 0°'ye olan duyarlılığı artmaktadır (Appleton-Huber ve Latzel, 2015).

Hedef ses ve karıştırıcı sesin/ gürültünün aynı ya da birbirine yakın konumda gelmesi durumunda geleneksel yönsellik yaklaşımı yetersiz kalmaktadır (Picou ve ark., 2014;

Ricketts, 2005). Son yıllarda kablosuz sinyal işlemenin işitme cihazlarında kullanılmasıyla birlikte mikrofon duyarlılık açısını daraltmak için bilateral yönsellik algoritmaları kullanılmaya başlanmıştır.

4.3.2. Kablosuz Sinyal İşleme Teknolojisi ile Kullanılan Binaural Yönsel Mikrofon Yaklaşımları

İşitme cihazları arasında kablosuz veri transferi sağlayan binaural işlemleme ilk kez Siemens marka işitme cihazında 2004 yılında uygulanmıştır (Mueller ve ark., 2013). Günümüzde kablosuz veri transferi sayesinde iki cihazdaki volüm ve program değiştirme düğmeleri eş zamanlı çalışabilmektedir. Ayrıca binaural işlemleme, geri besleme (feedback) probleminin giderilmesinde, rüzgar sesinin azaltılmasında, yankılı gürültülü dinleme ortamlarında sinyal/ gürültü oranının analizinde kullanılmaktadır (Taylor ve Mueller, 2011).

Kablosuz sinyal işlemenin olmadığı geleneksel cihazlarda yönsel mikrofonlar sayesinde mikrofonlar ses kaynağının karşısında (0º) olduğunda, yanlardan (±90º) ve arkadan (180º) gelen sesler azaltılır. ±45º açıyla yandan gelen karıştırıcı ses/ gürültü olması durumunda arka ve ön mikrofonların birbirine uzaklığının yeterli olmaması sebebiyle monaural yönsellik yaklaşımı yetersiz kalır (Nyffeler, 2010). Bir işitme cihazının ön- arka mikrofonları arasındaki uzaklık yaklaşık 6-8 mm.'dir. Mikrofonun hassasiyet açısının *(ing: beamformer)* daraltılabilmesi için ön- arka mikrofon arasındaki mesafenin arttırılması gereklidir. Kablosuz veri transferi sayesinde ön-arka mikrofonlar arasındaki mesafe sanal olarak arttırılabilir. Sağ kulaktaki mikrofon ön mikrofon, sol kulaktaki mikrofon arka mikrofon olarak tanımlandığında iki mikrofon arasındaki mesafe 15 cm.'e kadar çıkar. Bu durum mikrofon hasasiyet açısının daralmasına sebep olur (Latzel, 2012).

Phonak marka işitme cihazı üreticisinin kullandığı binaural yönsellik teknolojisi "StereoZoom" olarak adlandırılmaktadır. Sağ ve sol işitme cihazlarındaki toplam 4 mikrofon kablosuz veri alışverişi sayesinde tek bir sistem gibi çalışır. İlk aşamada girdiyi (input) sağ cihaz ve sol cihaz ayrı ayrı analiz eder. Kablosuz veri alışverişi ile

çıktı (output) kontralateral cihaza gönderilir ve tam bir bant genişliği sağlanır. Tekrar kablosuz işlemlemeyle ağırlıklandırılan çıktı sinyal ipsilateral işitme cihazı tarafından işlemlenir. Böylelikle polar diagramda daha dar bir duyarlılık meydana gelir (Latzel, 2012)

Appleton-Huber & Latzel, (2015) phonak firmasının teknik raporunda 20 orta- ileri derecede sensorinöral işitme kayıplı hastanının iki farklı yönsellik algoritmasına göre gürültüde konuşmayı ayırt etme performanslarını bildirmiştir. Çalışmada hedef cümleler işitme cihazının karşısından gelmiş, 30 derecelik açılarla yatay düzlemde 11 hoparlörden karıştırıcı konuşma gürültüsü sunulmuştur. Kablosuz veri alışverişi kullanan "stereozoom" yönsellik algoritmasının, cihazların tek başına çalıştığı monaural "ultrazoom" yönsellik algoritmasına göre gürültüde konuşmayı ayırt etme eşiğini olumlu yönde etkilediği bildirilmiştir.

Binaural işlemleme ile mikrofon duyarlılık açısının daralması sayesinde kafeterya gürültüsündeki gibi zor dinleme ortamlarında konuşmacı işitme cihazı kullanıcısının karşısında olduğunda konuşmacıyı anlamak kolaylaşabilir. Fakat mikrofon duyarlılığının dar açıyla karşıya odaklanması diğer yönlerden gelebilecek dinleyici için önemli seslerin fark edilmesi konusunda yetersiz kalabilir.

Kafeteryada karşılıklı konuşma gibi statik dinleme ortamları yerine ses kaynağının ve gürültünün değişkenlik gösterdiği dinamik dinleme ortamları için asimetrik yönselliğin fayda sağlayabileceği bildirilmiştir (Groth, 2015). ReSound marka işitme cihazı üreticisi binaural işlemlemeyi kulaklar arasında asimetrik yönsellik kullanarak gerçekleştirmektedir. Bu yaklaşımda sinyal ve gürültünün açısına göre bir işitme cihazı tam yönsel (monitor kulak), diğer işitme cihazı bant odaklı sabit yönsel (band-split directionality) (odak kulak) olarak çalışır. Sinyal ve gürültü açısına göre kablosuz veri alışverişi sayesinde monitor kulak ile odak kulak yer değiştirebilir. Örneğin gürültünün olmadığı bir dinleme ortamında iki cihaz tam yönsel olarak çalışmaktayken gürültü soldan geldiğinde otomatik olarak sol cihaz sabit yönsel, sağ cihaz tam yönsel olmaktadır. Hem sağ, hem sol kulakta gürültü tespiti olması

durumunda her iki cihaz da otomatik olarak sabit yönsel olarak çalışmaktadır (Groth, 2015).

4.4 İşitsel Uyarılmış Potansiyeller ve Sınıflandırılması

4.4.1 Tanım

Uyarılmış cevap ya da potansiyel, verilen bir uyarıma karşı sinir sisteminden elektro fizyolojik kayıt yöntemleriyle elde edilen elektriksel potansiyeldir. Uyarılmış potansiyeller işitsel bir uyarıma karşı oluşabildiği gibi, görsel, dokunsal uyarılarla da elde edilebilir.

İşitsel Uyarılmış Potansiyeller, işitsel/ akustik uyarana karşı işitme sisteminin verdiği elektrofizyolojik cevaptır. Geniş bant uyaranlar, saf ses tonlar, dar-bant (kısa süreli) tonal uyaranlar ve konuşma uyaranları kullanılarak elde edilebilir. İşitsel uyarana karşı elde edilen cevap 1 saniyeden kısa sürede gerçekleşir. Elde edilen post-sinaptik aktivite, dalga formunda (waveform) uyaran sonrası zaman *(ing.: post-stimulus times)* içerisinde tepeler *(ing.: peaks)* olarak milisaniyeler (msn.) içerisinde kaydedilir (Hall, 2007).

İşitsel potansiyel tepesinin oluşma zamanı latans (msn), tepenin büyüklüğü ise amplitüt (µV) olarak adlandırılır.

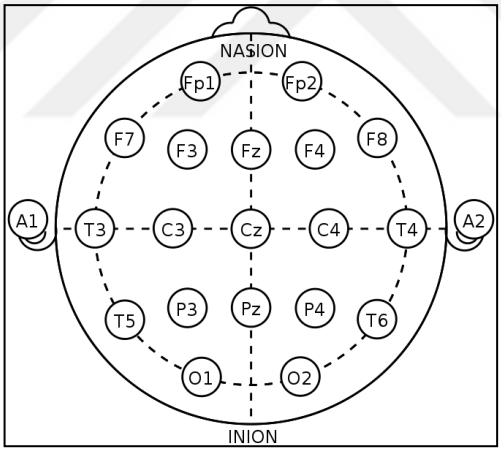
4.4.2. Kayıt ve Elektrot Yerleşimi

İşitsel uyarana karşı oluşan ekstraselüler elektrik akımları, iletici beyin dokuları ve kafatası boyunca ilerleyerek kafa derisi üzerinde voltaj farklılığına neden olur. Bu voltaj farklılıkları kafa derisi üzerine yerleştirilen elektrotlar ile kaydedilir. Elektrotlar arasındaki elektriksel aktivite farkı ölçülerek işitsel uyarılmış potansiyeller EEG (encephalogram) aktivitesinden sinyal averajlama teknikleriyle ortaya çıkarılır. Sinyal işleme, averajlama sayesinde EEG kaydında çok küçük olan senkronize beyin aktivitesi, dalga formunda mikrovolt (µV) cinsinden tepeler olarak gözlenebilir (White ve Atcherson, 2012).

Filtreleme ile işitsel uyarana bağlı olmayan/ istenmeyen aktivite EEG kaydından temizlenir. Filtreler biyoelektriksel aktivitenin bir kısmını tüm biyoelektriksel aktiviteden ve beyin dışı kaynaklardan ortaya çıkan elektriksel aktiviteden basitçe keser, seçici olarak kaldırır. İşitsel potansiyel ölçümlerinde filtreler belli bir frekanstaki elektriksel enerjinin kayıttan çıkarılmasını, diğer frekanslardaki elektriksel enerjinin kaydına izin verilmesini sağlar (Hall, 2007).

Elektrot yerleşimi elde edilmesi amaçlanan test bataryasına göre değişiklik gösterir. En az elektrot tek kanal (ipsilateral) kayıtlarda kullanılırken, çok kanallı sistemlerde elektrot sayısı 256 elektrota kadar çıkabilmektedir. Çok kanallı kayıtlar özellikle kortikal potansiyellerde kullanılmaktadır (Tremblay ve Clinard, 2015).

Yerleşim için uluslararası 10- 20 sistemi kullanılmaktadır. (Şekil-5)



Şekil-5: Uluslararası 10- 20 sistemi: (İng.: F: Frontal, T: Temporal, C: Central, P: Parietal, O: Occipital), A1: Sol Kulak, A2: Sağ Kulak, z: orta hat..

(Kaynak: https://en.wikipedia.org/wiki/10-20_system_(EEG)

4.4.3. Sınıflandırma

İşitsel uyarılmış potansiyeller elde edilme zamanı, kaydın anatomik orijini, uyarıcının fiziksel özellikleri, kişinin işitsel uyarana dikkat edip etmemesi (aktif ya da pasif olma), elektrot yerleşimi (yakın alan, uzak alan) durumuna göre sınıflandırılmaktadır.

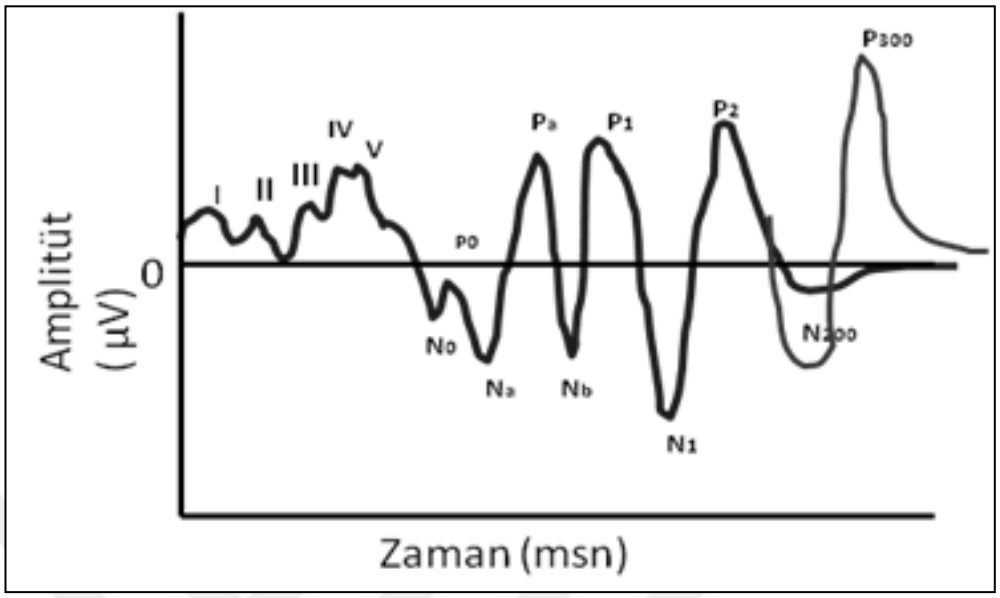
Elektrokokleografi iç kulak ve işitme siniri kaynaklı, işitsel potansiyellerin zaman sınıflandırmasına göre en erken (0- 5 msn.) elde edilenidir (White ve Atcherson, 2012). Koklear potansiyeller (koklear mikrofonik, sumasyon) ve bileşik aksiyon potansiyeli kafatası yüzeyine yerleştirilen elektrotlarla değil, dış kulak yolunda kulak zarına çok yakın yerleşimli, ya da invaziv yöntemle iç kulağın yuvarlak penceresine yerleştirilen elektrotlarla kaydedilir.

İşitsel Beyinsapı Cevabı (İBC) (İng: Auditory Brainstem Response, ABR), uyaran başlangıcından itibaren ilk 10 msn. içerisinde beyinsapı düzeyinde oluşan senkronize aktivitedir (Hall, 2007). İşitsel uyarılmış potansiyeller romen rakamlarıyla (I, II, III, IV, V, IV) ifade edilmektedir. Beyinsapı düzeyinde işitsel bozuklukların tespitinde ve işitme eşiklerinin yordanmasında kullanılmaktadır.

Orta Latans Cevaplar (OLC) (İng: Middle Latency Response, MLR), tipik olarak zaman penceresinde (time window) 80- 100 msn. aralığında elde edilmektedir. Orta beyin, talamus ve primer işitsel korteks kaynaklı elde edilen cevap bir pozitif (Pa), bir negatif tepeden (Nb) oluşur (Tremblay ve Clinard, 2015).

Geç Latans Cevapları (GLC) (İng: Late Latency Response), zaman penceresinde oluşma zamanına göre 50- 200 msn. aralığında elde edilen P1- N1- P2 kompleksi, 100- 250 msn. aralığında elde edilen Eşleşmeyen Negativite- EMN, (100- 250 msn.), ve 300 msn civarında elde edilen P300 (P3a ve P3b)'dür (Tremblay ve Clinard, 2015).

Erken, orta ve geç latans davranımları Şekil-6'da gösterilmiştir.



Şekil- 6: İşitsel Uyarılmış Potansiyeller

4.5. İşitsel Uyarılmış Kortikal Potansiyeller

4.5.1 Tanım ve Sınıflandırma

İşitsel Uyarılmış Kortikal Potansiyeller (İUKP) (İng.: Cortical Auditory- Evoked Potentials, CAEP), İşitsel Olay-İlişkili Potansiyeller (İOİP) *(İng: Auditory Event-Related Potentials- AERP)* olarak da adlandırılan geç latanslı işitsel cevaplardır (Tremblay ve Clinard, 2015).

İBC ile aşağıdan yukarıya *(ing: bottom-up)* periferal duyusal olaylarla ilişkili sinaptik aktivitenin incelenmesi söz konusu iken, İUKP ise daha fazla beyinin sesi nasıl kullandığı ile ilgili, yukarıdan aşağıya *(ing: top- down)* inceleme söz konusudur (Martin ve ark., 2008).

İUKP'ler eksojen (uyaranın fiziksel özellikleri) ya da endojen (dikkat ve öğrenmeyle ilgili bilişsel süreçler) kaynaklı olabilir. Eksojen kaynaklı potansiyeller, uyaranın

fiziksel özelliğine (uyaran tipi, şiddeti vs.) bağlı olduğu ve kişinin bilişsel katılımından etkilenmediği için zorunlu *(ing: obligatory)*, endojen kaynaklı potansiyeller ise test sırasında uyarana dikkat etme, öğrenme gibi faktörlerden etkilendiği için bilişsel potansiyeller olarak adlandırılmaktadır (Hall, 2007).

Eksojen/ zorunlu İKP'ler, primer işitsel korteks (A1) ve temporal lobta asosiyasyon alanlarında üretilmektedir. Endojen/ bilişsel İKP'lerin nöral kaynakları, primer işitsel korteks, santral-parietal bölgede asosiyasyon alanları, frontal lob ve hipokampus gibi hafıza ve bilişsel süreçler ile ilgili alanlardır (Cone-Wesson ve Wunderlich, 2003).

Endojen potansiyeller, tek bir işitsel olay/ uyaran kullanarak pasif- homojen test paradigması ile elde edilebildiği gibi, iki farklı uyaran/ olayın rastlantısal sunulmasıyla da (odd- ball paradigması) elde edilebilir.

Tablo- 1: İşitsel Kortikal Potansiyellerin eksojen/ endojen olma durumuna göre sınıflandırması gösterilmektedir.

	Uyaranın Sunuluş Biçimi		
	Pasif Homojen	**Pasif Odd- Ball**	**Aktif Odd- Ball**
Eksojen// Pasif/ Zorunlu:	P1- N1- P2 Kompleksi, Akustik Değişim Kompleksi	Eşleşmeyen Negativite	
Endojen Aktif/ Bilişsel:			P300

4.5.2. İşitsel Olayların Değişikliği Fark Etme Tekniğiyle (Odd-Ball Paradigması) Sunumu

Değişikliği fark etme tekniğinde birbirinden farklı oranlarda sunulan iki farklı uyaran kullanılır. Değişikliği fark etme tekniğinde uyaranlardan biri daha fazla ihtimalle sunulduğu için sık (hedef olmayan/ dikkat edilmeyen) uyaran; diğer uyaran ise daha az ihtimalle sunulduğu için seyrek (hedef/ dikkat edilen) uyarandır. (Martin ve ark., 2008; Tremblay ve ark., 2004)

Uyaran sıklık yüzdesi klinisyen/ araştırmacının tercihine göre değiştirilebilmekle birlikte sık/ standart uyaranın sunulma sıklığı genellikle %80, seyrek uyaranın sunulma sıklığı ise genellikle %20'dir (Duncan ve ark., 2009).

Naatanen ve ark., odd-ball paradigmasının seyrek uyanın her defasında uyaran özellikleri değiştirilerek sunulduğunda tek seyrek uyaran vererek elde edilen potansiyel gibi kortikal potansiyel elde edilebildiği göstermişlerdir (Näätänen ve ark., 2004).

Birey odd- ball paradigmasında, aktif katılımda sık uyaranlar içerisinde seyrek/ farklı olan uyarana davranım gösterir. (Butona basar, farklı uyaranları sayar) Pasif katılımda ise seyrek uyarana dikkat etmeden farklı bir bilişsel aktivite (kitap okumak, film izlemek gibi) ile işitsel olayı pasif olarak dinler.

4.5.3. P1- N1- P2 Kompleksi

P1-N1-P2 kompleksi 50- 250 msn. aralığında elde edilen uyaranın akustik özelliğine bağlı olarak oluşan, endojen/zorunlu, geç latans potansiyelidir. P1- N1- P2 kompleksi uyaranın sunumuyla aynı zamanda meydana geldiği için başlangıç cevabı olarak tanımlanmaktadır. 800 msn. süreli uzun bir uyaran sunumu sonucunda başlangıç cevabı yanı sıra bitiş cevabı da gözlenebilmektedir. Primer işitsel korteks, talamus ve işitsel asiasyon alanlarının katkısıyla oluştuğu düşünülmektedir. İşitsel uyaranın kortikal düzeyde fark edildiğini gösterir fakat ayırt etme hakkında bilgi vermez (Martin ve ark., 2008).

P1- N1- P2 kompleksinin ilk pozitif cevabı olan P1 yaklaşık 50 msn. civarında elde edilmektedir. N1 potansiyeli N100 kompleksinin bir alt bileşenidir. N100 kompleksi elektrot yerleşimine göre N1a, N1b ve N1c olarak üç alt bileşene sahiptir. İşitsel araştırmalarda verteks yerleşimi ile elde edilen N1b, N1 cevabı ya da verteks cevabı olarak adlandırılmaktadır. (Handb aud.) N1 yaklaşık 100 msn. civarında elde edilmektedir. Kompleksin son cevabı yaklaşık 200 msn. civarında elde edilen pozitif P2 cevabıdır (Hall, 2007).

P1- N1- P2 kompleksi uyanıklık durumundan etkilenmektedir. İBC'nın aksine kortikal potansiyellerde kişinin uyanık olması potansiyellerin daha sağlıklı elde edilmesini sağlamaktadır. Test sırasında uyumaya bağlı cevap amplitütlerinin düşmesini engellemek için kişinin film izleme, kitap okuma gibi bilişsel faaliyetlerde bulunması istenir (White ve Atcherson, 2012)

P1- N1- P2 kompleksinin dalga formu yaştan etkilenmektedir. P1 dalgası bebeklik döneminde majör bileşen olarak gözlenirken yaşın ilerlemesiyle N1 dalgası oluşmakta ve P2 dalgası daha majör bileşen olarak gözlenmektedir. Dalga latansları yaş ilerledikçe azalma göstermekte yetişkin formuna yaklaşık 12 yaşında ulaşılmaktdır (Sharma ve ark., 1997).

P1- N1- P2 kompleksinin latansları ses şiddeti düşürüldükçe artmaktadır. En düşük şiddet seviyesinde gözlenen P1-N1-P2 kompleksinin odyometrik eşiklere yakın olduğu bildirilmiştir (Cesur, 2012; Rapin ve ark., 1970).

Yaşa bağlı geç latanslarda oluşan maturasyon etkisinin işitsel yoksunluk varlığında kısmen gözlendiği, işitsel yoksunluğun süresine bağlı olarak normal işiten değerlerine yaklaştığı bildirilmiştir. Sharma ve ark. 3,5 yaşından önce koklear implant kullanmaya başlayan çocukların daha geç kullananlara göre normal işiten latans değerlerini yakaladığını bildirmiştir. Aynı araştırmacı bir başka çalışmasında bilateral koklear implant kullanıcılarında ikinci kulakta koklear implant kullanmaya başlama yaşının maturasyonu etkilediği ikinci kulak geç latansların normal sınırlara ulaşamadığını göstermişlerdir (Sharma ve ark., 2009).

Tremblay ve ark., işitsel rehabilitasyon ve eğitimle birlikte N1- P2 amplitütlerinde artış gözlemiştir (Tremblay ve ark., 2001).

4.5.4. Akustik Değişim Kompleksi

Akustik uyaranın süresi içersinde akustik uyaran özellikleri değişimlendiğinde elde edilen geç potansiyellere (P1-N1- P2 kompleksi) Akustik Değişim Kompleksi adı verilmiştir. Uzun süreli, içerisinde akustik değişim barındıran bir uyaran sonucu başlangıç cevabı ve bitiş cevabı gözlenmektedir. Bitiş cevabında yaklaşık 800 msn.' elde edilen potansiyel akustik değişime bağlıdır. İlk kez Ostroff ve ark. tarafından tanımlanmıştır (Ostroff ve ark., 1998). Tonal veya konuşma uyaranının değişimlenmesi sonucu elde edilebilir. İki farklı tonun aynı sürede sunumu ile oluşabileceği gibi, aynı uyarandaki akustik değişime (örn: konuşma uyaranının akustik özellikleri, şiddeti değişimlenerek) bağlı olarak da oluşabilir. ADK, uyaranın ya da konuşmanın ayırt edilmesi hakkında bilgi vermez. Akustik değişim kompleksi ile eşik üstü seviyede sunulan korteks düzeyinde akustik değişimin nöral olarak tanımlanması söz konusu olmaktadır (White ve Atcherson, 2012).

4.5.5. Eşleşmeyen Negativite (EMN)

Eşleşmeyen Negativite (EMN) uyaran farklarının nörofizyolojik işlemlenmesini yansıtan olaya bağlı işitsel potansiyellerdir. Odd-Ball paradigmasıyla sunulan sık uyaran ve seyrek uyaran cevabının birbirinden çıkartılmasıyla elde edilir. Örneğin %80 olasılıkla sunulan /ba/ sık uyaran dizisi içerisinde %20 olasılıkla seyrek uyaran /da/ hecesi sunulur. Sık uyaran ve seyrek uyaran için iki ayrı işitsel potansiyel cevabı elde edilir. Bu iki dalga formunda P1-N1-P2 kompleksi gözlenmektedir. Seyrek uyaran cevabından sık uyaran cevabı çıkartıldığında negatif tepeli EMN dalgası gözlemlenebilir (Näätänen ve ark., 2007).

Sık uyaran ve seyrek uyaran arasındaki akustik farklılıklar EMN cevabını etkilemektedir. Farklı ses uyaranı kullanma, ses uyaranları arasındaki sürede, ses uyaranlarının uzaysal olarak farklı konumda sunulması ile EMN cevabı elde edilebilmektedir. EMN cevabı N1 cevabını takiben yaklaşık 100-300 msn aralığında

gözlenir. En yüksek amplitüt değerinin pozitif elektrotun Cz ve Pz yerleşimli olduğunda elde edilmektedir (Näätänen ve ark., 2014).

EMN cevabı en iyi uyanıklık durumunda elde edilebilmektedir. Uyku durumunda EMN amplitütlerinin düştüğü, latanslarının ve morfolojisinin bozulduğu bildirilmiştir. EMN cevabı dikkat öncesi ayırt etmeyle ilgilidir. Dikkatten etkilendiği bildirilmişse de cevabın ortaya çıkması için test sırasında deneğin sese dikkatini gerektirmez (Kotchoubey, 2006; Näätänen ve ark., 2007; Näätänen ve ark., 2014). EMN cevabı dikkat öncesi akustik değişimin fark edildiğini göstermesinden dolayı uyaranın özelliklerine bağlı oluşan eksojen potansiyellerle, bireye bağlı faktörlerle oluşan endojen potansiyeller arasında köprü görevi görür.

EMN cevabı göz hareketine bağlı oluşan elektriksel kirlilikten etkilenmektedir. Göz hareketine bağlı elektriksel kirliliğin engellenmesi için göz hareketlerinin izlenmesi önerilmektedir (Martin ve ark., 2008).

Kraus ve ark., EMN cevabının işitsel işlemleme bozukluğu ve özgül öğrenme güçlüğü mevcut olan çocuklarda konuşmayı ayırt etme performansıyla ilişkili olduğunu bildirmiştir (Song ve ark., 2012). İşitsel ayırt etme becerilerinin değerlendirilmesinde objektif bir yöntem olması odyoloji araştırmalarında ve klinik uygulamalarda EMN cevabına olan ilgiyi arttırmıştır. Anormal EMN cevabı odyoloji pratiğindeki işitsel işlemleme bozukluğu gibi durumlarda gözlenmekle birlikte şizofreni, kişilik bozuklukları, alkolizme bağlı olarak da gözlenmektdir (Kraus ve ark., 1996). Bireysel faktörlerin çokluğu, bazı bireylerin davranışsal olarak uyaranlar arası fark tanımlanmasına rağmen EMN cevabının gözlenmemesi, belirli bir tip sorunu tanımlamıyor olması EMN'nin klinik bir tanı aracı olarak kullanılmasını engellemektedir.

EMN cevabının birden çok nöral kaynağının olduğu varsayılmaktadır. EMN cevabının oluşumunda işitsel korteksin supra-temporal bölümü, primer işitsel korteks, sağ frontal korteksin rol oynayabileceği bildirilmiştir (Näätänen ve ark, 2014).

4.5.6. P300

Uyaranın fiziksel özelliğinden etkilenmeyen (endojen), bir uyaran dizisi içerisinde sunulan farklı uyarana bilişsel dikkat sonucunda yaklaşık 300 msn.'de pozitif amplitütlü olarak gözlenen, işitsel olay ilişkili potansiyel P300 ya da P3 cevabı olarak tanımlanmaktadır.

EMN cevabında olduğu gibi Odd-Ball paradigması kullanılarak elde edilen P3 cevabı kişinin dikkat ve bilişsel durumundan etkilenmektedir. P3 cevabının elde edilmesinde dinleyici, EMN cevabındaki pasif dinleyici durumu yerine seyrek uyaranlara davranışta bulunarak (Dinleyici seyrek uyaranları sayar ya da seyrek uyaranı duyunca butona basar.) aktif rol alır.

Seyrek uyarana dikkat sonucu oluşan potansiyel seyrek uyarandan elde edilen trasede belirgin biçimde gözlenir. P3 potansiyeli ayırt edilecek seyrek uyaranın zorluğuna göre latans ve amplitütlerinde farklılık gösterir. İşitsel olarak ayırt etmesi zor bir görevde P3 amplitütünde düşüş gözlenmekte, latans uzamaktadır.

Görev yeterince kolay olduğunda 300 msn.'den daha erken latanslı, dikkat edilmese dahi sık uyaran dalga formunda da gözlenebilen bir potansiyel daha elde edilmektedir. Bu potansiyel P3a olarak tanımlanmıştır. Literatürde bazı araştırmacıların P3b olarak tanımladıkları, seyrek uyaran içerisinde gözlenen P300/P3 potansiyelidir.

P300 bilişsel olarak kortekste sesin ayırt edilmesini gösterdiğinden üst seviye işitsel işlemleme ile ilgilidir. Periatal ve pre-frontal alanlardaki işitsel ve işitsel olmayan mekanizmaların karşılıklı ilişkileri ve aksonal bilgi ağlarının aktivitesi sonucu potansiyelin meydana geldiği düşünülmektedir.

P3 amplitütlerinin topografik dağılımı frontalden parietal loba doğru uzanan Fz, Cz, ve Pz elektrotlarından elde edilen dalga formlarıyla değerlendirilmektedir.

Kişiye bağlı faktörler elde edilen cevabı etkilemektedir. Depresyon, disleksi gibi patolojik faktörlerin yanı sıra, kişilik özelliği, dikkat, uyku durumu gibi patolojik olmayan faktörlerde P3 cevabını etkilemektedir(Duncan ve ark., 2009)

4.6. İşitme Kayıplılarda ve İşitme Cihazı Kullanıcılarında İşitsel Uyarılmış Kortikal Potansiyeller

İşitme kaybının işitsel uyarılmış kortikal potansiyeller üzerinde etkisi birçok çalışma ile gösterilmiştir. İşitme kayıplılarda normal işitenlere göre P1-N1-P2, EMN ve P300 latansında uzama, amplitütünde azalma gözlenmektedir (Korczak ve ark., 2005; Oates ve ark., 2002; Polen, 2008; Tremblay ve ark., 2003).

Kraus ve ark., davranışsal olarak /da/, /ba/ hece karşıtlığını ayırt edemeyen işitme kayıplı bireyden eşik üstü seviyede uyaran sunulsa dahi EMN yanıtı alınamadığını bildirmiştir (Kraus ve ark., 1992).

İşitme cihazının sağladığı ses kazancının işitsel kortikal potansiyeller üzerinde etkisi farklı yaklaşımlarla araştırılmaktadır. Yaklaşımlardan birinde kortikal potansiyeller katılımcı işitme cihazını kullanıyorken serbest sahadan sunulan uyaranlar ile kaydedilebilmektedir. Diğer yaklaşımda ise model kulağa yerleştirilen bir mikrofon vasıtasıyla işitme cihazının çıkışı kaydedilmekte, uyaranlar kulaklıklar aracılığıyla sunulmaktadır. Başka bir yaklaşım ise sinyal işleme yazılımı kullanarak işitme cihazı kazancının simule edilmesidir (Billings, 2013; Tremblay ve Miller, 2014).

İşitme cihazı kullanıcılarında İUKP ilk kez Rapin ve ark. tarafından 1967 yılında elde edilmiştir. Araştırmacılar işitme cihazı kullanan 6 hastadan 5'nde cihazlı İUKP eşiklerinin cihazsız İUKP eşiklerine göre 20 dB'e kadar daha düşük şiddetlerde elde edilebildiğini göstermiştir (Rapin & Graziani, 1967). Billings ve ark., ses kazancını 20 dB sabitlediklerinde, uyaran şiddeti değiştikçe latanslarda azalma, amplitütlerde artış gözlenmiştir (Billings ve ark., 2007). Her ne kadar işitme cihazı kullanımıyla uyaran şiddetinin etkisi gözlense de aynı etki cihaza kazanç uygulandığında gözlenememektedir. İşitme cihazı kullanımıyla kortikal potansiyeller tutarlı bir

şekilde elde edilse de elde edilen potansiyelin işitme cihazının sağlamış olduğu kazancı yansıtmadığı bildirilmiştir (Billings ve ark., 2007; Marynewich ve ark., 2012). Örneğin işitme cihazı olmadan 30 dB SPL seviyesinde uyaran sunulduğunda elde edilen P1-N1-P2 latans ve amplitüt değerleri, işitme cihazının 20 dB SPL'lik bir kazancı aracılığıyla 50 dB SPL'de (30 dB girdi+ 20 dB ses kazancı) uyaranın sunulması sonucunda elde edilen P1-N1-P2 latans ve amplitüt değerlerinden farklı olmamaktadır. Cihazın sağlamış olduğu kazançla birlikte İUKP latansında azalma ve amplitütlerinde artış gözlenmemiştir. Billings ve ark. işitme cihazı tarafından işlenen sesi kulak kanalında kaydetmiş, işitme cihazının amplifiye ettiği ses ile işitme cihazının kulak kanalına yansıyan içsel gürültüsünü analiz etmiştir. Sonuçlar sinyal şiddeti arttıkça kulak kanalında SGO'nda (cihazın sağladığı kazanç ile cihazın içsel gürültünün oranı) azalma göstermektedir. Bu durum amplifikasyon etkisinin incelenmesinde önemli bir problem olarak değerlendirilebilir. Cihazın sinyal işleme özellikleri devreye girdikçe SGO'nda da değişiklik gözlenebilir.

Souza ve Tremblay, işitme cihazının İUKP'lere ve konuşmayı anlama performansına etkisini 4 aşamalı bir süreç olarak tanımlamıştır. Birinci aşama sinyalin akusitik özelliklerini, ikinci aşama işitme cihazının akustik sinyal üzerindeki değişimlerini, üçüncü aşama işitme sisteminin cevabını, dördüncü aşama ise bireyin elde ettiği işitsel algıya davranış göstermesi oluşturmaktadır (Souza ve Tremblay, 2006).

Korczak ve ark., sensorinöral işitme kayıplı bireylerde yaptıkları çalışmayla uyaran seviyesinin eşik seviyesinde olması (fizyolojik fark etme) durumunda, amplifikasyonun etkisi, eşik üstü seviyeye göre (fizyolojik ayırt etme) daha tutarlı şekilde görülmektedir (Korczak ve ark., 2005). Eşik üstü seviyede cihazsız yanıtlar ile cihazlı yanıtlar arasında fark yokken, eşik seviyesinde fark gözlenmektedir (Bennett ve ark., 2012; Korczak ve ark., 2005). Billings ve ark., model kulak kanalında 3 farklı işitme cihazının sağladığı amplifiye edilmiş 1 kHz saf ses uyaranını kaydetmiş, insert kulaklık kullanarak kaydedilen uyaranı geniş bant gürültü kullanarak normal işitenlerde fizyolojik ayırt etme ve fizyolojik fark etme yöntemi ile incelemiştir. Fizyolojik ayırt etme yönteminde uyaran eşik üstü seviyede verilmiş, fizyolojik fark etmede ise gürültü seviyesinde ya da gürültü seviyesinin hemen

altında uyaran sunulmuştur. Amplifikasyonun etkisi fizyolojik fark etme yöntemiyle gözlenirken, fizyolojik ayırt etme yönteminde P1- N1- P2 latans ve amplitütleri açısından anlamlı farklılık bulunmamıştır (Billings ve ark., 2012).

Billings, sinyal işleme özelliklerinin çeşitliliği, İUKP'in ses kazancının etkisini yansıtmaması, işitme cihazının sinyal gürültü oranının olumsuz etkisi nedeniyle fizyolojik ayırt etme yaklaşımı *(ing: physiologcal detection)* yerine, fizyolojik fark etme *(ing: physiological discrimination)* yaklaşımının kullanılmasını önermektedir (Billings, 2013).

4.7. Normal İşitenlerde ve İşitme Cihazı Kullanıcılarında Gürültünün İşitsel Kortikal Potansiyeller Üzerindeki Etkisi

Hem normal işitenler, hem de işitme kayıplı bireyler için gürültülü dinleme ortamlarında konuşmayı anlamak zordur. İşitsel Kortikal Potansiyeller ile yapılan çalışmalarda gürültülü ortamlarda dinlemenin işitsel işlemleme üzerindeki etkisi ve mekanizması açıklanmaya çalışılmıştır.

Gürültü tipinin, sinyal/ gürültü oranı gibi fiziksel faktörlerin gürültü varlığında elde edilen kortikal potansiyeller üzerinde etkisi, gürültüde anlama testleriyle gürültü varlığında elde edilen kortikal potansiyeller arasındaki ilişki, yaşın, işitme cihazı ve koklear implant kullanımının gürültü varlığında elde edilen kortikal potansiyeller üzerindeki etkisi araştırma konularından bazılarıdır.

Normal işiten katılımcılarla yapılan çalışmaların çoğunda monaural (genellikle sağ kulak) uyarımla ses ve gürültü sunulmuştur. Bunun yanı sıra her iki kulak uyarımı ile ve serbest saha hoparlör kullanılarak yapılan çalışmalar da vardır.

Gürültü tipi performansı etkileyebilecek değişkenlerdendir. Billings ve ark., normal işiten yetişkinlerde gürültü ve sinyal tipinin -3 dB SGO'da gürültü varlığında elde edilen İUKP'ler üzerindeki etkisini incelemiştir. Gürültü tipi farketmeksizin gürültünün sunulmasıyla P1-N1-P2 latanslarında uzama, amplitütlerinde azalma

gözlenmiştir. Konuşma uyaranı kullanıldığıda devamlı ve kesikli geniş bant gürültüye göre, dört konuşmacı gürültüsünde *(ing: four-talker-babble noise)* P2 latansı uzamış ve amplitütü düşmüştür. Araştırmacılar saf ses ton yerine konuşma uyaranı, geniş bant gürültü yerine konuşmacı gürültüsü kullanıldığında İUKP'lerde daha fazla etkilenme bildirmiştir (Billings ve ark., 2011). Araştırmacılar aynı bireylerden elde ettikleri verileri N2 ve P3 cevapları açısından değerlendirdikleri başka bir çalışmada önceki çalışmaya benzer şekilde çoklu konuşmacı gürültüsünde diğer gürültü tiplerine göre daha fazla P3 latanslarında uzama, amplitütlerinde düşüş gözlemişlerdir (Bennett ve ark., 2012). Androulidakis ve Jones, geniş bant gürültünün modüle edilmesiyle birlikte normal işitenlerde N1- P2 cevaplarında benzer şekilde değişiklik gözlemiştir (Androulidakis ve Jones, 2006). Martin ve ark., geniş bant gürültünün farklı kesme frekanslarında değişimlenmesi sonucu oluşan farklıkları incelemişler, gürültüyü uyaranın psikofizyolojik olarak ancak duyulabildiği eşikte sunmuşlardır. Yüksek frekans geçişli *(ing: high- pass)* kesme noktasına sahip filitrede kesme noktasını arttırdıkça N1 amplitütünde artış gözlenmiştir. Kesme noktası azaldıkça cevap elde etme oranı azalmıştır. Geniş bant gürültüde psikofizyolojik eşikte N1 ve EMN gözlenmemiştir. Bu durum gürültünün spektral özelliklerinin değişimlenmesinin İUKP elde edilmesini etkilediğini göstermektedir (Martin ve ark., 1999). Stoody ve ark., normal işitenlerde gürültü modülasyonunun EMN cevabı üzerindeki etkisini araştırmış, modülasyon karşıtlığı arttıkça EMN cevap amplitütlerinin arttığı gözlenmiştir (Stoody ve ark., 2011). Kozou ve ark., normal işitenlerde günlük hayatta karşılaşılabilecek gürültü tiplerinin EMN cevapları üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Çoklu konuşmacı gürültüsü ve endüstriyel gürültü tipinin EMN latans ve amplitütlerini trafik gürültüsü ve geniş bant gürültüye göre daha fazla etkilediğini bulmuşlardır (Kozou ve ark., 2005).

İUKP elde edilmesi için sunulan sinyal şiddeti ve sinyal gürültü oranı, performansı etkileyebilen bir diğer değişkendir. Billings ve ark., normal işitenlerde farklı sinyal gürültü oranı ve sinyal şiddetinin P1- N1- P2 cevapları üzerindeki etkisini incelemişlerdir. SGO azaldıkça P1- N1- P2- N2 latansları uzamış olarak elde edilmiştir. SGO azalmasıyla N1- P2- N2 amplitütlerinde düşüş gözlenirken, P1 amplitütlerinde değişiklik gözlenmemiştir. Sinyal seviyesi cevap amplitütlerinde

anlamlı değişiklik oluşturmamıştır (Billings ve ark., 2009). İUKP ile gürültü çalışmalarında genellikle kısa süreli uyaranlarla elde edilen başlangıç cevapları (onset response) çalışılmıştır. Farklı SGO'larının uyaran süresinin uzatılmasıyla elde edilen bitiş cevabı (offset response) üzerindeki etkisi Baltzell ve Billings tarafından araştırılmıştır. Bir önceki çalışmaya benzer şekilde bitiş cevaplarının SGO azaldıkça latansların uzadığı, amplitütlerin düştüğü -5 ve -10 dB SGO'nda cevabın gözlenmediği bildirilmiştir (Baltzell & Billings, 2014). McCullagh ve ark., normal işitenlerde farklı SGO'nda tonal uyaranlarla elde edilen N1, P2, P3 cevaplarını incelemişler, benzer şekilde SGO azaldıkça cevap latanslarında uzama ve amplitütlerinde düşüş tespit etmişlerdir (McCullagh ve ark., 2012). Sharma ve ark. normal işitenlerde gürültünün P1- N1- P2 cevapları üzerinde etkisini kısık orta ve yüksek şiddet seviyeleri olmak üzere 3 farklı uyaran seviyelerinde araştırmış, gürültü varlığında P1 latanslarını kısık ve yüksek şiddet seviyesinde, N1 ve P2 latanslarını tüm şiddet seviyelerinde uzun elde etmişlerdir. N1 amplitütü gürültü yokluğunda sadece kısık şiddet seviyesinde gürültü varlığına göre daha yüksektir. Orta ve yüksek şiddet seviyelerinde gürültü varlığında elde edilen cevaplarla, gürültü yokluğunda elde edilen cevaplar arasında fark gözlenmemiştir. P2 amplitütü gürültünün sunulmasıyla tüm şiddet seviyelerinde daha düşük elde edilmiştir (Sharma ve ark., 2014).

Muller ve ark., normal işiten bireylerde gürültünün EMN cevabı üzerindeki etkisini, tek şiddet seviyesin üç farklı SGO'da (0, -5, -10) araştırmıştır. Gürültü şiddetinin en yüksek olduğu -10 SGO durumunda elde edilen EMN amplitütleri diğer SGO'da elde edilen EMN amplitütlerine göre daha düşüktür. Gürültü şiddeti arttıkça amplitüt düşmüştür (Muller-Gass ve ark., 2001).

Billings ve ark., normal iştenlerde farklı şiddet seviyelerinde ve SGO'larında elde edilen P1-N1-P2 cevaplarını gürültüde anlama testiyle karşılaştırmış, elektrofizyolojik cevaplarla davranışsal cevaplar arasında yüksek korelasyon bildirmişlerdir. N1 latansı ve amplitütündeki değişimlerin davranışsal performansla ilişkisi diğer cevaplardan daha fazladır (Billings ve ark., 2013).

Papesh ve ark. gürültünün ve uyaranın sunuluş biçiminin kortikal potansiyeller üzerindeki etkisini araştırmıştır. Düşük şiddette gürültü sunulduğunda N1 amplitütünde artış gözlenmiştir. Binaural uyarım ve monaural uyarım karşılaştırılmış, binaural uyarımda P2 amplitütleri daha yüksek bulunmuştur (Papesh ve ark., 2015). Binaural uyarımla normal işitenlerde gürültünün etkisinin N1- P2 cevapları ile incelendiği başka bir çalışmada gürültünün sunulmasıyla N1 amplitütlerinde artış gözlenmiş, davranışsal performansın yükselmesiyle amplitütlerdeki artış arasında anlamlı ilişki bulunmuştur (Parbery-Clark ve ark., 2011).

Yaşlanmanın gürültü varlığında elde edilen İUKP'ler üzerindeki etkisini Bertoli ve ark., normal işten genç yetişkin, normal işiten yaşlı, hafif derecede sensorinöral işitme kayıplı yaşlı bireylerde incelemiştir. Odd-Ball paradigması kullanılarak /da/, /ba/ uyaranı kullanılmış, 0 dB SNR'da kontralateral kulağa kafeterya gürültüsü *(ing: babble noise)* verilmiştir. Gürültünün sunulmasıyla gürültünün olmadığı şartta elde edilen potansiyellere göre tüm gruplarda İUKP latanslarında uzama, amplitütlerinde düşüş gözlenmiş, gruplar arası karşılaştırmalarda işitme kayıplı grupta gürültü varlığında diğer gruplara göre N1 amplitütlerinin daha düşük ve N2b latanslarının daha uzun olduğu görülmüştür (Bertoli ve ark., 2005). Kim ve ark., normal işiten genç ve yaşlılarda yaptığı çalışmada N1 latanslarının SGO'küçüldükçe yaşlı bireylerde genç bireylere göre daha fazla uzadığını bildirmiştir (Kim ve ark., 2012). Getzman ve ark. kelime ayırt etme testinde yüksek ve düşük performans gösteren yaşlı bireylerle, genç bireylerin gürültüde elde edilen kortikal cevaplarını karşılaştırmıştır. Düşük performans gösteren yaşlı bireylerin, yüksek performans gösteren yaşlı bireyler ve genç yetişkinlere göre N1-P2 amplitütlerinde azalma, latanslarında artış gözlemişlerdir (Getzmann ve ark., 2015).

Gürültünün farklı açılardan sunulmasıyla elde edilen EMN cevapları arasında farklılık olup olmadığı Getzmann ve Naatanen tarafından çalışılmıştır. Normal işiten genç ve yaşlı bireylerle yapılan çalışmada ses hep bireyin karşısından gelmiş, gürültü hem sağ ve hem sol tarafta olacak şekilde ±75˚, ±45˚, ±15˚'de konumlandırılmıştır. Gürültünün açısı daraldıkça EMN elde edilme sıklığı azalmış, EMN latansı uzamış,

amplitütü azalmıştır. Yaşlı ve genç bireyler arasında latans ve amplitüt değerleri açısından koşullar arasında farklılık bulunmamıştır (Getzmann ve Naatanen, 2015). Getzman ve Naatanen bu çalışmasıyla gürültünün hedeften uzaklaşmasıyla dinleyici açısından konuşmayı anlamada avantaj sağladığı kortikal düzeyde göstermiştir.

Kuruvilla-Mathew ve ark. normal işitenlerde işitme cihazı ile amplifiye edilmiş farklı konuşma uyaranlarında gürültünün etkisini incelemiştir. Serbest alanda gürültü ve hedef ses deneğin karşısından sunulmuş, deneğe sağ kulakta işitme cihazı varken ve işitme cihazı yokken10 dB SNR oranında uyaranlar sunulmuştur. P1- N1- P2 latanslarının ve amplitütlerinin artikülasyon yeri farklı /di- ti/ gibi konuşma karşıtlıklarından, ardalan gürültüsünden ve amplifikasyondan etkilendiğini bildirmiştir. Gürültünün sunulmasıyla cihazlı ve cihazsız test koşullarının ikisinde de N1 ve P2 latanslarında uzama, P2 amplitütlerinde düşüş gözlenmiştir (Kuruvilla-Mathew ve ark., 2015).

5. GEREÇ VE YÖNTEM

5.1. Örneklem

Araştırmanın evrenini normal işiten Marmara Üniversitesi Tıp Fakültesi çalışanları, öğrencileri, çalışan ve öğrenci yakınları ile Marmara Üniversitesi Odyoloji Bilim Dalı'na müracaat eden ve takip edilen işitme kayıplı hastalar oluşturmuştur.

Araştırmanın gücünün hesaplanmasında normal işiten ve işitme cihazı kullanan işitme kayıplı bireylerde Korczak ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmadaki N1 latans ortalamaları kullanılmıştır (Korczak ve ark., 2005).

Toplam örneklem büyüklüğü 3 grup için 60 olduğunda, sayı gruplara dağıldığında tek yönlü varyans analizi yöntemi için $p<0,05$ anlamlılık düzeyinde araştırmanın gücü % 86,40 bulunmuştur. Örneklem gücünün hesaplanmasında nQuery + nTerim 3.0 yazılımı kullanılmıştır.

Araştırmada katılımcılar kontrol grubu için normal odyolojik ve otolojik bulgulara sahip, psikiyatrik ve/veya nörolojik tanısı olmayan bireylerden seçilmiştir.

İşitme kayıplı grup için katılımcılar; saf ses ortalamasına göre hafif ve orta derece sensorinöral işitme kayıplı, sağ ve sol kulak işitme eşikleri fark her frekansta en fazla 15 dB olan, hava yolu ve kemik yolu işitme eşikleri arasındaki fark en fazla 10 dB olan, işitme kaybı dışında herhangi bir orta kulak hastalığı bulunmayan, psikiyatrik ve/veya nörolojik tanısı olmayan bireyler arasından seçilmiştir.

Çalışma, rastgele atanmış, normal işiten 30 birey ve rastgele atanmış hafif- orta derecede sensorinöral işitme kayıplı 28 birey ile yapılmıştır.

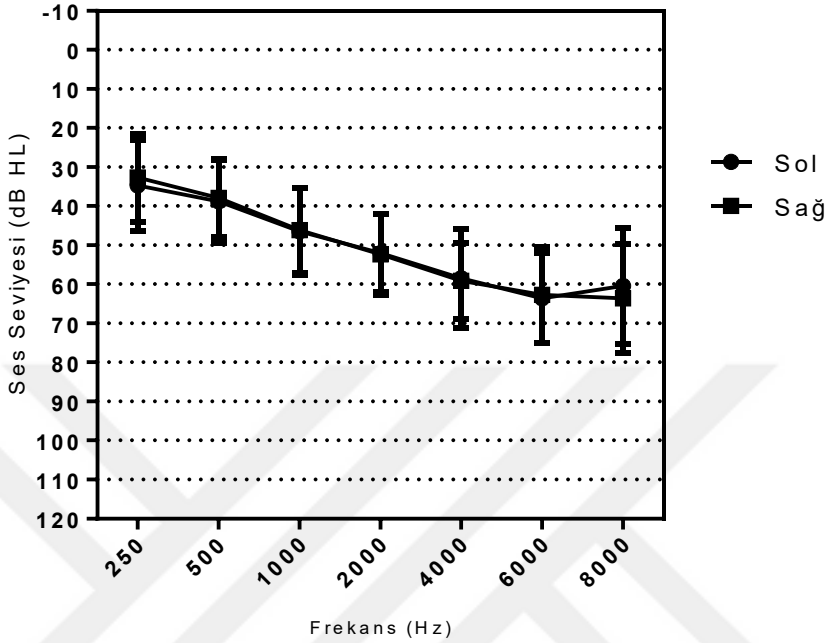
İşitme kayıplı katılımcıların 9'u (%32) kadın, 19'u (%68) erkektir. Normal işiten katılımcıların yaş ortalaması (29,93±8,34)'dır. Normal işiten katılımcılar 13 kadın (%43,3), 17 erkekten (%46,7) oluşmaktadır. İşitme kayıplı katılımcıların yaş

ortalaması (50,32±17,50)'dır. Picton ve ark., geniş yaş aralığında İUKP'lerin yaş üzerinde etkisini incelemiş, yaşa bağlı farklılık bulmamıştır (Picton ve ark., 1984). 65 yaş üzeri bireylerde yaşlanma ve gürültünün İUKP'ler üzerinde normal işitenlere göre daha fazla etkilenme olduğu bildirilmiştir (Bertoli ve ark., 2005; Kim ve ark., 2012).

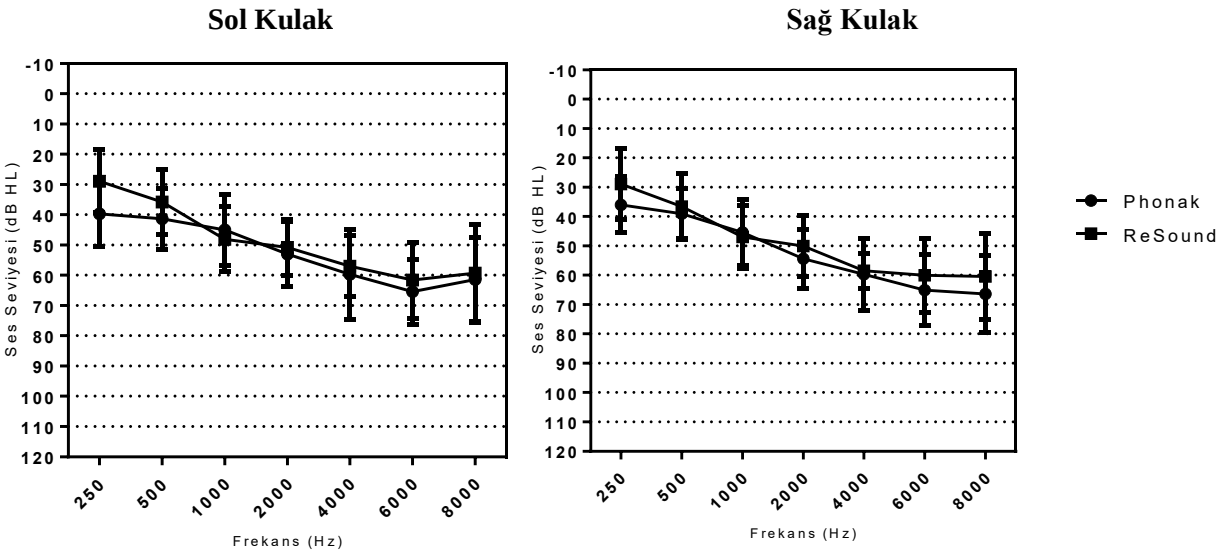
İşitme kayıplı bireylere işitme cihazlı değerlendirmeler 2 farklı marka (Phonak, ReSound) işitme cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu nedenle deney grubu, 2 alt gruba ayrılmıştır. Phonak marka işitme cihazıyla değerlendirme yapılan grupta katılımcıların 7'sinin (%47) bir aydan uzun süredir bilateral işitme cihazı deneyimi varken, 8'inin (%53) işitme cihazı deneyimi yoktur. Resound marka işitme cihazıyla değerlendirme yapılan grupta katılımcıların 6'sının (%47) bir aydan uzun süredir bilateral işitme cihazı deneyimi varken, 7'sinin (%53) işitme cihazı deneyimi yoktur. Dawes ve ark. işitme kayıplı bireylerde cihaz kullanım süresinin İUKP üzerinde etkisini araştırdıkları çalışmasında işitme cihazı deneyiminin İUKP latans ve amplitüt değerlerini etkilemediğini bildirmiştir. (Dawes ve ark., 2014)

Tablo- 2: Çalışmada kullanılan işitme cihazı marka ve modelleri ile örneklem sayısı

	N	**Marka**	**Model**	**Takvim Yaşı (x±SS)**
Deney Grubu- 1	15	Phonak	Bolero-Q-90	49,93±17,91
Deney Grubu- 2	13	GN ReSound	Verso	50,77±17,73
TOPLAM (N)	28			



Şekil-7: İşitme kayıplı grupta yer alan bireylerin 250- 8000 Hz aralığında elde edilen işitme eşiği ortalama ve standart sapma değerleri.



Şekil-8: İşitme kayıplı grupta İşitme kayıplı grupta yer alan bireylerin 250- 8000 Hz aralığında elde edilen işitme eşiği ortalama ve standart sapma değerleri.kullanan bireylerin yer alan bireylerin 250-8000 Hz aralığında elde edilen işitme eşiği ortalama ve standart sapma değerleri.

5.2. Kullanılan İşitme Cihazları ve Değerlendirmesi

Araştırmada, hastaların kullanmakta oldukları işitme cihazları yerine, Phonak marka Bolero-Q-90 model ve ReSound marka Verso 988 model işitme cihazları kullanılmıştır.

Tablo- 3: İşitme cihazlarının teknik özellikleri

	Phonak Bolero *Q-90*	**ReSound** *Verso 988*
En Yüksek Çıkış Gücü (90 dB SPL)	132 dBSPL (Max) 122 dBSPL (HFA)	131 dBSPL (Max) 128 dBSPL (HFA)
Toplam Harmonik Distorsiyon (% ile)		
500 Hz	3.0	1.0
800 Hz	4.0	0.4
1600 Hz	1.5	0.5
Frekans Aralığı	100- 7100 Hz.	100- 6170 Hz.
Girdi Gürültüsü (Gürültü Düşürme Fonksiyonu kapalıyken)	19	20

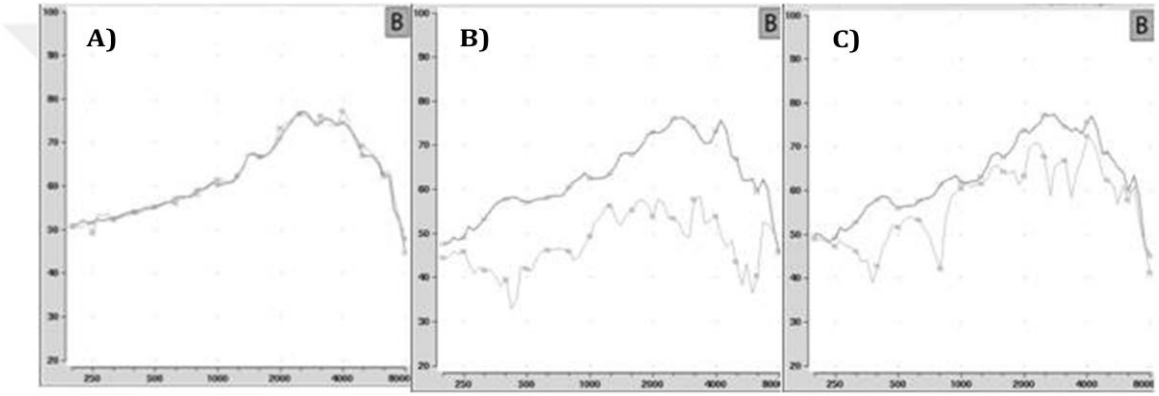
İşitsel Kortikal Potansiyel testini uygulamadan önce işitme cihazı katılımcının işitme kaybına göre ayarlanmış, ses kazançları ve işitme cihazı özellikleri işitme cihazı analizatörü kullanılarak test edilmiştir.

İşitme cihazının test edilmesi için kullanılan donanım Audioscan Verifit'dir.

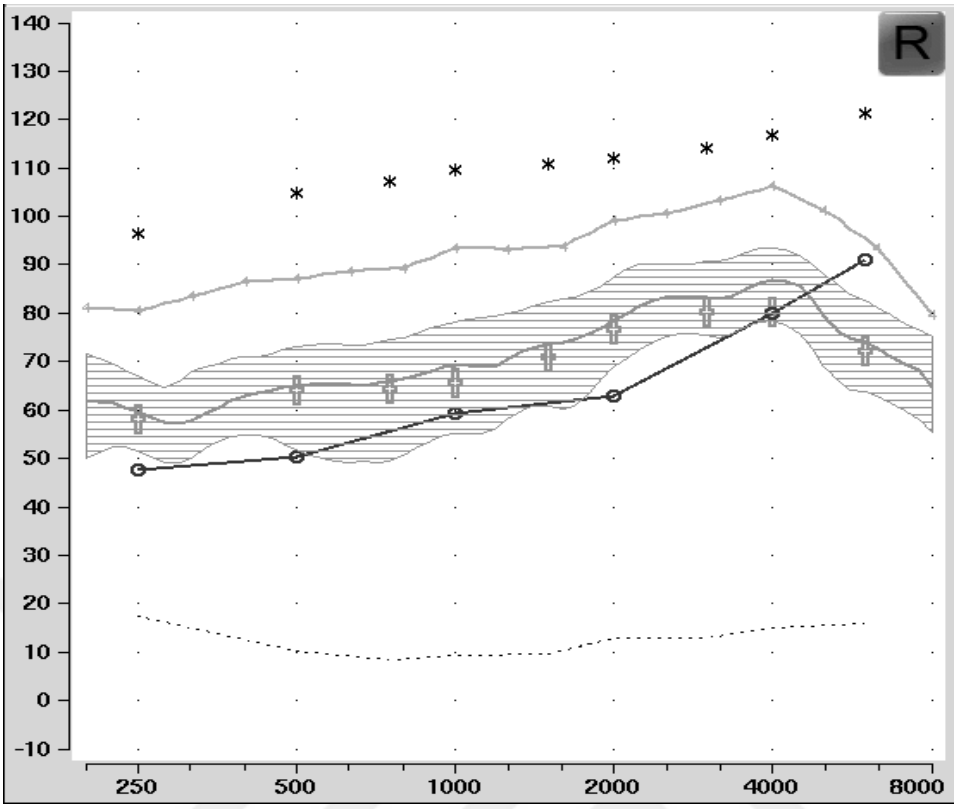
Kullanılan cihazların yönsellik özelliği, frekans cevabı, maksimum çıkış gücü işitme cihazı analizatöründe test edilmiştir.

Bu donanım ile işitme cihazının ses kazançları hastanın işitme kaybına göre orta ses giriş düzeyinde (65 dB SPL) konuşma uyaranı kullanılarak gerçek kulak işitme aletli cevabı (Real Ear Aided Response- REAR) ile incelenmiştir. NAL-NL2 formülasyonuna göre, hedef ses kazancına göre ±5 dB SPL aralığında ses kazançları ayarlanmıştır. İşitme cihazının maksimum çıkış gücü (maximum power output-MPO) her katılımcı için test edilmiştir.

Cihazların yönsellik özelliğinin değerlendirildiği test örneği Şekil- 9'da, REAR ve MPO ölçüm örneği Şekil-10'da gösterilmiştir.



Şekil- 9: Yönsellik Ölçümü: A- Tam Yönsellik, B- Adaptif Yönsellik, C- Binaural Yönsellik



Şekil- 10: Bir REAR ve MPO ölçüm örneği. Konuşma uyaranı ve konuşma haritalama yöntemi kullanılarak elde edilen gerçek kulak cihazlı cevabı (REAR) (taralı alan) ve saf ses uyaranla ölçülen en yüksek çıktı (MPO) ölçümü gösterilmektedir (taralı alanın üzerinde yer alan düz çizgi).

5.3. İşitme Cihazlarının Yönsellik Özellikleri:

Tam yönsellik, otomatik adaptif yönsellik ve kablosuz işlemlemeyle gerçekleşen binaural yönsellik yaklaşımlarını karşılaştırmak araştırmanın amaçlarından birisidir.

Phonak ve ReSound marka işitme cihazlarının yönsellik özellikleri işitme cihazının 3 hafıza bankasına kaydedilmiş, yönsellik dışında tüm dijital sinyal işleme teknolojisine sahip özellikler (geribesleme yönetimi, gürültü yönetimi, frekans düşürme vb.) pasif duruma getirilmiştir *(Bkz: Tablo- 4).*

Tablo- 4: Cihazların yönsellik özellikleri:

	Phonak Bolero	**ReSound Verso**
Hafıza- 1	Omni (Tam Yönsel)	Omni (Tam Yönsel)
Hafıza- 2 Monaural Otomatik Adaptif Yönsellik	UltraZoom& SNR Boost	AutoScope Directionality Directional Mix: Orta
Hafıza- 3 **(Kablosuz Sinyal İşlemleme)** Binaural Yönsellik	StereoZoom	Binaural Directionality Directional Mix: Orta
Kapatılan Sinyal İşleme Teknolojileri	Whistle Block, Noise Block, Wind Block, Echo Block, Sound Relax, Feedback management, SoundRecover	DFS (Feedback Management) Ultra II, Otomatik DFS, Expansion, Noise Tracker II, Wind Guard

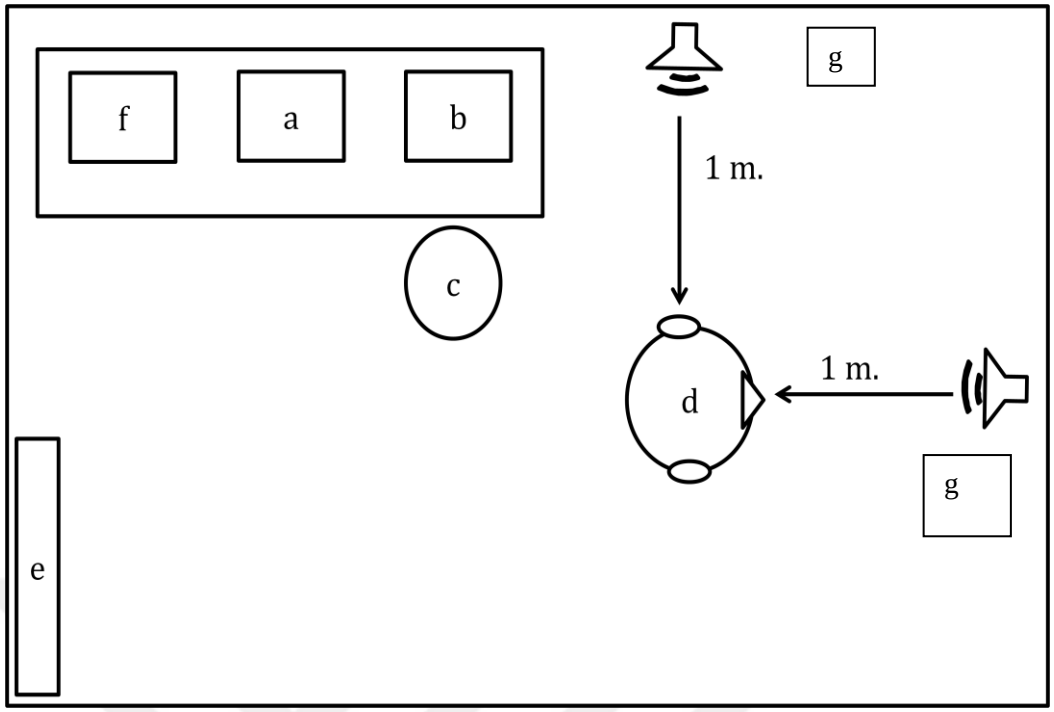
5.4. Kulak Kalıbı Özellikleri

Araştırma için kullanılan standart kulak kalıbı tüpünün çapı 2 mm.'dir. Kulak kalıbında ventilasyon açılmamıştır.

5.4. İşitsel Uyarılmış Kortikal Potansiyeller (P1- N1- P2 ve EMN)

5.4.1. Test Odası ve Kullanılan Donanımlar

Araştırma, T.C. Sağlık Bakanlığı Marmara Üniversitesi Pendik Eğitim ve Araştırma Hastanesi Odyoloji Bilim Dalı'nda ses yalıtımlı odada gerçekleştirilmiştir. Odadın reverberasyon zamanı tam yönlü mikrofon ve Audacity yazılımı kullanılarak kaydedilmiş ve ölçülmüştür. Reverberasyon zamanı (RT-60) 200 msn bulunmuştur.



Şekil- 11: Test Odası Kurulumu: a. Bilgisayar ve işitsel potansiyel cihazı, b. Odyometre, c. Araştırmacı, d. Katılımcı, e. Kapı, f. Yazıcı, g. 90° ve 0° açıyla yerleştirilmiş hoparlör

İşitsel Kortikal Potansiyel değerlendirmesi için kullanılan donanım çift kanallı Intelligent Hearing System SmartEP (Versiyon 3.94)'dir. Donanım çift kanallı Interacoustic AC33 Marka Odyometre'ye bağlanmıştır. Odyometre cihazının birinci ve ikinci kanalı test için kullanılan 0° ve 90° yerleştirilmiş 2 adet hoparlörlere bağlanmıştır. Kullanılan hoparlör donanımı JBL marka Control One modeldir. Hoparlörün frekans cevabı 80 Hz- 20 kHz aralığındadır. Maksimum çıkış gücü 114 dB SPL'dir.

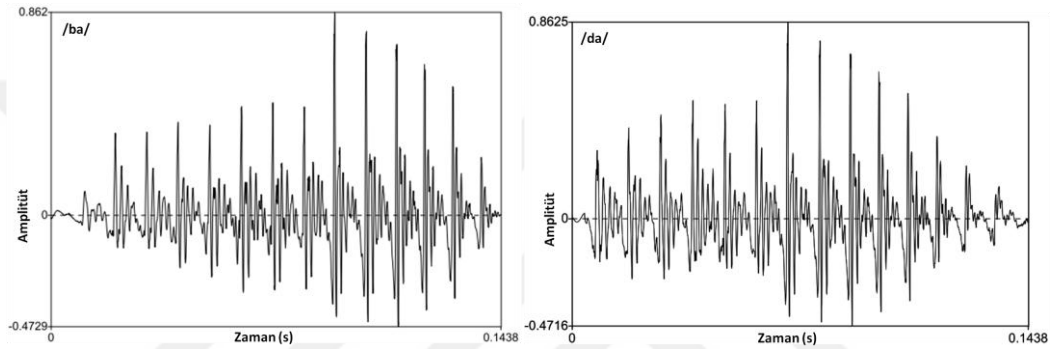
5.4.2. Test Uyaranları

Araştırmada "The University of Edinburgh, Festival Speech Synthesis System©" yazılımı kullanılarak ünsüz- ünlü formunda sentetik /ba/ ve /da/ heceleri üretilmiştir. Audicity ses düzenleme yazılımında üretilen hecenin durgun durum (steady- state) bölümünde düzeltme yapılarak 144 msn.'lik bir ses elde edilmiş, ses dosyası .wav formatında kaydedilmiştir.

Elde edilen /ba/ ve /da/ hecesinin akustik özellikleri PRAAT© yazılımı kullanılarak analiz edilmiştir.

/da/ uyaranın ses başlama zamanı (voice onset time- VOT) 4 msn.'dir. Formant frekansları F1 için 706 Hz., F2 için 1184 Hz., F3 için 2707 Hz., F4 için 3202 Hz.'dir.

/ba/ uyarının ses başlama zamanı (voice onset time- VOT) 10 msn.'dir. Formant frekansları F1 için 629 Hz., F2 için 1096 Hz., F3 için 2601 Hz., F4 için 3281 Hz.'dir.



Şekil- 12: /ba/ ve /da/ uyaranlarının dalga formları

Testte kullanabilmek için .wav formatında elde edilen ses dosyaları, IHS SmartEP yazılımında..STM formatına dönüştürülmüştür.

Gürültü uyaranı olarak odyometre tarafından üretilen geniş bant konuşma gürültüsü kullanılmıştır.

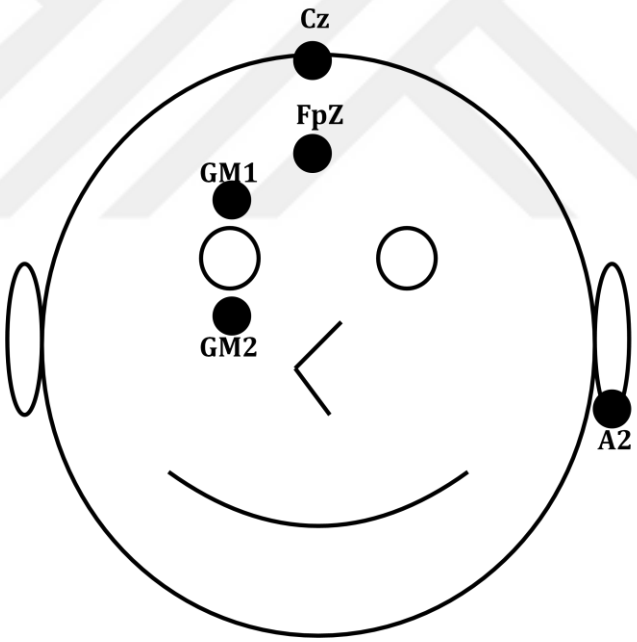
5.4.3. Uyaran Şiddet Seviyesi

Konuşma uyarının ve gürültü uyaranın ses seviyesi Bruel& Kjaer 2235 model Ses Düzeyi Ölçer *(İng: Sound Level Meter)* ile A skalasına göre kontrol edilmiş, kalibrasyon için düzeltme faktörü kullanılmıştır. Konuşma uyaranlarının şiddeti SmartEP yazılımında ve AC 33 Odyometrede 70 dB HL olarak sabitlenmiş, konuşma uyaranı ve gürültü için düzeltme faktörü 15 dB SPL bulunmuştur. Ses Düzeyi Ölçer kullanılarak düzeltme faktörü AC33 odyometreye uygulanmıştır.

Konuşma uyaranlarının ses seviyesi 80 dB SPL, gürültü seviyesi 75 dB SPL olarak sabitlenmiştir. Sinyal/ Gürültü Oranı 5 dB'dir.

5.4.4. Elektrot Yerleşimi

Elektrot montajı Uluslararası 10-20 sistemine göre yapılmıştır. İki kanallı işitsel potansiyel cihazının bir kanalı kortikal potansiyel kaydı için kullanılırken, diğer kanal göz monitorizasyonu için kullanılmıştır. A kanalında Pozitif elektrot vertekse (Cz), negatif elektrot sağ kulak memesine (A1), toprak elektrot alına (Fpz) yerleştirilmiştir. B kanalı göz monitorizasyonu için kullanılmış, elektrotlar sol göz orbitasının altına ve üstüne yerleştirilmiştir. Elektrot montajı Şekil-13'de gösterilmiştir.



Şekil-13: Elektrot Yerleşimi

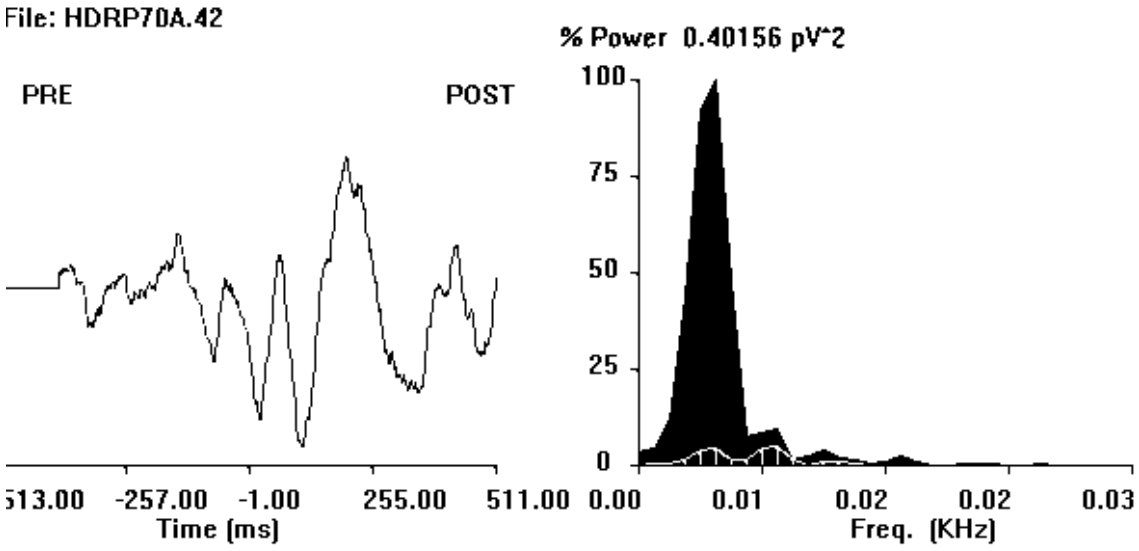
5.4.5. Uyaran ve Kayıt Parametreleri:

Uyaranlar pasif Odd-Ball paradigması ile sunulmuştur. Uyaranların veriliş sırası yazılım tarafından belirlenmiştir ve rastlantısaldır. Hedef/seyrek uyaran (/da/) %20 olasılıkla, sık uyaran (/ba/) %80 olasılıkla sunulmuştur. Uyaranlar arası süre 1.1 msn.'dir. Ses kaynağına uzaklık 1 m. olarak belirlenmiştir.

EEG (Electroencephalogram) kaydı için analiz zamanı -100 msn ile 500 msn arasındadır. Kayıt filtresi 1- 40 Hz, örnekleme sayısı 250'dir. Tekrar sayısı 1.1/sn.'dir. Kirlilik reddetme aralığı (artifact rejection) +/- 100µV olarak belirlenmiştir.

Göz hareketleri EEG & Yükseltici penceresinden kontrol edilmiştir. Teste başlamadan önce katılımcıdan gözünü kırpması istenmiş ve EEG penceresinden B kanalındaki reddetme seviyesi her hastaya göre ayarlanmıştır.

Test boyunca, kayıt alınırken EEG penceresi izlenmiştir. EEG dalga formunda göz kırpmaya bağlı kirlilik EEG dalgasının sinyal/gürültü spektrumu incelenerek tespit edilmiş, kirliliğin %25 seviyesinin üzerine çıkması durumunda elde edilen dalga formu silinerek, yeni bir kayıt alınmıştır. Sinyal/ gürültü spektrum örneği Şekil-14'de yer almaktadır.



Şekil- 14: EEG kaydında Sinyal/ Gürültü Spektrum Örneği

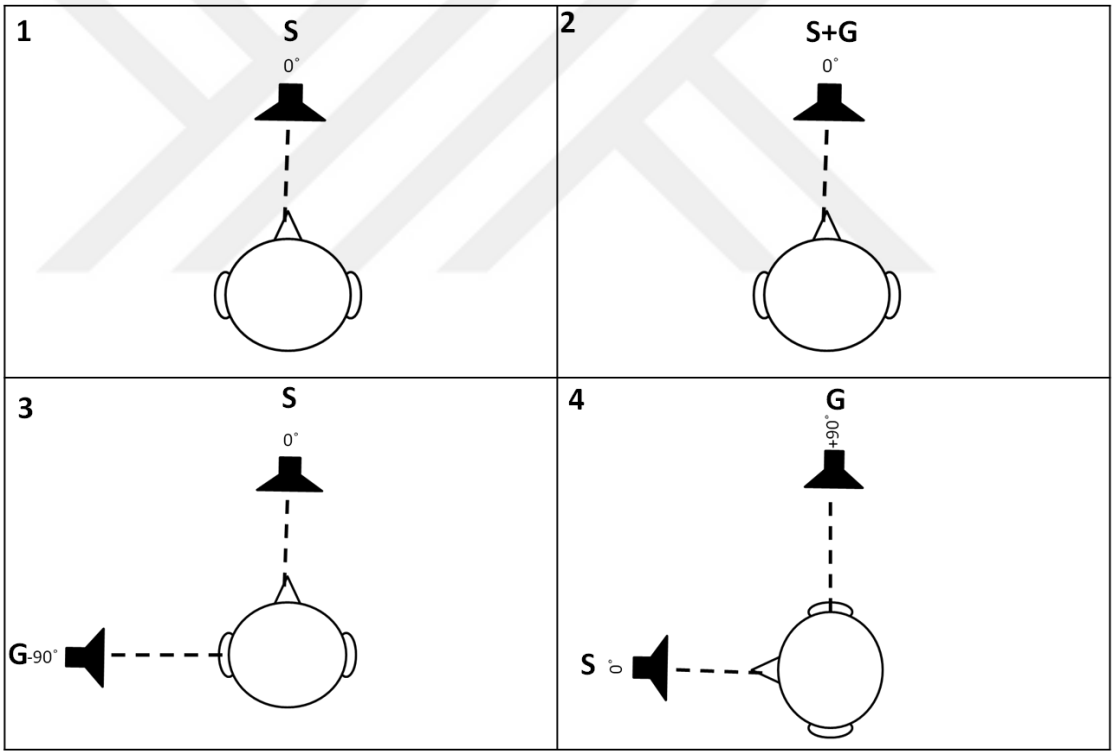
5.4.6. Test Protokolü

Araştırmada bel ve yükseklik ayarı yapılabilen, baş desteği olan, dönebilen, tekerlekli sandalye kullanılmıştır. Elektrot yerleşiminden sonra her hasta için sandalye ayarı yapılmış, hoparlörlere olan uzaklık 1m. olarak ayarlanmıştır.

Katılımcılara test sırasında hoparlörün üstünde yer alan ekrandan sessiz modda film izletilmiştir.

Katılımcılardan test sırasında mümkün olduğunca hareket etmemeleri, karşılarında yer alan ekrandan film izlemeleri, test uyaranlarına dikkat etmemeleri istenmiştir. Farklı açılardan ses ve gürültü duyaracakları, her bir kayıdın yaklaşık 2-3 dk. sürdüğü anlatılmıştır.

Test sinyali ve gürültü açısı olarak 0° (katılımcının karşısı), -90° (katılımcının solu), +90° (katılımcının sağı) kullanılmıştır. Sinyal- gürültü açısından elde edilen kayıt protokol sırası Şekil-1'de gösterilmiştir.



Şekil- 15: Test Koşulları (S) Sinyal, (G) Gürültü 1-: Konuşma sesi katılımcının karşısında (S_0), 2- Konuşma sesi ve gürültü katılımcının karşısında (S_0G_0), 3- Konuşma sesi katılımcının karşısında gürültü solda (S_0G_{-90}), 4- Konuşma sesi katılımcının karşısında gürültü sağda (S_0G_{+90})

Kontrol (Normal İşiten) grubunda test 4 ölçüm modunda sırayla S_0, S_0G_0, S_0G_{-90}, S_0G_{+90}'da yapılmıştır.

Deney (İşitme Kayıplı) grubunda ise işitme cihazı hafızasına kaydedilen 3 yönsellik modu değiştirilerek toplam 8 ölçüm modunda test gerçekleştirilmiştir.

Deney grubu test ölçüm sırası aşağıdaki gibidir:

1- Konuşma sesi katılımcının karşısında (S_0)- TamYönsellik

2- Konuşma sesi ve gürültü katılımcının karşısında (S_0G_0)- Tam Yönsellik

3- Konuşma sesi katılımcının karşısında gürültü solda (S_0G_{-90})- Tam Yönsellik

4- Konuşma sesi katılımcının karşısında gürültü solda (S_0G_{-90})- Adaptif Yönsellik

5- Konuşma sesi katılımcının karşısında gürültü solda (S_0G_{-90})- Binaural Yönsellik (Kablosuz İşlemleme Açık)

6- Konuşma sesi katılımcının karşısında gürültü sağda (S_0G_{+90})- Tam Yönsellik

7- Konuşma sesi katılımcının karşısında gürültü sağda (S_0G_{+90})- Adaptif Yönsellik

8- Konuşma sesi katılımcının karşısında gürültü sağda (S_0G_{+90})- Binaural Yönsellik (Kablosuz İşlemleme Açık)

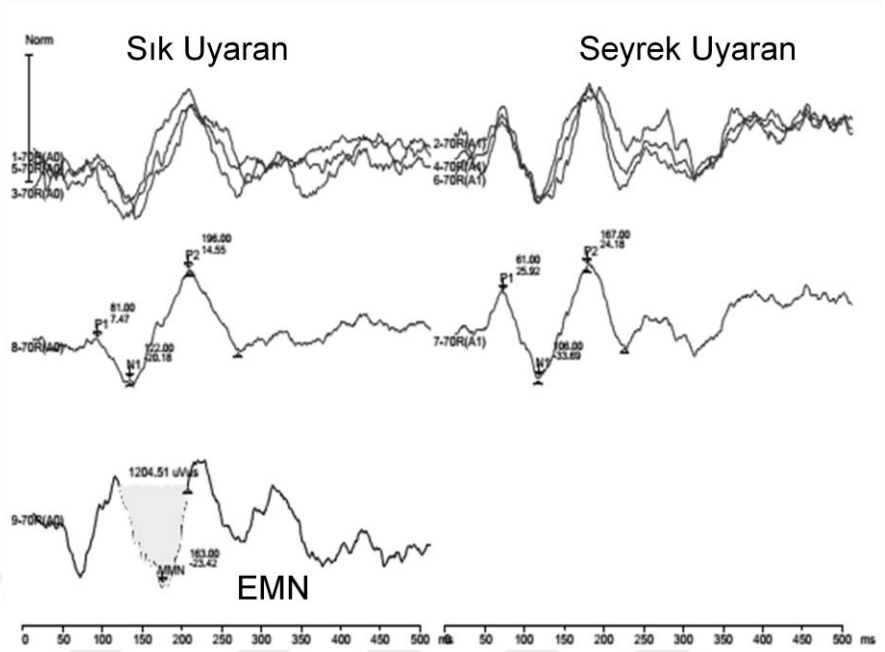
5.4.7. EEG Dalga Formunun Analizi:

Her bir ölçüm modu için kayıt 3 kez tekrar edilmiştir. Her bir ölçümden sonra sık uyaran ve seyrek uyaran için elde edilen bu 3 trasenin ortalaması alınarak tek trase (Grand Avarage Waveform) elde edilmiş, analiz, ortalaması alınmış dalga formu üzerinde yapılmıştır. P1- N1- P2 latansı ve amplitütü bilgisayar yazılımı kullanarak işaretlenmiştir.

EMN dalga formunu elde edebilmek için seyrek uyaran dalga formu, µV ağırlıklandırma ile sık uyaran dalga formundan çıkartılmış, dalga latansı ve amplitütü bilgisayar yazılımı kullanarak işaretlenmiştir.

P1- N1- P2 ve EMN amplitütleri elde edilen dalganın negatif tepesi ile pozitif tepesi arasında µV cinsinden farklılık olarak tanımlanmıştır.

Normal işiten bir katılımcının İUKP dalga formu Şekil- 16'da gösterilmektedir.



Şekil- 16: İUKP dalga formu örneği

5.5. Etik Kurul Onayı

Bu çalışmayı Marmara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Etik Kurulu 22.09.2014 tarih ve 10 sayılı kararı ile onaylamıştır.

5.6. Araştırmada Kullanılan İstatistik Yöntemler

Normal İşiten grupta 4 farklı ses ve gürültü açısında S_0, S_0G_0, S_0G_{-90}, S_0G_{+90}'da latans, amplitüt değerlerinin grup içi istatistiksel analizinde, Bağımlı Gruplar için Tekrarlı Ölçümlerde Varyans Analizi yöntemi,

Phonak ve Resound kullanan grupta, 4 farklı ses ve gürültü açısında S_0, S_0G_0, S_0G_{-90}, S_0G_{+90}'da 3 ayrı direksiyonalite modunda (tam yönsel, adaptif yönsel, binaural yönsel) latans, amplitüt değerlerinin grup içi istatistiksel analizinde, Bağımlı Gruplar için Tekrarlı Ölçümlerde Varyans Analizi yöntemi,

Gruplar arasında latans, amplitüt değerlerinde, ses ve gürültü açıları açısından anlamlı fark olup olmadığının karşılaştırılmasında tek yönlü varyans analizi yöntemi kullanılmıştır.

6. BULGULAR

6.1. NORMAL İŞİTEN BİREYLER

Normal işiten grupta P1- N1- P2 kompleksi ve EMN yanıtları 4 farklı ölçüm tipinde; (So), (S_0G_{-90}), (S_0G_{+90}), (SoGo), pasif Odd- Ball paradigması kullanılarak elde edilmiştir.

Ayrıca gürültünün açısının hedeften uzaklaşmasıyla elde edilen latans farklılıkları, sesin ve gürültünün karşıdan geldiği (SoGo) koşulda elde edilen latans değerinin, sesin soldan (S_0G_{-90}) ve sağdan (S_0G_{+90}) geldiği koşulda elde edilen latans değerinden ayrı ayrı çıkartılmasıyla incelenmiştir. Bu işlem uzaysal ayrılık etkisi (UAE) olarak adlandırılmıştır.

Her bir ölçüm tipi için P1- N1- P2 ve EMN latans ve amplitüt ortalama (X) ve Standart sapma değerleri (±SS) Tablo-5 ve şekil-16'da belirtilmiştir.

Tablo- 5: Normal İşiten Grup Test Koşullarına Göre Latans ve Amplitüt Ortalamaları.

		S_0	S_0G_{-90}	S_0G_{+90}	SoGo
P1	**Latans**	65,86 ±10,31	80,26 ±14,90	85,53 ±25,31	100,46 ±23,75
	Amplitüt	9,07 ±6,15	11,19 ±6,96	11,21 ±7,45	8,21 ±6,01
N1	**Latans**	103,00 ±10,80	120,16 ±17,78	124,80 ±22,75	136,66 ±20,83
	Amplitüt	12,21 ±8,58	18,40 ±11,00	16,94 ±10,78	15,21 ±10,71
P2	**Latans**	155,46 ±15,02	178,73 ±19,16	182,43 ±19,77	197,10 ±18,47
	Amplitüt	8,36 ±7,74	10,26 ±7,38	9,23 ±7,65	9,37 ±8,02
EMN	**Latans**	150,73 ±23,89	172,83 ±28,74	173,93 ±26,71	210,06 ±37,23
	Amplitüt	4,53 ±2,96	8,06 ±5,70	8,83 ±6,96	7,49 ±6,49

So: Sinyal kişinin karşısında, gürültü yok, S_0G_{-90}: Sinyal kişinin karşısında, gürültü solda S_0G_{+90}: Sinyal kişinin karşısında gürültü sağda, SoGo: Sinyal ve gürültü kişinin karşısında

6.1.1. Gürültünün Açısına Göre N1, P2, EMN Latans ve Amplitütlerindeki Değişimin İncelenmesi

Gürültü yönüne göre N1, P2 ve EMN latans ve amplitüt değerlerindeki değişimler Tekrarlı Ölçümlerde ANOVA yöntemiyle analiz edilmiştir. Latansların gürültünün varlığına ve açısına göre değişimi istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0,05$). F değeri, p değeri ve etki büyüklüğü tablo.-6'da gösterilmiştir.

Tablo- 6: Normal İşitenlerde Gürültünün Açısına Göre Latanslarda Değişim

	F (3, 87)	**p**	**Etki Büyüklüğü (eta^2)**
N1	31,853	p<0,0005	0,523
P2	38,293	p<0,0005	0,569
EMN*	40,207 (2,33- 67,56)	p<0,0005	0,581

* Greenhouse-Geisser düzeltmesi

N1 ve EMN amplitüt değerlerinin gürültünün varlığına ve açısına göre değişimi istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0,05$). P2 amplitüt değerinin gürültünün varlığına ve açısına göre değişimi ise istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p>0,05$). F değeri, p değeri ve etki büyüklüğü tablo.- 7'de gösterilmiştir.

Tablo- 7: Normal İşitenlerde Gürültünün Açısına Göre Amplitütlerde Değişim

	F (3, 87)	**p**	**Etki Büyüklüğü (eta^2)**
N1	3,234	=0,026	0,100
P2*	0,427	=0,682	0,015
EMN	4,354	=0,007	0,131

* Greenhouse-Geisser düzeltmesi

Normal işiten bireylerden elde edilen N1, P2, EMN latans ve amplitüt değerlerinin gürültünün açısına göre farklılıkları, gürültünün olmadığı koşul (S_0), gürültünün solda (S_0G_{-90}), sağda (S_0G_{+90}) ve karşıda (SoGo) olduğu koşulların

karşılaştırılmasıyla analiz edilmiştir. Her bir koşul için istatistiksel anlamlılık ve ölçüm tipleri arasındaki ortalama latans farklılıkları Tablo 8'de belirtilmiştir.

Gürültünün olmadığı koşulda (So) elde edilen N1- P2 ve EMN latans ortalamaları diğer tüm koşullara göre daha kısa/ daha erkendir ($p<0,05$). Gürültünün olmadığı koşulda elde edilen N1 amplitütü, gürültünün solda olduğu koşulda elde edilen N1 amplitütüne göre daha düşüktür ($p=0,009$); gürültünün sağda olduğu koşulda elde edilen N1 amplitütüne göre ise anlamlı farklılık bulunmamıştır ($p>0,05$). Gürültünün olmadığı koşulda (So) elde edilen EMN amplitütü gürültünün solda ($p=0,021$) ve sağda ($p=0,020$) olduğu koşulda elde edilen EMN amplitütüne göre daha düşüktür. P2 amplitütü açısından anlamlı farklılık bulunmamıştır ($p>0,05$)

(S_0- SoGo), (SoGo-S_0G_{-90}), (SoGo - S_0G_{+90}), (S_0G_{-90}- S_0G_{+90}) koşulları arasında amplitüt ortalamaları açısından anlamlı farklılık bulunmamıştır ($p>0,05$).

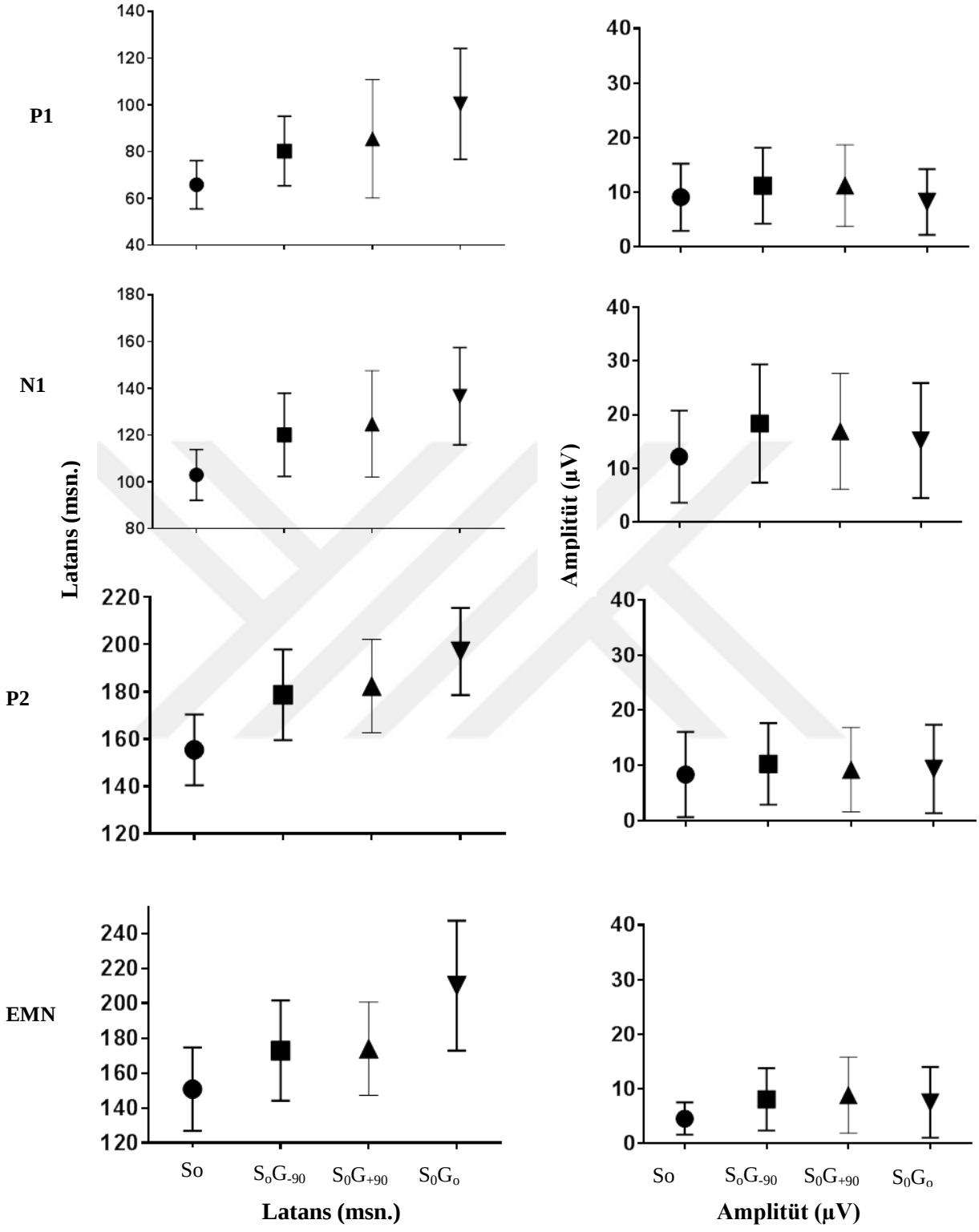
Gürültünün solda (S_0G_{-90}) ve sağda (S_0G_{+90}) olduğu koşulda elde edilen N1, P2, EMN latans ortalamaları, gürültünün kişinin karşısında olduğu latans ortalamalarından daha erkendir ($p<0,05$). Gürültünün solda ve sağda olması durumunda elde edilen latans ve amplitüt ortalamaları arasında anlamlı farklılık bulunmamıştır ($p>0,05$).

Gürültünün karşıda olduğu (SoGo) koşulda latans ortalamaları diğer koşulların tümünden daha uzun bulunmuştur ($p<0,05$).

Tablo- 8: Normal İşitenlerde N1, P2, EMN Latanslarının Gürültünün Açısına Göre Grup İçi Karşılaştırması

	(S_0- S_0G_{-90})		**(S_0- S_0G_{+90})**		**S_0- SoGo**		**SoGo-S_0G_{-90}**		**SoGo - S_0G_{+90}**		**S_0G_{-90}- S_0G_{+90}**	
	Fark	**p**	**Fark**	**p**	**Fark**	**p**	**Fark**	**p**	**Fark**	**p**	**Fark**	**p**
N1	-17,16	<0,0005*	-21,80	<0,0005*	-33,66	<0,0005*	16,50	<0,0005*	11,86	=0,008**	-4,63	>0,05
P2	-23,26	<0,0005*	-26,96	<0,0005*	-41,63	<0,0005*	18,36	<0,0005*	14,66	=0,002**	-3,70	>0,05
EMN	-22,10	=0,001*	-23,20	<0,0005*	-59,33	<0,0005*	37,23	<0,0005*	36,13	<0,0005*	-1,10	>0,05

* ($p<0,001$) ** ($p<0,05$). So: Sinyal kişinin karşısında, gürültü yok, S_0G_{-90}: Sinyal kişinin karşısında, gürültü solda S_0G_{+90}: Sinyal kişinin karşısında gürültü sağda, SoGo: Sinyal ve gürültü kişinin karşısında



Şekil-17: Normal İşiten Grup P1, N1, P2, EMN latans ve amplitüt değerleri (X±SS). So: Ses karşıda gürültü yok, $S_0G_{-90:}$ Ses karşıda gürültü solda, S_0G_{+90}:Ses karşıda gürültü sağda, SoGo: Ses karşıda gürültü karşıda

6.1.2. Uzaysal Ayrılık Etkisinin (Latans Farkları) İncelenmesi [(SoGo)- (S_0G_{-90})], [(SoGo)- (S_0G_{+90})]

Uzaysal ayrılık etkisinin incelenmesinde N1, P2, EMN latans ortalamaları kullanılmıştır *(Bkz: Tablo- 9)*. P1 Latansları her koşulda her denekten elde edilmediği için değerlendirme dışı tutulmuşur.

Tablo- 9: Normal İşitenlerde Latans farklarının ortalama ve standart sapma değerleri

	(SoGo)- (S_0G_{-90})	**(SoGo)- (S_0G_{+90})**
N1	16,50 ±18,03	11,86 ±18,39
P2	18,36 ±21,98	14,66 ±19,39
EMN	37,23 ±34,02	36,13 ±35,30

Latans farklarının ortalamaları tüm ölçümlerde uzaysal ayrılık etkisini destekler şekilde pozitif yöndedir. N1, P2, EMN latans farkları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamıştır ($p>0,05$). Gürültünün sol tarafta olmasıyla, sağ tarafta olması açısından anlamlı farklılık bulunmamıştır ($p>0,05$).

6.2 İŞİTME KAYIPLI BİREYLER

6.2.1. ALT GRUP-1: PHONAK

İşitme kayıplı grupta Phonak marka işitme cihazıyla elde edilen P1- N1- P2 kompleksi ve EMN yanıtları 4 farklı ölçüm tipinde; (So), (S_0G_{-90}), (S_0G_{+90}), (SoGo), 3 farklı yönsellikte; tam yönsel, adaptif yönsel (UltraZoom), binaural yönsel (StereoZoom) pasif Odd- Ball paradigması kullanılarak elde edilmiştir.

Ayrıca gürültünün açısının hedeften uzaklaşmasıyla elde edilen latans farklılıkları, sesin ve gürültünün karşıdan geldiği (SoGo) koşulda elde edilen latans değerinin, sesin soldan (S_0G_{-90}) ve sağdan (S_0G_{+90}) geldiği koşulda elde edilen latans değerinden ayrı ayrı çıkartılmasıyla incelenmiştir [(SoGo)- (S_0G_{-90})] , [(SoGo)- (S_0G_{+90})]. Bu işlem uzaysal ayrılık etkisi (UAE) olarak adlandırılmıştır.

Tam yönsellik (So), (S_0G_0) koşulunda elde edilen P1- N1- P2 ve EMN latans ve amplitüt ortalama (X) ve Standart sapma değerleri (±SS) Tablo-10'da, tam yönsel, adaptif yönsel ve binaural yönsel (S_0G_{-90}), (S_0G_{+90}) koşulunda elde edilen P1- N1- P2 ve EMN latans ve amplitüt ortalama (X) ve Standart sapma değerleri (±SS) Tablo-11'de belirtilmiştir.

N1- P2 ve EMN cevapları tüm katılımcılarda gözlenirken, P1 cevabının her denekte ve her koşulda gözlenmemesi, uç değerlerin fazla olması, literatürde yetişkinlerle yapılan çalışmalarda daha çok N1- P2 potansiyellerin değerlendirmeye alınması ( ) sebebiyle grup içi tekrarlı ölçümlerin analizi N1- P2 ve EMN cevapları ile yapılmıştır.

Tablo 10: Phonak deney grubunda tam yönsellikte, test koşuluna göre latans ve amplitüt ortalamaları.

	P1 (x±SS)		N1 (x±SS)		P2 (x±SS)		EMN (x±SS)	
	Lat.	**Amp.**	**Lat.**	**Amp.**	**Lat.**	**Amp.**	**Lat.**	**Amp.**
So	69,13 ±17,0	8,34 ±5,47	110,33 ±17,49	11,90 ±5,71	168,53 ±21,76	7,88 ±5,50	157,60 ±24,42	5,24 ±2,73
SoGo	60,66 ±53,72	4,17 ±4,54	148,13 ±31,03	11,48 ±8,06	211,20 ±22,80	7,72 ±8,31	204,06 ±64,27	5,65 ±4,55

So: Sinyal kişinin karşısında, gürültü yok, SoGo: Sinyal ve gürültü kişinin karşısında

Tablo 11: Phonak deney grubunda tam yönsellikte, test koşuluna ve yönselliğe göre latans ve amplitüt ortalamaları.

		Omni (x±SS)		UltraZoom (x±SS)		StereoZoom(x±SS)	
		S_0G_{-90}	**S_0G_{+90}**	**S_0G_{-90}**	**S_0G_{+90}**	**S_0G_{-90}**	**S_0G_{+90}**
P1	**Lat.**	68,66 ±31,18	77,40 ±34,63	67,06 ±23,05	72,06 ±14,12	85,93 ±19,23	73,80 ±32,34
	Amp.	8,73 ±7,78	8,33 ±6,89	9,75 ±7,61	10,38 ±7,47	11,24 ±7,41	10,93 ±11,37
N1	**Lat.**	131,20 22,64	124,86 ±22,65	118,60 ±24,02	116,26 ±17,61	134,66 ±18,27	129,86 ±23,18
	Amp.	13,45 ±9,41	13,63 ±9,11	15,35 ±10,35	13,63 ±9,11	15,30 ±7,69	19,41 ±11,65
P2	**Lat.**	188,46 ±24,83	186,40 ±28,63	181,13 ±28,50	176,46 ±21,73	187,26 ±25,29	184,13 ±22,64
	Amp.	7,61 ±6,44	8,70 ±8,56	8,53 ±9,04	8,56 ±8,85	8,95 ±11,75	13,14 ±12,87
EMN	**Lat.**	198,33 ±33,52	191,13 ±30,41	180,06 ±19,12	185,86 ±32,23	195,40 ±26,71	196,73 ±30,29
	Amp.	6,55 ±5,00	7,15 ±3,61	7,03 ±5,64	7,54 ±5,70	7,81 ±4,64	10,20 ±9,04

S_0G_{-90}: Sinyal kişinin karşısında, gürültü solda S_0G_{+90}: Sinyal kişinin karşısında gürültü sağda. Omni: Tam Yönsel, UltraZoom: Adaptif Yönsel, StereoZoom: Binaural Yönsel

Gürültü yönüne göre N1, P2 ve EMN latans ve amplitüt değerlerindeki değişimler Tekrarlı Ölçümlerde ANOVA yöntemiyle analiz edilmiştir. Latansların gürültünün varlığına ve açısına göre değişimi istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0,05$). F değeri, p değeri ve etki büyüklüğü tablo-12'de gösterilmiştir.

N1, P2, EMN amplitütlerinin gürültünün varlığına ve açısına göre değişimi istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p>0,05$).

Tablo-12: Phonak deney grubunda latansların gürültünün varlığına ve açısına göre değişimi

	OMNİ			**OMNİ x ADAPTİF**			**OMNİ x BİNAURAL**		
	F (3, 42)	**p**	**Etki B.(eta^2)**	**F (3, 42)**	**p**	**Etki B. (eta^2)**	**F (3, 42)**	**p**	**Etki B. (eta^2)**
N1	10,737	<0,0005	0,434	16,501	<0,0005	0,541	*12,938 (1,87- 26,19)	<0,0005	0,480
P2	16,056	<0,0005	0,534	16,696	<0,0005	0,544	20,152	<0,0005	0,590
EMN	*5,522 (1,37- 19,24)	=0,021	0,283	*4,186 (1,23- 17,27)	=0,049	0,230	*5,484 (1,33- 18,69)	=0,023	0,281

* Greenhouse-Geisser düzeltmesi. Omni: Tam Yönsel, UltraZoom: Adaptif Yönsel, StereoZoom: Binaural Yönsel

6.2.1.1. Gürültü Açısı ve Yönsellik koşullarına Göre N1, P2, EMN Latans ve Amplitütlerindeki Değişimin İncelenmesi

Gürültünün olmadığı koşulda (S_0) ve gürültünün karşıda olduğu koşulda (S_0G_0) elde edilen N1, P2, EMN latans ve amplitütleri tam yönsellik koşulunda elde edilmiş, bu değerler gürültünün solda (S_0G_{-90}) ve sağda (S_0G_{+90}) olduğu koşulda üç ayrı yönsellikte (tam yönsel, adaptif, binaural) elde edilen N1, P2, EMN latans ve amplitütleri ile karşılaştırılmıştır.

Gürültünün olmadığı koşulda (S_0) N1, P2, EMN latansları, gürültünün karşıda olduğu koşulda (S_0G_0) elde edilen N1, P2, EMN latans ortalamalarına göre daha erkendir ($p<0,05$). Amplitüt ortalamaları arasında anlamlı farklılık bulunmamıştır ($p>0,05$).

6.2.1.2. Gürültünün Olmadığı Koşul ile Gürültünün Sağda ve Solda Olduğu Koşulda elde edilen N1, P2, EMN Latans ve Amplitütlerindeki Değişimin Yönsellikler Açısından İncelenmesi

Gürültünün olmadığı koşul (S_0) ile gürültünün solda olduğu koşul (S_0G_{-90}) arasındaki latans ortalama farklılıkları ve istatistiksel anlamlılık (p) değerleri Tablo- 13'de, gürültünün sağda olduğu koşul (S_0G_{+90}) arasındaki latans ortalama farklılıkları ve istatistiksel anlamlılık (p) değerleri Tablo 14'de belirtilmiştir.

Tablo- 13: Phonak Deney Grubunda So- S_0G_{-90} Latans Farklarının Yönselliğe Göre Karşılaştırması

	Omni		**UltraZoom**		**StereoZoom**	
	Fark	**p**	**Fark**	**p**	**Fark**	**p**
N1	-20,86	=0,042**	-8,26	>0,05	-24,33	=0,001*
P2	-19,93	>0,05	-12,60	>0,05	-18,73	=0,030**
EMN	-40,73	<0,0005*	-22,46	=0,004**	-37,80	<0,0005*

*p<0,001, **p<0,05. Omni: Tam Yönsel, UltraZoom: Adaptif Yönsel, StereoZoom: Binaural Yönsel

Tablo- 14: Phonak Deney Grubunda So- S_0G_{+90} Latans Farklarının Yönselliğe Göre Karşılaştırması

	Omni		UltraZoom		StereoZoom	
	Fark	**p**	**Fark**	**p**	**Fark**	**p**
N1	-14,53	>0,05	-5,93	>0,05	-19,53	=0,018**
P2	-17,86	>0,05	-7,93	>0,05	-15,60	=0,008**
EMN	-33,53	=0,002**	-28,26	=0,001*	-39,13	<0,0005*

*p<0,001, **p<0,05. Omni: Tam Yönsel, UltraZoom: Adaptif Yönsel, StereoZoom: Binaural Yönsel

Gürültünün olmadığı (S_0) koşulda elde edilen N1 latans ortalaması, gürültünün solda (S_0G_{-90}) olduğu koşulda omni ve binaural yönsellikte, gürültünün sağda olduğu koşulda (S_0G_{+90}) binaural yönsellikte N1 latans ortalamasına göre daha erken elde edilmiştir (p<0,05). Gürültünün olmadığı (S_0) koşulda elde edilen N1 latans ortalaması ile gürültünün solda (S_0G_{-90}) olduğu koşulda adaptif yönsellikte, gürültünün sağda olduğu koşulda (S_0G_{+90}) tam yönsel ve adaptif yönsellikte elde edilen N1 latans ortalaması arasında anlamlı farklılık bulunmamıştır (p>0,05).

Gürültünün olmadığı koşulda (S_0) elde edilen P2 latans ortalaması binaural yönsellikte gürültünün solda olduğu koşulda (S_0G_{-90}) elde edilen P2 latans ortalamasına göre, adaptif yönsellikte gürültünün sağda olduğu koşulda (S_0G_{+90}) elde edilen P2 latans ortalamasına göre daha erken elde edilmiştir (p<0,05). Gürültünün olmadığı (S_0) koşulda elde edilen P2 latans ortalaması ile tam yönsellikte gürültünün solda (S_0G_{-90}) ve sağda (S_0G_{+90}) olduğu koşulda elde edilen P2 latans ortalaması arasında anlamlı farklılık bulunmamıştır (p>0,05). Adaptif yönsellikte gürültünün solda, binaural yönsellikte gürültünün sağda olduğu koşul ile gürültünün olmadığı koşul arasında anlamlı farklılık bulunmamıştır (p>0,05).

Gürültünün olmadığı koşulda (S_0) elde edilen EMN latans ortalaması, tam yönsel, adaptif ve binaural yönsellikte gürültünün solda (S_0G_{-90}) ve sağda (S_0G_{+90}) olduğu koşulda (S_0G_{-90}) elde edilen EMN latans ortalamasına göre daha erken elde edilmiştir (p<0,05).

Gürültünün olmadığı koşulda (S_0) elde edilen N1, P2 ve EMN amplitüt ortalaması ile tam yönsel, adaptif ve binaural yönsellikte gürültünün solda (S_0G_{-90}) ve sağda (S_0G_{+90}) olduğu koşulda elde edilen N1, P2 ve EMN amplitüt ortalaması arasında anlamlı farklılık bulunmamıştır (p>0,05).

6.2.1.3. Gürültünün Karşıda Olduğu Koşul (S_0G_0) ile Gürültünün Solda (S_0G_{-90}) ve Sağda (S_0G_{+90}) Olduğu Koşulda elde edilen N1, P2, EMN Latans ve Amplitütlerindeki Değişimin Yönsellikler Açısından İncelenmesi

Gürültünün karşıda olduğu koşul (S_0G_0) ile gürültünün solda olduğu koşul (S_0G_{-90}) arasındaki latans ortalama farklılıkları ve istatistiksel anlamlılık (p) değerleri Tablo 15'de, gürültünün sağda olduğu koşul (S_0G_{+90}) arasındaki latans ortalama farklılıkları ve istatistiksel anlamlılık (p) değerleri Tablo- 16'da belirtilmiştir.

Tablo- 15: Phonak Deney Grubunda SoGo - S_0G_{-90} Latans Farklarının Yönselliğe Göre Karşılaştırması

	Omni		**UltraZoom**		**StereoZoom**	
	Fark	**p**	**Fark**	**p**	**Fark**	**p**
N1	16,93	>0,05	29,53	=0,004	13,46	>0,05
P2	22,73	=0,019	30,07	=0,007	23,93	=0,046
EMN	5,73	>0,05	24,00	>0,05	8,66	>0,05

Tablo 16: Phonak Deney Grubunda SoGo - S_0G_{+90} Latans Farklarının Yönselliğe Göre Karşılaştırması

	Omni		**UltraZoom**		**StereoZoom**	
	Fark	**p**	**Fark**	**p**	**Fark**	**p**
N1	23,26	>0,05	31,86	=0,004	18,26	>0,05
P2	24,80	=0,025	34,73	=0,001	27,06	=0,004
EMN	12,93	>0,05	18,20	>0,05	7,33	>0,05

Gürültünün karşıdan geldiği koşulda (S_0G_0) elde edilen N1 latans ortalaması, adaptif yönsellikte gürültünün solda (S_0G_{-90}) ve sağda (S_0G_{+90}) olduğu koşula göre daha geçtir ($p<0,05$). Tam ve binaural yönsellikte gürültünün solda (S_0G_{-90}) ve sağda (S_0G_{+90}) olduğu koşulda elde edilen N1 latans ortalaması ile gürültünün karşıdan geldiği koşulda (S_0G_0) elde edilen N1 latans ortalaması arasında anlamlı farklılık bulunmamıştır ($p>0,05$).

Gürültünün karşıdan geldiği koşulda (S_0G_0) elde edilen P2 latans ortalaması, tam, adaptif ve binaural yönsellikte gürültünün solda (S_0G_{-90}) ve sağda (S_0G_{+90}) olduğu koşula göre daha geçtir ($p<0,05$).

Gürültünün karşıdan geldiği koşulda (S_0G_0) elde edilen EMN latans ortalaması ile tam, adaptif ve binaural yönsellikte gürültünün solda (S_0G_{-90}) ve sağda (S_0G_{+90}) olduğu koşulda elde edilen EMN latans ortalaması arasında anlamlı farklılık bulunmamıştır ($p>0,05$).

Gürültünün karşıdan geldiği koşulda (S_0G_0) elde edilen N1, P2, EMN amplitüt ortalaması ile tam, adaptif ve binaural yönsellikte gürültünün solda (S_0G_{-90}) ve sağda (S_0G_{+90}) olduğu koşulda elde edilen N1, P2, EMN amplitüt ortalaması arasında anlamlı farklılık bulunmamıştır ($p>0,05$).

6.2.1.4. Gürültünün Sağda Olduğu Koşul ile Solda Olduğu Koşulda elde edilen N1, P2, EMN Latans ve Amplitütlerindeki Değişimin Yönsellikler Açısından İncelenmesi

Gürültünün soldan geldiği koşul (SoG_{-90}) ile sağdan geldiği koşul arasında (S_0G_{+90}) yönsellik açısından anlamlı farklılık bulunmamıştır ($p>0,05$).

6.2.1.5. Uzaysal Ayrılık Etkisin Yönsellikler Açısından İncelenmesi

Sesin karşıdan geldiği koşulda elde edilen N1, P2, EMN latansı ile sesin soldan ve sağdan geldiği koşulda elde edilen N1, P2, EMN latansının her katılımcı için çıkartılmasıyla elde edilen latans farklılıkları (uzaysal ayrılık etkisi) tablo-17'da gösterilmiştir.

Tablo- 17: Phonak deney grubunda gürültünün açısının hedeften uzaklaşmasıyla (Uzaysal Ayrılık Etkisi) elde edilen latans farklılıkları.

	Omni		**UltraZoom**		**StereoZoom**	
	S_0G_{-90}	**S_0G_{+90}**	**S_0G_{-90}**	**S_0G_{+90}**	**S_0G_{-90}**	**S_0G_{+90}**
N1	16,93 ±31,68	23,26 ±31,09	29,53 ±24,87	31,86 ±26,69	13,46 ±32,91	18,26 ±26,35
P2	22,73 ±23,16	24,80 ±26,17	30,06 ±26,73	24,73 ±24,94	23,93 ±27,48	27,06 ±22,69
EMN	18,20 ±24,79	26,93 ±25,10	37,86 ±27,42	32,86± 31,20	21,13 ±32,66	21,26 ±26,77

N1 ve EMN latansının yönsellik koşulları arasında farklılığı istatistiksel olarak anlamlıdır. ($p<0,05$). F değeri, p değeri ve etki büyüklüğü tablo.-18'de gösterilmiştir.

Tablo- 18: Phonak deney grubunda yönselliğe göre gürültünün açısının hedeften uzaklaşmasının etkisi

	SoGo- SoG-90			SoGo- SoG+90		
	F (df:2, 28)	**p**	**Etki B. (eta^2)**	**F** (df:2, 28)	**p**	**Etki B. (eta^2)**
N1	3,716	**=0,037***	0,210	3,143	=0,059	0,183
P2	0,969	0,392	0,065	1,295	0,290	0,085
EMN	4,303	**=0,023***	0,235	1,548	0,230	0,100

Gürültünün karşıdan geldiği koşulda elde edilen latans ile gürültünün soldan geldiği koşulda elde edilen latans farklılıklarının [(SoGo)- (S_0G_{-90})] (uzaysal ayrılık) yönselliğe göre grup içi karşılaştırmasında N1 latansları açısından omni koşulda elde edilen uzaysal ayrılık ile adaptif ve binaural yönsellikte elde edilen uzaysal ayrılık arasında anlamlı fark yoktur. Adaptif yönsellikte (UltraZoom) elde edilen uzaysal ayrılık, binaural yönsellikte elde edilen uzaysal ayrılıktan daha fazladır (29,53-13,46= 16,06 msn), (p= 0,022).

P2, EMN latanslarının uzaysal ayrılık farklarının [(SoGo)-(S_0G_{-90})] değerlendirilmesinde, yönsellik koşulları arasında anlamlı fark yoktur (p>0,05).

Gürültünün karşıdan geldiği koşulda elde edilen latans ile gürültünün sağdan geldiği koşulda elde edilen latansının çıkartılmasıyla elde edilen [(SoGo)- (S_0G_{+90})] (uzaysal ayrılık) yönselliğe göre grup içi karşılaştırmasında N1, P2, EMN latanslarının uzaysal ayrılık farklarının değerlendirilmesinde, yönsellik koşulları arasında anlamlı fark yoktur. (p>0,05)

6.2.2. ALT GRUP- 2: RESOUND

İşitme kayıplı grupta Resound marka işitme cihazıyla elde edilen P1- N1- P2 kompleksi ve EMN yanıtları 4 farklı ölçüm tipinde; (So), (S_0G_{-90}), (S_0G_{+90}), (SoGo), 3 farklı yönsellikte; omni direksyionel, adaptif direksiyonel (UltraZoom), binaural direksiyonel (StereoZoom) pasif Odd- Ball paradigması kullanılarak elde edilmiştir.

Ayrıca gürültünün açısının hedeften uzaklaşmasıyla elde edilen latans farklılıkları, sesin ve gürültünün karşıdan geldiği (SoGo) koşulda elde edilen latans değerinin, sesin soldan (S_0G_{-90}) ve sağdan (S_0G_{+90}) geldiği koşulda elde edilen latans değerinden ayrı ayrı çıkartılmasıyla incelenmiştir [(SoGo)- (S_0G_{-90})] , [(SoGo)-(S_0G_{+90})]. Bu işlem uzaysal ayrılık etkisi (UAE) olarak adlandırılmıştır.

Tam yönsellik (So), (S_0G_0) koşulunda elde edilen P1- N1- P2 ve EMN latans ve amplitüt ortalama (X) ve Standart sapma değerleri (±SS) Tablo-19'da, tam yönsel,

adaptif yönsel ve binaural yönsel (S_0G_{-90}), (S_0G_{+90}) koşulunda elde edilen P1- N1- P2 ve EMN latans ve amplitüt ortalama (X) ve Standart sapma değerleri (±SS) Tablo-20'da belirtilmiştir.

N1- P2 ve EMN cevapları tüm katılımcılarda gözlenirken, P1 cevabının her denekte ve her koşulda gözlenmemesi, uç değerlerin fazla olması, literatürde yetişkinlerle yapılan çalışmalarda daha çok N1- P2 potansiyellerin değerlendirmeye alınması ( ) sebebiyle grup içi tekrarlı ölçümlerin analizi N1- P2 ve EMN cevapları ile yapılmıştır.

Tablo- 19: ReSound deney grubunda tam yönsellikte, test koşuluna göre latans ve amplitüt ortalamaları.

	P1 (x±SS)		**N1 (x±SS)**		**P2 (x±SS)**		**EMN (x±SS)**	
	Lat.	**Amp.**	**Lat.**	**Amp.**	**Lat.**	**Amp.**	**Lat.**	**Amp.**
So	70,46 ±13,68	7,27 ±6,39	111,07 ±12,40	9,86 ±6,47	174,84 ±11,25	4,37 ±3,78	170,38 ±24,49	3,28 ±3,11
SoGo	97,25 ±17,44	4,19 ±1,95	145,15 ±13,73	6,58 ±3,80	208,07 ±21,65	3,35 ±2,44	248,53 ±31,85	2,85 ±2,20

So: Sinyal kişinin karşısında, gürültü yok, SoGo: Sinyalve gürültü kişinin karşısında

Tablo- 20: ReSound deney grubunda tam yönsellikte, test koşuluna ve yönselliğe göre latans ve amplitüt ortalamaları.

		Omni		AutoScope		BinauralDirec.	
		S_0G_{-90}	S_0G_{+90}	S_0G_{-90}	S_0G_{+90}	S_0G_{-90}	S_0G_{+90}
P1	**Lat.**	90,84 ±21,74	89,45 ±25,11	83,07 ±19,37	91,46 ±12,40	90,53 17,14	81,58 43,22
	Amp.	4,93 ±1,73	5,21 ±3,55	5,37 ±2,08	6,07 ±6,08	6,73 5,33	7,39 6,46
N1	**Lat.**	139,92 ±23,44	138,46 ±21,75	133,30 ±23,37	140,69 ±17,08	141,84 ±19,68	145,84 ±23,14
	Amp.	8,19 ±4,64	7,21 ±3,01	7,52 ±3,88	8,89 ±8,24	11,33 ±8,87	11,11 ±7,96
P2	**Lat.**	208,53 ±26,48	196,30 ±24,07	201,84 ±21,17	198,23 ±21,57	208,15 ±23,77	207,84 ±31,02
	Amp.	3,92 ±2,08	2,72 ±1,55	3,38 ±2,18	3,84 ±4,36	7,70 ±7,98	4,17 ±2,14
EMN	**Lat.**	211,07 ±36,60	196,84 ±34,60	202,07 ±31,08	203,15 ±39,70	209,76 ±28,33	203,30 ±26,07
	Amp.	4,04 ±2,05	4,25 ±3,58	3,58 ±1,80	4,16 ±3,82	6,74 ±6,12	5,20 ±4,15

S_0G_{-90}: Sinyal kişinin karşısında, gürültü solda S_0G_{+90}: Sinyal kişinin karşısında gürültü sağda

Gürültü yönüne göre N1, P2 ve EMN latans ve amplitüt değerlerindeki değişimler Tekrarlı Ölçümlerde ANOVA yöntemiyle analiz edilmiştir. Latansların gürültünün varlığına ve açısına göre değişimi istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0,05$). F değeri, p değeri ve etki büyüklüğü tablo.-21'de gösterilmiştir.

N1, P2, EMN amplitütlerinin gürültünün varlığına ve açısına göre değişimi istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p>0,05$).

Gürültünün olmadığı koşulda (S_0) N1, P2, EMN latansları, gürültünün karşıda olduğu koşulda (S_0G_0) elde edilen N1, P2, EMN latans ortalamalarına göre daha erkendir ($p<0,05$). Amplitüt ortalamaları arasında anlamlı farklılık bulunmamıştır ($p>0,05$).

Tablo-21: ReSound deney grubunda latansların gürültünün varlığına ve açısına göre değişimi

	OMNİ			OMNİ x ADAPTİF			OMNİ x BİNAURAL		
	F (df:3, 36)	**p**	**Etki B. (eta^2)**	**F** (df:3, 36)	**p**	**Etki B. (eta^2)**	**F** (df:3, 36)	**p**	**Etki B. (eta^2)**
N1	14,755	<0,0005	0,551	11,185	<0,0005	0,482	15,420	<0,0005	0,562
P2	7,437	=0,001	0,383	9,050	<0,0005	0,430	10,356	<0,0005	0,463
EMN	17,940	<0,0005	0,599	19,769	<0,0005	0,622	19,535	<0,0005	0,619

6.2.2.1. Gürültü Açısı ve Yönsellik koşullarına Göre N1, P2, EMN Latans ve Amplitütlerindeki Değişimin İncelenmesi

Gürültünün olmadığı koşulda (S_0) ve gürültünün karşıda olduğu koşulda (S_0G_0) elde edilen N1, P2, EMN latans ve amplitütleri tam yönsellik koşulunda elde edilmiş, bu değerler gürültünün solda (S_0G_{-90}) ve sağda (S_0G_{+90}) olduğu koşulda üç ayrı yönsellikte (tam yönsel, adaptif, binaural) elde edilen N1, P2, EMN latans ve amplitütleri ile karşılaştırılmıştır.

6.2.2.2. Gürültünün Olmadığı Koşul ile Gürültünün Sağda ve Solda Olduğu Koşulda elde edilen N1, P2, EMN Latans ve Amplitütlerindeki Değişimin Yönsellikler Açısından İncelenmesi

Gürültünün olmadığı koşul (S_0) ile gürültünün solda olduğu koşul (S_0G_{-90}) arasındaki latans ortalama farklılıkları ve istatistiksel anlamlılık (p) değerleri Tablo- 22'de, gürültünün sağda olduğu koşul (S_0G_{+90}) arasındaki latans ortalama farklılıkları ve istatistiksel anlamlılık (p) değerleri Tablo- 23'de belirtilmiştir.

Tablo- 22: ReSound deney grubunda So- S_0G_{-90} Latans Farklarının Yönselliğe Göre Karşılaştırması

	Omni		**AutoScope**		**Binaural**	
	Fark	**p**	**Fark**	**p**	**Fark**	**p**
N1	-28,84	=0,010	-22,23	>0,05	-30,76	=0,001
P2	-33,69	=0,028	-27,00	=0,006	-33,30	=0,009
EMN	-40,69	=0,018	-31,69	=0,040	-39,38	=0,010

Tablo – 23: ReSound deney grubunda So- S_0G_{+90} Latans Farklarının Yönselliğe Göre Karşılaştırması

	Omni		AutoScope		Binaural	
	Fark	**p**	**Fark**	**p**	**Fark**	**p**
N1	-27,38	=0,002	-29,61	=0,002	-34,76	<0,0005
P2	-21,46	>0,05	-23,38	>0,05	-33,00	=0,042
EMN	-26,46	>0,05	-32,76	=0,003	-32,92	>0,05

Gürültünün olmadığı koşulda (S_0) elde edilen N1 latans ortalaması, gürültünün solda olduğu koşulda (S_0G_{-90}) tam ve binaural yönsellikte, gürültünün sağda olduğu koşulda (S_0G_{+90}) tam, adaptif ve binaural yönsellikte elde edilen N1 latans ortalamasına göre daha erkendir ($p<0,05$). Adaptif yönsellik koşulunda gürültünün solda olduğu koşulda (S_0G_{-90}) elde edilen N1 latansı ile gürültünün olmadığı koşulda (S_0) elde edilen N1 latans ortalaması arasında anlamlı farklılık bulunmamıştır ($p>0,05$).

Gürültünün olmadığı koşulda (S_0) elde edilen P2 latans ortalaması, gürültünün solda olduğu koşulda (S_0G_{-90}) tam, adaptif ve binaural yönsellikte, gürültünün sağda olduğu koşulda (S_0G_{+90}) binaural yönsellikte elde edilen N1 latans ortalamasına göre daha erkendir ($p<0,05$). Tam ve Adaptif yönsellikte gürültünün sağda olduğu koşulda (S_0G_{+90}) elde edilen P2 latansı ile gürültünün olmadığı koşulda (S_0) elde edilen P2 latans ortalaması arasında anlamlı farklılık bulunmamıştır ($p>0,05$).

Gürültünün olmadığı koşulda (S_0) elde edilen EMN latans ortalaması, gürültünün solda olduğu koşulda (S_0G_{-90}) tam, adaptif ve binaural yönsellikte, gürültünün sağda olduğu koşulda (S_0G_{+90}) adaptif yönsellikte elde edilen EMN latans ortalamasına göre daha erkendir ($p<0,05$). Tam ve binaural yönsellikte gürültünün sağda olduğu koşulda (S_0G_{+90}) elde edilen EMN latansı ile gürültünün olmadığı koşulda (S_0) elde edilen EMN latans ortalaması arasında anlamlı farklılık bulunmamıştır ($p>0,05$).

Gürültünün olmadığı koşulda (S_0) elde edilen N1, P2 ve EMN amplitüt ortalaması ile omni, adaptif ve binaural yönsellikte gürültünün solda (S_0G_{-90}) ve sağda (S_0G_{+90}) olduğu koşulda elde edilen N1, P2 ve EMN amplitüt ortalamaları arasında anlamlı farklılık bulunmamıştır ($p>0,05$).

6.2.2.3. Gürültünün Karşıda Olduğu Koşul (S_0G_0) ile Gürültünün Solda (S_0G_{-90}) ve Sağda (S_0G_{+90}) Olduğu Koşulda elde edilen N1, P2, EMN Latans ve Amplitütlerindeki Değişimin Yönsellikler Açısından İncelenmesi

Gürültünün karşıda olduğu koşul (S_0G_0) ile gürültünün solda olduğu koşul (S_0G_{-90}) arasındaki latans ortalama farklılıkları ve istatistiksel anlamlılık (p) değerleri Tablo-24'de, gürültünün sağda olduğu koşul (S_0G_{+90}) arasındaki latans ortalama farklılıkları ve istatistiksel anlamlılık (p) değerleri Tablo- 25'de belirtilmiştir.

Tablo- 24: ReSound deney grubunda SoGo - S_0G_{-90} Latans Farklarının Yönselliğe Göre Karşılaştırması

	Omni		**AutoScope**		**Binaural**	
	Fark	**p**	**Fark**	**p**	**Fark**	**p**
N1	5,23	>0,05	11,84	>0,05	3,30	>0,05
P2	-0,46	>0,05	6,23	>0,05	-0,07	>0,05
EMN	37,46	>0,05	46,46	=0,016	38,76	=0,009

Tablo- 25: ReSound deney grubunda SoGo - S_0G_{+90} Latans Farklarının Yönselliğe Göre Karşılaştırması

	Omni		**AutoScope**		**Binaural**	
	Fark	**p**	**Fark**	**p**	**Fark**	**p**
N1	6,69	>0,05	4,46	>0,05	-0,69	>0,05
P2	11,76	>0,05	9,84	>0,05	0,23	>0,05
EMN	51,69	=0,016	45,38	=0,036	45,23	=0,037

Gürültünün karşıdan geldiği koşulda (S_0G_0) elde edilen EMN latans ortalaması, gürültünün solda (S_0G_{-90}) olduğu koşulda adaptif ve binaural yönsellikte, sağda olduğu koşulda (S_0G_{+90}) tam, adaptif ve binaural yönsellikte elde edilen EMN latans ortalamasına göre daha geçtir ($p<0,05$). Tam yönsellikte gürültünün solda olduğu koşulda elde edilen EMN latansı ile gürültünün karşıdan geldiği koşulda (S_0G_0) elde edilen EMN latans ortalaması arasında anlamlı farklılık bulunmamıştır ($p>0,05$).

Gürültünün karşıdan geldiği koşulda (S_0G_0) elde edilen N1 ve P2 latans ortalaması ile omni, adaptif ve binaural yönsellikte gürültünün solda (S_0G_{-90}) ve sağda (S_0G_{+90}) olduğu koşulda elde edilen N1 ve P2 latans ve amplitüt ortalaması arasında anlamlı farklılık bulunmamıştır ($p>0,05$).

Gürültünün karşıdan geldiği koşulda (S_0G_0) elde edilen N1, P2, EMN amplitüt ortalaması ile tam, adaptif ve binaural yönsellikte gürültünün solda (S_0G_{-90}) ve sağda (S_0G_{+90}) olduğu koşulda elde edilen N1, P2, EMN amplitüt ortalaması arasında anlamlı farklılık bulunmamıştır ($p>0,05$).

6.2.2.4. Gürültünün Sağda Olduğu Koşul ile Solda Olduğu Koşulda elde edilen N1, P2, EMN Latans ve Amplitütlerindeki Değişimin Yönsellikler Açısından İncelenmesi

Gürültünün soldan geldiği koşul (SoG_{-90}) ile sağdan geldiği koşul arasında (S_0G_{+90}) yönsellik açısından anlamlı farklılık bulunmamıştır ($p>0,05$).

6.2.2.5. Uzaysal Ayrılık Etkisin Yönsellikler Açısından İncelenmesi

Sesin karşıdan geldiği koşulda elde edilen N1, P2, EMN latansı ile sesin soldan ve sağdan geldiği koşulda elde edilen N1, P2, EMN latansının her katılımcı için çıkartılmasıyla elde edilen latans farklılıkları (uzaysal ayrılık etkisi) tablo- 26'da gösterilmiştir.

Tablo- 26: ReSound deney grubunda gürültünün açısının hedeften uzaklaşmasıyla (Uzaysal Ayrılık Etkisi) elde edilen latans farklılıkları.

	Omni		**AutoScope**		**BinauralDirec.**	
	S_0G_{-90}	**S_0G_{+90}**	**S_0G_{-90}**	**S_0G_{-90}**	**S_0G_{+90}**	**S_0G_{-90}**
N1	0,53 ±26,18	6,69 ±22,46	11,84 ±27,58	4,46 ±20,60	3,30 ±24,67	-0,69 ±23,64
P2	-1,62 ±32,25	11,76 ±28,01	6,23 ±16,53	9,84 ±26,77	-0,07 ±25,10	0,23 ±23,18
EMN	30,92 ±46,88	51,69 ±45,80	46,46 ±41,24	45,38 ±45,30	38,76 ±31,69	45,23 ±45,47

Gürültünün karşıdan geldiği koşulda elde edilen latans ile gürültünün sağdan ve soldan geldiği koşulda elde edilen latansının çıkartılmasıyla elde edilen [(SoGo)-(S_0G_{-90})], [(SoGo)- (S_0G_{+90})] (uzaysal ayrılık) yönselliğe göre grup içi karşılaştırmasında N1, P2, EMN latanslarının uzaysal ayrılık farklarının değerlendirilmesinde, yönsellik koşulları arasında anlamlı fark yoktur ($p>0,05$).

EMN latansında gözlenen uzaysal ayrılık etkisi (UAE), N1 ve P2 latansında gözlenen UAE'den daha fazladır ($p<0,05$).

N1, P2 latans farkları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamıştır ($p>0,05$).

6.3. GRUPLAR ARASI KARŞILAŞTIRMALAR

Phonak ve ReSound işitme cihazlarıyla binaural yönsellikte gürültünün soldan (S_0G_{-90}) ve sağdan (S_0G_{+90}) geldiği koşulda işitme kayıplı bireylerden elde edilen N1, P2 ve EMN latans ve amplitüt ortalamaları ile gürültünün soldan (S_0G_{-90}) ve sağdan (S_0G_{+90}) geldiği koşulda normal işitenlerden elde edilen N1, P2 ve EMN latans ve amplitüt ortalamaları Tek Yönlü ANOVA yöntemiyle karşılaştırılmıştır.

Gürültünün soldan ve sağdan geldiği koşulda elde edilen N1, P2, EMN latanslarının gruplar arasındaki farklılığı istatistiksel olarak anlamlıdır. F değeri ve p değeri tablo-27'de gösterilmiştir.

Tablo-27: Gürültünün soldan ve sağdan geldiği koşulda elde edilen N1, P2, EMN latanslarının gruplar arasındaki farklılığı

	F (df: 2, 55**)**		**p**	
	S_0G_{-90}	S_0G_{+90}	S_0G_{-90}	S_0G_{+90}
N1	7,381	3,831	=0,001	=0,028
P2	8,180	5,722	=0,001	=0,006
EMN	8,719	6,518	=0,001	=0,003

Gürültünün soldan ve sağdan geldiği koşulda elde edilen N1, P2, EMN amplitütlerinin gruplar arasındaki farklılığı istatistiksel olarak anlamlı değildir. (p>0,05)

Gruplar arası ortalamalar arası fark ve anlamlılık (p) değerleri S_0G_{-90} için Tablo-28'de, S_0G_{+90} için Tablo- 29'da gösterilmiştir.

Tablo- 28: Gürültünün soldan geldiği koşulda gruplar arası karşılaştırma

	S_0G_{-90}					
	Kontrol-Phonak		Kontrol- ReSound		Phonak- ReSound	
	Fark	**p**	**Fark**	**p**	**Fark**	**p**
N1	-14,50	=0,040*	-21,67	=0,002*	-7,17	=0,559
P2	-8,53	=0,440	-29,42	<0,0005*	-20,88	=0,039*
EMN	-22,56	=0,037*	-36,93	=0,001*	-14,36	=0,376

Tablo- 29: Gürültünün sağdan geldiği koşulda gruplar arası karşılaştırma

	S_0G_{+90}					
	Kontrol-Phonak		Kontrol- ReSound		Phonak- ReSound	
	Fark	**p**	**Fark**	**p**	**Fark**	**p**
N1	-5,06	=0,766	-21,04	=0,021*	-15,97	=0,167
P2	-1,70	=0,971	-25,41	=0,005*	-23,71	=0,026*
EMN	-22,80	=0,030*	-29,37	=0,006*	-6,57	=0,804

6.3.1 Gürültünün soldan (S_0G_{-90}) geldiği koşulda binaural yönselliğin gruplar arasında incelenmesi

Normal işitenlerde elde edilen N1 latans ortalaması, Phonak ve ReSound grubunda elde edilen N1 latans ortalamasından daha erkendir (p<0,05). Phonak ve ReSound grubu arasında N1 latans ortalaması açısından anlamlı farklılık bulunmamıştır (p>0,05).

Normal işitenlerde elde edilen P2 latans ortalaması, ReSound grubunda elde edilen P2 latans ortalamasından daha erkendir ($p<0,05$). Phonak grubunda elde edilen P2 latans ortalaması, ReSound grubunda elde edilen P2 latans ortalamasından daha erkendir. Normal işiten grup ile Phonak arasında P2 latans ortalaması açısından anlamlı farklılık bulunmamıştır ($p>0,05$).

Normal işitenlerde elde edilen EMN latans ortalaması, Phonak ve ReSound grubunda elde edilen EMN latans ortalamasından daha erkendir ($p<0,05$). Phonak ve ReSound grubu arasında EMN latans ortalaması açısından anlamlı farklılık bulunmamıştır ($p>0,05$).

6.3.2. Gürültünün sağdan (S_0G_{+90}) geldiği koşulda binaural yönselliğin gruplar arasında incelenmesi

Normal işitenlerde elde edilen N1 latans ortalaması, ReSound grubunda elde edilen N1 latans ortalamasından daha erkendir ($p<0,05$). Normal işiten grup- Phonak grup ile Phonak -ReSound grubu arasında N1 latans ortalaması açısından anlamlı farklılık bulunmamıştır ($p>0,05$).

Normal işitenlerde elde edilen P2 latans ortalaması, ReSound grubunda elde edilen P2 latans ortalamasından daha erkendir ($p<0,05$). Phonak grubunda elde edilen P2 latans ortalaması, ReSound grubunda elde edilen P2 latans ortalamasından daha erkendir ($p<0,05$). Normal işiten grup ile Phonak arasında P2 latans ortalaması açısından anlamlı farklılık bulunmamıştır ($p>0,05$).

Normal işitenlerde elde edilen EMN latans ortalaması, Phonak ve ReSound grubunda elde edilen EMN latans ortalamasından daha erkendir ($p<0,05$). Phonak ve ReSound grubu arasında EMN latans ortalaması açısından anlamlı farklılık bulunmamıştır ($p>0,05$).

6.3.3. Uzaysal Ayrılık Etkisinin Gruplar Arasında İncelenmesi

Gürültünün açısının hedeften uzaklaşmasıyla (Uzaysal Ayrılık Etkisi) elde edilen latans farklılıkları, sesin ve gürültünün karşıdan geldiği (S_0G_0) koşulda elde edilen latans değerinin, sesin soldan (S_0G_{-90}) ve sağdan (S_0G_{+90}) geldiği koşulda elde edilen latans değerinden ayrı ayrı çıkartılmasıyla incelenmiştir. Bu işlem uzaysal ayrılık olarak adlandırılmıştır.

Normal işiten grupta elde edilen uzaysal ayrılık etkisi (UAE), binaural yönsellik koşulunda phonak, resound gruplarında elde edilen uzaysal ayrılık etkisi ile karşılaştırılmıştır.

[(SoGo)- (S_0G_{-90})] için uzaysal ayrılık ve p değeri tablo-30'da, [(SoGo)- (S_0G_{+90})] için uzaysal ayrılık ve p değeri tablo-31'de gösterilmiştir.

Tablo- 30: [(SoGo)- (S_0G_{-90})] için uzaysal ayrılık farklarının gruplar arası karşılaştırması

	SoGo- S_0G_{-90}					
	Kontrol-Phonak		Kontrol- ReSound		Phonak- ReSound	
	Fark	**p**	**Fark**	**p**	**Fark**	**p**
N1	3,03	=0,916	13,19	=0,234	10,15	=0,510
P2	-5,56	=0,748	18,44	=0,065	24,01	**=0,030***
EMN	16,10	=0,283	-1,53	=0,989	-17,63	=0,347

Tablo- 31: [(SoGo)- (S_0G_{+90})] için uzaysal ayrılık farklarının gruplar arası karşılaştırması

	SoGo- S_0G_{+90}					
	Kontrol-Phonak		Kontrol- ReSound		Phonak- ReSound	
	Fark	**p**	**Fark**	**p**	**Fark**	**p**
N1	-6,40	0,626	12,55	0,203	18,95	0,066
P2	-12,40	0,162	14,43	0,108	26,83	**0,004***
EMN	14,86	0,397	-9,09	0,727	-23,96	0,193

Normal işiten gruptan elde edilen uzaysal ayrılık [(SoGo)- (S_0G_{-90})], [(SoGo)- (S_0G_{+90})] ile phonak ve resound grubundan elde edilen uzaysal ayrılık arasında N1, P2 v EMN latansları açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamıştır ($p>0,05$).

P2 latansında Phonak gruptan elde edilen uzaysal ayrılık [(SoGo)- (S_0G_{-90})], [(SoGo)- (S_0G_{+90})], ReSound grubundan elde edilen uzaysal ayrılığa göre daha fazladır ($p<0,05$).

7. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada normal işitenlerde ve işitme cihazı kullanan işitme kayıplı bireylerde gürültünün ve gürültünün sunulma açısının (Uzaysal Ayrılık Etkisi) İşitsel Uyarılmış Kortikal Potansiyeller üzerindeki etkisi incelemiş, kablosuz yönsellik yaklaşımları arasındaki farklılıklar araştırılmıştır.

7.1. Gürültü Varlığının Etkisi

Gürültünün sunulmasıyla kortikal cevap latanslarında artış birçok çalışmada bildirilmiştir. Normal işitenlerde yapılan çalışmalarda gürültü tipi, şiddeti, sinyal-gürültü-oranı gibi parametreler de ayrıca değerlendirilmiş, bu parametrelere bağlı olmaksızın gürültü olmadan elde edilen P1-N1-P2, EMN latanslarına göre, gürültü varlığında elde edilen P1-N1-P2, EMN latanslarında uzama gözlenmiştir (Androulidakis ve Jones, 2006; Billings ve ark., 2011; Kaernbach ve ark., 1998; Kim ve ark., 2012; Niemitalo-Haapola ve ark., 2015; Sharma ve ark., 2014)

Çalışmamızda literatürle uyumlu olarak normal işiten grupta gürültünün sunulmasıyla, gürültünün sunulduğu açı farketmeksizin N1, P2, EMN latansları gürültünün olmadığı koşula göre daha geç elde edilmiştir. İşitme kayıplı bireylerde her iki grupta da normal işitenlerde olduğu gibi gürültünün karşıdan sunulmasıyla (S_0G_0) elde edilen N1, P2, EMN latansları gürültünün olmadığı (S_0) koşula göre daha geç elde edilmiştir. Kuruvilla- Mathew ve ark. normal işitenlerde işitme cihazıyla gürültüde dinlemenin kortikal potansiyellerdeki etkisini araştırmış, bulgularımızla paralel olarak gürültü varlığında lataslardaki farklılığı istatistiksel olarak anlamlı bulmuştur (Kuruvilla-Mathew ve ark., 2015). Elde edilen bulgular ışığında hem normal işitenlerde, hem de işitme kayıplılarda gürültünün varlığıyla dinlemenin ve işitsel ayırt etmenin zorlaştığı söylenebilir.

Çalışmamızda normal işitenlerde N1 amplitütü, gürültü varlığında (gürültünün solda olduğu koşulda) gürültünün olmadığı koşula göre daha yüksek elde edilmiştir. EMN amplitütü gürültü varlığında (gürültünün solda ve sağda olduğu koşulda) gürültünün olmadığı koşula göre daha yüksektir. Gürültünün sunulduğu koşulda N1 amplitütlerinde gürültünün olmaması durumuna göre artışın gözlendiği çalışmalar

vardır (Papesh ve ark., 2015; Rao ve ark., 2010; Song ve ark., 2012). N1 amplitütündeki artışı Papesh ve ark., zor dinleme ortamlarında korteksin işitsel ayırt etmeye olan etkisine bağlamışlardır (Papesh ve ark., 2015).

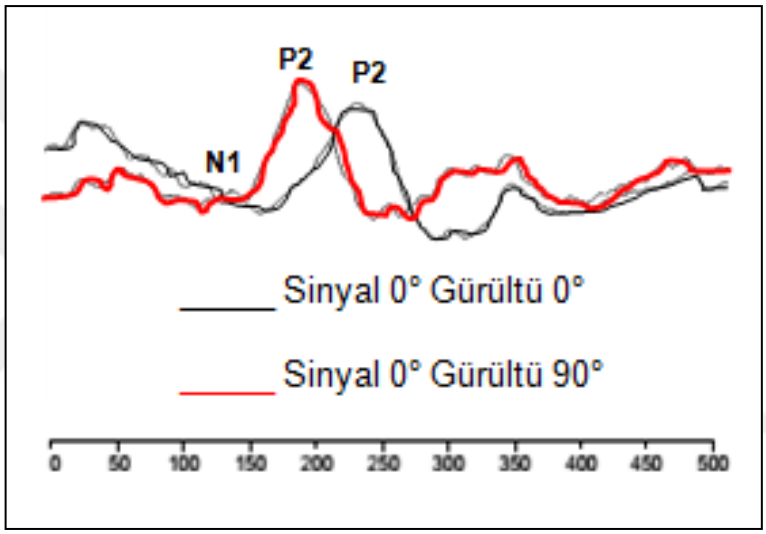
Kuruvilla- Mathew ve ark. normal işitenlerde işitme cihazıyla gürültüde dinlemenin İUKP'lerde etkisini inceledikleri çalışmasında amplitütler arasındaki farkı P2 için anlamlı bulmuş, fakat N1 için istatistiksel olarak anlamlı fark bulmamıştır (Kuruvilla-Mathew ve ark., 2015). Çalışmamızda işitme kayıplı grupta gürültü varlığında elde edilen N1, P2, EMN cevap amplitütleri ile gürültü yokluğunda elde edilen amplitütler arasında anlamlı farklılık bulunmamıştır. İşitme cihazıyla dinleme ve işitme kaybının etkisi İUKP'leri etkilemektedir (Billings ve ark., 2009b; Korczak et al., 2005; Marynewich et al., 2012). Marynewich ve ark. işitme cihazının kazancının N1- P2 cevaplarını etkilemediğini, işitme cihazından sunulan uyaran daha yüksek şiddette olsa bile potansiyellerin değişmediğini bildirmiştir (Marynewich ve ark., 2012). Çalışmamızda işitme kayıplı bireylerde İUKP amplitütlerinde anlamlı fark bulunmaması işitme kaybına ve uyaranın işitme cihazı aracılığıyla sunulmasına bağlı olabilir.

7.2. Gürültünün Yönünün (Uzaysal Ayrılığın) Etkisi

Yapılan araştırmalarda oddball yaklaşımıyla sık ve seyrek uyaran sunumuyla elde edilen EMN, P300 gibi İUKP'lerde seyrek uyaranın ayırt edilmesini güçleştirecek şekilde seyrek uyarana akustik benzerlik gösteren sık uyaran sunulduğunda İUKP latanslarında artış gözlenmiştir (Näätänen, 2001). İşitsel olay zorlaştıkça latanslar uzamaktadır. Sık ve seyrek uyaran arasında şiddet- süre- frekans- gürültü gibi değişkenlerin ayırt etmeyi zorlaştıracak şekilde sunulması ile seyrek uyarana doğru cevap verme yüzdesinin düştüğü bildirilmiştir (Hall, 2007; McEvoy ve ark., 1991). İki uyaran arasındaki fark arttığında ise işitsel ödev kolaylaştığından latanslarda kısalma gözlenmektedir.

Çalışmamızda hem deney hem kontrol grubunda gürültünün hedef sesten uzaysal olarak ayrılması durumunda latans cevabında değişiklik gözlenmektedir. Latans farklılık ortalamaları da bu etkiyi destekler biçimde pozitif yönde elde edilmiştir. Elde edilen bulgular Getzmann ve ark.'nın EMN çalışması ile paralellik

göstermektedir. Getzman ve ark.'da benzer şekilde gürültünün hedeften uzaklaşması durumunda latanslarda azalma bildirmektedir (Getzmann ve Naatanen, 2015). İşitsel Olay-İlişkili Potansiyeller kullanılarak yapılan çalışmalarda işitsel olayın davranışsal olarak ayırt edilmesi kolaylaştıkça cevap latanslarında kısalma bildirilmiştir (Billings, 2013). Çalışmamızda gürültünün açısının değişmesi işitsel olayı ayırt etmeyi kolaylaştırmış, böylelikle daha kısa latanslar elde edilmiştir. Bu çalışma ile uzaysal ayrılık etkisi işitsel kortikal potansiyellerle objektif olarak gösterilmiştir. Şekil-18'de işitme kayıplı bir katılımcıda dalga formunda uzaysal ayrılık etkisi gösterilmektedir.



Şekil- 18: İşitme kayıplı bir katılımcıda uzaysal ayrılık etkisi

Gürültünün hedef sesten ayrılması durumunda davranışsal performansta artış gözlenmesi uzaysal ayrılık etkisi (spatial release masking) olarak adlandırılmaktadır (Litovsky, 2001). Araştırmalarda normal işitenlerde, işitme cihazı ve koklear implant kullanıcılarında uzaysal ayrılık etkisine bağlı performansta artış bildirilmiştir (Ahlstrom ve ark., 2013; Ching ve ark., 2011; Litovsky ve ark., 2006).

Çalışmamızda her ne kadar davranışsal değerlendirme yapılmamış olsa da N1, P2, EMN latanslarında kısalma gözlenmesi nedeniyle, Uzaysal Ayrılık Etkisine bağlı davranışsal performansa öngörü sağlayabileceği, İUKP'ler ile gürültüde anlama testleri arasında ilişki kurulabileceği düşünülmüştür. Gerek normal işitenlerde, gerekse işitme kayıplı bireylerde İUKP sonuçları ve davanışsal değerlendirmeler

arasındaki ilişkiyi inceleyecek gelecekte yapılacak çalışmalar gürültüde konuşmayı anlamanın kortikal işleyişini açıklayabilir.

Sonnadara ve ark., normal işiten bireylerde uzaysal ayrılık etkisini kulaklıklar kullanarak sanal olarak oluşturulan açılarda pasif homojen ve pasif oddball yaklaşımı ile incelemiştir. Pasif oddball yaklaşımında 1000 Hz. saf ses ton kullanılmış, sık uyaran olarak 0° (deneğin karşısı) açısı, seyrek uyaran olarak ise 30° ve 90° (deneğin sağ ya da sol tarafı) açıları kullanılmıştır. Pasif homojen yaklaşımda ise 1000 Hz. saf ses ton 0°, 30° ve 90° açılarda ayrı ayrı sunulmuştur. Pasif homojen yaklaşımda açıya bağlı N1-P2 kompleksinde farklılık gözlenmezken, pasif oddball yaklaşımında MMN amplitütünde açıya bağlı farklılık gözlenmiştir. Sık uyaran 0°, seyrek uyaran 90°'de iken, seyrek uyaranın 30° de olmasına göre amplitütlerde artış gözlenmiştir. Çalışmada gürültü kullanılmamış, sık ve seyrek uyaranların sunulma açısı değiştirilmiş, N1- P2- EMN potansiyellerindeki farklılıklar incelenmiştir. Seyrek uyaranın uzaysal konumu arttıkça işitsel ödev kolaylaşmış, cevap amplitütlerinde artış meydana gelmiştir. (Sonnadara ve ark., 2006). Seyrek uyaranın sık uyarandan uzaysal olarak ayrı konumda sunulmasıyla seyrek uyarının ayırt edilmesi kolaylaşmıştır. Çalışmamızda sık ve seyrek uyaran aynı açıdan sunulmuş (0˚ deneğin tam karşısından), gürültünün yönünü değiştirilerek potansiyellerdeki farklılık incelenmiştir. Gürültünün varlığı ile N1 amplitütlerinde artış çalışmalarda gösterilmiştir (Papesh ve ark., 2015; Rao ve ark., 2010). Çalışmamızda normal işitenlerde uyaran ve gürültü aynı yönde sunulduğunda literatürle uyumlu olarak N1, EMN amplitütlerinde artış gözlenmiştir. Fakat gürültünün yönünü değiştirildiğinde amplitütlerde anlamlı değişiklik gözlenmemiştir. Gürültünün olmadığı koşulda elde edilen N1- P2- EMN amplitüt değerleri ile gürültünün hedef sesten ayrılması durumunda elde edilen N1- P2- EMN amplitüt değerleri arasında fark gözlenmemesinin sebebi, uzaysal ayrılık etkisi nedeniyle işitsel ayırt etmenin kolaylaşması olabilir.

Normal işitenlerde ve işitme kayıplılarda gürültünün solda ve sağda olması durumunda elde edilen latans ve amplitüt ortalamaları arasında anlamlı farklılık bulunmamıştır. Gürültü sağda da solda da olsa latanslarda gürültünün karşıdan gelmesine göre azalma gözlenmesi, her iki tarafta da uzaysal ayrılığın avantajını gösterir şekilde işitsel işlemlenin gerçekleştiğini düşündürmüştür.

7.3. Gürültünün Yönüne Göre İşitme Cihazı Yönselliğinin Grup İçi Etkisi

Çalışmamızda gürültünün olmadığı koşul (S_0) ile gürültü ve hedef sesin karşıda olduğu (S_0G_0) koşulda elde edilen N1, P2, EMN potansiyelleri, üç farklı yönsellik (tam, adaptif, binaural) durumunda gürültünün sağda ve solda olduğu koşulda elde edilen N1, P2, EMN potansiyelleri ile karşılaştırılmıştır.

7.3.1. Gürültünün Olmadığı Koşula Göre Yönsellik Etkisinin İncelenmesi

Çalışmamızda her iki alt grup için de adaptif yönsellikte gürültünün solda ve sağda olduğu koşulda latans değerleri gürültünün olmadığı koşulda elde edilen latans değerlerine yaklaşmaktadır. Gürültünün olmadığı koşulda elde edilen N1 ve P2 latansı ile adaptif yönsellikte Phonak grupta gürültünün solda ve sağda olduğu koşulda elde edilen N1 ve P2 latansı arasında; Resound grupta N1 (gürültü soldayken) ve P2 latansları (gürültü sağdayken) arasında anlamlı farklılık bulunmamıştır. Latans ortalama ve standart sapma değerleri Phonak grupiçin Şekil-19.'da, ReSound grup için Şekil- 20'de gösterilmiştir.

Adaptif yönsellikte işitme cihazlarının mikrofonu sesin yönüne göre uyarlanabilir duyarlılığa sahiptir (Mueller ve ark., 2013). Tam yönsellik yerine, adaptif yönsellik kullanıldığında gürültüde konuşmayı anlama becerilerinde artış, formal gürültüde anlama testleri kullanılarak ve kullanıcılara görüşlerinin sorulduğu anket yöntemleriyle çalışmalarda gösterilmiştir (Gnewikow ve ark., 2009; Ricketts ve Hornsby, 2006). Yönsellik teknolojisinin en iyi faydalanıldığı dinleme koşulu; sesin tam olarak karşısında (0˚), gürültünün ise dinleyicinin tam olarak arkasında (180˚) olduğu koşuldur (Ricketts, 2005; Wu ve Bentler, 2014). Alnıaçık ve Akdaş, koklear implant kullanıcılarında yönselliğin etkisini işitsel olay ilişkili potansiyeller ile incelemiştir. Gürültü konuşmacının arkasından sunulduğunda adaptif yönsellik koşulunda tam yönsellik koşuluna göre cevap latanslarının daha kısa olduğu bulunmuştur (Alnıaçık ve Akdaş, 2013). Çalışmamızda elde edilen bulgular, gürültünün N1, P2 latansları üzerindeki etkisinin her iki grup için de adaptif yönsellikte daha az olduğunu ortaya koymaktadır. Bulgular ışığında hedef sesin fark

edilmesi açısından yönselliğin gürültü etkisini azaltmada etkin olduğu, hedef sesin ayırt edilmesinde ise farklı kortikal süreçlerin görev aldığı düşünülmektedir.

Phonak marka işitme cihazında binaural yönsellik koşulu ile mikrofon duyarlılığın daraldığı, buna bağlı olarak, gürültünün açısı 90º'den az olsa bile gürültüde konuşma anlaşılırlığında adaptif ve omni moda göre artış olduğu bildirilmiştir (Nyffeler, 2010). Resound marka işitme cihazında kullanılan asimetrik direksiyonalite yaklaşımıyla benzer şekilde gürültüde anlama performansında artış bildirilmiştir (Groth, 2015). Çalışmamızda binaural yönsellikte gürültünün hedef sesten ayrılması durumunda elde edilen N1, P2, EMN latansları her iki grupta da gürültünün olmadığı koşula göre daha geçtir. Adaptif yönselliğin aksine binaural yönsellikte latans değerlerinin gürültünün olmadığı koşulda elde edilen latans değerlerine yaklaşamamasının sebebi kablosuz binaural işlemlemenin oluşturabileceği sinyal gürültü oranındaki artış olabilir.

Çalışmamızda her iki işitme kayıplı grupta, gürültünün olmadığı koşulda elde edilen EMN latansı yönsellik koşulu fark etmeksizin gürültünün hedef sesten ayrılması durumuna göre daha erken elde edilmiştir. Bulgular işitme kayıplılarda gürültüden etkilenmenin kortikal işitsel işlemleme ve işitsel ayırt etme açısından yönsellik koşulu fark etmeksizin daha fazla olduğunu göstermektedir.

Gürültünün olmadığı durumda elde edilen N1, P2, EMN amplitütleri ile gürültü varlığında (gürültü uzaysal olarak ayrı konumda) her iki grupta da yönsellik koşullarında elde edilen N1, P2, EMN amplitütleri arasında anlamlı farklılık bulunmamıştır. Bulgular uzaysal ayrılık etkisinin kortikal olarak gözlenmesinde latansların daha belirgin olduğunu göstermektedir. Kuruvilla- Mathew ve ark. da benzer şekilde normal işitenlerde işitme cihazı kullanımıyla birlikte gürültünün sunulmasının latanslar üzerinde daha fazla etkisi olduğunu bildirmiştir (Kuruvilla-Mathew ve ark., 2015).

7.3.2. Gürültünün Karşıdan Geldiği Koşula Göre Yönsellik Etkisinin İncelenmesi

Çalışmamızda Phonak grupta adaptif yönsellikte gürültünün hedef sesten ayrılması durumunda elde edilen N1 latansı, gürültünün karşıdan sunulduğu koşulda elde edilen N1 latansına göre daha erken elde edilmiştir. Elde edilen bulguyla konuşma uyaranlarının işitsel olarak fark edilmesinin gürültünün hedeften ayrı ve adaptif yönsellik koşulundayken kolaylaştığı düşünülebilir. Adaptif yönselliğin belirleyici etkisi N1 cevabında gözlense de, P2 ve EMN cevaplarında gözlenmemiştir. P2 latansı gürültünün hedef sesten ayrılması durumunda yönsellik koşulu farketmeksizin gürültünün karşıdan geldiği koşula göre daha erken elde edilmiştir. Bu durum yönsellik faktörüne bağlı olmadan uzaysal ayrılık avantajının P2 latanslarında gözlenebildiğini göstermektedir. Yönsellikler arasında farkın olmaması gürültü açısının ±90° olarak belirlenmesine bağlı olabilir. Adaptif, sabit yönsellikte yönsellik açısı 60°'dir ve kablosuz teknolojiyle sanal mikrofon ağı oluşturmaya bağlı yönsellik açısının 45°'ye kadar düşürülebilmektedir (Holube ve ark., 2014). Yönsellik koşulları arasındaki farklılıkların değerlendirileceği gelecekte yapılacak çalışmalarda gürültü açısının daraltılması gerekeceği düşülmektedir. Gürültü açısının daralmasıyla yönselliğe bağlı P2 latansına bağlı farklılıklar gözlenebilir. Phonak grupta yönsellik koşulları ile gürültünün karşıdan geldiği koşul arasında EMN latansları açısından anlamlı farklılık bulunmamıştır.

Resound grupta gürültünün hedef sesten ayrılması durumunda elde edilen N1, P2 potansiyelleri ile gürültünün karşıdan geldiği koşulda elde edilen N1, P2 potansiyelleri arasında anlamlı farklılık bulunmamıştır. Bununla birlikte EMN latansı gürültü sağdan ve soldan geldiğinde adaptif ve binaural yönsellikte, gürültünün karşıdan geldiği koşula göre daha erken elde edilmiştir. Getzmann ve Naatanen, normal işitenlerde pasif oddball yaklaşımıyla gürültünün farklı açılardan sunulmasıyla elde edilen EMN cevaplarını incelemiş, gürültü açısı arttıkça EMN amplitütünde artış, latansında azalma gözlemiştir. Gürültü hedeften ayrı sunuldukça EMN elde edilme sıklığı artmaktadır (Getzmann ve Naatanen, 2015). Çalışmamızda yönsellik koşulu farketmeksizin EMN latansında azalma gözlenmesinde, işitme cihazının amplifikasyonuna bağlı faktörlerin etken olabileceği düşünülmektedir. Resound marka işitme cihazının kullandığı yönsellik yaklaşımında asimetrik

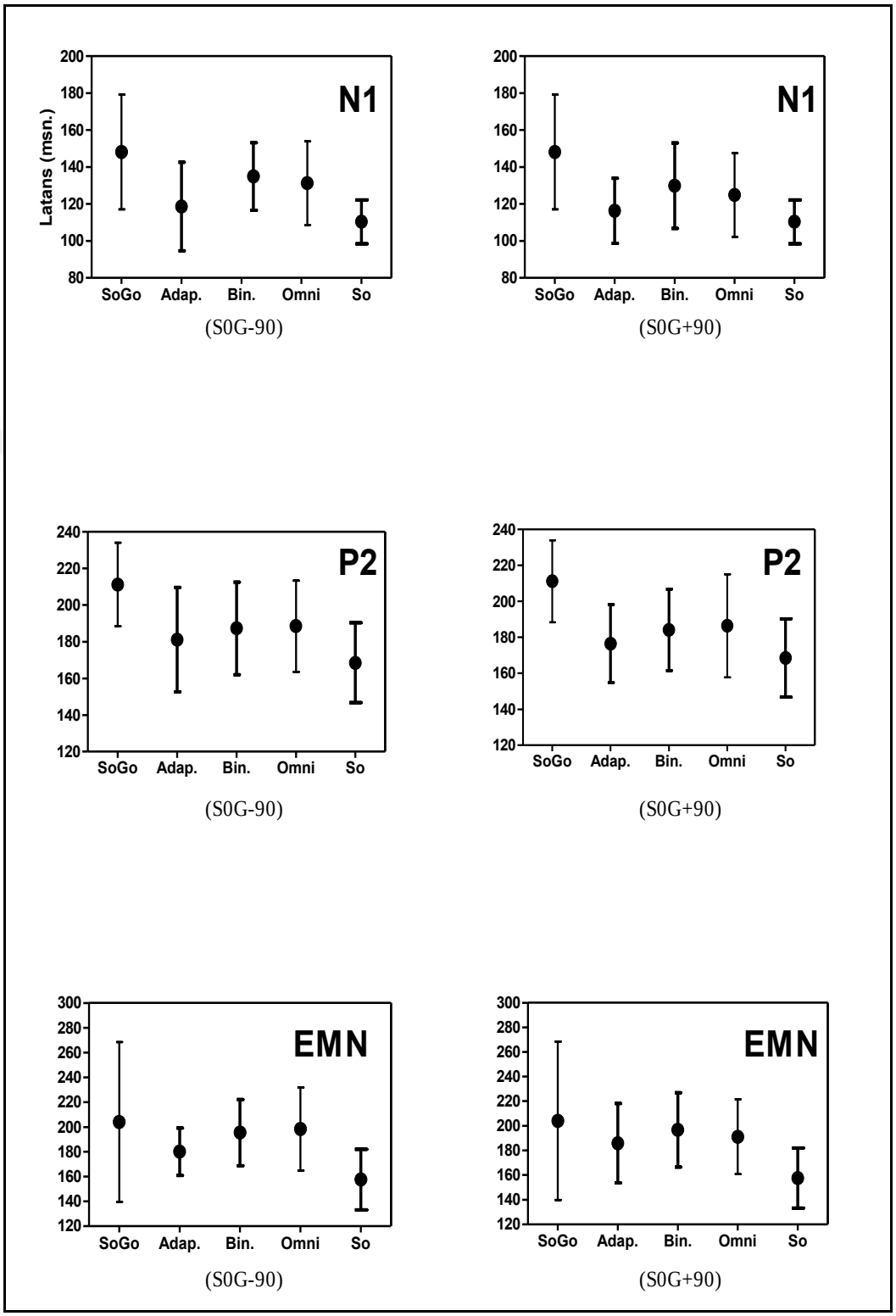
yönsellik kullanılmaktadır. Gürültünün geldiği yön sabit yönsel olarak çalışırken, gürültüden uzak olan kulak tam yönsel olarak çalışmaktadır. Her ne kadar binaural yönsellik durumunda gürültünün karşıdan gelmesine göre azalma gözlense de, aynı etki adatif yönsellik yaklaşımında da söz konusudur. Phonak grupta EMN latanslarında fark gözlenmiyorken, Resound grupta fark gözlenmesinin sebebi, Phonak grupta genel olarak latans ortalamalarının Resound gruba göre erken olmasına ve yönsellik işlemlerinin markalar arasında farklı olmasına bağlı olabilir.

Her iki işitme kayıplı grupta da N1, P2 ve EMN amplitüt ortalamaları açısından gürültünün karşıdan geldiği koşul ile gürültünün sağdan ve soldan geldiği koşul arasında anlamlı farklılık bulunmamıştır. Yönsellik koşulları bu sonucu değiştirmemiştir. Amplitütlerde yönsellikler arası farkın gözlenmemesinin sebebinin gürültünün sunulması olduğu düşünülmektedir. Amplitütlere göre latanslarda belirgin değişiklik diğer araştırmacılar tarafından da bildirilmiştir (Kuruvilla-Mathew ve ark., 2015).

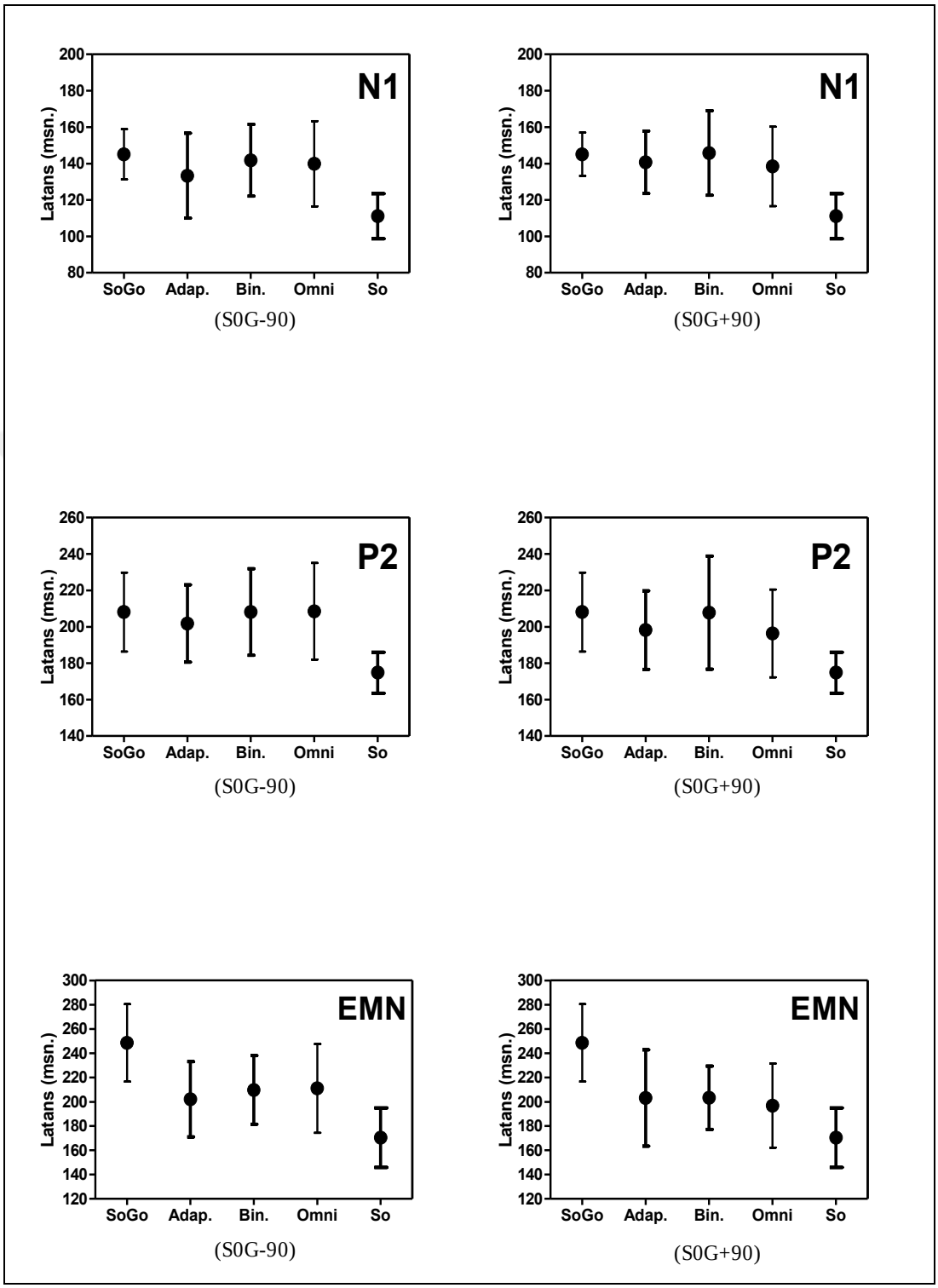
Grup içi karşılaştırmalarda çalışmamızdan elde edilen sonuçlarla her iki grupta da kablosuz bağlantı özelliği kullanılarak gerçekleştirilen yönsellik yaklaşımının kablosuz bağlantı olmadan gerçekleştirilen adaptif yönsellik yaklaşımına göre avantajı gözlenmemiştir. Cihazın amplifikasyonu ve dijital sinyal işleme teknolojisine bağlı faktörler cihazdan elde edilen ses çıktısında etkilenme yaratmaktadır (Jenstad ve ark., 2012). Amplifikasyon sonrası elde edilen ses çıktısında, cihaz olmadan elde edilen ses çıktısına göre sinyal gürültü oranı artışı gözlenmekte, amplifiye edilmiş ortam seslerinin dışında cihaza bağlı faktörlerden kaynaklanan internal gürültü sinyal gürültü oranını değiştirmektedir (Billings ve ark., 2011). Araştırmamızın bulgularının cihazın amplifikasyonuna bağlı SGO farklılıklarından etkilenebileceği düşünülmüştür.

Bununla birlikte hem Phonak hem ReSound grupta adaptif yönsellik özelliği açık olduğunda N1 cevabında farklılık gözlenmiştir. Adaptif yönsellik özelliğinde yapılan kayıtlarda kortikal potansiyellerin daha fazla etkilendiği, latansların kısaldığı görülmüştür. Adaptif yönsellikte gürültünün geldiği yöne göre mikrofon duyarlılığının açısı otomatik olarak değişmektedir (Wu ve Bentler, 2014). Çalışmamızda gürültünün yönü her bir kayıt için ayrı ayrı sabit tutulmuş, kayıt

esnasında gürültünün yönü değişmemiştir. Örneğin gürültünün 90˚ soldan geldiği koşulda her iki grupta da adaptif yönsellik durumunda super-cardioid polar diagramı aktif olmakta mikrofon duyarlılık açısı yandan gelen sese az duyarlı, karşıdan gelen sese çok duyarlı olmaktadır. Super-cardioid durumu dışında cihazlar arasında ayrıca kablosuz veri transferi olmaması adaptif yönsellik etkisinin çalışmamızda gözlenmesinin sebebi olabilir.



Şekil-19: Phonak grup için latans ortalama ve standart sapma grafiği; S_0G_0: Uyaran karşıda gürültü karşıda, S_0G_{-90}: Uyaran karşıda gürültü solda, S_0G_{+90}: Uyaran karşıda gürültü sağda, S_0: Uyaran karşıda gürültü yok



Şekil-20: Resound grup için latans ortalama ve standart sapma grafiği; S_0G_0: Uyaran karşıda gürültü karşıda, S_0G_{-90}: Uyaran karşıda gürültü solda, S_0G_{+90}: Uyaran karşıda gürültü sağda, S_0: Uyaran karşıda gürültü yok

7.4. Binaural Yönsellik Yaklaşımlarının Karşılaştırılması

Çalışmamızda gürültünün sağda ve solda olduğu koşulda elde edilen N1, P2, EMN latansları normal işten grup, Phonak ve Resound grupları arasında karşılaştırılmış, binaural yönsellik yaklaşımlarının gruplar arası farklılıkları incelenmiştir. Latans grafiği Şekil-21'de gösterilmektedir.

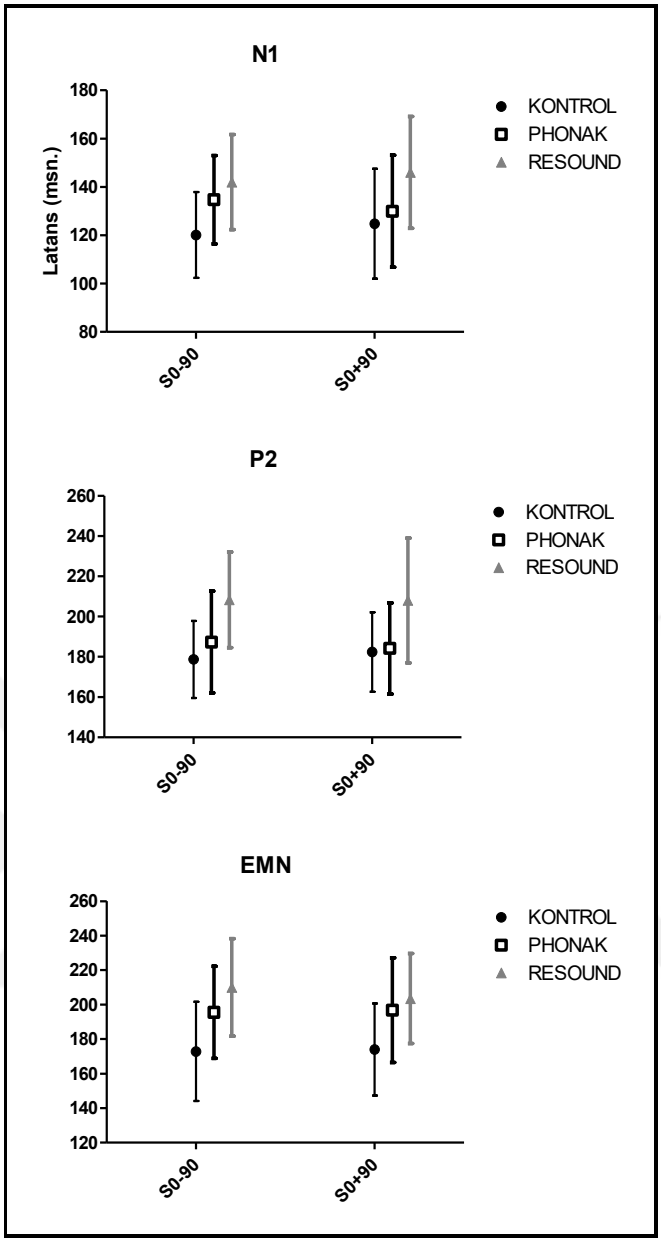
Çalışmamızda normal işitenlerden elde edilen N1, P2 ve EMN latans ortalaması, gürültünün soldan ve sağdan geldiği koşulda Resound grupta binaural yönsellikte elde edilen latans ortalamalarına göre daha erkendir. Normal işitenlerden elde edilen N1 ve EMN latans ortalamaları Phonak grupta gürültünün soldan geldiği koşula göre daha erkendir. Gürültünün sağdan geldiği koşulda ise EMN latans ortalamalarına göre daha erkendir. Her iki alt grupta da latansların normal işitenlere göre daha uzun olmasının, işitme kaybından ve işitme cihazı kullanımına bağlı etkenlerden kaynaklandığı görülmektedir. Korczak ve ark. eşik üstü seviyede gürültü kullanılmadan yapılan çalışmalarda normal işitenlere göre işitme kayıplı bireylerde işitme kaybı arttıkça İUKP latanslarında uzama, amplitütlerinde azalma bildirmiştir. (Korczak vd., 2005). Bertoli ve ark., 0 dB SGO'da kontralateral gürültü kullanarak normal işiten genç, normal işiten yaşlı ve çok hafif derecede işitme kayıplı yaşlı bireyler arasındaki farklılıkları incelemiş, gürültünün sunulmasıyla işitme kayıplı yaşlı bireylerde P2 latansında uzama gözlemiştir (Bertoli ve ark., 2005). Her ne kadar normal işitenlerde işitme cihazı kullanımına bağlı etkiler araştırılmış olsa da (Kuruvilla-Mathew vd., 2015), literatürde işitme cihazı kullanımı ve serbest alandan gürültü sunulmasıyla gerçekleştirilen İUKP çalışmasına rastlanmamıştır. Çalışmamız gürültüde işitme cihazı kullanımının işitme kayıplı bireyler üzerindeki etkilerinin İUKP'lerle çalışılmasında ilk olma özelliğine sahiptir.

Araştırmamızda binaural yönsellik yaklaşımları gürültünün karşıdan geldiği koşulda elde edilen latans değerleri ile gürültünün sağdan ve soldan geldiği koşulda elde edilen latans değeri çıkartılarak Uzaysal Ayrılığa bağlı latans farklılıkları kullanılarak incelenmiştir [(SoGo)- (S_0G_{-90})], [(SoGo)- (S_0G_{+90})]. P2 latansında Phonak gruptan elde edilen uzaysal ayrılık, ReSound grubundan elde edilen uzaysal ayrılığa göre daha fazladır.

Kreisman ve ark., benzer direksiyonalite özelliğine sahip işitme cihazlarını kablosuz işitme cihazı teknolojisi açısından Q-SIN Gürültüde Anlama Testi ile karşılaştırmış, kablosuz bağlantı özelliğine sahip işitme cihazı kullanıcılarında performansta artış gözlemiştir (Kreisman ve ark., 2010). İbrahim ve ark., benzer bir protokolde kablosuz bağlantı özelliğine sahip olan ve olmayan işitme cihazı kullanıcılarında gürültüde anlama performansını HINT testiyle incelemiş, Kreisman ve ark.'nın bulgularının aksine uzaysal ayrılık etkisi ve performansta artış gözlememiştir. (Ibrahim ve ark., 2013)

Binaural yönsellik yaklaşımlarının iki ayrı işitme cihazında karşılaştırılmasında P2 latansları Phonak grubunda Resound grubuna göre daha erkendir. N1 ve EMN latansları açısından farklılık bulunmamıştır.Gruplar arası değerlendirmelere bakıldığında N1, P2, EMN latans ortalamaları binaural yönsellik açısından Phonak grupta genel olarak ReSound gruba göre daha erken elde edilmiştir. Bu farklılık P2 latansı açısından istatistiksel açıdan anlamlıdır ($p<0,05$). Phonak işitme cihazında kullanılan kablosuz binaural yönsellik stratejisi ile karşıdan gelen seslerde her iki cihazda da daha dar açıdan mikrofon duyarlılığının arttığı bildirilmiştir. Resound işitme cihazında ise asimetrik yönsellik söz konusudur. Örneğin gürültü sol taraftan geldiğinde, gürültünün olmadığı sağ tarafta tam yönsellik, sol tarafta ise sabit yönsellik devreye girmektedir (Groth, 2015). Asimetrik yönselliğin kullanılması gürültünün sağdan ve soldan geldiği koşulda elde edilen İUKP latans değerlerinde artışa sebep olmuş olabilir. Bir cihazda tam yönselliğin kullanılması, tam yönsel olan kulakta sinyal gürültü oranında Phonak gruba göre artışa sebep olabilir. Bu durum Resound grubunda latansların daha geç elde edilmesinin sebebi olabilir.

Resound asimetrik yönsellik yaklaşımının ardındaki varsayım gürültünün gölge etkisi nedeniyle daha kısık olduğu gürültüye uzak olan kulakta kişilere işitsel dikkat ve seçicilik için fırsat sunulmasıdır (Holube ve ark., 2014; Wu ve Bentler, 2014). Kablosuz asimetrik yönsellik yaklaşımında gürültüye uzak olan kulak tam yönsel olarak çalışmaktadır. Bu durum kortikal ayırt etme ve seçici dikkat için avantaj sağlayabilir.



Şekil-21: Binaural Yönsellik Yaklaşımlarının Normal İşitenlere Göre Karşılaştırılması; S_0G_{-90}: Uyaran karşıda gürültü solda, S_0G_{+90}: Uyaran karşıda gürültü sağda

Bu çalışmanın sonuçlarının Uzaysal Ayrılık Etkisinin davranışsal sonuçları ile kortikal cevaplar arasındaki ilişkiyi açıklayabileceğini düşündürmektedir. Gelecekte yapılacak çalışmalarda gürültüde anlama testi skorları düştükçe, uzaysal ayrılığa bağlı olarak İUKP latanslarında daha fazla artış gözlenebilir.

Çalışmamızda 0º ve ±90º kullanılmıştır. Yönsellik teknolojilerinin etkisini incelemek için gürültünün daha dar açılarda sunulduğu deney protokolü oluşturmak gerekebilir.

Biz bu çalışmada gürültünün farklı yönlerden sunulması ve pasif odd-ball yaklaşımıyla, N1, P2 potansiyelleri ile işitsel fark etme ve EMN cevabı ile bilinç öncesi işitsel ayırt etmeyi inceledik. Asimetrik yönsellik yaklaşımının incelenmesinde aktif oddball yaklaşımının kullanılması geleneksel yönselliğe göre farklılığın incelenmesinde daha etkili olabilir. Resound cihazında kullanılan asimetrik yönsellik yaklaşımında dinleyicinin işitsel seçiciliğine faydası amaçlandığından P3 cevabı gibi deneğin aktif katılımını gerektiren potansiyeller kullanılabilir. Gelecekte yapılacak çalışmalarla aktif oddball yaklaşımıyla elde edilen P3 cevabında asimetrik yönsellik yaklaşımının işitsel ayırt etmeye olan etkisi gözlenebilir.

Binaural yönsellikte gündelik dinleme ortamlarında değişken ortamlar göz önünde bulundurulmaktadır. Yönsellikler arası otomatik geçiş, kablosuz bağlantıyla veri transferi dinamik dinleme ortamları için geliştirilmiştir (Holube ve ark., 2014). Sesin yön tayini, ya da birden çok kaynaktan gürültü sunulması kullanılarak planlanacak çalışmaların binaural yönselliğin gürültüde anlama üzerindeki etkisini göstermede daha başarılı olabileceği düşünülmektedir.

İşitme kayıplı bireylerden elde edilen cevapta gürültünün etkisinin yanı sıra işitme cihazının amplifiye edilmiş sesinin kulak kanalında yaptığı etki de bir başka değişkendir. İşitme cihazı amplifikasyonunun etkisini İUKP'lerle gözlemenin zorluklarından biri cihazın internal gürültüsü nedeniyle SGO'da farklılığa neden olmasıdır (Billings ve ark., 2007). Çalışmamızda internal gürültü ve amplifiye edilen sesin analizi donanım sınırlılıkları nedeniyle değerlendirilememiştir. İşitme kayıplılarda var olan latans gecikmesinin sebeplerinden birisi de SGO'daki farklılık olabilir. İşitme cihazlarının SGO'ları arasındaki farklılıkların belirlenmemiş olması çalışma açısından bir sınırlılık olsa da eşik üstü seviyede belirli bir şiddette ses ve gürültü sunumuyla her denekte aynı cihazların kullanılmış olmasının bu etkiyi azalttığı düşünülmektedir. Bununla birlikte gürültü sunumuyla her iki deney grubunda da latansta artışın meydana gelmesi, cihazın amplifikasyonuna bağlı karıştırıcı etkinin gürültünün etkisini göstermede engel olmadığını düşündürmüştür.

Araştırmamızda işitsel ayırtetme yaklaşımıyla eşik üstü seviyede cevap elde edilmiştir. Billings ve ark. işitme cihazlı İUKP değerlendirmelerinde işitsel tespit

yaklaşımının kullanılmasını önermektedir (Billings, 2013). Davranışsal olarak uyaranın ancak duyulduğu eşik seviyesinde gürültü sunularak yapılacak değerlendirmeler farklılığın gösterilmesinde daha etkili olabilir.

Sonuç olarak;

- Gürültünün uzaysal olarak hedef uyarandan farklı açıdan sunulması durumunda oluşan uzaysal ayrılığa bağlı avantaj hem normal işitenlerde hem de işitme kayıplı gruplarda N1, P2, EMN latanslarının daha erken elde edilmesiyle gözlenmiş, fakat aynı etki amplitüt değerlerinde gözlenmemiştir.
- Phonak grupta ve Resound grupta yönsellik yaklaşımları her bir grup için, grup içi ölçümlerle ayrı ayrı değerlendirilmiş, adaptif yönselliğin avantajı N1, P2 latanslarında görülmüştür. Binaural yönselliğin avantajı ise gözlenmemiştir.
- Phonak ve ReSound grupta binaural yönsellik yaklaşımları açısından farklılık P2 latansında gözlenmiştir. ReSound işitme cihazında P2 cevap latansı daha geç elde edilmiştir.

8. KAYNAKLAR

1. Ahlstrom, J. B., Horwitz, A. R., & Dubno, J. R. (2013). Spatial separation benefit for unaided and aided listening. *Ear and hearing*, *35*(1), 72–85.
2. Alnıaçık, A., & Akdaş, F. (2013). The effects of an adaptive directional (BEAM) microphone on the mismatch negativity responses of cochlear implant users in noise. *Turkish Journal of Medical Sciences*, *43*(1), 174–184.
3. Androulidakis, A. G., & Jones, S. J. (2006). Detection of signals in modulated and unmodulated noise observed using auditory evoked potentials. *Clinical neurophysiology : official journal of the International Federation of Clinical Neurophysiology*, *117*(8), 17831793.
4. Appleton-Huber, J., & Latzel, M. (2015). *StereoZoom: Field Study News*.
5. Avan, P., Giraudet, F., & B"uki, B. (2015). Importance of Binaural Hearing. *Audiology and Neurotology*, *20*(Suppl. 1), 3–6.
6. Baltzell, L. S., & Billings, C. J. (2014). Sensitivity of offset and onset cortical auditory evoked potentials to signals in noise. *Clinical neurophysiology : official journal of the International Federation of Clinical Neurophysiology*, *125*(2), 370–80.
7. Bennett, K. O., Billings, C. J., Molis, M. R., & Leek, M. R. (2012). Neural Encoding and Perception of Speech Signals in Informational Masking. *Ear and Hearing*, *33*(2), 231–238.
8. Bertoli, S., Smurzynski, J., & Probst, R. (2005). Effects of age, age-related hearing loss, and contralateral cafeteria noise on the discrimination of small frequency changes: psychoacoustic and electrophysiological measures. *Journal of the Association for Research in Otolaryngology : JARO*, *6*(3), 207–22.
9. Best, V., Mason, C. R., & Kidd, G. (2011). Spatial release from masking in normally hearing and hearing-impaired listeners as a function of the temporal overlap of competing talkers. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *129*(3), 1616.
10. Billings, C. (2013). Uses and Limitations of Electrophysiology with Hearing Aids. *Seminars in Hearing*, *34*(04), 257–269.
11. Billings, C. J., Bennett, K. O., Molis, M. R., & Leek, M. R. (2011). Cortical encoding of signals in noise: effects of stimulus type and recording paradigm. *Ear and hearing*, *32*(1), 53–60.
12. Billings, C. J., McMillan, G. P., Penman, T. M., & Gille, S. M. (2013).

Predicting perception in noise using cortical auditory evoked potentials. *Journal of the Association for Research in Otolaryngology : JARO*, *14*(6), 891–903.

13. Billings, C. J., Papesh, M. a., Penman, T. M., Baltzell, L. S., & Gallun, F. J. (2012). Clinical Use of Aided Cortical Auditory Evoked Potentials as a Measure of Physiological Detection or Physiological Discrimination. *International Journal of Otolaryngology*, *2012*(1), 1–14.

14. Billings, C. J., Tremblay, K. L., & Miller, C. W. (2011). Aided cortical auditory evoked potentials in response to changes in hearing aid gain. *International journal of audiology*, *50*(7), 459–67.

15. Billings, C. J., Tremblay, K. L., Souza, P. E., & Binns, M. A. (2007). Effects of Hearing Aid Amplification and Stimulus Intensity on Cortical Auditory Evoked Potentials. *Audiology and Neurotology*, *12*(4), 234–246.

16. Billings, C. J., Tremblay, K. L., Stecker, G. C., & Tolin, W. M. (2009a). Human evoked cortical activity to signal-to-noise ratio and absolute signal level. *Hearing Research*, *254*(1-2), 15–24.

17. Billings, C. J., Tremblay, K. L., Stecker, G. C., & Tolin, W. M. (2009b). Human evoked cortical activity to signal-to-noise ratio and absolute signal level. *Hearing research*, *254*(1-2), 15–24.

18. Cekic, S., & Sennaroglu, G. (2008). The Turkish hearing in noise test. *International journal of audiology*, *47*(6), 366–8.

19. Cesur, S. (2012). *İşitsel Uyarılmış P1- N1- P2 Kortikal Potansiyellerle Eşik İncelemesi*. Marmara Üniversitesi.

20. Cherry, E. C. (1953). Some Experiments on the Recognition of Speech, with One and with Two Ears. *Office*, *25*(5), 975–979.

21. Ching, T. Y. C., van Wanrooy, E., Dillon, H., & Carter, L. (2011). Spatial release from masking in normal-hearing children and children who use hearing aids. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *129*(1), 368–375.

22. Cone-Wesson, B., & Wunderlich, J. (2003). Auditory evoked potentials from the cortex: audiology applications. *Current opinion in otolaryngology & head and neck surgery*, *11*(5), 372–377.

23. Dawes, P., Munro, K. J., Kalluri, S., & Edwards, B. (2014). Auditory acclimatization and hearing aids: late auditory evoked potentials and speech recognition following unilateral and bilateral amplification. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *135*(6), 3560–9.

24. Dillon, H. (2012). *Hearing Aids*. Second Edition, Thieme: New York.

25. Duncan, C. C., Barry, R. J., Connolly, J. F., Fischer, C., Michie, P. T., Näätänen, R., … Van Petten, C. (2009). Event-related potentials in clinical research: guidelines for eliciting, recording, and quantifying mismatch negativity, P300, and N400. *Clinical neurophysiology : official journal of the International Federation of Clinical Neurophysiology*, *120*(11), 1883–908.

26. Feddersen, W. E., Sandel, T. T., Teas, D. C., & Jeffress, L. A. (1957). Localization of high-frequency tones. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *29*(9), 988–991.

27. Gelfand, S. A. (2005). *Hearing: An Introduction to Psychological and Physiological Acoustics, 5th edition* Taylor & Francis.

28. Getzmann, S., & Näätänen, R. (2015). The mismatch negativity as a measure of auditory stream segregation in a simulated cocktail-party scenario: effect of age. *Neurobiology of aging*.

29. Getzmann, S., Wascher, E., & Falkenstein, M. (2015). What does successful speech-in-noise perception in aging depend on? Electrophysiological correlates of high and low performance in older adults. *Neuropsychologia*, *70*, 43–57.

30. Gnewikow, D., Ricketts, T., Bratt, G. W., & Mutchler, L. C. (2009). Real-world benefit from directional microphone hearing aids. *Journal of rehabilitation research and development*, *46*(5), 603.

31. Grantham, D. (1995). Spatial hearing and related phenomena. In: Moore, B. J. C. (Eds.) Handbook of Perception and Cognition: *Hearing*. San Diego: Academic Press, pp. 297- 345

32. Groth, J. (2015). *Binaural directionality ™ ii with spatial sense ™*. White Paper

33. Gygi, B., & Ann Hall, D. (2016). Background sounds and hearing-aid users: A scoping review. *International journal of audiology*, *55*(1), 1–10.

34. Haggard, M. P., & Hall, J. W. (1982). Forms of binaural summation and the implications of individual variability for binaural hearing aids. *Scandinavian audiology. Supplementum*, *15*, 47–63.

35. Hall, J. W. (2007). *New Handbook for Auditory Evoked Responses*. Boston: Pearson Education, Inc.

36. Häusler, R., Colburn, S., & Marr, E. (1983). Sound localization in subjects with impaired hearing. Spatial-discrimination and interaural-discrimination tests.

Acta oto-laryngologica. Supplementum, *400*, 1–62.

37. Hawkins, D. B., & Yacullo, W. S. (1984). Signal-to-noise ratio advantage of binaural hearing aids and directional microphones under different levels of reverberation. *The Journal of speech and hearing disorders*, *49*(3), 278–86.

38. Hawley, M. L., Litovsky, R. Y., & Culling, J. F. (2004). The benefit of binaural hearing in a cocktail party: Effect of location and type of interferer. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *115*(2), 833.

39. Holmes, A. E. (2003). Bilateral amplification for the elderly: are two aids better than one? *International journal of audiology*, *42 Suppl 2*, 2S63–7.

40. Holube, I., Puder, H., & Velde, T. M. (2014). DSP Hearing Instruments. Içinde *Sandlin's Textbook of Hearing Aid Amplification: Technical and Clinical Considerations* (ss. 222– 290). Plural Publishing.

41. Ibrahim, I., Parsa, V., Macpherson, E., & Cheesman, M. (2013). Evaluation of speech intelligibility and sound localization abilities with hearing aids using binaural wireless technology. *Audiology Research*, *3*(1), 1–9.

42. Ihlefeld, A., & Shinn-Cunningham, B. (2008). Spatial release from energetic and informational masking in a selective speech identification task. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *123*(6), 4369.

43. Jenstad, L. M., Marynewich, S., & Stapells, D. R. (2012). Slow Cortical Potentials and {Amplification-Part} {II:} Acoustic Measures. *International journal of otolaryngology*, *2012*, 386542.

44. Kaernbach, C., Schröger, E., & Gunter, T. C. (1998, Şubat 6). Human event-related brain potentials to auditory periodic noise stimuli. *Neuroscience letters*.

45. Keidser, G., Carter, L., Chalupper, J., & Dillon, H. (2007). Effect of low-frequency gain and venting effects on the benefit derived from directionality and noise reduction in hearing aids. *International journal of audiology*, *46*(10), 554–68.

46. Killion, M. C., Niquette, P. A., Gudmundsen, G. I., Revit, L. J., & Banerjee, S. (2004). Development of a quick speech-in-noise test for measuring signal-to-noise ratio loss in normal-hearing and hearing-impaired listeners. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *116*(4 Pt 1), 2395–405.

47. Kim, J.-R., Ahn, S.-Y., Jeong, S.-W., Kim, L.-S., Park, J.-S., Chung, S.-H., & Oh, M.-K. (2012). Cortical Auditory Evoked Potential in Aging: Effects of Stimulus Intensity and Noise. *Otology & Neurotology*, *33*(7), 1105.

48. Kochkin, S. (2009). MarkeTrak VIII: 25-Year Trends in the Hearing Health

Market. *Hearing Review*, *16*(10), 12–31.

49. Korczak, P. A., Kurtzberg, D., & Stapells, D. R. (2005). Effects of sensorineural hearing loss and personal hearing {AIDS} on cortical event-related potential and behavioral measures of speech-sound processing. *Ear and hearing*, *26*(2), 165–185.

50. Kotchoubey, B. (2006). Event-related potentials, cognition, and behavior: A biological approach. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *30*(1), 4265.

51. Kozou, H., Kujala, T., Shtyrov, Y., Toppila, E., Starck, J., Alku, P., & Näätänen, R. (2005). The effect of different noise types on the speech and non-speech elicited mismatch negativity. *Hearing research*, *199*(1-2), 31–9.

52. Kraus, N., McGee, T. J., Carrell, T. D., Zecker, S. G., Nicol, T. G., & Koch, D. B. (1996). Auditory neurophysiologic responses and discrimination deficits in children with learning problems. *Science (New York, N.Y.)*, *273*(5277), 971–3.

53. Kraus, N., McGee, T., Sharma, A., Carrell, T., & Nicol, T. (1992). Mismatch negativity event-related potential elicited by speech stimuli. *Ear and hearing*, *13*(3), 158–64.

54. Kreisman, B. M., Mazevski, A. G., Schum, D. J., & Sockalingam, R. (2010). Improvements in speech understanding with wireless binaural broadband digital hearing instruments in adults with sensorineural hearing loss. *Trends in amplification*, *14*(1), 3–11.

55. Kuk, F., Keenan, D., Lau, C.-C., & Ludvigsen, C. (2005). Performance of a fully adaptive directional microphone to signals presented from various azimuths. *Journal of the American Academy of Audiology*, *16*(6), 333–47.

56. Kuruvilla-Mathew, A., Purdy, S. C., & Welch, D. (2015). Cortical encoding of speech acoustics: Effects of noise and amplification. *International journal of audiology*, *54*(11), 852–64.

57. Latzel, M. (2012). Binaural VoiceStream Technology ® Intelligent binaural algorithms to improve speech. *Phonak Insight, Phonak AG:*

58. Levitt, H, Voroba, B. (1980). Binaural hearing. Içinde E. R. Libby (Ed.), *Binaural Hearing and Amplification* (Vol I, ss. 59–80). Chicago: Zenetron Inc.

59. Litovsky, R. (2001). Development of binaural audition and predictions for real world environments.pdf. Içinde J. S. Seawald, R. C., Gravel (Ed.), *A Sound foundation Through Early Amplification* (ss. 25–35).

60. Litovsky, R. (2012). Development of binaural and spatial hearing. In: *Human*

Auditory Development, 163- 195.

61. Litovsky, R. Y. (2005). Speech intelligibility and spatial release from masking in young children. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *117*(5), 3091.

62. Litovsky, R. Y., Goupell, M. J., Godar, S., Grieco-Calub, T., Jones, G. L., Garadat, S. N., … Misurelli, S. (2012). Studies on bilateral cochlear implants at the University of Wisconsin's Binaural Hearing and Speech Laboratory. *Journal of the American Academy of Audiology*, *23*(6), 476–494.

63. Litovsky, R. Y., Johnstone, P. M., & Godar, S. P. (2006). Benefits of bilateral cochlear implants and/or hearing aids in children. *International journal of audiology*, *45 Suppl 1*(Supplement 1), S78–S91.

64. Marrone, N., Mason, C. R., & Kidd, G. (2008). Evaluating the Benefit of Hearing Aids in Solving the Cocktail Party Problem. *Trends in Amplification*, *12*(4), 300–315.

65. Martin, B. A., Kurtzberg, D., & Stapells, D. R. (1999). The effects of decreased audibility produced by high-pass noise masking on N1 and the mismatch negativity to speech sounds/ba/and/da. *Journal of Speech Language and Hearing Research*, *42*(April), 271–286.

66. Martin, B. A., Tremblay, K. L., & Korczak, P. (2008). Speech evoked potentials: from the laboratory to the clinic. *Ear and hearing*, *29*(3), 285–313.

67. Marynewich, S., Jenstad, L. M., & Stapells, D. R. (2012). Slow Cortical Potentials and Amplification—Part I: N1-P2 Measures. *International Journal of Otolaryngology*, *2012*, 1–11.

68. McCullagh, J., Musiek, F. E., & Shinn, J. B. (2012). Auditory Cortical Processing in Noise in Normal-Hearing Young Adults. *Audiological Medicine*.

69. McEvoy, L. K., Picton, T. W., & Champagne, S. C. (1991). Effects of stimulus parameters on human evoked potentials to shifts in the lateralization of a noise. *Audiology : official organ of the International Society of Audiology*, *30*(5), 286–302.

70. Misurelli, S. M., & Litovsky, R. Y. (2012). Spatial release from masking in children with normal hearing and with bilateral cochlear implants: Effect of interferer asymmetry. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *132*(1), 380.

71. Moore, B. C. J. (2007). *Cochlear Hearing Loss: Physiological, Psychological*

and Technical Issues.

72. Mueller, H. G., Bentler, R., & Ricketts, T. A. (2013). *Modern Hearing Aids: Pre-Fitting Testing and Selection Considerations*. Plural Publishing.

73. Muller-Gass, A., Marcoux, A., Logan, J., & Campbell, K. B. (2001). The intensity of masking noise affects the mismatch negativity to speech sounds in human subjects. *Neuroscience Letters*, *299*(3), 197200.

74. Murphy, J., Summerfield, A. Q., O'Donoghue, G. M., & Moore, D. R. (2011). Spatial hearing of normally hearing and cochlear implanted children. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, *75*(4), 489–494.

75. Näätänen, R. (2001). The perception of speech sounds by the human brain as reflected by the mismatch negativity (MMN) and its magnetic equivalent (MMNm). *Psychophysiology*, *38*(1), 1–21.

76. Näätänen, R., Paavilainen, P., Rinne, T., & Alho, K. (2007). The mismatch negativity (MMN) in basic research of central auditory processing: A review. *Clinical Neurophysiology*, *118*(12), 2544–2590.

77. Näätänen, R., Pakarinen, S., Rinne, T., & Takegata, R. (2004). The mismatch negativity (MMN): towards the optimal paradigm. *Clinical neurophysiology : official journal of the International Federation of Clinical Neurophysiology*, *115*(1), 140–4.

78. Näätänen, R., Sussman, E. S., Salisbury, D., & Shafer, V. L. (2014). Mismatch negativity (MMN) as an index of cognitive dysfunction. *Brain Topography*, *27*(4), 451–66.

79. Neher, T., Behrens, T., Carlile, S., Jin, C., Kragelund, L., Petersen, A. S., & Schaik, A. van. (2009). Benefit from spatial separation of multiple talkers in bilateral hearing-aid users: Effects of hearing loss, age, and cognition. *International Journal of Audiology*, *48*(11), 758–774.

80. Niemitalo-Haapola, E., Haapala, S., Jansson-Verkasalo, E., & Kujala, T. (2015). Background Noise Degrades Central Auditory Processing in Toddlers. *Ear and hearing*.

81. Nilsson, M., Soli, S. D., & Sullivan, J. A. (1994). Development of the Hearing in Noise Test for the measurement of speech reception thresholds in quiet and in noise. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *95*(2), 1085–99.

82. Noble, W. (2006). Bilateral hearing aids: a review of self-reports of benefit in comparison with unilateral fitting. *International journal of audiology*, *45 Suppl 1*,

S63–71.

83. Noble, W. (2010). Assessing Binaural Hearing: Results Using the Speech, Spatial and Qualities of Hearing Scale. *Journal of the American Academy of Audiology*, *21*(9), 568574.

84. Noble, W., Byrne, D., & Lepage, B. (1994). Effects on sound localization of configuration and type of hearing impairment. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *95*(2), 992–1005.

85. Nyffeler, M. (2010). StereoZoom: Improvements with directional microphones (Phonak white paper), (September), 45–46.

86. Oates, P. a, Kurtzberg, D., & Stapells, D. R. (2002). Effects of sensorineural hearing loss on cortical event-related potential and behavioral measures of speech-sound processing. *Ear and hearing*, *23*(5), 399–415.

87. Ostroff, J. M., Martin, B. A., & Boothroyd, A. (1998). Cortical evoked response to acoustic change within a syllable. *Ear and hearing*, *19*(4), 290–7.

88. Papesh, M. A., Billings, C. J., & Baltzell, L. S. (2015). Background noise can enhance cortical auditory evoked potentials under certain conditions. *Clinical Neurophysiology*, *126*(7), 1319–1330.

89. Parbery-Clark, A., Marmel, F., Bair, J., & Kraus, N. (2011). What subcortical-cortical relationships tell us about processing speech in noise. *The European journal of neuroscience*, *33*(3), 549–57.

90. Picou, E. M., Aspell, E., & Ricketts, T. A. (2014). Potential benefits and limitations of three types of directional processing in hearing aids. *Ear and hearing*, *35*(3), 339–352.

91. Picton, T. W., Stuss, D. T., Champagne, S. C., & Nelson, R. F. (1984). The effects of age on human event-related potentials. *Psychophysiology*, *21*(3), 312–25.

92. Plomp, R. (1978). Auditory handicap of hearing impairment and the limited benefit of hearing aids. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *63*(2), 533–49.

93. Polen, S. (2008). Auditory Event Related Potentials. *Seminars in Hearing*, *5*(02), 127–141.

94. Rao, A., Zhang, Y., & Miller, S. (2010). Selective listening of concurrent auditory stimuli: an event-related potential study. *Hearing research*, *268*(1-2), 123–132.

95. Rapin, I., & Graziani, L. J. (1967). Auditory-evoked responses in normal,

brain-damaged, and deaf infants. *Neurology*, *17*(9), 881–94.
96. Rapin, I., Ruben, R. J., & Lyttle, M. (1970). Diagnosis of hearing loss in infants using auditory evoked responses. *The Laryngoscope*, *80*(5), 712–22.
97. Ricketts, T. A. (2005). Directional hearing aids: Then and now. *The Journal of Rehabilitation Research and Development*, *42*(4s), 113.
98. Ricketts, T. A., & Hornsby, B. W. Y. (2006). Directional hearing aid benefit in listeners with severe hearing loss. *International journal of audiology*, *45*(3), 190–7.
99. Ricketts, T., & Henry, P. (2002). Evaluation of an adaptive, directional-microphone hearing aid. *International journal of audiology*, *41*(2), 100–12.
100. Seikel, J. A., King, D. W., & Drumright, D. G. (2009). *Anatomy & Physiology for Speech, Language, and Hearing*. Cengage Learning.
101. Sharma, A., Kraus, N., McGee, T. J., & Nicol, T. G. (1997). Developmental changes in P1 and N1 central auditory responses elicited by consonant-vowel syllables. *Electroencephalography and clinical neurophysiology*, *104*(6), 540–5.
102. Sharma, A., Nash, A. A., & Dorman, M. (2009). Cortical development, plasticity and re-organization in children with cochlear implants. *Journal of communication disorders*, *42*(4), 272–9.
103. Sharma, M., Purdy, S. C., Munro, K. J., Sawaya, K., & Peter, V. (2014). Effects of broadband noise on cortical evoked auditory responses at different loudness levels in young adults. *Neuroreport*, *25*(5), 312–9.
104. Simon, H. J. (2005). Bilateral amplification and sound localization: then and now. *Journal of rehabilitation research and development*, *42*(4 Suppl 2), 117–32.
105. Song, J. H., Skoe, E., Banai, K., & Kraus, N. (2012). Training to improve hearing speech in noise: biological mechanisms. *Cerebral cortex (New York, N.Y. : 1991)*, *22*(5), 1180–90.
106. Sonnadara, R. R., Alain, C., & Trainor, L. J. (2006). Effects of spatial separation and stimulus probability on the event-related potentials elicited by occasional changes in sound location. *Brain Research*, *1071*(1), 175185.
107. Souza, P. E., & Tremblay, K. L. (2006). New perspectives on assessing amplification effects. *Trends in amplification*, *10*(3), 119–143.
108. Stoody, T. M., Saoji, A. a, & Atcherson, S. R. (2011). Auditory mismatch negativity: detecting spectral contrasts in a modulated noise. *Perceptual and motor skills*, *113*(1), 268–76.

109. Taylor, B., & Mueller, H. G. (2011). *Fitting and Dispensing Hearing Aids*. Plural Publishing.
110. Tremblay, K., & Clinard, C. (2015). Cortical Auditory- Evoked Potentials. Içinde K. Katz, J., Chasin, M., English, K., Hood, L. and Tillery (Ed.), *Handbook of Clinical Audiology* (Seventh, ss. 337– 355). New York: Wolters Kluwer.
111. Tremblay, K., Kraus, N., McGee, T., Ponton, C., & Otis, B. (2001). Central auditory plasticity: changes in the N1-P2 complex after speech-sound training. *Ear and hearing*, *22*(2), 79–90.
112. Tremblay, K. L., Billings, C., & Rohila, N. (2004). Speech evoked cortical potentials: effects of age and stimulus presentation rate. *Journal of the American Academy of Audiology*, *15*, 226–237
113. Tremblay, K. L., & Miller, C. W. (2014). How Neuroscience Relates to Hearing Aid Amplification. *International Journal of Otolaryngology*, *2014*.
114. Tremblay, K. L., Piskosz, M., & Souza, P. (2003). Effects of age and age-related hearing loss on the neural representation of speech cues. *Clinical Neurophysiology*, *114*(7), 13321343.
115. Van den Bogaert, T., Carette, E., & Wouters, J. (2011). Sound source localization using hearing aids with microphones placed behind-the-ear, in-the-canal, and in-the-pinna. *International journal of audiology*, *50*(3), 164–76.
116. White, L., & Atcherson, S. R. (2012). Cortical Event- Related Potentials. Içinde S. R. Atcherson & T. M. Stoody (Ed.), *Auditory Electrophysiology: A Clinical Guide* (ss. 137– 161). New York: Thieme Medical Publishers.
117. Wu, Y.-H., & Bentler, R. A. (2010). Impact of visual cues on directional benefit and preference: Part II - field tests. *Ear and Hearing*, *31*(1), 35–46.
118. Wu, Y.-H., & Bentler, R. A. (2014). Use of Directional Microphone Technologies to İmprove User Performance in Noise. Içinde *Sandlin's Textbook of Hearing Aid Amplification: Technical and Clinical Considerations* (ss. 187–215). Plural Publishing.
119. Wu, Y.-H., Stangl, E., Bentler, R. A., & Stanziola, R. W. (2013). The effect of hearing aid technologies on listening in an automobile. *Journal of the American Academy of Audiology*, *24*(6), 474–85.
120. Yin, T. (2002). Neural mechanisms of encoding binaural localization cues in the auditory brainstem. In: Integrative Functions in the Mammalian Auditory Pathway, 99–159.

Ek-1 Bilgilendirme Formu

MARMARA ÜNİVERSİTESİ SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İLAÇ DIŞI ÇALIŞMALAR İÇİN BİLGİLENDİRME FORMU

"Kablosuz bağlantı özelliğine sahip bilateral işitme cihazı kullanan işitme kayıplı bireylerde ve normal işitenlerde uzaysal ayrılık etkisinin işitsel uyarılmış kortikal potansiyeller ile incelenmesi" isimli bir çalışmada yer almak üzere davet edilmiş bulunmaktasınız.

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

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

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

Bu çalışmanın amacı normal işitenlerin ve işitme cihazı kullanan işitme kayıplı bireylerin gürültüde konuşmayı anlama performanslarını işitsel uyarılmış kortikal potansiyellerle incelemektir. Toplam katılımcı sayısı sizinle birlikte 60'dır.

Bu çalışmaya katılmalı mıyım?

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

Bu çalışmaya katılırsam beni neler bekliyor?

Normal işiten katılımcıların testleri tek oturumda yapılacaktır. Otoskopik ve odyolojik değerlendirme sonrası işitsel uyarılmış kortikal potansiyel testleri yapılacaktır.

İşitme cihazı kullanıcısı bireylerin testleri iki oturumdan oluşmaktadır. İlk oturumda Otoskopik ve odyolojik değerlendirme yapılacak, deney sırasında kullanılacak kulak kalıbının hazırlanması için kulak izi alınacaktır. İkinci oturumda ise işitme cihazı uygulaması, işitsel uyarılmış kortikal potansiyel testleri yapılacaktır.

Yapılacak test ve işlemlerin açıklaması şöyledir:

Otoskopik değerlendirme: KBB hekimi tarafından kulak yapıları muayene edilecektir.

Odyolojik değerlendirme: Odyometri, Akustik İmmitansmetri ve Otoakustik Emisyon testlerinden oluşan rutin değerlendirme yapılacaktır.

Kulak İzi Alımı: Araştırma için kullanılacak kulak kalıbının hazırlanması için kulak yolunuza küçük bir tampon yerleştirilecek, kulak yoluna kalıp malzemesi sıkılarak kulak iziniz alınacaktır.

İşitme Cihazı Uygulaması: İşitme cihazının iç ayarları yapılacak, ses seviyesi kontrol edilecektir.

İşitsel Uyarılmış Kortikal Potansiyel Testleri: Başınızın tepe kısmı, alnınızın ortası, sağ kulak memesi ve sol gözünüzün alt ve üst kısmına elektrot yerleştirilecektir. Belirli açılardan gelen gürültü sesinin içinden /ba/ ve /da /heceleri duyacaksınız. Sesleri ve gürültüyü pasif olarak dinlemeniz, dikkatinizi karşınızda gösterilecek olan filme ya da okuyacağınız kitaba vermeniz gerekmektedir.

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

Çalışma işitme cihazınız ve sağlığınız açısından risk taşımamaktadır.

Çalışmada yer almamın yararları nelerdir ?

Çalışmaya katılarak işitme cihazlarında kullanılan dijital sinyal işleme teknolojilerinin etkinliğinin ve beynin gürültüde konuşmayı nasıl işlediğinin araştırılmasına, iki cihaz kullanmanın faydalarının incelenmesine yardımcı olacaksınız.

Bu çalışmaya katılmamın maliyeti nedir ?

Araştırma için yapılacak harcamalarla ilgili herhangi bir parasal sorumluluğunuz yoktur. Size ödeme yapılmayacaktır.

Kişisel bilgilerim nasıl kullanılacak?

Çalışma doktorunuz kişisel bilgilerinizi, araştırmayı ve istatiksel analizleri yürütmek için kullanacaktır. Kimlik bilgileriniz çalışma boyunca araştırmacı tarafından gizli tutulacaktır. Çalışmanın sonunda, bu bilgiler hakkında bilgi istemeye hakkınız vardır. Çalışma sonuçları çalışma bitiminde tıbbi literatürde yayınlanabilecektir, ancak kimliğiniz açıklanmayacaktır.

Daha fazla bilgi, yardım ve iletişim için kime başvurabilirim?

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

ADI : Atılım ATILGAN
GÖREVİ : Uzman Odyolog, Araştırmacı
TELEFON : 0505 3855817

Ek-2 Onay Formu

MARMARA ÜNİVERSİTESİ SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İLAÇ DIŞI ÇALIŞMALAR İÇİN ONAY FORMU

Marmara Üniversitesi KBB Anabilim Dalı, Odyoloji Bilim Dalı'nda araştırmacı Atılım Atılgan tarafından bir araştırma yapılacağı belirtilerek bu araştırma ile ilgili yukarıdaki bilgiler bana aktarıldı ve ilgili metni okudum. Bu bilgilerden sonra böyle bir araştırmaya "katılımcı" olarak davet edildim.

Araştırmaya katılmam konusunda zorlayıcı bir davranışla karşılaşmış değilim. Eğer katılmayı reddedersem, bu durumun tıbbi bakımıma ve hekim ile olan ilişkime herhangi bir zarar getirmeyeceğini de biliyorum. Projenin yürütülmesi sırasında herhangi bir neden göstermeden araştırmadan çekilebilirim. (*Ancak araştırmacıları zor durumda bırakmamak için araştırmadan çekileceğimi önceden bildirmemim uygun olacağının bilincindeyim).* Ayrıca tıbbi durumuma herhangi bir zarar verilmemesi koşuluyla araştırmacı tarafından araştırma dışı da tutulabilirim.

Araştırma için yapılacak harcamalarla ilgili herhangi bir parasal sorumluluk altına girmiyorum. Bana da bir ödeme yapılmayacaktır.

Bana yapılan tüm açıklamaları ayrıntılarıyla anlamış bulunmaktayım. Bu koşullarla söz konusu klinik araştırmaya kendi rızamla, hiç bir baskı ve zorlama olmaksızın, gönüllülük içerisinde katılmayı kabul ediyorum.

İmzalı bu form kâğıdının bir kopyası bana verilecektir.

Katılımcı

Adı, soyadı:

Adres:

Tel:

Tarih:

Ek- 3 Etik Kurul Onayı

T.C.
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
Sağlık Bilimleri Enstitüsü
Etik Kurulu

PROJENİN ADI: Kablosuz Bağlantı Özelliğine Sahip Bilateral İşitme Cihazı Kullanan İşitme Kayıplı Bireylerde ve Normal İşitenlerde Uzaysal Ayrılık Etkisinin İşitsel Uyarılmış Kortikal Potansiyeller ile İncelenmesi
PROJE YÜRÜTÜCÜSÜ: Doç.Dr. Ayça ÇİPRUT
PROJEDEKİ ARAŞTIRICILAR: Atılım ATILGAN
ONAY TARİHİ VE ONAY SAYISI: 22.09.2014-10

Sayın Doç.Dr. Ayça ÇİPRUT

96 protokol nolu "Kablosuz Bağlantı Özelliğine Sahip Bilateral İşitme Cihazı Kullanan İşitme Kayıplı Bireylerde ve Normal İşitenlerde Uzaysal Ayrılık Etkisinin İşitsel Uyarılmış Kortikal Potansiyeller ile İncelenmesi" isimli projeniz Enstitümüzün Etik Kurulu tarafından incelenmiş ve etik yönden uygunluğuna karar verilmiştir.

Prof. Dr. Feyza ARICIOĞLU
Komisyon Başkanı

Prof. Dr. İnci ALİCAN

Prof. Dr. Serap AKYÜZ

Yrd. Doç. Dr. Betül OKUYAN

Prof. Dr. Aysel PEHLİVAN

Doç. Dr. Nefise BAHÇECİK

Doç. Dr. Hakkı ARIKAN

Yrd. Doç. Dr. Ümit UĞURLU

Doç. Dr. Dilşad SAVE

Doç. Dr. Zübeyir SARI

Doç. Dr. Tolga GÜVEN

Marmara Üniversitesi Göztepe Kampüsü Sağlık Bilimleri Enstitüsü 34668 Kadıköy İSTANBUL
0 (216) 414 44 23/12 (Faks) 0 (216) 414 44 23
Ayrıntılı bilgi için
saglik.ogrenci@marmara.edu.tr
http://saglik.marmara.edu.tr

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı	ATILIM ATILGAN
Doğum yeri	İzmir
Doğum tarihi	07/04/1977
Uyruğu	T.C.
E-mail	atilimatilgan@gmail.com

EĞİTİM

Derece	Alan	Üniversite	Yıl
Doktora	KBB ABD., Odyoloji BD., Odyoloji ve Konuşma Bozuklukları Doktora Programı	Marmara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü	Halen devam etmektedir.
Y. Lisans	KBB ABD., Odyoloji BD., Odyoloji, Konuşma ve Ses Bozuklukları Yüksek Lisans Programı	Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü	2007
Lisans	Psikoloji	Mersin Üniversitesi	2002

İŞ DENEYİMİ

Öğretim Elemanı/ Uzman Odyolog
Marmara Üniversitesi Tıp Fakültesi, KBB Anabilim Dalı, Odyoloji Bilim Dalı
Nisan 2013 – Devam ediyor.

Uzman Odyolog
ENT Kulak Burun Boğaz Tıp Merkezi
Aralık 2009 - Mart 2013

Uzman Odyolog
Kütahya Asker Hastanesi
Ağustos 2008 — Ağustos 2009

Stajyer
Duysel Odyolojik Tanı Merkezi
Kasım 2006 — Ağustos 2008

Psikolog
Başkent Özel Eğitim ve Rehabilitasyon Merkezi
Eylül 2005 — Eylül 2006

Psikolog

Gizem Özel Eğitim ve Rehabilitasyon Merkezi
Eylül 2003 — Eylül 2005

Psikolog
Işık Otistik Çocuklar Özel Eğitim Merkezi
Eylül 2001 — Eylül 2003

YABANCI DİL BİLGİSİ

İngilizce, İyi derecede (ÜDS: 60)