



**YAKIN DOĞU ÜNİVERSİTESİ**  
**LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**  
**ODYOLOJİ ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK FREKANS İŞİTME KAYIPLILARDA İŞİTSEL**  
**BEYİNSAPI CEVAPLARINDA**  
**LS CE-CHİRP VE KLİK UYARANLARIN**  
**KARŞILAŞTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Uğur BELET**

**Lefkoşa**  
**Ocak, 2022**

**YAKIN DOĞU ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ  
ODYOLOJİ ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK FREKANS İŞİTME KAYIPLILARDA İŞİTSEL  
BEYİNSAPI CEVAPLARINDA  
LS CE-CHİRP VE KLİK UYARANLARIN  
KARŞILAŞTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Uğur BELET**

**Tez Danışmanı**

**Yrd. Doç. Dr. Ateş Mehmet AKŞİT**

**Lefkoşa**

**Ocak, 2022**

## Onay

Uğur BELET tarafından hazırlanan “Yüksek Frekans İşitme Kayıplarda İşitsel Beyinsapı Cevaplarında LS CE-Chirp ve Klik Uyaranların Karşılaştırılması” başlıklı tez, kapsam ve nitelik açısından kalite standartlarına uygunluğu ile ilgili Odyoloji Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak 9/2/2022 tarihinde kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri Adı – Soyadı  
Jüri Başkanı: Yrd. Doç. Dr. Ebru Kösemihal  
Jüri Üyesi: Dr. Öğr. Üyesi Deniz Tuz  
Danışman: Yrd. Doç. Dr. Ateş Mehmet Akşit

İmza  
  
  


Anabilim Dalı Başkanı Onayı

09/02/2022

Ünvan, Ad-Soyad:

Yrd. Doç. Dr. Ateş Mehmet Akşit

Anabilim Dalı Başkanı



Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Onayı

/ / 2022

Prof. Dr. Kemal Hüsnü Can Başer

Enstitü Müdürü

## **Etik İlkelere Uygunluk Beyanı**

Bu tezin içinde sunduğum verileri, bilgileri ve belgeleri akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi; tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu; çalışmada bana ait olmayan tüm veri, düşünce, sonuç ve bilgilere bilimsel etik kurallar gereği olarak eksiksiz şekilde uygun atıf yaptığımı ve kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

**Uğur BELET**

**10/9/2022**

## Teşekkür

Lisans ve yüksek lisans eğitimimde her zaman yanımda olan, tecrübelerini, bilgisini, fikirlerini her zaman paylaşan tez danışmanım Yrd. Doç. Dr. Ateş Mehmet AKŞİT'e

Lisans eğitimimden yüksek lisans eğitimimin sonuna kadar tüm bilgi, deneyimlerini ve desteklerini hiç esirgmeden paylaşan ve yanımda olan Yrd. Doç. Dr. Ebru KÖSEMİHAL'a

Tez dönemimde hiçbir zaman yardımlarını esirgemeyen ve desteklerinden dolayı Ody. Aysel KARATAŞ'a

Hayatım boyunca hep yanımda olan ve desteklerini eksik etmeyen sevgili aileme teşekkürlerimi borç bilirim.

Uğur BELET

## ÖZET

### **Yüksek Frekans İşitme Kayıplılarda İşitsel Beyinsapı Cevaplarında LS CE-Chirp ve Klik Uyarıların Karşılaştırılması**

**Uğur BELET**

**DANIŞMANI: Yrd. Doç. Dr. Ateş Mehmet AKŞİT**

**Yüksek lisans, Odyoloji Anabilim Dalı**

**Şubat 2022, 91**

**Amaç:** İşitsel beyinsapı cevabı, işitme eşiğini tahmin etmek ve işitsel patolojileri belirlemek için kullanılan uyarılmış bir potansiyeldir. Tanısal testlerde işitsel uyarın olarak genellikle klik uyarın kullanılmakla beraber, son yıllarda LS CE Chirp uyarının da klinik tanıda kullanılabileceğine dair araştırma sonuçları yayınlanmıştır. Bu çalışmanın amacı, yüksek frekans işitme kayıplı bireylerde LS CE Chirp uyarın ile Klik uyarının işitsel beyinsapı test sonuçlarını karşılaştırmaktır.

**Yöntem:** Yüksek frekans işitme kayıplı (YFİK) olan hastalar (30) ve normal işiten (Nİ) bireyler (30) çalışmaya dahil edilmiştir. Tüm deneklerin 125-8000 Hz'de odyometrik saf ses eşikleri saptandı. Normal işitenlerde saf ses eşiklerinin tüm frekanslarda 20 dB den daha iyi olma şartı arandı. YFİK'lı bireyler en az 5 yıllık avcılık geçmişi olan kişiler arasından seçildi. Normal işiten deneklerde 80, 60 ve 20 dBnHL seviyesinde; 31,1/sn ve 11,1/sn uyarın sıklığında klik ve LS CE-Chirp uyarınlar kullanılarak ABR testi yapıldı. YFİK'larda testler 80 ve 60 dBnHL şiddet seviyesinde 11,1/sn uyarın sıklığında yapıldı. İşitme kayıplı hastalar hem kendi içlerinde hem de normal işiten bireyler ile karşılaştırıldı.

**Bulgular:** Normal işiten bireylerde 80 dBnHL şiddetinde 11.1/sn ve 31.1/sn uyarın sıklığında LS CE-Chirp uyarın ile klik uyarana göre daha uzun latans değerleri elde edilmiştir. Erkeklerin V. Dalga latansı ve I-V dalga aralıkları kadınlardan daha uzun bulunmuştur. Uyarın sıklığı 31,1/sn'ye çıkarıldığında V. Dalga latansında görülen uzama LS CE-Chirp uyarınla daha belirgin elde edildi. YFİK hastalarda 80 dBnHL şiddet seviyesinde LS CE-Chirp ve klik uyarınlar arasında anlamlı bir fark bulunmadı. İşitme kayıplı hastalar 4000 Hz eşğine göre sınıflandırıldığında, klik uyarının davranışsal 4000 Hz eşğı ile daha uyumlu olduğu bulunmuştur.

**Sonuç:** LS Chirp ile klik uyarana bağı ABR cevapları arasındaki ilişki, normal işitenler ve YFİK'lılarda farklılık göstermektedir. YFİK düzeyi de LS Chirp ve klik uyarın cevaplarını farklı olarak etkilemektedir.

**Anahtar Kelimeler:** İşitsel beyinsapı cevapları (İBC), LS CE-Chirp, klik, yüksek frekans işitme kaybı

## ABSTRACT

### Comparison of LS CE-Chirp and Click Stimuli in Auditory Brainstem Responses in High Frequency Hearing Loss

Uğur BELET

ADVISOR: Assist. Assoc. Dr. Ateş Mehmet AKŞİT

MSc, Department of Audiology

February 2022, 91

**Objective:** Auditory brainstem response is an evoked potential used to estimate hearing threshold and identify auditory pathologies. Although a click stimulus is generally used as an auditory stimulus in diagnostic tests, research results have been published in recent years showing that the LS CE Chirp stimulus can also be used in clinical diagnosis. The aim of this study is to compare the auditory brainstem test results of LS CE Chirp stimulus and Click stimulus in individuals with high frequency hearing loss.

**Methods:** Patients with high frequency hearing loss (HFHL) (30) and individuals with normal hearing (NH) (30) were included in the study. Audiometric pure tone thresholds were determined for all subjects at 125-8000 Hz. For those with normal hearing, the pure tone thresholds were required to be lower than 20 dB at all frequencies. HFHL were selected from people with a hunting experience of at least 10 years. Normal hearing subjects at 80, 60 and 20 dBnHL levels; ABR test was performed using click and LS CE-Chirp stimuli at a stimulus frequency of 31.1/sec and 11.1/sec. The tests were performed at the intensity level of 80 and 60 dBnHL at a stimulus frequency of 11.1/sec in HFHL patients. Hearing-impaired patients were compared both among themselves and with individuals with normal hearing.

**Results:** Longer latency values were obtained with LS CE-Chirp stimulus at 80 dBnHL intensity, 11.1/sec and 31.1/sec stimulus frequency compared to click stimulus in individuals with normal hearing. The V. wave latency and I-V wave intervals of men were found to be longer than women. When the stimulus rate was increased to 31.1/sec, the prolongation of the V. Wave latency was more pronounced with the LS CE-Chirp stimulus. No significant difference was found between LS CE-Chirp and click stimuli at 80 dBnHL severity level in patients with HFHL. When patients with hearing loss were classified according to the 4000 Hz threshold, it was



found that the click stimulus was more compatible with the behavioral 4000 Hz threshold.

**Conclusion:** The relationship between LS Chirp and click stimulus-induced ABR responses differs between those with normal hearing and those with HFHL. HFHL level also affects LS Chirp and click stimulus responses differently.

**Keywords:** Auditory brainstem responses (ABR), LS CE-Chirp, click, high frequency hearing loss

## İçindekiler

Onay Sayfası.....	i
Etik İlkeler Uyumluk Beyanı.....	ii
Teşekkür.....	iii
Özet.....	iv
Abstract.....	vi
İçindekiler.....	vii
Tablolar Listesi.....	ix
Şekiller Listesi.....	xi
Kısaltmalar.....	xii

## BÖLÜM I

Giriş.....	1
Kuramsal Yaklaşımlar ve Kapsam.....	1
Araştırmanın Amacı.....	4
Alt Amaçlar.....	4
Hipotezler.....	4

## BÖLÜM II

Genel Bilgiler.....	6
Periferik Sistem.....	6
Santral Sistem.....	8
ABR Tarihi.....	11
İşitsel Uyarılmış Potansiyeller.....	13
ABR Cevabının Oluşması.....	13

ABR Kaydı.....	15
Koklear İşitme Kaybının ABR Üzerine Etkileri.....	15
Klik Uyararı.....	18
Chirp Uyararı Ailesi.....	18
Kulaklıklar.....	21
Uyarıcı Faktörleri.....	21
Kayıt Faktörleri.....	24
Subjektif Faktörler.....	25
Kalibrasyon.....	29
Normatif Değerlerin Oluşturulması.....	30

### BÖLÜM III

Yöntem.....	32
Araştırma Modeli.....	32
Çalışma Grubu.....	32
Veri Toplama Araçları.....	32
Verilerin Analizi ve Yorumlanması.....	33
Çalışmanın Planı.....	33
Verilerin Analizi ve Yorumlanması.....	34

### BÖLÜM IV

Bulgular Ve Yorumlar.....	35
Normal İşiten Bireyler Bulgular.....	35
İşitme Kayıplı Bireyler Bulgular.....	38
Çalışma grubu ile Kontrol grubunun karşılaştırma bulguları.....	43

### BÖLÜM V

TARTIŞMA.....	45
---------------	----

### BÖLÜM VI

SONUÇ VE ÖNERİLER.....	55
Sonuç.....	55
Öneri.....	56

Kaynakça.....	56
EKLER.....	77
Ek 1. ....	77
İntihal raporu.....	77

### Tablolar Listesi

	Sayfa
<b>Tablo 1.</b> Normal işiten bireylerin 80 dBnHL 11,1/sn uyaran sıklığında I, III, V. dalga klik ve LS chirp uyarılarına ait latans değerlerinin karşılaştırılması	35
<b>Tablo 2.</b> Normal işiten bireylerin 80 dBnHL 31,1/sn uyaran sıklığında klik ve LS chirp uyarılarına ait I, III, V. dalga latans değerlerinin karşılaştırılması	36
<b>Tablo 3.</b> Normal işiten bireylerin 20 dBnHL’de 31.1/sn uyaran sıklığında klik ve LS chirp uyarılarına ait V. dalga latans değerlerinin karşılaştırılması	36
<b>Tablo 4.</b> Normal işiten bireylerin sağ ve sol kulak karşılaştırılması (LS CE-LS chirp, klik, 80 dBnHL, 11,1 /sn uyaran sıklığı)	37
<b>Tablo 5.</b> İşitme kayıplı bireylerde klik ve LS chirp uyarı ile 80 dBnHL’de 11.1/sn uyaran sıklığında elde edilen I-III-V. dalga latanslarının ve I-V dalgalar arası latans değerlerinin karşılaştırılması	38
<b>Tablo 6.</b> İşitme kayıplı bireylerde 60 dBnHL’de 11.1/sn uyaran sıklığında klik ve LS chirp uyarısının V. dalga latans değerlerinin karşılaştırılması	38

<b>Tablo 7.</b> İşitme kayıplı grupta klik ve LS chirp uyarılarının 80 ve 60 dBnHL'deki latans farkının karşılaştırılması	39
<b>Tablo 8.</b> Hafif derece işitme kaybının (Grup 1) klik ve LS chirp uyarana etkisi (80 dBnHL, 11.1/sn uyarın sıklığı)	39
<b>Tablo 9.</b> Hafif derece işitme kaybının (Grup 1) klik ve LS chirp uyarana etkisi (60 dBnHL, 11.1/sn uyarın sıklığı)	40
<b>Tablo 10.</b> Orta derece işitme kaybının (Grup 2) klik ve LS chirp uyarana etkisi (80 dBnHL, 11.1/sn uyarın sıklığı)	40
<b>Tablo 11.</b> Orta derece işitme kaybının (Grup 2) klik ve LS chirp uyarana etkisi (60 dBnHL, 11.1/sn uyarın sıklığı)	41
<b>Tablo 12.</b> Klik uyarın ile 80 dBnHL'de elde edilen dalga latans değerlerinin işitme kaybı derecelerine göre karşılaştırılması	41
<b>Tablo 13.</b> Klik uyarın ile 60 dBnHL'de elde edilen dalga latans değerlerinin işitme kaybı derecelerine göre karşılaştırılması	42
<b>Tablo 14.</b> LS chirp uyarın ile 80 dBnHL'de elde edilen dalga latans değerlerinin işitme kaybı derecelerine göre karşılaştırılması	42
<b>Tablo 15.</b> LS chirp uyarın ile 60 dBnHL'de elde edilen dalga latans değerlerinin işitme kaybı derecelerine göre karşılaştırılması	43
<b>Tablo 16.</b> Normal işiten grup ile işitme kayıplı grubun dalga latanslarının karşılaştırılması (Klik, LS CE-LS chirp, 80 dBnHL, 11,1 Hz uyarın sıklığı)	43

## Şekiller

	<b>Sayfa</b>
<b>Şekil 1.</b> İşitme kayıplı bireylerin saf ses eşikleri	33
<b>Şekil 2.</b> Normal işiten bireyde ABR dalga morfolojisi (Klik uyaran 31.1/sn uyaran sıklığı)	45
<b>Şekil 3.</b> Normal işiten bireyde ABR dalga morfolojisi (Klik uyaran 11.1/sn uyaran sıklığı)	46
<b>Şekil 4.</b> Normal işiten bireyde ABR dalga morfolojisi (LS CE-Chirp uyaran 31.1/sn uyaran sıklığı)	46
<b>Şekil 5.</b> Normal işiten bireyde ABR dalga morfolojisi (LS CE-Chirp uyaran 11.1/sn uyaran sıklığı)	47
<b>Şekil 6.</b> Normal işiten bireyde ABR dalga morfolojisi (Klik uyaran 31.1/sn uyaran sıklığı)	48
<b>Şekil 7.</b> Normal işiten bireyde ABR dalga morfolojisi (LS CE-Chirp uyaran 31.1/sn uyaran sıklığı)	48
<b>Şekil 8.</b> İşitme kayıplı bireyde ABR dalga morfolojisi (klik, 80 ve 60 dBnHL, 11.1/sn)	51

**Şekil 9.** İşitme kayıplı bireyde ABR dalga morfolojisi (LS Chirp, 80 ve 60 dBnHL, 11.1/sn) 52

### Kısaltmalar

**Hz:** Hertz

**ABR:** İşitsel Beyinsapı Cevapları

**dB:** Desibel

**ms:** Milisaniye

**nHL:** Normalize edilmiş işitme şiddeti

**AABR:** Otomatik işitsel beyinsapı cevabı (ABR)

**mm<sup>2</sup>:** Milimetre kare

**CN:** Koklear Nukleus

**VCN:** Ventral Koklear Nukleus

**DCN:** Dorsal Koklear Nukleus

**IC:** İnférieur kollikulus

**SOC:** Superior Olivary Kompleks

**MNTB:** Medial Nukleus Trapezoid Body

**MSO:** Medial superior olive

**LSO:** Lateral Superior olive

**LL:** Lateral Lemniskus

**MGB:** Medial Genikulat Body

**İUP:** İşitsel Uyarılmış Potansiyeller

**SL:** Sensational level

**CE-Chirp:** Claus Elberling Chirp

**LS CE-Chirp:** level-specific CE-Chirp

## BÖLÜM I

### Giriş

Bu bölümde araştırmanın problemine, amacına, önemine, sınırlılıklarına ve ilgili tanımlara yer verilmiştir.

#### **Kuramsal Yaklaşımlar ve Kapsam**

İşitsel beyinsapı cevabı (ABR), işitme eşiğinin tahmin edilmesinde (Bargen, 2015) merkezi ve periferik işitsel sinir sistemi patolojisinin tanımlanmasında klinik olarak kullanılabilen işitsel uyarılmış bir potansiyeldir (Maloff & Hood, 2014). ABR testinde genel olarak klik uyararı kullanılır (Cobb & Stuart, 2014; Maloff & Hood, 2014). Klik uyararının geniş frekans spektrumuna sahip olması nedeniyle, baziler membranın geniş bir alanını aktive etmekte ve büyük genlik cevapları ortaya çıkarmaktadır (Petoe, diğ., 2010; Spankovich, diğ., 2008). Bu nedenle özellikle tanısal testlerde ve işitme taramasında yaygın olarak kullanılmaktadır (Hyvärinen, 2012; Young Futures, 2014).

Kokleanın geniş bir bölgesini harekete geçirse bile, uyararının basaldan apekse doğru ilerlemesi biraz zaman aldığından, klik tüm kokleayı aynı anda uyaramaz (Elberling, diğ., 2007; Petoe., diğ., 2010; Xu, diğ., 2014; Zirn, diğ., 2014). Bazal bölge apikal bölgeden önce uyarılır (Cebulla, diğ., 2012). Bu nedenle, klik ABR cevabı esas olarak daha çok yüksek frekanslı aktivitenin bir yansımasıdır (Cobb & Stuart, 2014; Maloff & Hood, 2014). Ayrıca eşiğe yakın şiddet seviyelerinde dalga formu 1000-4000 Hz bölgesine yakın sinirsel aktiviteyi temsil eder. Bu nedenle, klik uyararı ile ortaya çıkan ABR cevapları, alçak frekanslı veya hafif derece işitme kayıplarının kaçırılmasına neden olabilmektedir (Maloff & Hood, 2014).

Alçak frekans katkısının eksikliğini telafi etmenin bir yolu, CE-Chirp uyararı kullanmaktır (Dau, diğ., 2000; Elberling & Don, 2010). CE-Chirp uyararı, orta ve yüksek frekans bileşenlerini daha geç, alçak frekanslı bileşenleri daha erken aktive ederek alçak frekanslı seslerin gecikmesini telafi etmek için tasarlanmıştır (Cobb & Stuart, 2014; Ferm, diğ., 2013). Böylece kokleanın alçak, orta ve yüksek frekanslı bölgeleri aynı anda uyarılarak gelişmiş nöral senkronizasyon ve dolayısıyla daha büyük genlik cevapları oluşturur (Cargnelutti, diğ., 2017; Cobb & Stuart, 2014; Elberling & Don, 2010; Elberling, diğ., 2007; Petoe, diğ., 2010; Young Futures,



2014). Bu yöntem, alçak frekanslı bölgelerden gelen aktivitenin ABR cevabına dahil edilmesini sağlar (Dau, diğ., 2000).

CE-Chirp, cevap genliğinin daha yüksek olması nedeniyle, otomatik ABR (AABR) yenidoğan işitme taramalarında kullanılmaktadır (Young Futures, 2014). Chirp uyarını, ABR dalga biçiminde genel baziler membran aktivitesinin temsil edilmesini sağlayarak işitsel eşiklerin, özellikle alçak frekans eşiklerinin daha kesin tahmin edilmesini sağlayabilir (Cobb & Stuart, 2014; Hall, 2016). Tüm frekans bölgelerinin cevaba dahil edilmesinin sağlayacağı bir diğer avantaj, kokleanın herhangi bir bölümündeki patolojiyi tanımlama yeteneğidir. Bu nedenle, var olan patolojiden kokleanın hangi bölgesi etkilenirse etkilensin (basal veya apeks), CE-Chirp uyarı cevaplarında genlik ve latansların normatif bulguların dışına çıkması beklenmektedir (Cebulla, & diğ., 2012). Buna karşılık, orta veya alçak frekans bölgelerindeki patoloji, klik uyarılan ile ABR'nin genliğini ve latansını önemli ölçüde değiştirmeyebilir. Fobel ve Dau (2004) da klik ile karşılaştırıldığında, Chirp uyarısının tarama amacıyla kullanılması daha hassas bir uyarı olabileceğini öne sürmüştür.

Ancak CE-Chirp uyarısının bazı sınırlamaları vardır. Daha yüksek şiddet seviyelerinde (>60 dB nHL) tanısal olarak yeterli değildir (Xu, diğ., 2014). CE-Chirp uyarı cevaplarının genliği, yüksek şiddet seviyelerine ulaşıldığında önemli ölçüde düşer (Cho, diğ., 2015). Bunun, uyarımın bazaldan apekse doğru yayılmasıyla ilgili olduğu düşünülmektedir (Dau, diğ., 2000; Elberling & Don, 2010).

CE-Chirp uyarının yüksek uyarı seviyelerinde klik uyarıya kıyasla cevap genliğindeki düşüş, CE-Chirp uyarının klik uyarıdan daha etkili olmadığını düşündürmektedir (Elberling & Don, 2008). Elberling ve Don (2010) bu nedenle yeni bir chirp modeli, Seviyeye Özgü CE-Chirps (Level Specific CE-Chirps) geliştirdiler. Kısa süreli verilen CE-Chirp daha yüksek uyarı seviyelerinde daha etkili olduğunu ve uzun süreli verilen CE-Chirp'lerin düşük uyarı seviyelerinde (<60 dB nHL) daha etkili olduğunu bulmuşlardır. Daha kısa süreli verilmesi, senkronizasyonu azaltır ve uyarımın yayılmasını kısmen telafi ederek daha büyük genliklere ve gelişmiş çözünürlüğe sahip dalgalar üretir (Elberling & Don, 2010; Xu, diğ., 2014).

CE-Chirp'in farklı derecelerde ve farklı işitme kaybı konfigürasyonlarıyla korelasyonu üzerine araştırmalar sınırlıdır (Cho, diğ., 2015). Maloff ve Hood (2014), CE-Chirp uyarılarının normal koklear işleyişine dayanması ve normal işiten erişkinlerde gözlenen gelişmelerin erişkinlerde bazen gözlenememesi nedeniyle, normal işiten bireylerdeki sonuçların işitme kaybı olanlara genelleme olasılığını sorgulanmıştır. İşitme kaybı ile Chirp uyarının duyarlılığına ve özgülüğüne bakan çalışmalar da sınırlıdır. Bargen (2015), çoğu çalışmada yalnızca normal işiten popülasyonlara odaklanıldığını, gelecekteki çalışmalarda özellikle işitme bozukluğu olan popülasyonlara odaklanması gerektiğini ifade etmektedir. Farklı derece ve farklı konfigürasyona sahip işitme kayıplarının normal işiten popülasyonla karşılaştırılması, işitme kayıplılarda gözlemlenen eşik, latans ve genlik değerlerinin daha fazla araştırmak için temel sağlar. Duyarlılık konusunda da aynı şey söylenebilir; normal işiten bireylerde elde edilen klik ve LS CE-Chirp değerleri arasındaki ilişki, işitme kaybı olan bireylerde daha farklı bir düzeyde olabilir.

Bu çalışmada, patolojik grup akustik travmaya uğramış bireyler arasından seçildi. Bunun nedeni hem Kıbrıs'ta avcılığın yaygın bir hobi olması hem de işitme kaybına neden olan patolojik faktörün sınırlı olmasını sağlamaktı. Patolojik faktörün sınırlandırılması, test sonuçlarının daha kontrollü olmasını sağlayacağından, dalga latanslarındaki standart sapmanın da daha küçük olacağı varsayımı nedeniyle tercih edilmiştir. Benzer nedenle kontrol grubunun yaş aralığı da mümkün olduğu kadar dar tutuldu. Çalışmadaki öncelikli amaç, klik ile LS CE-Chirp arasındaki farklılıkları saptamak olduğundan, yaş, patolojik neden, işitme kaybı konfigürasyonu gibi etkileyici faktörlerin elimine edilmesiydi. Çalışmada klik ve LS CE-Chirp uyarı sonuçlarının karşılaştırılmasının yanı sıra, LS CE-Chirp'ün patolojisi ve konfigürasyonu belirli olan bir işitme kaybındaki tanısal değeri de araştırılmıştır.

## Amaç

Yüksek frekans işitme kaybında LS CE Chirp uyararı ile Klik uyararı bulgularının karşılaştırılması

## Alt Amaçlar

İşitme kayıplı bireyleri kendi içinde karşılaştırmak

İşitme kayıplı bireyleri normal işiten bireyler ile karşılaştırmak

Normal işiten bireyleri kendi içinde karşılaştırmak

## Hipotezler

### *İşitme kayıplı için;*

**H<sub>0</sub> Hipotezi:** İşitme kayıplı bireylerde LS CE-Chirp ve Klik uyararı kullanılması latans değerlerini etkilemez

**H<sub>1</sub> Hipotezi:** İşitme kayıplı bireylerde LS CE-Chirp ve Klik uyararı kullanılması latans değerlerini etkiler

**H<sub>0</sub> Hipotezi:** İşitme kaybının derecesi LS CE-Chirp ve Klik uyararı latans değerlerini etkilemez

**H<sub>1</sub> Hipotezi:** İşitme kaybının derecesi LS CE-Chirp ve Klik uyararı latans değerlerini etkiler

### *Normal işitenler için;*

**H<sub>0</sub> Hipotezi:** Normal işiten bireylerde LS CE-Chirp ve Klik uyararı kullanılması latans değerlerini etkilemez

**H<sub>1</sub> Hipotezi:** Normal işiten bireylerde LS CE-Chirp ve Klik uyararı kullanılması latans değerlerini etkiler

**H<sub>0</sub> Hipotezi:** Klik uyararı latans değerleri cinsiyet farkından etkilenmez

**H<sub>1</sub> Hipotezi:** Klik uyararı latans değerleri cinsiyet farkından etkilenir

**H<sub>0</sub> Hipotezi:** LS CE-Chirp latans değerleri cinsiyet farkından etkilenmez

**H<sub>1</sub> Hipotezi:** LS CE-Chirp latans değerleri cinsiyet farkından etkilenir

**H<sub>0</sub> Hipotezi:** Klik uyararı latans değerleri iki kulak arası farktan etkilenmez

**H<sub>1</sub> Hipotezi:** Klik uyararı latans değerleri iki kulak arası farktan etkilenir

**H<sub>0</sub> Hipotezi:** LS CE-Chirp latans değerleri iki kulak arası farktan etkilenmez

**H<sub>1</sub> Hipotezi:** LS CE-Chirp latans değerleri iki kulak arası farktan etkilenir

**H<sub>0</sub> Hipotezi:** Uyaran Şiddet seviyesinin deęiŐmesi LS CE-Chirp ve Klik uyaran latans değerlerini etkilemez

**H<sub>1</sub> Hipotezi:** Uyaran Şiddet seviyesinin deęiŐmesi LS CE-Chirp ve Klik uyaran latans değerlerini etkiler

## BÖLÜM II

### Genel Bilgiler

Bu bölümde araştırma ile ilgili kavramsal açıklamalara, tanımlamalara ve araştırma ile ilgili literatürde geçen ve daha önce yapılmış olan araştırmalara ilişkin bilgilere yer verilmiştir.

#### **Periferik Sistem**

Periferik işitme sistemi, anatomik olarak üç kısma ayrılır: dış kulak, orta kulak ve iç kulak (Buser & Imbert 1992; Brownstein, & diğ., 2012). İşitsel yol, kulak kepçesi ve dış kulak kanalından oluşan dış kulakta başlar. Ses dalgalarının kaynağı, yatay düzlemde, seslerin kulaklara ulaştığı zaman ve şiddet farklarıyla belirlenir. Sagittal düzlemde ise, lokalizasyon meydana gelir. Bu nedenle kulak kepçesinin rolü, sesleri toplamak, sesleri sagittal düzlemde konumlandırmak ve kişinin bir ses kaynağının önünde mi yoksa arkasında mı olduğunu belirlemesini sağlamaktır (Baiduc, & diğ., 2013). Kulak kepçesinin fiziksel özellikleri ayrıca 2000 ile 5000 Hz arasındaki frekanslar için sesin yaklaşık 20 dB yükseltilmesine neden olur (Bess & Humes, 2009).

Ses daha sonra dış kulak kanalı boyunca ilerler ve timpanik zara (kulak zarı) ulaşır. Kulak kanalı, kanalın boyutuna bağlı olarak 2500 ile 2700 Hz bölgesindeki gelen sesler için en az 10 dB artış sağlayan bir rezonatör görevi görür (Silva, & diğ., 2014). Timpanik membran oval ve konik bir şekle sahiptir. Havada ilerleyen ses ile iç kulakta bulunan sıvı arasında oluşan empedans uyumsuzluğunun gidermekle görevli sistemin bir parçasıdır. İlk olarak, timpanik membran sese yanıt olarak titreşir ve orta kulakta bulunan kemikçikleri (malleus, incus, stapes) harekete geçirir. Bu, gelen ses dalgalarının mekanik enerjiye dönüştürülmesini ve iletilmesini başlatan ileri geri bir hareketle sonuçlanır. Kemikçiklerin hareketinin sonucunda, stapesin tabanı kokleanın oval penceresine baskı yapar. Empedans uyumsuzluğu nedeniyle kaybedilecek olan ses enerjisinin geri kazanılması için bir kaldıraç hareketi yaratılmış olur (Bess & Humes, 2009).

İkinci olarak, empedans uyumsuzluğunun üstesinden gelmek için, timpanik membranın ve oval pencerenin göreceli boyutu önemli rol oynar. Timpanik membran yaklaşık 55 mm<sup>2</sup>'lik bir yüzey alanına sahipken, oval pencere 3,2 mm<sup>2</sup>'lik

bir yüzey alanına sahiptir. Bu, yüzey alanında 17:1'lik bir farka ve 100 ile 2500 Hz arasındaki sesler için yaklaşık 25 dB'lik bir kazanç artışına neden olur (Seikel, & diğ., 2013). Kulak kepçesinin, dış kulak yolunun ve orta kulağın sağladığı kazanımlar ile birlikte, sesin havadan sıvıya geçmesiyle oluşan 30 dB'lik ses basıncındaki kayıp, konuşma algısının anahtarı olan 100-5000 Hz arasındaki seslerde en çok artırılmış olur. (Bess & Humes, 2009). Bu noktadan sonra ses, dalga olarak iç kulağa girer.

Koklea, genellikle sarmal, salyangoz biçimli bir yapı olarak tanımlanır (Brownstein, & diğ., 2012). Scala timpani, scala media ve scala vestibuli ile sıvı dolu üç bölmeye ayrılmıştır. Baziler membran üzerinde bulunan ve reseptör hücrelerini içeren Corti organı, skala media içinde yer alır (Pickles, 1988; Buser & Imbert, 1992). Oval pencere titreştiğinde, skala medianın ve içindeki yapıların yer değiştirmesine neden olan hareketli bir dalga oluşur. Baziler membran uzunluğu boyunca tekdüze değildir, tabanda daha sert ve daha dar, tepede daha geniş ve daha elastiktir (Kim & Koo 2015). Uzunluğu boyunca fiziksel özellikteki bu değişiklik, baziler membranın farklı alanlarının farklı frekanslara maksimum düzeyde yanıt vermesine neden olur. Daha sert bazal uç, yüksek frekanslara maksimum tepki verir iken apikal bölge ise daha elastik ve alçak frekanslara maksimum tepki verir (Møller, 2014). Baziler membranın maksimum yer değiştirmesi ile karakteristik frekans bölgesi ortaya çıkar (Appler & Goodrich, 2011; Baiduc, & diğ., 2013). Belirli bir frekans için belirli bir yerin düzenlemesi, tonotopik organizasyon olarak adlandırılır ve işitsel yol boyunca devam eder (Bess & Humes, 2009; Sheraton, 2015). Corti organındaki reseptör hücrelerine, hücrenin tepesinden saç şeklinde çıkıntılar olduğu için saç hücreleri denir. Baziler membran üzerinde tek sıra iç saç hücresi (İSH) ve üç ila beş sıra dış saç hücresi vardır (Pickles, 1988). Afferent sinir lifleri esas olarak iç tüy hücreleri ile bağlantı yapar iken, dış tüylü hücreler (DSH) çoğunlukla efferent sinir lifleriyle bağlantı yapar. Tüy hücrelerinin kilit rolü, gelen sinyalin güçlendirilmesi ve mekanik enerjiden elektrik enerjisine dönüştürülmesidir. Bu sayede beyne elektriksel enerji ile bilgi gönderilmiş olur. İç saçlı hücreler, hücre tabanındaki nörotransmitterlerin salınımını kontrol eder. Nörotransmitterler de sinir terminalindeki reseptörlere bağlanarak işitsel sinirde bir aksiyon potansiyelini tetikler. (Gillespie, 2001). İSH dinlenme potansiyelindeyken (-50 ila -70 mV) bile, nörotransmitterler uyarılır ve bu da işitsel sinirin uyarılmasına sebep olur. Böylece,

İSH'nin depolarizasyonu ve hiperpolarizasyonu, nörotransmitterlerin uyarımını modüle eder (Geleoc ve Holt, 2009). İşitme sinirindeki her bir sinir belirli bir İSH'ye bağlanır, ancak her İSH ortalama olarak 10 farklı life bağlanır ve bu da toplamda yaklaşık 30000 sinir lifi ile sonuçlanır (Gacek, 2009). İşitme sinirinin nöronları, kokleadan beyin sapına uzanan iki kutupludur ve hücre gövdeleri spiral ganglionda gruplanmıştır.

DSH'ler ise konformal değişikliklerle yanıt verir, depolarizasyona yanıt olarak kısalır ve hiperpolarizasyon için genişler. Bu şekilde, DSH'ler baziler membranın titreşimini olarak artırabilir, işitme seçiciliğini artırabilir. DSH düşük ses seviyelerinde daha çok harekete geçer ve ses seviyesi arttıkça zayıflar. Bu, işitme duyarlılığının ve seçiciliğinin yüksek sesler için daha kötü olduğunu gösterir.

### **Santral Sistem**

Periferik işitme sisteminin birincil işlevi, kulak kepçesinden alınan akustik enerjiyi elektriksel uyarılara dönüştürmektir (Chisolm, & diğ., 2003). Üretilen elektriksel uyarılar daha sonra VIII. Kranial sinire iletilir. İşitme siniri beyin sapı girişinde koklear nucleusta sonlanır. İşitsel sinyaller işitsel kortekse ulaşmadan önce işitsel beyin sapındaki bir dizi çekirdekte snap yapar. Bu, ses tanıma, lokalize etme ve ayırt etme için gereken çözünürlüğü ve organizasyonu sağlayan farklı çekirdek ve hücre türleriyle düzenli bir şekilde gerçekleşir (Phillips, 2007). Algılama, kortikal nöronların gelen sinyalin özelliklerinin ayrıntılı bir analizini yaptığında ortaya çıkar (Plack, 2005).

Santral işitsel yola afferent veya kortikopetal yol denir (Marsh & Campbell 2016). Corti organı, VIII. Kranial sinirin bir dalı olan işitme siniri aracılığıyla beyin sapına bağlanır (Nayagam, & diğ. 2011). Spiral ganglion nöronlarının çoğunluğu, işitsel yolun ilk nukleus olan Koklear Nukleus (CN) ipsilateralindeki birden fazla hücre tipiyle bağlantı kurar (Appler & Goodrich 2011). CN, Ventral Koklear Nukleus (VCN) ve katmanlı Dorsal Koklear Nukleus (DCN) olarak alt gruplara ayrılır. CN'nin oldukça karmaşık işlem aşamalarının ilkidir. Çok çeşitli hücre türleri, çok çeşitli yanıt türleri ile ilişkilidir. Bunlar arasında zamansal çözünürlüğün korunması veya bozulması, şiddet işlevi, karmaşık seslerin kodlanması ve tonotopik organizasyon yer alır (Rouiller, 1997). VCN'nin nöral projeksiyonları Superior

Olivary Kompleksine (SOC), DCN'in gelenler ise Inferior Kollikulus'a (IC) bağlanır. Her iki kulaktan gelen bilgilerin birleşmesi SOC düzeyindedir (Phillips, 2007).

SOC, bir dizi çekirdek içerir. CN'den girdi alanlar, Medial Nukleus Trapezoid Body (MNTB), Medial superior olive (MSO) ve Lateral Superior olive'dir (LSO). SOC kulaklar arası gecikme hakkında bilgi aldığından, birincil işlevlerinin tonotopiklik ve lokalizasyon olduğu düşünülmektedir (Buser & Imbert, 1992). SOC ve CN'den çıkan nöronların aksonları Lateral Lemniskus (LL) adı verilen bir demet oluşturur. LL'de üç çekirdek vardır ve bunlar CN'den ve kontralateral LL'den girdi alırlar ancak çoğunluğu SOC'den kaynaklanır. Bu nöronların birçoğu kontralateral Inferior Kollikulus (IC) ile bağlantılı olduğundan, LL'nin binaural işitmede rolü olduğu düşünülmektedir (Møller, 2014).

İşitme ve insan beyni düşünüldüğünde, özellikle ilgi çekici olan işitme korteksidir. İşitsel korteks (İK), korteksin işitme ile ilgili kısmıdır ve temporal lobun üst kısmında bulunur. Tekil bir beyin alanı değildir, ancak sesin kodunun çözülmesinde rol oynayan ilişkili alanlardan oluşan bir ağ içerir (Baars & Gage, 2013; Hackett, 2015). Ana işitsel alan İK'yı içerir ve İK, bilgi işlemede yer alan korteksin diğer alanlarıyla bağlantı kurar. İK, temporal lobun derinliklerinde bulunan katmanlı bir yapıdır (Hackett, 2011). İK'nın işlevi sesleri tespit etmek, ses kaynaklarının yerini belirlemek ve ses kaynaklarının ne olduğunu, anlamlarını ve ilişkilerini tanımlamaktır (Møller, 2014). İşitme sistemi içinde farklı nöron türleri farklı işlevlere sahiptir. Farklı tepki özellikleri, frekans, şiddet, zamanlama bilgisi ve uzamsal bilginin kodlanmasını sağlar (Phillips, 2007). Korteksteki nöronların çoğu, karmaşık işitme süreçlerinin kodunu çözmek için gerekli olan çift sesli girişlere yanıt verir. Her iki kulaktan gelen girdi, her yarım kürede aynı şekilde temsil edilmemiştir. Sağ kulak, sol hemisferde sol kulaktan çok daha büyük veya daha güçlü bir temsile sahiptir. İşitsel korteks, işitsel yolun sonlandırılması olarak düşünülmemelidir. Daha çok, hemisferler boyunca hem beynin diğer bölgeleri ile hem de aşağı işitsel yollarla etkileşime giren ses işleme merkezi olarak düşünülebilir (Baars & Gage, 2013). Ses bilgisi, korteksin nöral ağında dağıtılır ve kod çözmeye aracılık edilerek sesin farkındalığı ve algılanması sağlanır (Hackett, 2015).

Çoğu insan, konuşmayı işleme için baskın bir yarım küreye sahiptir (Slevic, & diğ., 2011). Sağ elini kullananların yaklaşık% 95'i ve sol elini



kullananların neredeyse % 80'i için sol yarım küredir (Oliveira, & diğ., 2017). Bu, sağ kulaktan sol yarım küreye giden işitsel yol daha doğrudan olduğundan, sağ kulak ile dinleme avantajı olduğu sonucuna varılır. Sol kulaktan gelen yolun çoğu, beyin sapı boyunca kontralateral yolda ilerler ve sağ yarım küreye ulaşır. İnterhemisferik transfer esas olarak korpus kallozum yoluyla gerçekleşir (Hinkley, & diğ. 2016). Ancak yollar sabit değildir, plastisitenin beyin fonksiyonunun bir özelliği olduğunu anlamak hayati önem taşır. Nöral plastisite, “etrafındaki değişikliklere yanıt olarak nöronların biçim ve işlevde değişiklik yapma yeteneği” anlamına gelir (Kaas, 2001, s.10542). Bu, sinir haritasının yetişkin yaşam süresi boyunca değiştiği anlamına gelir; bu, yaralanma, deneyim ve yaşlanma sürecinin bir sonucu olabilir (Sharma, & diğ. 2013).

Aynı zamanda, işitsel korteksten etrafa bilgi taşıyan, inen işitsel yol, efferent yol veya kortikofugal yol olarak adlandırılan, eşit derecede karmaşık bir nöron ağı da vardır (Terreros & Delano, 2015). Bu yükselen ve alçalan ağlar bağımsız değildir. Beyinde daha yüksek seviyelerde aktivite değişikliklerinin daha düşük seviyelerde nöral kodlamayı etkilediği bir dizi dinamik döngü olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle, sinyal işleme bu döngü sistemleri tarafından ince ayarlanmıştır (Bajo & King, 2013).

İnsan beyninin yaklaşık 86 milyar sinir hücresi (nöron) içerdiği tahmin edilmektedir (Azevedo, & diğ., 2009). İnsan beynindeki nöronların çoğu birbirine bağlıdır ve insan vücudunun iç / dış ve motor / duyuşsal uyaranlara göre davranışını kontrol etmek için birlikte çalışır (Kumar & Bhuvaneswari, 2012). Bu davranış kontrolü aynı zamanda birçok destekleyici hücrenin (glial hücreler) varlığına da dayanır (Azevedo, & diğ., 2009; von Bartheld, & diğ., 2016). Nöronlar, sinapslar yoluyla birbirine bağlanır ve nöral aktivite, sinaptik iletimlerle sonuçlanır (Jernigan & Stiles, 2017). Sinaps olarak bilinen bağlantı sayısının yüz trilyondan fazla olduğu ve bu bağlantıların rastgele olmadığı tahmin edilmektedir (Eroğlu & Barres, 2010). Nöronların birincil işlevi iletişimdir ve mesajlar, kimyasal veya daha az yaygın olarak elektriksel sinapslar yoluyla sinir ağından geçer. Sinapslar, nöronlar arasındaki bilgi akışına aracılık eder (Hormuzdi, & diğ., 2004). Nöronlar, aksiyon potansiyel olarak bilinen, sinapslarda nörokimyasal sinyallere çevrilen ve diğer nöronlara iletilen elektrofizyolojik sinyaller üreterek iletişim kurarlar (Baslow, 2009). Zar potansiyelinde bir değişiklik (bir elektrik potansiyeli) şeklinde üretilen ve

iyon kanallarının açılmasıyla indüklenen, inhibe edici veya uyarıcı olabilen sonuçta ortaya çıkan bir postsinaptik potansiyel vardır. Sinir sistemi içindeki iletişim genellikle bu eylem potansiyellerinin aktarılmasıyla gerçekleşir (Watson, & diğ., 2010). Bazı bireysel varyasyonlar olmasına rağmen, nöronlar tam olarak karmaşık bir yapısal ağda düzenlenir ve bu da karmaşık, etkileşimli, işlevsel bir ağla sonuçlanır (Cao, & diğ., 2014; Glasser, & diğ., 2016).

Kulağa klik gibi kısa bir ses uyarısı verildiğinde, kokleanın baziler zarı boyunca tüy hücreleri depolarize olur. Bu, sekizinci sinirin nöronlarının zar potansiyellerinin değişmesine neden olur ve buna uyarıcı postsinaptik potansiyel (EPSP) denir. Aksiyon potansiyelin ateşleme hızı EPSP'nin genliği tarafından belirlenir. Bir hücrenin içindeki ve dışındaki potansiyeller arasındaki farklılıklar, hücre zarından geçen küçük bir akımla sonuçlanır (Davis, & diğ., 2001). Bu süreçlerin bilinmesi, işitsel uyarının iletim süresini değerlendiren bir ölçüm olan ABR'nin geliştirilmesini sağladı.

### **ABR Tarihi**

İşitsel beyin sapı cevabı, kafa derisi boyunca çeşitli konumlara (yani tepe, kulak memeleri veya mastoidler ve alın) yerleştirilen yüzey elektrotları vasıtasıyla işitsel bir uyarana karşı oluşan potansiyel farkının kaydedilmesine dayanır. Kayıtlar bir dizi pozitif ve negatif tepeden oluşur. Bu elektrofizyolojik cevaplar tipik olarak uyarının başlamasından sonraki ilk 15 ms içinde görülür (Don, & diğ., 1997). Genel olarak ABR, geniş bantlı bir klik veya bir toneburst uyararı gibi kısa geçici uyarılarla kaydedilir. Jewett ve Williston (1971) bu cevabı inceleyen ve tepe noktalarının her birini etiketleyen ilk araştırmacılar arasındaydı.

1970 yılında Jewett, on sekiz kedide yüksek şiddetli klik uyararı ile kaydedilen elektrik potansiyelleriyle ilgili bir çalışma yaptı. Yüzey elektrotları, kedinin vücudu boyunca çeşitli konumlara yerleştirildi ve işitsel yol boyunca iğne elektrotları yerleştirildi. Jewett, tepeleri P1-P4 olarak adlandırdığı dört pozitif tepe kaydetti. İşitsel yol boyunca kaydedilen bu tepelerin uyarının zamanlamasıyla yakından ilişkili olduğunu bildirdi (Jewett, 1970).

Jewett ve Williston (1971) bu yanıtları insanların işitme sisteminde incelemek için, 12 normal işiten birey üzerinde benzer bir çalışma yaptı. Yüzey elektrotları deneklerin tepe noktasına ve sağ kulak loblarına yerleştirildi. ABR, deneklerin sübjektif eşliğinin 60-75 dB üzerinde sunulan bir klik uyarın kullanılarak kaydedildi. Jewett, her denekte bir dizi farklı dalganın kaydedildiğini bildirdi. Bu dalgaları, I'den VII'ye kadar romen rakamlarını kullanarak işaretledi. ABR dalga formu morfolojisi 12 deneğin hepsinde benzerdi. İlk altı pozitif tepe, tüm deneklerde tespit edildi ve bu tepelerin ortaya çıkış zamanı tüm deneklerde esasen aynıydı. Çığır açan bu çalışmadan günümüze kadar çok sayıda araştırmacı bu bulguları kullanarak ABR'nin değişik özelliklerini tanımladı.

İşitsel beyinsapı cevabı hakkındaki orjinal makalenin literatürde yayınlanmasından dört yıl sonra, Starr ve Achor (1975) işitsel beyin sapının nörolojik lezyonları ile ABR'nin olası tanısal kullanımına ilişkin makalelerini yayınladılar. Bu makalede, anormal ABR dalga formlarının, çeşitli tiplerde beyin sapı tutulumu olan hastalarda yaygın olduğunu gösterdiler.

Robinson ve Rudge (1975), Starr ve Achor ile hemen hemen aynı zamanda multipl sklerozlu 30 hasta üzerindeki klinik araştırmalarını yayınladılar. 30 hastadan 22'sinde ABR bulgularının anormal olduğunu bildirdiler. Starr ve Achor'un sonuçları gibi bu sonuçlar da hem odyoloji hem de nöroloji alanını etkiledi.

Beyin sapının nörolojik tutulumu olan hastalarda ABR kullanımını üzerine bir başka çalışma Stockard ve diğ. (1977) tarafından yapıldı. Bu çalışma, ABR'nin potansiyel klinik kullanımını vurgulayan, çeşitli nörolojik bozuklukları olan hastalarla ilgili kapsamlı bir araştırmaydı. Çığır açan bu çalışmalar, farklı popülasyonlarda ve farklı yaklaşımlar kullanılarak gerçekleştirilse de tümü ABR'nin beyin sapı tutulumu için tanısal değerini gösterdi.

Selters ve Brackmann (1977) tarafından hazırlanan bir rapor, akustik tümörlerin saptanmasında ABR'nin kullanımını özetledi. Bu rapor otologlar, odyologlar, nörologlar ve beyin cerrahları arasında büyük ilgi gördü. Selters ve Brackmann raporlarında, ABR'nin akustik tümörlere oldukça duyarlı olmakla birlikte düşük de olsa bir yanlış pozitif oranı olduğunu ve ileri derecede yüksek frekans işitme kaybı olan kişilerde ABR'nin katı olarak yorumlanmasının yanıltıcı olabileceği konusunda

uyarıda bulundular. Ayrıca, ABR sonuçlarının odyogram bulgular ile birlikte yorumlanması gerektiğini belirttiler.

İşitsel sinir ve beyin sapı patolojileri ile ilişkili ABR bulguları üzerine yapılan bu çalışmalar, ABR'nin devam eden ve genişletilmiş klinik uygulamaları için zemin hazırladı. ABR'nin güvenilirliğini ve çeşitli disiplinlerde uygulanabileceğini gösterdi.

### **İşitsel Uyarılmış Potansiyeller (İUP)**

AEP'lerin işitme eşiklerini belirlemede yararlı olduğu kanıtlanmış olsa da, ABR'nin bir işitme testi olmadığını unutmamak önemlidir. ABR ve diğer uyarılmış potansiyeller, sinirsel senkronizasyonu, yani periferik ve merkezi sinir sisteminin harici uyarıya senkronize bir şekilde yanıt verme yeteneğini değerlendirir. Senkron bir sinir yanıtı, bir grup nöronun aynı anda ateşlenmesinden kaynaklanır. Cevapların klinik kaydı, kafa derisine yerleştirilen elektrotlar aracılığıyla, cevabın kaynağından uzak bir alanda yapıldığından, yeterli genlikte bir yanıt almak için yeterli sayıda nöron birlikte ateşlenmelidir (Katz, 2014).

İşitsel sinir sistemi yolları normal şekilde çalıştığına, çeşitli şiddet seviyelerinde sunulan uyarılara verilen sinirsel cevapları kaydetmek için uyarılmış potansiyelleri kullanabiliriz. Bu nedenle, uyarıları eşğin üstünde ve altında bir dizi şiddet seviyesinde sunarak, sese bağlı olarak işitme ölçülebilir.

Verilen uyarı nöranların senkronize bir şekilde yanıt vermesine neden olur.

Eşzamanlı sinir cevapları sergileyen bireyler için, sinirsel cevap veren en düşük uyarı şiddet seviyesi belirlenebilir ve bunu işitme eşığı ile ilişkilendirebiliriz.

Arka plandaki fizyolojik gürültüyü yeterince azaltmak için yeterli sayıda yanıtın ortalaması alınır, ABR'ler davranışsal eşiklere çok yakın şiddetlerde elde edilebilir (Elberling & Don, 1987).

### **ABR Cevabının Oluşması**

ABR gibi bir testin tanısal açıdan faydalı olabilmesi için, cevabın nöral jeneratörleri ve herhangi bir patolojinin etkisi hakkında bilgi sahibi olunması gerekir.

Kullanılan kayıt yöntemi ve işitsel yolda çok sayıda sinir yolu ve işitme çekirdeği olması nedeniyle ABR'nin nöral jeneratörlerini tanımlamak kolay olmamıştır. Koklear çekirdekler seviyesinden ve beyin sapı boyunca, bazı afferent nöronlar beynin orta hattını geçer ve kontralateral olarak sinaps yapar. Bu işitsel yollardan bazıları daha dolambaçlı bazıları daha düz bir rota izler (McFadden, & diğ., 2010). İşitme yolundaki herhangi bir nöral yapıya bir elektrot yerleştirilirse, akustik uyarının cevabı olarak bir elektrik potansiyeli kaydedilebilir (Møller, 2014). Uzak alan kayıt yöntemi kullanılırken, birden fazla nöral jeneratörün kayda katkıda bulunması mümkündür. Bu nedenle, bir elektrot tarafından tespit edilen aktivite, beynin farklı bölgelerinden nöronlar tarafından üretilen elektrikselle aktivitenin bir örneğidir. (Eggermont, 2015).

ABR kafa derisinden (tepe ile kulak memesi veya mastoid arasında) kaydedildiğinde, sunulan uyarandan 10 ms sonra beş tepe meydana gelir. Bu tepeler genellikle I ile V arası Romen rakamları ile işaretlenir. ABR'ler genellikle üç veya dört elektrotla kaydedilir. Elektrotlar genellikle tepe noktasına, alna, kulak memelerine veya mastoidlere yerleştirilir. ABR tepelerinin ortaya çıkan genlikleri, ABR'nin kaydedildiği elektrot çiftinin yönüne bağlıdır (Møller, 2014). ABR'leri kaydetmek için çok daha fazla elektrot kullanmak mümkündür, bu da birden çok kayıt alanına neden olur. Bu yüksek yoğunluklu kayıt yaklaşımı, kafa derisinden kaydedilen sinyale katkıda bulunan nöral jeneratörlerin daha fazla konumlandırılmasına izin verir (Bidelman, 2015). Günümüzde laboratuvar ortamında, yüksek zamansal çözünürlüğe sahip bir sinyali daha iyi uzaysal çözünürlüğüne sahip bir teknikle birleştirmek amacıyla İUP ve fonksiyonel manyetik rezonans görüntüleme (fMRI) kombinasyonunu kullanmak da mümkündür (Scarff, & diğ., 2004; Milner, & diğ., 2014).

ABR içindeki farklı tepeler, koklea, işitme siniri, sinir yolları ve yükselen işitme yollarının işitsel çekirdeklerindeki sinirsel aktivite tarafından oluşturulur (Møller, 2014). Çalışmalar, işitsel çekirdeklere odaklanma eğilimindedir. Bununla birlikte, uzak alan potansiyellerinin, eylem potansiyeli aktivitesi farklı iletkenliğe sahip ortamlar arasında geçtiğinde ortaya çıkabileceği bilinmemektedir. Sinir yolunda bir yapı değişikliği veya bir bükülme olduğunda da ortaya çıkabilirler (Stegeman, & diğ., 1987). ABR'nin tepelerinin sinir yolları veya işitsel çekirdekler tarafından mı oluşturulduğu şu anda bilinmemektedir (Møller, 2014). İşitsel sinirin distal ve

proksimal uçlarından kaynaklanan tepeler I ve II'dir (Stockard, & diğ. 1978; Møller & Jannetta, 1982), I ve II dışında ki dalgalar kafa derisinden kaydedildiklerinde diğer tüm tepe noktalarının birden fazla jeneratör bölgesi vardır (Parkkonen, & diğ. 2009). Spesifik olarak, tepe I, işitme sinirinin bileşik aksiyon potansiyelidir (Eggermont, 2007). III. dalga, Pons seviyesinde oluşuyor gibi görünmektedir ve öncelikle stimülasyon kulağı ile aynı taraftaki koklear çekirdekten kaynaklandığı düşünülmektedir (Hall, 2007; Møller, 2014).

Daha sonraki yayınlarda Superior Olivary Kompleksinden herhangi bir katkı olup olmadığı konusunda bazı tartışmalar da vardır (Hall, 2007; Parkkonen, & diğ., 2009; Møller, 2014). Dalga IV daha az araştırılmıştır ve jeneratörleri net olarak anlaşılmamıştır. Mevcut kanıtlar, katkıların üst olivary kompleksinden kaynaklandığını göstermektedir (Møller, 2014). Tepe V'nin, alt kollikulustaki lateral lemniscus sonlanmasından ve uyarılan kulağın kontralateralindeki inferior kollikulusun içinden kaynaklandığı düşünülmektedir (Parkkonen, & diğ., 2009).

### **ABR Kaydı**

Test yapılacak kişinin kendisi de dahil olmak üzere birçok faktör ABR dalga biçimini etkiler. ABR'yi kaydetmek için bir uyarıcı, uyarıcıyı iletmek için bir dönüştürücü, yanıtı kaydetmek için elektrotlar ve yanıtı diğer istenmeyen gürültüden izole etmenin bir yolu gereklidir (Schwartz, & diğ., 1994). Elektrot yerleşimi, kayıt filtresi, bant genişliği, uyarıcı tekrar oranı ve diğer ABR kaydı ve uyarıcı parametrelerinin seçimi, ABR'nin otoneurolojik değerlendirme için mi yoksa eşik arama için mi yapıldığına bağlı olarak farklılık gösterir. Önceki araştırmalar cinsiyet, yaş ve işitme kaybı gibi konu faktörlerinin ABR sonuçlarını etkilediğini göstermiştir (Jerger & Hall, 1980; Rosenhall, & diğ., 1986; Keith & Greville 1987; Thornton, 1987; Jerger & Johnson, 1988; Watson, 1996; Hultcrantz, & diğ., 2006; Jiang, & diğ., 2009; Konrad, & diğ., 2012).

### **Koklear İşitme Kaybının ABR Üzerine Etkileri**

Bir hasta nörodiagnostik değerlendirme için görüldüğünde koklear işitme kaybının varlığına sıklıkla rastlanır. Varsa, periferik işitme kaybı kaydedilen yanıtı

potansiyel olarak etkileyebilir ve sıklıkla yanlışlıkla bir nöral lezyon bölgesinin varlığına atfedilebilecek test sonuçlarına neden olabilir. Ne yazık ki, koklear işitme kaybının değişken etkileri, işitme kaybının şiddeti, odyometrik konfigürasyonu, yaş ve/veya cinsiyet gibi bir dizi faktörden ve bu değişkenler arasındaki karmaşık etkileşimlerden etkilenir (Hall, 2007; Jerger & Johnson, 1988). Sonuç olarak, retrokoklear işitme kaybını tanımlamak için kullanılan ABR tanı göstergelerinin çoğu mevcut olmayabilir veya ölçümleri, odyolog bir retrokoklear lezyonun varlığı gibi bir karar vermeye çalışırken yanlış pozitif bir bulguya yol açabilir.

Tutarlı bir gözlem, dalgalar arası latans ölçümlerinin çevresel işitme kaybindan (hem iletim hem de koklear) büyük ölçüde etkilenmediğidir. Çeşitli çalışmalar, işitme kaybının dalgalar arası latans üzerindeki ince etkilerini göstermiştir, ancak bu etkiler detaylı olmuştur ve sıklıkla dalgalar arası latansı azaltmaktadır (Fowler & Durrant, 1994; Shepard, & diğ.,1992). Bu nedenle, ABR'nin I. Dalgası mevcutsa, sekizinci sinir ve/veya beyin sapı anormalliklerinin varlığına veya yokluğuna ilişkin kararlar nispeten basittir. Ne yazık ki, orta ila ileri sensörinöral işitme kaybı olan birçok hasta, tanımlanabilir bir I. dalga bileşeninden yoksundur, bu da tipik (I-III, III-V, I-V) ölçümlerinden bir veya daha fazlasının türetilmesini imkansız hale getirir.

ABR cevabı elde etmek için filtrelenmemiş klik uyarınları kullanıldığında, yanıt büyük ölçüde kokleanın bazal bölgesindeki aktivite tarafından üretilir, çünkü baziler membrana ulaşan sinyal, dış ve orta kulakların filtre etkileri ve kulakların tepki özellikleri tarafından şekillendirilir. Farklı dönüştürücülerin rezonans tepesinde bazı farklılıklar olmasına rağmen, elektrofizyolojik değerlendirmelerde kullanılan çoğu dönüştürücü için rezonans tepe noktaları daha yüksek frekans aralığında (genellikle 3 ila 4 kHz civarında pik yapar) meydana gelme eğilimindedir ve bu da kokleaya ulaşan uyarının yüksek olmasını sağlar.

Bu dönüştürücü cevabı (yani, yüksek frekans vurgusu), ilerleyen dalganın, baziler membranın daha apikal bölgelerini uyarmadan önce koklea tabanını uyarması gerçeğiyle birleştiğinde, baskın olarak durumundan etkilenen bir ABR cevabına yol açar (Fowler & Durrant, 1994; Musiek, & diğ., 2007). Bu nedenlerle, koklear işitme kaybının ABR üzerindeki etkileri oldukça değişken olabilir ve frekans

aralığına (alçak ve yüksek frekans), eğime veya odyometrik konfigürasyona (düz, hafif eğimli, keskin eğimli) ve yüksek oranda bağımlı olabilir (Rosenhamer, 1981).

Alçak frekanslı sensörinöral işitme kaybı durumlarında, nörobiyolojik yanıt yukarıda tartışıldığı gibi yüksek frekanslara doğru önyargılı olduğundan, klik ile uyarılmış ABR üzerinde çok az etki olma veya hiç etki olmama eğilimindedir. Yüksek frekanslı koklear bölge, birincil olarak alçak frekanslarla sınırlı işitme kaybı olan hastalarda tehlikeye girmediğinden veya yalnızca minimal düzeyde tehlikeye girdiğinden, nörodiagnostik amaçlar için kullanılan ABR dalga biçimi endeksleri tipik olarak normal aralıktadır.

Yüksek frekanslı bir işitme kaybında değişken sonuçlar ortaya çıkacaktır. Orta ila yüksek frekanslı işitme kaybında, V. dalga latansı 60 dB HL'ye kadar nispeten sabittir, ancak 4 kHz'de işitme kaybının derecesi arttıkça artar. Ancak latans uzamasının boyutu, yalnızca işitme kaybının derecesinden değil, aynı zamanda işitme kaybının eğiminden de etkilenir (Fowler & Durrant, 1994). Hafif ile orta şiddette nispeten düz veya hafif eğimli bir işitme kaybı durumunda, işitme kaybının yüksek bir uyarın düzeyinde (80 dB nHL) elde edilen ABR üzerindeki etkileri minimaldir veya yoktur. Muhtemelen nöral birimlerin azalmasına bağlı olarak genlikte bir miktar azalma görülebilse de, diğer ABR indeksleri tipik olarak etkilenmez.

Keskin eğimli ileri derecede yüksek frekanslı sensörinöral işitme kaybı ile, daha önceki dalgaların genliği azalabilir veya olmayabilir ve mevcut olan herhangi bir dalganın mutlak latanslarında gecikme olması muhtemeldir (Rosenhall, 1981; Rosenhamer, 1981). Daha önceki dalgalardaki bu değişiklikler ilerleyen dalganın kokleanın sağlıklı veya aktif bölgelerine ulaşması için artan ulaşma süresi ve neden olduğu uyarın şiddetinde azalma ile ilgilidir.

Dalga I mevcutsa ve I–V dalgalar arası latans belirlenebiliyorsa, ölçülen dalgalar arası latans tipik olarak normal sınırlar içinde kalacak ve retrokoklear lezyon kontraendike olacaktır. Bununla birlikte, I. dalga tanımlanabilir değilse, özellikle tek taraflı veya asimetrik işitme kayıpları durumlarında, koklear ve retrokoklear lezyon arasındaki ayırım daha zayıf hale gelir.



## Klik Uyarı

Klik uyarı, ABR ölçümünde en yaygın olarak kullanılan uyarıdır. Klik, kısa (100 ms) geniş bantlı bir uyarıdır. Kulağa klik uyarı verildiğinde, baziler membran boyunca tüm saç hücrelerinin hemen hemen aynı anda ateşlenmesine yol açar. Bu nedenle, net bir yanıt almak için gereken sinirsel senkronizasyon oluşur (Stapells & Oates, 1997; Don, & diğ., 2009).

Bununla birlikte, klik ile ölçülen ABR eşiklerinin en iyi 1000-4000 Hz'lik saf ses eşiği ile korelasyon göstermesidir. Bunun nedeni, klik sesinin çoğunlukla baziler zarın daha yüksek frekans alanlarını uyarmasıdır. Bunlar kokleanın tabanında bulunur. Ses dalgasının tepeye ulaşmadan önce zar boyunca ilerlemesi gerektiğinden, alçak frekansların ateşlenmesi daha uzun sürer. Bu, çoğunlukla daha yüksek frekanslı ateşlemeden oluşan bir yanıtla sonuçlanır. Bunu telafi etmenin yolları vardır.

Çözümlerden biri, stacked ABR'dir. Bunu yapmak için, yüksek geçiş gürültüsüne sahip klik uyarıları, farklı kesme frekansları ile sunulur. Bu şekilde, kokleanın tüm farklı frekans alanlarına ait dar bant cevaplar oluşur. Kokleadaki yere bağlı olarak bunların farklı latans süreleri vardır. Dar bant cevapları daha sonra tümü aynı latansa göre kaydırılır ve toplanır. Toplanan cevap genellikle "normal" klik ABR'den daha büyüktür (Don, & diğ., 1997, 2009).

## Chirp Uyarı Ailesi

Baziler membranın klik uyarı kullanıldığında alçak frekanslar geç uyarılır. bunu telafi etmek için chirp uyarı geliştirildi. Chirp uyarı, tıpkı klik gibi geniş bantlı bir uyarıdır. Aradaki fark, alçak frekansların yüksek frekanslardan daha erken başlamasıdır. Bunun nedeni, yüksek frekansların baziler zarın bazal kısmında olması ve bu nedenle önce ateşlenmesidir. Dalga daha sonra alçak frekansların bulunduğu tepeye ulaşır, bu nedenle bunlar daha sonra ateşlenir. Chirp gecikmesi, kokleadaki ilerleyen dalga gecikmesinin tersidir. Bu şekilde tüm saç hücreleri aynı anda ateşlenecektir. Bu, yalnızca daha büyük değil (Dau, & diğ., 2000), aynı

zamanda klik ile karşılaştırıldığında daha az uyarıcı sayısı ile elde edilebilen bir cevaba yol açar.

Elberling vd. (2007) farklı chirp tasarımlarını tartıştılar. Bir chirp koklea modeline dayanıyordu (Fobel & Dau, 2004). Fobel ve Dau (2004) ayrıca oto-akustik emisyonlara dayalı bir chirp oluşturdu. İkinci chirp, ABR ile uyarılan ton burst dayanıyordu. NB chirp, dar bant ABR'ye dayanıyordu. Bu chirp yalnızca kokleanın gecikmesini telafi eder, ancak farklı şiddet seviyelerinin neden olduğu gecikmeyi telafi etmezdi. Elberling ve Don (2010), şiddet gecikmesini telafi eden seviyeye özgü bir chirp tasarladı. Buna da LS CE-Chirp adını vermiştir.

Chirp uyarıcı, sinüs dalgasının frekansının hızla yukarı doğru kaydığı kısa bir ses olarak tanımlanabilir. Chirp karakterize etmenin başka bir yolu, yüksek frekansların alçak frekanslara göre geciktirildiği geçici bir ses olduğunu söylemektir. Chirp uyarıcının amacı, koklear gecikmeyi telafi ederek kokleada senkronize nöral aktivite elde etmektir. Koklear gecikmenin neden olduğu tahmini frekans dağılımı, uyarıcı sinyali tasarlanırken hesaba katılır, yani bu yaklaşım telafi sağlar. ABR kayıtlarında Chirp kullanılarak, Klik uyarıcısına göre cevap genliğinin 1,5-2,0 kat artırılacağı gösterilmiştir (Elberling & Don, 2008). Chirp, bir güç işlevi olarak ifade edilebilen kokleanın bir gecikme modeline göre tasarlanmıştır (Elberling & Don, 2010).

Chirp'ün genlik spektrumu, farklı gecikme modellerinin cevap üzerindeki etkilerinin daha iyi karşılaştırılması için genellikle Klik ile eşleşecek şekilde tasarlanmıştır (Fobel & Dau, 2004). Ayrıca Chirp uyarıcılarına verilen frekansa özgü cevapları ölçmek de mümkündür. Bu, çentikli gürültü ile maskeleyme yoluyla veya sadece sınırlı bir bant üzerine yayılan frekans bileşenlerine sahip bir Chirp tasarlayarak yapılabilir (Wegner & Dau, 2002). Interacoustics Eclipse platformunda kullanılan Chirp uygulaması, Claus Elberling'in adını taşıyan CE-chirp olarak adlandırılır. Bu Chirp, genlik spektrumunun 350 Hz ile 11.300 Hz arasındaki beş oktav bandı içinde düz olacak şekilde tasarlanmasıyla önceki uygulamalardan farklıdır. Ayrıca, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz ve 4000 Hz'de merkez frekanslarına sahip dört dar bantlı CE Chirp vardır. Geniş bant Chirp, dar bant uyarıcılarının toplanmasıyla oluşturulabilir (Elberling & Don, 2010).

ABR ölçümlerinde bir Klik yerine bir Chirp kullanmanın avantajı, Dau vd. (2000) tarafından yapılan bir çalışmada gösterilmiştir. Chirp doğrusal bir baziler membran modeline göre oluşturuldu. Aşağıdaki üç uyarının cevaplarının karşılaştırılmasından oluşan deneyler için on normal işiten denek seçildi: 80µs'lik bir klik, geniş bantlı bir Chirp ve ters çevrilmiş bir Chirp. Sonuçlar, 20–40 dB SL seviyeleri için Klik yerine Chirp kullanıldığında önemli ölçüde daha büyük bir V dalga genliği gösterdi. Ters çevrilmiş Chirp, 10–40 dB SL seviyeleri için Chirp'den önemli ölçüde daha düşük bir V dalga genliğine sahipti ve ayrıca 20–40 dB SL seviyeleri için klik sesinden daha düşüktü. 10 dB seviyesinde Klik ve Chirp arasında önemli bir fark elde edilmemesinin nedeni, dört denek için bu seviyede net bir cevap olmaması ve kalan denek sayısının V. dalgada anlamlı bir fark elde etmek için yeterli olmamasıydı.

Fobel ve Dau (2004) tarafından yapılan başka bir çalışmada, üç farklı Chirp uyarını oluşturulmuştur. Chirp'lerden biri Dau vd. (2000) (Fobel ve Dau'nun makalesinde M-chirp olarak adlandırılır). A-chirp olarak adlandırılan başka bir Chirp, bir modelin ton burst uyarılmış ABR dalgası V verilerine uydurulmasıyla elde edildi. O-chirp olarak adlandırılan üçüncü Chirp, uyarın frekansı otoakustik emisyonlardan (SFOAE) alınan ölçüm verilerine dayanıyordu. Elde edilen ABR'ler, birbirleriyle ve geleneksel Klik uyarısından gelen yanıtla karşılaştırıldı. Sonuç, A-chirp'in, özellikle düşük uyarın seviyelerinde O- ve M-chirp'lerden daha iyi performans gösterdiği, oysa O- ve M-chirps arasında düşük ve orta uyarıcı seviyelerinde büyük farklar olmadığı oldu. Yine de, dalga V genlikleri karşılaştırılırken tüm Chirp'ler Klik uyarısından daha iyi performans gösterdi.

Her iki çalışmanın sonuçları, optimal uyarının özelliklerinin uyarının düzeyine göre değiştiğini ortaya koymuştur. Dau vd. (2000), Chirp, 50-60 dB SL seviyeleri için de klik sesinden daha büyük bir V dalga genliği üretti, ancak fark artık önemli değildi. Yazarlar, yüksek seviyelerde performanstaki düşüşün kokleanın yukarı doğru yayılmasından kaynaklandığından şüpheleniyorlardı. Fobel ve Dau'nun (2004) A-chirp'i, birden çok frekans ve seviyeden alınan ölçüm verilerine uyduruldu. Seviye yükseldikçe, A-chirp'in zamansal yapısı değişti. Daha spesifik olarak, uyarın ne kadar yüksekse Chirp o kadar kısaldı. Elde ettikleri sonuçlar, daha kısa Chirplerin

daha yüksek uyaran seviyeleri için en büyük V dalgası genliklerini ürettiğini gösterdi (Elberling, & diğ. (2010).

Chirp'in artan nöral senkronizasyon sağlayacağı iddiası Petoe vd. (2010) tarafından sorgulandı(2010). Dalga V genliğindeki artışın, daha iyi senkronizasyon yerine daha fazla sayıda nöronun görevlendirilmesinden kaynaklanabileceğini öne sürmüştür. Teorilerini destekleyen gözlemler, daha önceki I-IV dalgalarının yokluğunu veya azalmasını ve Klik uyarısıyla karşılaştırıldığında dalga V gecikmesindeki daha büyük denekler arası varyasyonu içerir. Bu, işitme eşliğini belirlerken Chirp kullanılabilirliğini azaltmaz, çünkü en önemli faktör dalga V genliğidir. Ancak Petoe vd. (2010) Chirp'ün, dalga V gecikmelerinde daha az varyans gerektiren daha karmaşık tanı prosedürlerine uygunluğunu sorgulamaktadır.

### **Kulaklık**

Hava yolu için kulak üstü kulaklıklar veya kulak içi (insert) kulaklıklar kullanılır. Standart kulaklıklar TDH-39 kulaklıklardır. Bunların avantajları ve dezavantajları vardır. İnsert kulaklığın bir avantajı, küçük veya az uyaran artefaktıdır. Diğer bir avantaj, dış ortam sesinin maksimum izole edilmesidir, çünkü insert tüm kulak kanalını bloke eder (girişlerin doğru şekilde yerleştirilmesi şartıyla) (Clemis, & diğ., 1986). Kulak üstü kulaklıkların bir dezavantajı, uyaran artefaktıdır. Transdüksiyonun başka bir yolu da kemik iletimi yoluylaştır. Mastoid veya alnın üzerine, sesin kemik yoluyla kokleaya iletiildiği titreşimli bir iletken yerleştirilir. Yaygın olarak kullanılan bir kemik vibratör, B-71 kemik vibratörüdür. Son zamanlarda yeni bir versiyon olan B-81 geliştirildi. Her katılımcıya aynı basıncı (yaklaşık 5 Newton) uygulamak için metal bir bantla yerinde tutulur.

### **Uyarıcı Faktörleri**

ABR, işitsel bir uyaranla veya daha kesin olarak uyarıcıdaki değişikliklerle uyarılır. Bu değişiklikler, bir sesin başlangıcı veya devamı, herhangi bir genlik modülasyonu ve frekans içeriği veya herhangi bir frekans modülasyonu olabilir

(Eggermont, 2007). ABR'yi kaydetmek için hangi tür uyarının en uygun olacağına karar verirken dikkate alınması gereken birkaç faktör vardır. Uyarının bir klik, tone burst veya konuşma sinyali olması, elde edilen kaydı etkileyebilir. Uyarının frekansı, polaritesi, ne kadar sürdüğü, ne sıklıkta sunulduğu ve hangi yoğunluk düzeyinde sunulduğu, hepsinin hesaba katılması gerekir (Hood, 1998; Hall, 2007). Uyarın, kulaklıklar, kemik iletimi veya hoparlörler aracılığıyla mono veya çift taraflı sunum gerektirebilir (Pratt, 2003). ABR uzak alan kaydını içerdiğinden, güçlü ve senkronize bir yanıt ortaya çıkarmak avantajlıdır. Hızlı bir başlangıca ve bir dizi frekansın üzerinde enerjiye sahip olan bir uyarın, çok sayıda nöronun eşzamanlı ateşlemeyi ortaya çıkaracaktır (Sininger & Wesson, 2002). İşitsel yolun ne kadar iyi işlediğini değerlendirmeye çalışırken, senkronize bir başlangıç zamanı ile mümkün olduğunca çok sayıda nöronun elektriksel aktiviteyi kaydetmek yararlıdır. Bu nedenle, ABR işitsel yolun optimal işleyişini temsil etmesi gerektiğinden, bir klik uyarın gibi geçici, geniş bantlı bir uyarın tanısal test için çok uygundur (Møller, 2014). Klik uyarın süresinin analizi, 100  $\mu$ s'lik bir klik, geniş bant gürültüsü tarafından uyarılan bir dönüştürücüye benzer spektrumlu yeterince geniş bir bant genişliğine sahip olduğunu ve bu genellikle ABR cevapları kaydederken kullanıldığını bulmuştur (Burkard & Secor, 2002).

Bir uyarının bu şekilde kullanılması, sonuçların klinik normatif verilerle karşılaştırılabilmesini sağlar ve hatta optimum performanstan küçük farklılıklar tespit edilebilir ve patolojiye işaret edebilir (Schwartz, & diğ., 1994). Klik uyarın kullanılırsa, elde edilen yanıtın 500 ile 4000 Hz arasındaki işitme bölgesine karşılık geldiği düşünülür (Stapells & Oates, 1997). Bir uyarının frekans içeriği ne kadar yüksekse, ABR cevabının latansı o kadar kısa olur. Bunun nedeni, uyarının, kokleanın bazal bölgesine, alçak frekanslarla ilişkili olan apikal bölgelerden daha hızlı ulaşmasıdır (Sininger, 1992). Bir saf ses uyarın ile oluşturulan ABR dalga biçimi daha küçük, daha geniştir ve özellikle daha alçak frekanslarda bir klik ile oluşturulan ABR dalga biçiminden daha uzun latans sürelerine sahiptir (Mason, & diğ., 2002).

Uyarının sıklığı, ABR kaydının hem latansını hem de genliğini etkileyebilir. Tanısal test için, nöronların ateşleme oranının artmasına ve iyi bir eşzamanlılık seviyesini korumasına izin vermek için nispeten yavaş bir klik oranı kullanılmaktadır. Bunun, sistemin optimum performansını sağladığı ve normatif

verilerle karşılaştırmaya izin verdiği düşünülmektedir. Bununla birlikte, ateşleme sırasında nöral iyileşme için daha az zaman sağlayan daha hızlı bir oranın, mevcut patoloji varsa V. dalganın latansını önemli ölçüde geciktirebileceği öne sürülmüştür, ancak bu yöntem yaygın olarak benimsenmemiştir (Ackley, & diğ., 2006). 10 Hz civarında klik uyarım sıklığının, I. Dalganın tanımlanmasına yardımcı olduğu, ancak yine de hasta konforu için makul bir edinim süresini koruduğu düşünülmektedir (Burkard & Secor, 2002). ABR kaydederken, odada şebeke elektrik hatları ve kayıt cihazından gelen elektriksel gürültü olacağından çevredeki kayıt ortamına dikkat edilmelidir. Bu nedenle, diğer elektriksel gürültülerle karıştırılma potansiyeline sahip olmayan bir döngü hızı kullanılması tavsiye edilir. Tanı amaçlı olarak saniyede 11.1 uyarım sıklığı önerilmiştir (Hood, 1998).

Uyarının polaritesi değişimi, dönüştürücü içindeki diyafram konumunu değiştirilmesiyle gerçekleşir. Böylece uyarım, condensation (sıklaşma), rarefaction (seyrelme) veya alterne (değişimli) polariteler ile sunulabilir. Rarefaction aşamasında sunulan bir uyarım, condensation aşamasında sunulan bir uyarıma kıyasla ABR'nin erken bileşenlerinde daha kısa bir latans ve daha büyük bir genlik sağlayabilir (Hall, 2007). ABR dalgaları, koklear işitme kaybı olan kişiler için rarefaction veya condensation modunda sunulduğunda önemli ölçüde farklılık gösterebilir (Møller & Jho, 1991). Uyarımları alterne polarite ile sunmak mümkündür, bu da uyarımla ilgili artefaktın ortalamada iptal edilmesiyle sonuçlanabilir (Hall, 2007).

Uyarım sunumunda dikkate alınması gereken bir diğer faktör şiddet seviyesidir. Yaygın olarak kullanılan şiddet ölçüleri, "en yüksek eşdeğer SPL" (PeSPL) ve normal işitme eşliğinin (dB HL) üzerindeki dB'dir. PeSPL, saf bir sesin kök ortalama kare (rms) ses basıncı ile aynı tepe ses basıncına sahip bir klik uyarım için verilen değerdir. Şiddet seviyesindeki azalma, eşığe yaklaştıkça latansta uzama ve genlikte bir azalmaya neden olur (Hood, 1998). V. Dalga, I ve III. dalgalardan daha az etkilenir ve uyarımlar düşük şiddet seviyelerinde sunulduğunda fark edilebilen tek tepe olabilir (Møller, 2014). Tanı testlerinde şiddetin, hastaya rahatsızlık vermeden, olabildiğince çok nöronu harekete geçirmesi için yüksek olması gerekir. Klinik olarak mevcut ABR kayıt ekipmanının maksimum uyarım şiddet seviyesi 95 –100 dBnHL bölgesindedir. Ancak, testin 70 ile 90 dB nHL arasında başlaması önerilir (Burkard & Secor 2002). Uyarım her iki kulağa aynı anda

sunulursa, kaydedilen dalgaların genliği, tek bir kulağa sunulandan % 60 daha yüksek olabilir. Şu anda, çift taraflı uyaran ile tek taraflı uyarandan kayıt arasında latans süresinde bir değişiklik olduğunu gösteren hiçbir veri yoktur. Ancak hem teşhis hem de eşik tahmin için, her kulak ayrı ayrı değerlendirilmelidir (Hood, 1998). Bir kişinin ileri ile çok ileri düzeyde işitme kaybı var ise, o zaman herhangi bir dalga morfolojisini kaydetmek mümkün olmayabilir.

### **Kayıt Faktörleri**

ABR'yi kaydetmek için elektrotlar kullanılır ve bunlar genellikle mastoid veya kulak lobları, tepe (Cz) veya yüksek alın (Fz) için uygulanır. Genellikle kayıt kanalı başına üç elektrot gereklidir (Burkard & Secor, 2002). Bir elektrot, ters çevirmeyen (noninverting) elektrot görevi görür ve Cz veya Fz'ye yerleştirilir. Bir diğeri, ters çeviren (inverting) elektrot olarak uyarılacak kulağın kulak memesine veya mastoidine yerleştirilebilir. Üçüncü elektrot kontralateral kulak memesine veya mastoide yerleştirilir ve topraklama görevi görür. Ancak bu elektrot sadece tek kanallı kayda izin verir. Elektrotlar, ilgilenilen alandaki elektriksel potansiyellerin kaydını en üst düzeye çıkarmak için yerleştirilir, bu da dalga bileşenlerinin ayırt edilmesini sağlar (Schwartz, & diğ., 1994).

Potansiyeller elde edildikten sonra, sinyalin gürültü oranını artırmayı içeren diğer tüm gürültü kaynaklarından ayrılması gerekir. İlgilenilen sinyal  $1\mu\text{V}$  bölgesindedir, bu nedenle onu diğer gürültü kaynaklarından izole etmek için işlem yapmak gerekir. Bu, diferansiyel amplifikasyon, zaman alanlı ortalama, filtreleme ve artefaktların ayırt edilmesiyle elde edilebilir (Schwartz, & diğ., 1994). Elektrotlar arasındaki düşük ve dengeli empedanslar, diferansiyel amplifikatörün performansını optimize edecektir. Tanı testi için, 5 kohm'dan daha düşük empedanslar gereklidir (Stevens, 2002). Zaman etki alanı ortalaması, zaman içinde ortalama izin vermek için kaydın tekrarlanmasını içerir, bu da sinyal-gürültü oranını artıracaktır. Bu aynı zamanda tarama sayısı olarak da adlandırılır ve yüksek şiddetlerde ABR kaydı için 1000 ile 2000 sweep sayısı genellikle yeterlidir. Şiddet oranı düşürülürse, sweep sayısı artabilir, ancak daha fazla ortalamanın sonucu önemli ölçüde değiştirmedeği bir nokta olacaktır (Hood, 1998). Her tarama belirli bir süre gerektirir ve yetişkinler ve bebekler için bir ABR elde etmek için bilinen normal süreler vardır. Bu,

yetişkinlerde 10-12 ms ve bebeklerde 15-20 ms gerektiren klik uyaralarıyla bir dereceye kadar uyarılara bağlıdır, toneburst uyararı ise yetişkinlerde 15-20 ms ve bebeklerde 20-25 ms gerektirir (Burkard & Secor, 2002).

Gürültüyü azaltmanın ve ihtiyaç duyulan uyarın sunumlarının sayısını azaltmanın bir başka yolu, yanıtı içermeyen öğeleri filtrelemektir. Filtreleme, ABR bileşenlerinin görünümünü değiştirir, bu nedenle filtreler gecikme sürelerini değiştirmeden ilgilenilen tepeleri daha iyi görmek için seçilmelidir (Møller, 2014). Filtre ayarlarına karar verebilmek için gerekli elemanların sıklığının belirlenmesi gerekmektedir. Bu, 30 ile en az 1500 Hz arasında bir bant geçişi olarak değerlendirilmiştir. Schwartz vd. (1994), yüksek geçirgen kesintisinin 30 Hz'den 100 veya 150 Hz'ye yükseltilmesi durumunda, tanısal test için uygun olabilecek I-III dalgalarında bir artış olduğunu öne sürmektedir. Hall (2007), ABR'nin klinik ölçümü için önerilen bir protokol sağlar ve alçak geçirgen filtresinin, aşırı yüksek frekans artefaktı olmadığı sürece 3000 Hz'e ayarlanmasını tavsiye eder, bu durumda 1500 Hz'ye düşürülmelidir.

### **Subjektif Faktörler**

ABR değerlendirmesine tabi tutulan kişiyle ilgili olarak dikkate alınması gereken bir dizi faktör vardır. ABR, yaklaşık iki yaşına kadar yetişkinlere benzer hale gelir ve yetişkin normatif verileri rutin olarak on sekiz aylıktan büyük çocuklar için kullanılır (Hood, 1998). Yaşın ABR üzerindeki etkisini belirlemek zor olabilir çünkü yaşlandıkça işitme duyumuz da bozulur (Jerger & Hall, 1980; Jerger & Johnson, 1988; Lightfoot, 1993). ABR'nin yaşla birlikte nasıl değiştiği konusunda net bir fikir birliği yok, araştırmacılar hala yaş, işitme kaybı ve diğer kayıt parametreleri arasındaki etkileşimleri anlamak için çalışmalar yapmaktadırlar. İşitme kaybının derecesi ve konfigürasyonu da bir etkiye sahiptir ve daha iyi işitmeye sahip yaşlı yetişkinler, işitme yollarının durumuna bağlı olarak uzamış latanslara sahip olabilir veya olmayabilir. İşitme kaybı olan kişilerle çalışmanın zorluklarından biri, I ve III gibi erken tepeleri tespit etmenin zor olabilmesidir (Martin, & diğ. 2012). 25-55 yaşları arasında ABR dalga latanslarının 0,1 ile 0,2 ms arasında uzadığı görülmektedir (Jerger & Hall, 1980). 21-30 yaşındakilerle karşılaştırıldığında, klik ABR dalgası V sonuçları, insanlar 50 ile 60 yaş arasında olana kadar önemli ölçüde



farklı olmaz (Skoe, & diğ., 2015). Hall (2007), literatürü gözden geçirmiş ve araştırmacıların 60 ile 80 yaşları arasında I-V dalgalar arası latans aralığında bir artış bildirdiklerini bulmuştur. Bununla birlikte, 71-96 yaşları arasındaki daha yeni bir çalışmada, işitme kaybı kontrol edildiğinde, V. dalga yaşa göre değişmemiştir (Gates, & diğ. 2008). Genel olarak, model değişmekle birlikte, bireysel tepeler ve yaşlanma ile dalgalar arası latans aralıkları için latansta küçük değişiklikler bulunduğu görülmektedir. Bu aynı zamanda kısmen cinsiyete özgü değişikliklere yorumlanabilir, erkeklerde daha büyük değişiklikler olduğu bildirilmiştir (Jerger & Johnson, 1988). Yaşlanma ile tepelerin genliğindeki düşüşler, dalga I'in daha fazla etkilendiği rapor edilir (Martin, & diğ. 2012)

ABR, 50 yaşına kadar işitme kaybı olmayan yetişkinlerde nispeten stabildir (Skoe, & diğ., 2015). İletim ve sensörinöral işitme kaybının (SNİK) klik ABR üzerindeki etkisi iyi bilinmektedir ve klik ABR kullanılarak ayırt edilebilir (Steinhoff, & diğ., 1988; Baldwin & Watkin, 2014). Kısa süreli iletim tipi işitme kaybı, tepeler arası latanslar aynı kalırken, elde edilen dalgaların sürelerinde gecikmeye yol açar (Fria & Sabo, 1980). Uzun süreli iletim tipi işitme kaybı, tepeler arası latansları etkileyebilir (Hall & Grose, 1993). Sensörinöral işitme kaybı olan kişilerde, kaybın derecesine ve konfigürasyonuna bağlıdır. Artan işitme kaybıyla birlikte, tepeler arası aralıklar artar ve dalgaların amplitüdüleri de azalır. Çok ileri derecede işitme kaybı varlığında, klik ABR kaydetmek imkansız değilse de zor olabilir. (Keith & Greville, 1987; Hood, 1988).

ABR kullanan ve deneklerinin cinsiyetini bildirmeyen ya da sonuçların analizlerinde cinsiyeti dikkate almayan araştırmacılar bulunmaktadır (Stamper & Johnson 2015). Yetişkinler için klik ABR'sinde cinsiyet farklılıklarının var olduğu bulgusunu destekleyen çok sayıda literatür vardır (Jerger & Hall, 1980; Rosenhamer, & diğ., 1980; Edwards, & diğ. 1983; Jerger & Johnson, 1988; Durrant, & diğ., 1990; Watson, 1996 ). Yetişkin ABR'lerindeki cinsiyet farklılıkları, I ve V dalgalarının genliği için literatür boyunca rapor edilmiştir (Kjaer, 1979; Michalewski, & diğ., 1980). Bazı araştırmacıların erkekler ve kadınlar arasında hiçbir fark bulamadığı (Chao, & diğ., 2008; Stamper & Johnson, 2015), diğerlerinin I, III ve V dalgaları arasında farklılıklar bulunduğu (Lourenco, & diğ., 2008), (I. dalganın latansı ile ilgili çelişkili sonuçlar var ). Cinsiyet etkisinin dalga I için mevcut olduğu ancak daha küçük olduğu tespit edilmiştir (Don, & diğ. 1993). Genel olarak, 3. dalgadan itibaren

bireysel dalga tepelerinin ve interpeak latans aralıklarının kadınlarda önemli ölçüde daha kısa olduğu kabul edilmektedir (Hall, 2007). Araştırmacılar, cinsiyetler arasındaki bu farklılıkların, kokleanın uzunluğu ve / veya hormonal etkiler de dahil olmak üzere fiziksel boyuttan kaynaklanabileceğini öne sürmektedirler (Aoyagi, & diğ., 1990; Yadav, & diğ., 2002; Hultcrantz, & diğ., 2006; McFadden, & diğ., 2010; Krizman, & diğ., 2012). Bu nedenle, ya cinsiyete özgü normatif verilere sahip olmak ya da bir klinik normatif veriye katkıda bulunan erkek ve kadınların sayısını dengelemesi önemlidir (Hall, 2007).

Normal işitmeye sahip yetişkinler için ABR'ye sağ ve sol kulak yanıtlarında klinik olarak önemli farklılıkları gösteren çok az çalışma vardır (DeVries & Decker, 1988; McFadden, & diğ., 2010; Vander Werff & Burns, 2011). Bazı araştırmacılar, uyarıcı sağ kulağa sunulduğunda, belki de daha erken ve daha büyük ama klik ABR'ye klinik olarak önemli ölçüde farklı olmayan bir yanıt olduğunu ileri sürmüşlerdir (Levine & McGaffigan, 1983; Levine, & diğ., 1988). Aslında, yanıtların normal olup olmadığını belirlemenin yollarından biri, aynı olması gerektiği gibi, bir bireyin sağ ve sol kulak verilerini karşılaştırmaktır (Hood, 1998). ABR'yi tanı veya eşik tahmin testi için kullanırken, her kulak ayrı ayrı değerlendirilmelidir. Bu, test dışı kulağın maskelenmesinin gerekli olup olmadığı sorusunu gündeme getirir. Ses, kemik titreşimi ile kafatasından geçebilir ve yeterince yüksekse, test edilmeyen kokleayı uyarabilir (Yacullo, 1999). ABR genellikle yüksek ses şiddetlerinde kaydedilir ve bu nedenle test dışı kokleadan katkı potansiyeli vardır. Normal işiten genç yetişkinlerde test kulağı ve test dışı kulaktan kaydedilen dalganın genellikle kontralateral taraftan kaydedilemediğini bulmuştur. III ve V dalgaları kaydedilebilir ancak genlik veya latans açısından test kulağından önemli ölçüde farklı değildir (Rosenhamer & Holmkvist, 1982). Mevcut tavsiye, iki taraflı olarak normal sınırlar içinde işiten bir kişi test ediliyorsa, tanısal test için maskelemenin gerekli olmadığı yönündedir. Bununla birlikte, her iki kulaktan yapılan testin, test edilmeyen kulaktan gelen katkıları da içerebileceği gerçeğine dikkat edilmelidir (Hall, 2007).

Klik ABR dikkatten etkilenmediği uzun zamandır kabul edilmektedir (Picton, & diğ., 1971; Picton, & diğ., 1974; Kuk & Abbas, 1989). Hiçbir değişiklik olmadan uyku sırasında araştırılmıştır. Herhangi bir sınırlı değişikliğin, yanıtın miyojenik aktivite tarafından daha az belirsizleşmesinin bir sonucu olduğu düşünülmektedir

(Osterhammel, & diğ., 1985; Campbell & Bartoli, 1986). Aksine, uyarın ve kayıt koşullarına bağılı olarak ABR'nin dikkatten etkilenebileceğine dair bazı kanıtlar vardır (Lukas, 1981). Ikeda vd. (2008), düşük şiddet, kısa süre ve ton burst kullanmanın dikkatin etkisini değerlendirmeye yardımcı olabileceğini, ancak geleneksel klik ABR yöntemlerini kullanarak işitsel çevredeki dikkat etkisini belirlemenin zor olduğunu öne sürmüşlerdir. Dalga latansları normal işitmeye sahip yetişkinler için sınırlı bir aralığa düştüğü için klik ABR'sinin deneyimden etkilendiğine dair çok az kanıt vardır. Hızlı uyarın sunum hızı kullanıldığında (31,25 - 64,5 Hz), normal işiten yetişkinlerde daha uzun V dalga latansına sahip olduğuna dair çok sınırlı kanıt vardır. Araştırmacılar, işitmenin yalnızca tarandığı ve gerçek işitme eşiklerinin test popülasyonu içinde önemli ölçüde farklı olabileceği için bu verileri yorumlarken dikkatli olmaları gerektiğini söylemektedirler (Skoe, & diğ., 2017).

ABR, güçlü bir yanıt olarak kabul edilir çünkü bilinç düzeyi, ilaçlar, genel anestezi veya kas felç edici ajanların etkisi çok azdır (Stone, & diğ. 2017). Nispeten az sayıda ilacın ABR üzerinde etkisi olduğu bilinmektedir, çünkü çoğu yalnızca kortikal aktiviteyi değiştirir. Depresyon, anksiyete veya psikoz gibi durumları tedavi etmek için kullanılan psikoterapötikler gibi ilaçlar, ABR'yi önemli ölçüde etkilemez (Hall, 2007). Kloral hidrat, bebeklerde ABR testi için kullanılan bir yatıştırıcıdır ve ABR'yi etkilediği düşünülmemektedir (Valenzuela, & diğ., 2016). Diazepam (Valium), yaygın olarak reçete edilen bir anti-anksiyete ilacıdır ve ABR üzerinde en fazla minimum etkiye sahip olduğu düşünülmektedir. Adams vd. (1985) I'den V'ye kadar olan interpeak gecikmesinde küçük bir artış buldu, ancak genlikte bir değişiklik olmadı. Valium, anksiyete seviyeleri yüksek olan ve artefakt içermeyen kayda izin verecek kadar rahatlayamayan hastalarda ABR'yi kaydetmek için kullanılmıştır (Hall, 2007). Bağımlı kişilere bakan bir çalışmada çoklu ilaç kullanımının gerçek bir etkisi bulunmadı, bunun yerine önemli olan hastanın psikiyatrik durumuydu (Patrick & Struve, 1994). Fenitoin gibi antikonvülsanlar alan epilepsi hastalarının, konuşmalar arası latanslarının uzadığı bilinmektedir (Chan, & diğ., 1990; Panjwani, & diğ., 1996).

Tiaminin etkileri ile ilgili sınırlı veri vardır ve bir çalışmada (n = 2) tiaminin tiamin eksikliği olan bebeklerde ABR tepe noktalarının azalmasına neden olabileceğini savunmaktadır (Lonsdale, & diğ., 1979). Tiamin metabolizması ile

beyin sapı işlevi arasında bildirilen bağlantılar vardır. Tiamine duyarlı megaloblastik anemi, diabetes mellitus, megaloblastik anemi ve sensörinöral sağırılığın varlığı ile karakterize nadir bir sendromdur (Bay, & diğ. 2010). İki aydan önce tanı konulmasının ve tiamin tedavisinin bu sendromla ilişkili ilerleyici sensörinöral işitme kaybını önleyebileceğine dair son derece sınırlı kanıt vardır (Önal, & diğ., 2009). Nikotinin ABR üzerindeki etkisi hem sigara içmeyen yetişkinler hem de sigara içenler için araştırılmış ve hiçbir etkisinin olmadığı bulunmuştur (Kumar & Tandon, 1996; Harkrider, & diğ. 2001). Bir çalışmada, nikotinin yalnızca V dalgasının genliği üzerinde akut bir etkisi bulundu (Knott, 1987). Ancak sigara ve pasif içicilik işitme kaybı ile ilişkilendirilebilir ve işitme kaybı ABR üzerinde etkisi olacaktır (Dawes, & diğ., 2014).

### **Kalibrasyon**

ABR ekipmanının kalibrasyonu, doğru bir cevap alınmasında önemli bir faktördür. Klik uyarısını doğru şekilde kalibre etmek için kullanılan iki temel prosedür vardır. İlk prosedür, tepeden tepeye ölçüm olarak adlandırılır. Doğru bir okuma elde etmek için bir osiloskop, 2 cc kuplör ve bir ses seviyesi ölçer (SLM) sahip olmak gerekir (Beattie & Rochverger, 2001; Burkard & Mc Nerney, 2009). İlk olarak, ABR ekipmanı aracılığıyla bir klik uyarısı sunulur. Bu prosedürde, uyarılmış potansiyel ekipmandan gelen dönüştürücü, örneğin ER3A ek alıcısı, SLM üzerindeki 2 cc çifte beslenir. Bir çıkış kablosu daha sonra AC çıkışını SLM'den alır ve ardından osiloskoba iletir. Ekipman kurulduktan sonra, ABR ekipmanı aracılığıyla 70 dBnHL klik uyarısı sunulur. Bu klik uyarısından elde edilen çıktının büyüklüğü daha sonra osiloskopta okunur. Bu işlem, SLM'de aynı dönüştürücü ve aynı ayarlar kullanılarak ses seviyesi ölçere bağlı odyometreden sürekli 1000 Hz saf ton uyarısı kullanılarak tekrarlanır. Odyometreden gelen sinüs dalgası uyarısının şiddeti daha sonra osiloskop üzerindeki ABR uyarısının tepeden tepeye ölçümüne uyacak şekilde ayarlanır. Daha sonra, dB SPL cinsinden beklenen çıktıyı sağlamak için ölçüm SLM'de okunur (Beattie & Rochverger, 2001; Burkard & Mc Nerney, 2009).

ABR uyarısını kalibre etmek için ikinci prosedür, tepe tutma ölçüsü olarak adlandırılır. Pik tutma kalibrasyon tekniği, ABR uyarılarının kalibrasyonu arasında daha doğru ve tutarlı bir teknik olarak tanımlanmıştır (Beattie & Rochverger, 2001).

Bu tür kalibrasyon prosedürü, çok hassas bir zaman sabitine sahip olan ve tepe tutma özelliğine sahip 100 mikrosaniye klik uyarıcısı gibi kısa sinyalleri yakalayabilen bir SLM'nin kullanılmasını gerektirir. Bir örnek, B&K SLM 1620 ve 1 inç mikrofondur. Klik uyarıcısı, ABR ekipmanından ER3A dahili kulaklık dönüştürücüsü aracılığıyla SLM üzerindeki 2 cc kuplöre yönlendirilir. Bu tepe noktası tutma özelliği, uyarıcı en yüksek noktasında veya tepe değerlerinde yakalayabilecektir. Zirvedeki enerji seviyesi daha sonra SLM'de görüntülenir.

Ekipmanın kalibrasyonunu açıklarken bu yöntemlerden hangisinin kullanıldığına dikkat etmek önemlidir. Tepe tutma yöntemini kullanırken, SLM, sinyalin tepe noktasındaki enerjiyi yakalar; Oysa tepeden tepeye yöntemini kullanırken, tepeden 3 dB aşağı noktayı yakalar. Tepeden tepeye ve taban çizgisinden tepeye arasındaki ölçüm farkı nedeniyle, tepeden tepeye ölçü tepe ölçüden 3 dB daha az olan iki kalibrasyon ölçüsü arasında 3 dB'lik bir fark vardır. Örneğin, taban çizgisinden tepeye ölçüm, SLM'de 77 dB SPL okuyabilirken, tepeden tepeye ölçüm 1000 Hz ton için 74 dB SPL okuyabilir. Her iki ölçüm de normal kalibrasyon aralığı içinde kabul edilir.

### **Normatif Değerlerin Oluşturulması**

ABR test sonuçları için genelleştirilmiş normlar mevcuttur, ancak her bir odyolojik kliniği her bir test ekipmanı parçası için kendi standartlaştırılmış norm değerlerini geliştirmesi önemlidir. Bu, anormal cevapların hızlı ve kolay tanımlanmasını sağlar. Klinik normları oluşturmak için katılımcı faktörleri, uyarıcı faktörleri ve kayıt faktörleri dikkate alınmalıdır. Uyarıcı ve kayıt parametreleri, test edilen her katılımcı için tutarlı olmalıdır (Weber, 1992).

Hood (1998), normatif değerlerin belirlenebilmesi için tamamen aynı test parametreleri kullanılarak normal işiten katılımcılar üzerinde en az 5 ila 10 ABR ölçümü yapılmasını önerdi. Hood'a göre böylece ekipmanın düzgün çalışması, test sonuçlarının normatif verilere dönüştürülebilmesi ve yayınlanmış normlarla karşılaştırılabilmesi sağlanabilir. Normlar belirlenirken, normal işiten ve daha önce nörolojik veya otolojik bozukluk öyküsü olmayan en az 10 genç yetişkin kadın ve 10 genç yetişkin erkek test edilmelidir (Weber, 1992). Slinger (1992) "yetişkin kadınların erkeklerden daha kısa tepe latansına, daha büyük genliklere ve daha kısa

interpeak aralıklarına sahip olduğunu belirterek, erkekler ve kadınlar için ayrı normların oluşturulmasını tavsiye etmiştir. Klinik normların oluşturulması sırasında, I, III ve V dalga biçimlerinin yanı sıra I-III, III-V ve I-V IPL değerlerinin mutlak gecikmeleri için ortalamaların belirlenmesi gerekir. Ek olarak, normal ve anormal tepkileri belirlemek için standart sapmalar (SD) geliştirilmelidir.  $\pm 2$  SD ve/veya  $\pm 2.5$  SD aralığı, normal gecikme değerleri ile anormal gecikme değerleri arasında ayırım yapmak için yaygın olarak kullanılır.

## BÖLÜM III

### Yöntem

Bu bölümde araştırmanın modeline, araştırmanın çalışma grubuna, verilerin toplanması ve ortaya çıkan bulguların analizine ilişkin bilgilere yer verilmiştir.

#### **Araştırma Modeli**

Araştırmada, nicel araştırma yöntemi ile yürütüldü. Yüksek frekans işitme kayıplı bireylerde LS CE Chirp uyararı ile klik uyararı arasındaki farkı saptamak için deneysel araştırma yöntemi kullanıldı.

#### **Çalışma Grubu**

##### ***Kontrol grubu***

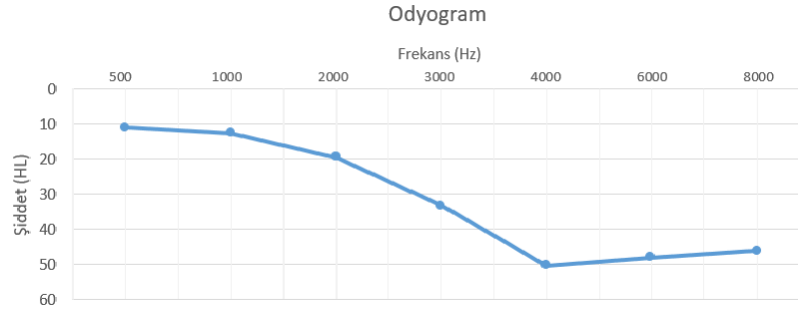
Çalışmaya kontrol grubu olarak normal işitmeye sahip 20-25 yaşları arasında, gönüllü 15 kadın (yaş ortalaması 21,7) ve 15 erkek (yaş ortalaması 21,4) dahil edilmiştir. Deneklerde otoskopik bakıda dış kulak ve kulak zarının normal olması ve 250-8000 Hz aralığında her bir frekans bandında saf ses eşiklerinin 20 dB HL ve daha iyi olması (hava ve kemik yolu eşikleri arasında fark bulunmaması) kriterleri aranmıştır. Katılımcıların Aydınlatıcı Bilgi Onam Formunu okuyup imzalamaları istenmiştir.

##### ***Çalışma grubu***

Deney grubu grubu 20-45 yaş arasında (ortalama 27,5), en az 5 yıllık avcılık geçmişi olan, 250-2000 Hz arası ortalama normal sınırlarda, ancak 4000 Hz eşikliği 40 dB ve üzeri olanlar arasından seçildi.

## Şekil 1.

### İşitme kayıplı bireylerin saf ses eşikleri



## Veri Toplama Araçları

İşitme ölçümleri sessiz oda koşullarında 250-8000 Hz frekansları arasında yapılmıştır. Test ekipmanı olarak interacoustic AC40/Danimarka odyometri cihazı kullanılmıştır. Test kulaklıkları olarak hava yolu iletimi için TDH-39, kemik yolu iletimi için ise B-71 kemik vibratör kullanılmıştır.

ABR ölçümünde Interacoustics eclipse EP 25/Danimarka cihazı kullanılmıştır. Ölçümde insert kulaklıklar (IP-30) ve çok kullanımlık altın kaplama elektrotlar kullanılmıştır. Her şiddet seviyesinde çift kayıt alındı. Averajlama sayısı 1500 ve zaman penceresi 15 ms olarak ayarlandı. Elektrotlar arası impedans değeri  $\leq 5$  kohm olarak kabul edildi. Kayıt frekansı 100-3000 Hz arasında filtrelendi. Elektrot yerleşimi öncesi temizleme jeli ile cilt temizliği yapıldı. Elektrotlar pasta kullanılarak yapıştırıldı. Her bir kayıta 4 adet elektrot kullanılmıştır. Toprak elektrot iki kaş arasına (Fpz), pozitif elektrot saç sınırına (Fz), negatif elektrotların biri sol kulak memesine (A1), diğeri sağ kulak memesine (A2) yerleştirildi.

## Çalışma Planı

Kontrol grubunda tanısal ABR testi 80 dBnHL şiddet seviyesinde, uyarın olarak klik ve LS Chirp kullanılarak, 11,1/sn uyarım sıklığında yapılmıştır. Ayrıca 80, 60 ve 20 dBnHL seviyesinde 31,1/sn uyarım sıklığında klik ve LS CE-Chirp uyarın kullanılarak kayıt yapılmıştır. Deneklerden elde edilen ABR dalgalarının (I, III ve V. Dalgalar) latansları kaydedildi.

Çalışma grubu 4000 Hz saf ses eşiklerine göre 2 gruba ayrıldı 1. Grupta 4000 Hz eşığı düşük olanlar (40-50 dB arası) ile 2. Grupta ise 4000 Hz eşikleri yüksek olanlar (55-65 dB arası) yer aldı. ABR ölçümleri 80 ve 60 dB nHL uyarın



seviyesinde, 11,1/sn uyarım sıklığında LS CE-Chirp ve klik uyararı kullanılarak yapıldı.

Çalışma grubunun tümü erkeklerden oluştuğu için kontrol grubu ile karşılaştırılırken sadece erkek deneklerin sonuçları dikkate alındı. kontrol grubundaki erkeklerin her iki kulağındaki sonuçlar, çalışma grubundakilerin tek kulağındaki sonuçlar ile karşılaştırıldı.

### **Verilerin Analizi ve Yorumlanması**

Araştırma verileri istatistiksel olarak değerlendirilirken Statistical Package for Social Sciences (SPSS) 26.0 programı kullanılmıştır.

Araştırmada işitme kayıplı ve sağlıklı işiten bireylerin 80 dBnHL/60 dBnHL klik ve Chirp uyarısının I-III-V dalgalarına ilişkin ortalama ve standart sapma gibi tanımlayıcı istatistikleri verilmiştir.

Araştırma hipotezlerinin testinde kullanılan test istatistiklerinin belirlenmesi için verilerin normal dağılım gösterme durumu Shapiro-Wilk testiyle incelenmiş ve normal dağılıma uymadığı belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre yapılan karşılaştırmalarda nonparametrik hipotez testleri kullanılmıştır. Aynı bireyden elde edilen iki ölçümün karşılaştırılmasında Wilcoxon testi, iki farklı gruptan elde edilen verilerin karşılaştırılmasında ise Mann-Whitney U testi kullanılmıştır.

## BÖLÜM IV

### Bulgular ve Yorumlar

Bu bölümde çalışma sorularına yönelik toplanan veriler ışığında ulaşılan bulgulara değinilmektedir.

#### Normal İşiten Bireylerin Bulguları

Tablo 1.

*Normal işiten bireylerin 80 dBnHL 11,1/sn uyaran sıklığında I, III, V. dalga klik ve LS chirp uyaranlarına ait latans değerlerinin karşılaştırılması*

		n	Sağ Kulak				Sol Kulak			
			ort (ms)	ss	Z	p	ort (ms)	ss	Z	p
I. Dalga	Klik	30	1,39	0,11	-3,988	0,000*	1,35	0,1	-3,728	0,000*
	Chirp	30	1,5	0,12			1,47	0,11		
III. Dalga	Klik	30	3,51	0,2	-2,457	0,014*	3,5	0,18	-2,252	0,024*
	Chirp	30	3,61	0,19			3,58	0,17		
V Dalga	Klik	30	5,28	0,15	-1,772	0,076	5,29	0,14	-2,495	0,013*
	Chirp	30	5,33	0,15			5,38	0,14		

\* $p < 0,05$

Tablo 1.'de normal işiten bireylerin 80 dBnHL 11,1/sn uyaran sıklığında klik ve LS chirp uyaranlara ait I, III, V. dalga LS chirp latans değerleri karşılaştırılmasına ilişkin Wilcoxon testi sonuçları verilmiştir.

Tablo 1. incelendiğinde normal işiten bireylerin sağ kulak 80 dBnHL 11,1/sn uyaran sıklığında I ve III. dalga klik ve chirp uyaranlara ait latans değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu saptanmış olup LS chirp uyarana ait latans değerleri daha uzun bulunmuştur ( $p < 0,05$ ). Normal işiten bireylerin sağ kulak 80 dBnHL 11,1/sn uyaran sıklığında klik ve LS chirp uyaran V. dalga latans değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur.

Normal işiten bireylerin sol kulak 80 dBnHL 11,1/sn uyaran sıklığında klik ve LS chirp uyaranlara ait I, III ve V. dalga latans değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu saptanmıştır ( $p < 0,05$ ). Normal işiten bireylerin 80 dBnHL 11,1/sn uyaran sıklığında I, III ve V dalga LS chirp latans değerleri, klik latans değerlerine göre daha uzundur.

Tablo 2.

*Normal işiten bireylerin 80 dBnHL 31,1/sn uyaran sıklığında klik ve LS chirp uyarılara ait I, III, V. dalga latans değerlerinin karşılaştırması*

		n	Sağ Kulak				Sol Kulak			
			ort (ms)	s	Z	p	ort (ms)	s	Z	p
I. Dalga	Klik	30	1,4	0,13	-3,876	0,000*	1,38	0,11	-4,224	0,000*
	Chirp	30	1,55	0,15			1,52	0,14		
III. Dalga	Klik	30	3,64	0,48	-3,439	0,001*	3,59	0,18	-3,886	0,000*
	Chirp	30	3,76	0,22			3,75	0,24		
V Dalga	Klik	30	5,43	0,19	-2,435	0,015*	5,42	0,18	-2,771	0,006*
	Chirp	30	5,53	0,25			5,54	0,21		

\* $p < 0,05$

Tablo 2.'de normal işiten bireylerin 80 dBnHL 31,1/sn uyaran sıklığında klik ve LS chirp uyarılarına ait I, III, V. dalga latans değerleri karşılaştırmasında kullanılan Wilcoxon testi sonuçları verilmiştir.

Normal işiten bireylerin sağ ve sol kulak 80 dBnHL 31,1/sn uyaran sıklığında klik ve LS chirp uyarılar ile I, III ve V dalga latans değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu saptanmıştır ( $p < 0,05$ ). Normal işiten bireylerin sağ ve sol kulak 80 dBnHL 31,1/sn uyaran sıklığında LS chirp uyarı ile I, III ve V. dalga latans değerleri, klik uyarı latans değerlerine göre daha uzundur.

Tablo 3.

*Normal işiten bireylerin 20 dBnHL 'de 31.1/sn uyaran sıklığında klik ve LS chirp uyarılara ait V. dalga latans değerlerinin karşılaştırılması*

		n	Sağ Kulak				Sol Kulak			
			ort (ms)	s	Z	p	ort (ms)	s	Z	p
V Dalga	Klik	30	7,76	0,42	-2,222	0,026*	7,73	0,48	-2,911	0,004*
	Chirp	30	8,05	0,56			8,08	0,47		

\* $p < 0,05$

Tablo 3'te normal işiten bireylerin sağ ve sol kulak 20 dBnHL şiddet seviyesi ve 31.1/sn uyaran sıklığında klik ve LS chirp uyarılara ait V. dalga latans değerleri karşılaştırılmasında yapılan Wilcoxon testi sonuçları verilmiş olup, sağ ve sol kulak 20 dBnHL/31.1 uyaran sıklığında LS chirp uyarı V. dalga latans değerlerinin klik değerlerine göre daha uzun olduğu belirlenmiştir.

Tablo 4.

*Normal işiten bireylerin sağ ve sol kulak karşılaştırılması (LS CE-LS chirp, klik, 80 dBnHL, 11,1 /sn uyaran sıklığı)*

		Cinsiyet	n	Ort (ms)	ss	Med	SO	Z	p
Sağ	LS Chirp	Kadın	15	5,25	0,12	5,2	10,8	-2,983	0,003*
		Erkek	15	5,42	0,13	5,4	20,2		
Sol	V. Dalga	Kadın	15	5,31	0,14	5,27	11,23	-2,681	0,007*
		Erkek	15	5,44	0,12	5,47	19,77		
Sağ	LS Chirp	Kadın	15	3,74	0,21	3,8	11,57	-2,456	0,014*
		Erkek	15	3,93	0,17	3,94	19,43		
Sol	I-V aralığı	Kadın	15	3,83	0,19	3,9	11,9	-2,25	0,024*
		Erkek	15	3,99	0,13	4	19,1		
Sağ	Klik	Kadın	15	5,22	0,11	5,2	12,93	-1,62	0,105
		Erkek	15	5,33	0,17	5,27	18,07		
Sol	V. Dalga	Kadın	15	5,26	0,15	5,27	13,63	-1,179	0,238
		Erkek	15	5,32	0,14	5,33	17,37		
Sağ	Klik I-V	Kadın	15	3,85	0,16	3,86	13,27	-1,402	0,161
		Erkek	15	3,93	0,15	3,93	17,73		
Sol	Aralığı	Kadın	15	3,89	0,15	3,9	13,37	-1,335	0,182
		Erkek	15	3,97	0,14	4	17,6		

\* $p < 0,05$

Tablo 4.'te normal işiten bireylerin cinsiyetine göre LS chirp uyaran 80 dBnHL, 11,1/sn uyaran sıklığında V. dalga latans değerlerinin karşılaştırılmasına ilişkin Mann-Whitney U testi sonuçları verilmiştir.

Tablo 4 incelendiğinde, normal işiten kadın bireylerin LS chirp uyaran 80 dBnHL, 11,1/sn uyaran sıklığında V. dalgaya ait hem sağ kulak ve sol kulakta ölçülen latans değerlerin, erkek bireylere göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde düşük olduğu saptanmıştır ( $p < 0,05$ ).

Tablo 4'te normal işiten bireylerin cinsiyetine göre LS chirp uyaran 80 dBnHL, 11,1/sn uyaran sıklığında I-V. dalgalar arası latans değerlerinin karşılaştırılmasına ilişkin Mann-Whitney U testi sonuçları verilmiş olup kadın bireylerin LS chirp uyaran 80 dBnHL, 11,1/sn uyaran sıklığında hem sağ kulak ve sol kulakta ölçülen I-V. dalgalar arası latans değerlerinin, erkek bireylere göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha kısa olduğu görülmüştür ( $p < 0,05$ ).

Tablo 4'te normal işiten bireylerin cinsiyetine göre klik uyaran 80 dBnHL, 11,1/sn uyaran sıklığında elde edilen V. dalga latans değerlerinin karşılaştırılmasına ilişkin Mann-Whitney U testi bulguları gösterilmiş olup, kadın ve erkek bireylerin hem sağ kulak hem sol kulak ölçümlerinin benzer olduğu tespit edilmiştir ( $p > 0,05$ ).

Yine Tablo 4'te normal işiten bireylerin cinsiyetine göre Klik uyaran 80 dBnHL/11,1/sn uyaran sıklığında I-V dalgalar arası latans değerlerinin

karşılaştırılmasında kullanılan Mann-Whitney U testi sonuçları gösterilmiştir. Bu sonuçlara göre, normal işiten bireylerin cinsiyetine göre klik uyararı 80 dBnHL/11,1 uyararı sıklığında sağ ve sol kulak I-V dalgaları arası latans değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı düzeyde farkların olmadığı saptanmıştır ( $p>0,05$ ).

### İşitme Kayıplı Bireyler Bulguları

Tablo 5.

*İşitme kayıplı bireylerde klik ve LS chirp uyararı ile 80 dBnHL'de 11,1/sn uyararı sıklığında elde edilen I-III-V. dalga latanslarının ve I-V dalgaları arası latans değerlerinin karşılaştırılması*

	Uyararı	n	Ort (ms)	s	Z	p
I. Dalga	Klik	5	1,91	0,2	0	1
	Chirp	5	1,91	0,14		
III. Dalga	Klik	9	4,22	0,19	-1,778	0,075
	Chirp	9	3,94	0,39		
V. Dalga	Klik	30	6,06	0,18	-0,011	0,991
	Chirp	30	6,05	0,13		
I / V Aralığı	Klik	5	4,07	0,17	-0,405	0,686
	Chirp	5	4,1	0,03		

\* $p<0,05$

Tablo 5.'te işitme kayıplı bireylerde 80 dBnHL de 11,1/sn uyararı sıklığında klik ve LS chirp uyararılarına ait I-III-V. dalga latans değerlerinin karşılaştırılmasına ilişkin Wilcoxon testi sonuçları gösterilmiştir.

Tablo 5 incelendiğinde araştırmaya dahil edilen bireylerde 80 dBnHL'de 11,1/sn uyararı sıklığında klik ve LS chirp uyararının I-III-V dalga latans değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı görülmüştür ( $p>0,05$ ).

Tablo 5'te ayrıca işitme kayıplı bireylerde LS chirp ve klik uyararılarına ait I-V dalgaları arası latans karşılaştırılmasına ilişkin Wilcoxon testi sonuçları gösterilmiş olup, klik ve LS chirp latans değerleri arasında fark olmadığı belirlenmiştir ( $p>0,05$ ).

Tablo 6.

*İşitme kayıplı bireylerde 60 dBnHL'de 11,1/sn uyararı sıklığında klik ve LS chirp uyararının V. dalga latans değerlerinin karşılaştırılması*

	Uyararı	n	Ort (ms)	s	Z	p
V. Dalga	Klik	30	6,72	0,28	-2,369	0,018*
	Chirp	30	6,9	0,28		

\* $p<0,05$

Tablo 6.'da araştırmaya katılan işitme kayıplı bireylerde 60 dBnHL'de 11,1/sn uyaran sıklığında klik ve LS chirp uyarınının V. dalga latanslarının karşılaştırılmasına ilişkin Wilcoxon testinden elde edilen bulgular verilmiştir.

Tablo 6 incelendiğinde işitme kayıplı bireylerde 60 dBnHL 11,1/sn uyaran sıklığında klik ve LS chirp uyarınının V dalga latansları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu saptanmıştır ( $p<0,05$ ). İşitme kayıplı bireylerde 60 dBnHL 11,1/sn uyaran sıklığında LS chirp uyarınının V. dalga latans değerleri klik uyarana göre daha uzun bulunmuştur.

Tablo 7.

*İşitme kayıplı grupta klik ve LS chirp uyarılarının 80 ve 60 dBnHL'deki latans farkının karşılaştırılması.*

Uyaran	n	s	M	Z	p
Klik	30	0.66	0.21	0.63	-2.044 0,041*
Chirp	30	0.62	1.28	0.82	

\* $p<0,05$  (11.1/sn uyaran sıklığı)

Tablo 7'de, işitme kayıplı grupta klik uyarın ile 80 dBnHL'den 60 dBnHL'e inildiğindeki V dalga latansı uzaması ile yine aynı grupta LS chirp uyarın ile 80 dBnHL'den 60 dBnHL'e inildiğindeki V dalga latans uzaması farkı karşılaştırması için Wilcoxon testi verilmiştir. İki Şiddet seviyesi latans uzamaları arasındaanlamlı bir fark olduğu saptanmıştır ( $p<0.05$ ).

İşitme kayıplı bireylerde LS chirp uyaranda 80 dBnHL 60 dBnHL inildiğindeki V. dalga latans uzaması farkı, klik uyarana göre daha fazladır.

Tablo 8.

*Hafif derece işitme kaybının (Grup 1) klik ve LS chirp uyarana etkisi (80 dBnHL, 11.1/sn uyaran sıklığı)*

	Uyaran	n	Ort (ms)	s	Z	p
I. Dalga	Klik	4	1,85	0,17	-1,069	0,285
	Chirp	4	1,97	0,04		
III. Dalga	Klik	7	4,22	0,18	-1,753	0,08
	Chirp	7	3,88	0,42		
V. Dalga	Klik	19	5,99	0,12	-1,221	0,222
	Chirp	19	6,03	0,1		

\* $p<0,05$

Tablo 8'de Grup 1 80 dBnHL 11,1/sn uyaran sıklığında klik ve LS chirp uyarın karşılaştırılmasına ilişkin Wilcoxon testi sonuçları gösterilmiş olup, Grup 1 80

dBnHL’de klik ve LS chirp uyaralarına ait I, III ve V. dalga latans değerleri arasında anlamlı bir fark olmadığı tespit edilmiştir ( $p>0,05$ ).

Tablo 9.

*Hafif derece işitme kaybının (Grup 1) klik ve LS chirp uyarana etkisi (60 dBnHL, 11.1/sn uyarın sıklığı)*

	Uyarın	n	Ort (ms)	s	Z	p
V.	Klik	19	6.59	0.14	-2.777	0,005*
Dalga	Chirp	19	6.87	0.3		

\* $p<0,05$

Tablo 9’da araştırmaya dahil olan Grup 1 60 dBnHL 11,1/sn uyarın sıklığında klik ve LS chirp uyarana ait V. dalga karşılaştırılmasına ilişkin yapılan Wilcoxon testi bulguları gösterilmiştir.

Tablo 9 incelendiğinde Grup 1 60 dBnHL 11,1/sn uyarın sıklığında klik ve LS chirp uyarana ait V. dalga latansdeğerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farkın bulunduğu tespit edilmiştir ( $p<0,05$ ). Grup 1 60 dBnHL de LS chirp uyarın V. dalga latans değerleri klik uyarana göre daha uzun bulunmuştur.

Tablo 10.

*Orta derece işitme kaybının (Grup 2) klik ve LS chirp uyarana etkisi (80 dBnHL, 11.1/sn uyarın sıklığı)*

	Uyarın	n	Ort (ms)	s	Z	p
III. Dalga	Klik	2	4,2	0,28	-0,447	0,655
	Chirp	2	4,17	0,14		
V. Dalga	Klik	11	6,18	0,21	-1,531	0,126
	Chirp	11	6,1	0,16		

\* $p<0,05$

Tablo 10’da Grup 2 80 dBnHL 11,1/sn uyarın sıklığında klik ve LS chirp uyaranalara ait III ve V. dalga latans değerleri karşılaştırılmasına ilişkin Wilcoxon testi sonuçlarına yer verilmiştir.

Tablo 10 incelendiğinde, Grup 2 80 dBnHL’de klik ve LS chirp uyarın V. dalga latans değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadığı belirlenmiştir ( $p>0,05$ ).

Tablo 11.

*Orta derece işitme kaybının (Grup 2) klik ve LS chirp uyarana etkisi (60 dBnHL, 11.1/sn uyarın sıklığı)*

	Uyarın	n	Ort (ms)	s	Z	p
V. Dalga	Klik	11	6,95	0,31	-0,051	0,959
	Chirp	11	6,94	0,25		

\* $p < 0,05$

Tablo 11.'de Grup 2'nin elde edilen 60 dBnHL 11,1/sn uyarın sıklığında klik ve LS chirp uyarın karşılaştırılmasına ilişkin yapılan Wilcoxon testi sonuçları verilmiş olup, klik ve LS chirp V. dalga latans değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farkın olmadığı tespit edilmiştir ( $p > 0,05$ ).

Tablo 12.

*Klik uyarın ile 80 dBnHL'de elde edilen dalga latans değerlerinin işitme kaybı derecelerine göre karşılaştırılması*

	Grup	n	Ort (ms)	s	Med	SO	Z	p
I Dalga	Grup 1	8	1,96	0,25	2	4,75	-0,784	0,433
	Grup 2	1	2,13	.	2,13	7		
III. Dalga	Grup 1	12	4,16	0,19	4,24	8,5	-0,65	0,516
	Grup 2	5	4,23	0,15	4,27	10,2		
V. Dalga	Grup 1	19	5,99	0,12	5,97	12,16	-2,754	0,006*
	Grup 2	11	6,18	0,21	6,13	21,27		

\* $p < 0,05$  Grup 1: Hafif derecede işitme kaybı, Grup 2: Orta derecede işitme kaybı, uyarın sıklığı: 11.1/sn

Tablo 12'de Grup 1 ile Grup 2'nin 80 dBnHL 11,1/sn uyarın sıklığında klik uyarınla elde edilen ABR dalgalarının karşılaştırılmasına ilişkin Mann-Whitney U testi sonuçlarına yer verilmiştir.

Tablo 12 incelendiğinde Grup 1 ve Grup 2 arasında 80 dBnHL 11,1/sn uyarın sıklığında I ve III. dalga latansları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farkın bulunmadığı, ancak V. dalga latansları arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir ( $p < 0,05$ ). Grup 2'nin V. dalga latansları Grup 1'den daha uzundur.



Tablo 13.

*Klik uyararı ile 60 dBnHL'de elde edilen dalga latans değerlerinin işitme kaybı derecelerine göre karşılaştırılması*

	Grup	n	Ort (ms)	s	Med	SO	Z	p
V. Dalga	Grup 1	19	6,59	0,14	6,53	11,13	-3,586	0,000*
	Grup 2	11	6,95	0,31	6,9	23,05		

\* $p < 0,05$  Grup 1: Hafif derecede işitme kaybı, Grup 2: Orta derecede işitme kaybı, uyararı sıklığı: 11.1/sn

Tablo 13'de Grup 1 ve Grup 2'ye ait klik uyararı ile 60dBnHL 11,1/sn uyararı sıklığında elde edilen V. dalga latans karşılaştırılmasında kullanılan Mann-Whitney U testi sonuçları gösterilmiştir.

Tablo 13. incelendiğinde Grup 1 ve Grup 2 60 dBnHL 11,1/sn uyararı sıklığında klik uyararına ait V. dalga latans değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu tespit edilmiştir ( $p < 0,05$ ). Bu bulguya göre, Grup 2 60 dBnHL klik uyararına ait V. dalga latans değerleri Grup 1'e göre daha uzundur.

Tablo 14.

*LS chirp uyararı ile 80 dBnHL'de elde edilen dalga latans değerlerinin işitme kaybı derecelerine göre karşılaştırılması*

	Grup	n	Ort (ms)	s	Med	SO	Z	p
I Dalga	Grup 1	6	1,94	0,12	1,97	4,5	0	1
	Grup 2	2	1,94	0,37	1,94	4,5		
III. Dalga	Grup 1	10	3,95	0,36	4,07	6,95	-0,786	0,432
	Grup 2	4	4,14	0,26	4,17	8,88		
V. Dalga	Grup 1	19	6,03	0,1	6,04	13,21	-1,886	0,059
	Grup 2	11	6,1	0,16	6,1	19,45		

\* $p < 0,05$  Grup 1: Hafif derecede işitme kaybı, Grup 2: Orta derecede işitme kaybı, uyararı sıklığı: 11.1/sn

Tablo 14'te 80 dBnHL 11,1/sn uyararı sıklığında LS chirp uyararı ile elde edilen I, III ve V. dalga latans değerleri, grup 1 ve 2 arasında Mann Whitney U testi ile yapılan karşılaştırma sonuçları verilmiştir. Bu bulgulara göre iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı belirlenmiştir ( $p > 0,05$ ).

Tablo 15.

*LS chirp uyaran ile 60 dBnHL’de elde edilen dalga latans değerlerinin işitme kaybı derecelerine göre karşılaştırılması*

	Grup	n	Ort (ms)	s	Med (ms)	SO	Z	p
V. Dalga	Grup 1	19	6,87	0,3	6,84	14,76	-0,604	0,546
	Grup 2	11	6,94	0,25	7,04	16,77		

\* $p < 0,05$  Grup 1: Hafif derecede işitme kaybı, Grup 2: Orta derecede işitme kaybı, uyaran sıklığı: 11,1/sn

Tablo 15’de Grup 1 ve 2’ye ait LS chirp uyaran ile 60 dBnHL 11,1/sn uyaran sıklığında elde edilen V. dalga latansları karşılaştırılmasına ilişkin Mann-Whitney U testi sonuçlarına yer verilmiştir. Bu bulgulara göre iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı tespit edilmiştir ( $p > 0,05$ ).

### Çalışma Grubu İle Kontrol Grubunun Karşılaştırma Bulguları

Tablo 16.

*Normal işiten grup ile işitme kayıplı grubun dalga latanslarının karşılaştırılması (Klik, LS CE-Chirp, 80 dBnHL, 11,1/sn uyaran sıklığı)*

Uyaran	Ölçüm	Grup	n	Ort (ms)	s	Med (ms)	SO	Z	p	
KLİK	I. Dalga	Kontrol	30	1.37	0.09	1.33	15.5	-4.578	0,000*	
		Çalışma	9	1.98	0.24	2	35			
	III. Dalga	Kontrol	30	3.54	0.19	3.47	15.63	-5.582	0,000*	
		Çalışma	17	4.18	0.18	4.27	38.76			
	V. Dalga	Kontrol	30	5.32	0.16	5.3	15.5	-6.687	0,000*	
		Çalışma	30	6.06	0.18	6.07	45.5			
	I-V aralığı	Kontrol	30	3.95	0.14	3.94	19.02	-0.99	0.322	
		Çalışma	9	4.02	0.18	4.03	23.28			
	LS CHIRP	I. Dalga	Kontrol	30	1.47	0.08	1.47	15.5	-4.382	0,000*
			Çalışma	8	1.94	0.17	1.97	34.5		
III. Dalga		Kontrol	30	3.6	0.15	3.6	17.55	-3.755	0,000*	
		Çalışma	14	4	0.34	4.07	33.11			
V. Dalga		Kontrol	30	5.43	0.13	5.44	15.5	-6.681	0,000*	
		Çalışma	30	6.05	0.13	6.06	45.5			
I-V aralığı		Kontrol	30	3.96	0.15	3.95	18.4	-1.187	0.235	
		Çalışma	8	4.04	0.1	4.09	23.63			

\* $p < 0,05$

Tablo 16’da işitme kayıplı ve normal işiten grupların klik uyaran ile 80 dBnHL 11,1/sn uyaran sıklığında elde edilen I-III-V dalga latanslarının karşılaştırılmasına dair Mann-Whitney U testi sonuçları gösterilmiştir.

Tablo 16. İncelendiğinde, klik uyaran 80 dBnHL 11,1/sn uyaran sıklığında elde edilen, işitme kayıplı ve normal işiten gruba ait I-III-V dalga latansları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu saptanmıştır ( $p < 0,05$ ). İşitme kayıplı

grubun I-III-V. dalga latans değerleri normal işiten grubuna göre anlamlı düzeyde uzun elde edilmiştir.

Yine Tablo 16’da İki grup arasında LS chirp uyaran ile elde edilen I-III-V. dalga latanslarının karşılaştırılmasına dair Mann-Whitney U testi sonuçlarına yer verilmiştir. Bu bulgulara göre LS chirp I-III-V. dalga latansları arasında anlamlı bir fark görülmüştür ( $p < 0,05$ ). İşitme kaybı olan bireylerin LS chirp uyaran ile elde edilen I-III-V dalga latans değerleri normal işiten bireylere göre daha uzundur.

Tablo 16’da bulunan bir başka sonuç ise iki gruba ait LS chirp uyaran ile elde edilen I-V dalgalar arası latans karşılaştırmasına ilişkin Mann-Whitney U testi sonuçlarıdır. Bu bulgulara göre, iki gruba ait LS chirp uyaran ile elde edilen I-V dalgalar arası latans değerleri arasında fark olmadığı saptanmıştır ( $p > 0,05$ ).

## BÖLÜM V

### Tartışma

Bu bölümde, elde edilen bulgular literatürde yer alan araştırmalar çerçevesinde tartışılmıştır.

#### Normal İşitenlerde Klik ve LS Chirp Uyarı Cevapları

İşitsel beyinsapı cevabı (ABR), işitme eşiğinin tahmin edilmesinde (Bargen, 2015) merkezi ve periferik işitsel sinir sistemi patolojisinin tanımlanmasında klinik olarak kullanılabilen işitsel uyarılmış bir potansiyeldir (Maloff & Hood, 2014). ABR testinde genel olarak hızlı bir başlangıcı olduğu ve geniş bantlı bir uyarı olduğu için klik uyarı kullanılır (Cobb & Stuart, 2014). Bu geniş frekans spektrumu nedeniyle klik uyarı, baziler membranın daha geniş bir alanını aktive eder ve cevap oluşur.

Ancak klik uyarı, tüm kokleayı aynı anda uyarımaz (Petoe, diğ., 2010; Xu, diğ., 2014). İlerleyen ses dalgasının yüksek frekanslı bölgeden kokleanın alçak frekanslı bölgesine gitmesi zaman alır (Elberling, diğ., 2007; Zirn, diğ., 2014). Bu nedenle, kokleanın tonotopik organizasyonuna bağlı olarak en yüksek frekans cevabı ile en alçak frekans cevabı arasında bir gecikme vardır (Dau, diğ., 2000). Bazal bölge apikal bölgeden önce uyarıldığı için klik uyarı cevabı esas olarak daha çok bazal bölgedeki, yüksek frekanslı aktivitenin bir yansımasıdır (Maloff & Hood, 2014). Klik uyarısının aksine, CE-Chirp, bunun özellikle daha alçak frekans bölgesinde daha iyi tahmin performansı sağlayacağı düşünülerek tüm kokleadan yanıtları ortaya çıkarmak için tasarlanmıştır (Maloff & Hood, 2014).

Çalışmamızın amacı, yüksek frekans işitme kaybında işitme kaybının tanımlanması için LS CE-Chirp uyarının klik uyarıya kıyasla tanısal doğruluğunu değerlendirmektir.

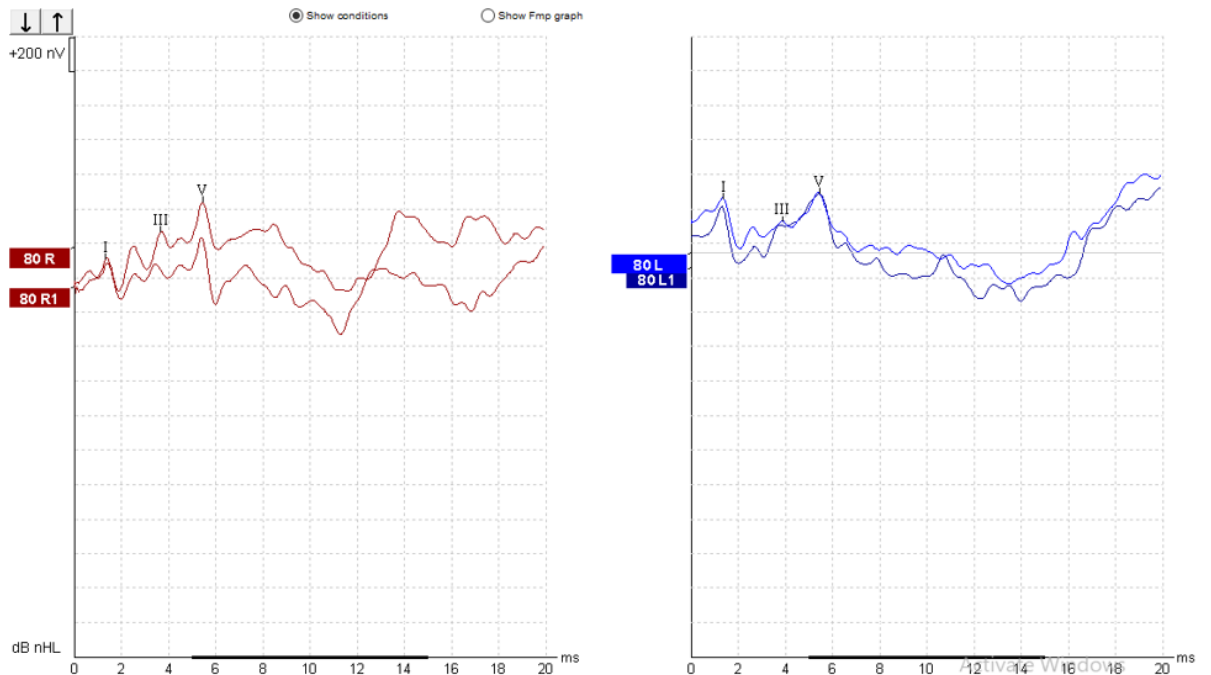
Tanısal test parametrelerinde (uyarı şiddeti 80 dBnHL; uyarı sıklığı 11,1/sn) klik uyarı kullanıldığında, deneklerin I., III. ve V. Dalga latans ortalamalarının (sırasıyla 1,37 msn, 3,51 msn ve 5,28 msn) ve I-V dalga aralıklarının (3,91 msn) Antonelli ve arkadaşlarının araştırmasıyla uyumlu olduğu belirlendi. (Antonelli, A.R., diğ., 1987). LSC uyarı kullanıldığında da dalga latanslarının

“normal” sınırlar içinde olduğu ama klik uyarana göre ortalama 0,07 msn daha uzun olduğu bulundu. Bu farkın istatistiksel olarak anlamlı bulunmasının nedeni, denek grubunun sınırlı bir yaş grubu arasından seçilmesi olabilir. Ancak tanısal testlerde latans uzamalarında görülen küçük farkların tanısal öneme sahip olduğu da bilinmektedir. Örneğin, Schmidt ve Sataloff (2001), 0,2 msn’lik latans artışını koklear patoloji ile retrokoklear patolojinin ayırımında kriter olarak kabul etmektedir. Bu nedenle V. Dalga latansında klik ve LS chirp uyarımlar arasında bulunan farkın önemli bir sonuç olduğu düşünülmüştür.

Uyaran şiddeti 80 dBnHL düzeyinde sabit tutulurken, uyarm sıklığı 11,1/sn’den 31,1/sn’ye çıkarıldığında klik uyaranda I. Dalga’da belirgin bir uzama görülmemiştir, III. ve V. Dalga latanslarında ise uzama saptanmıştır. III. ve V. Dalgaların işitme sinirinden sonraki sinaptik çekirdekler tarafından üretildiği düşünüldüğünde (Burkard, R.F., diğ., 2007), her iki uyarının da beyinsapı düzeyinde benzer etki gösterdiği görülmüştür. Ancak uyarm sıklığı arttırıldığında I. Dalga latansında LS chirp uyarana bağlı olarak görülen anlamlı uzama, LS chirp uyarının üretim tekniğinin bir sonucu olabilir.

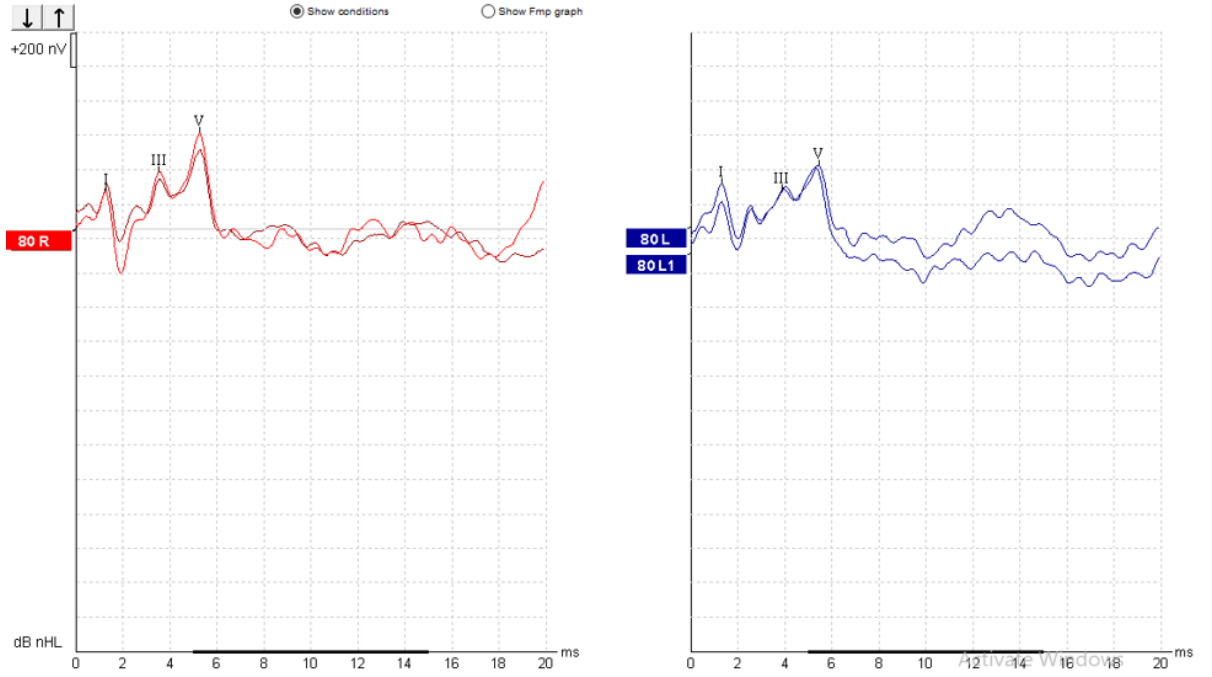
Şekil 2.

*Normal işiten bireyde ABR dalga morfolojisi (Klik uyarım 31.1/sn uyarm sıklığı)*



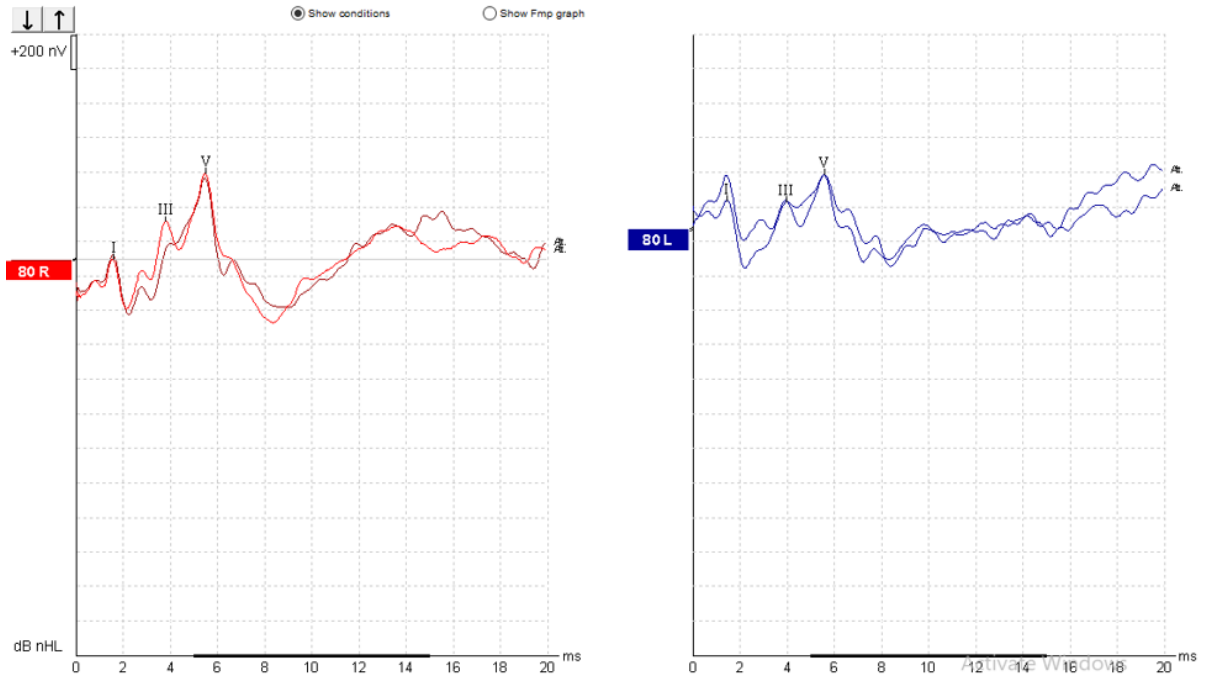
Şekil 3.

*Normal işiten bireyde ABR dalga morfolojisi (Klik uyarı 11.1/sn uyarı sıklığı)*



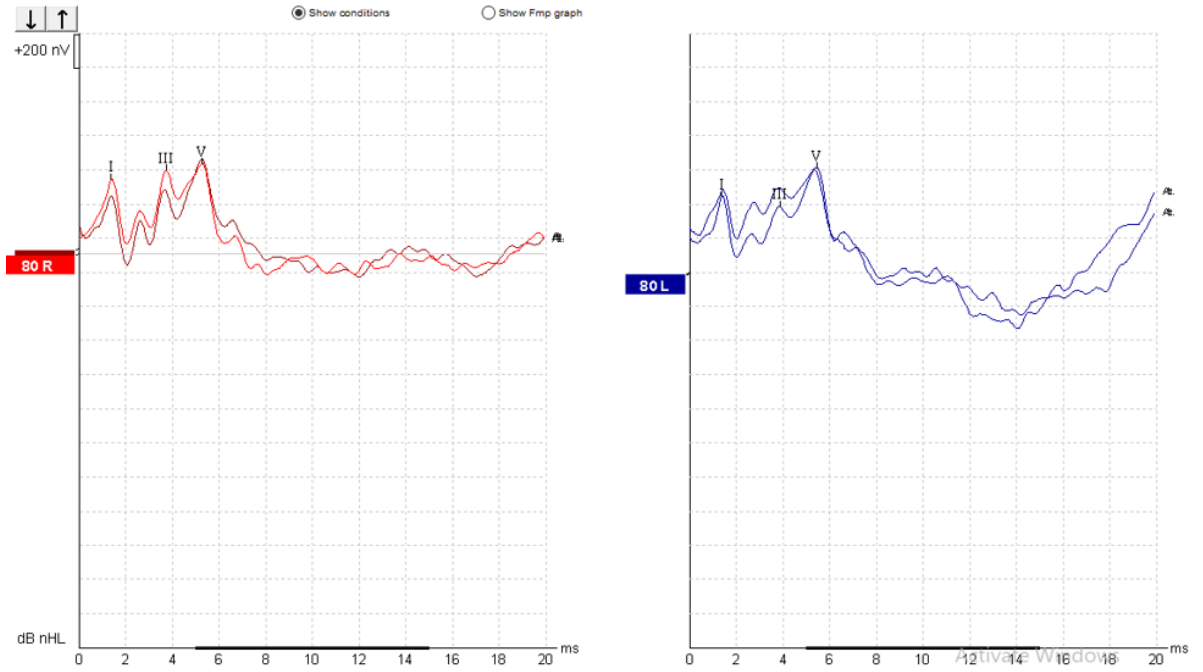
Şekil 4.

*Normal işiten bireyde ABR dalga morfolojisi (LS CE-Chirp uyarı 31.1/sn uyarı sıklığı)*



Şekil 5.

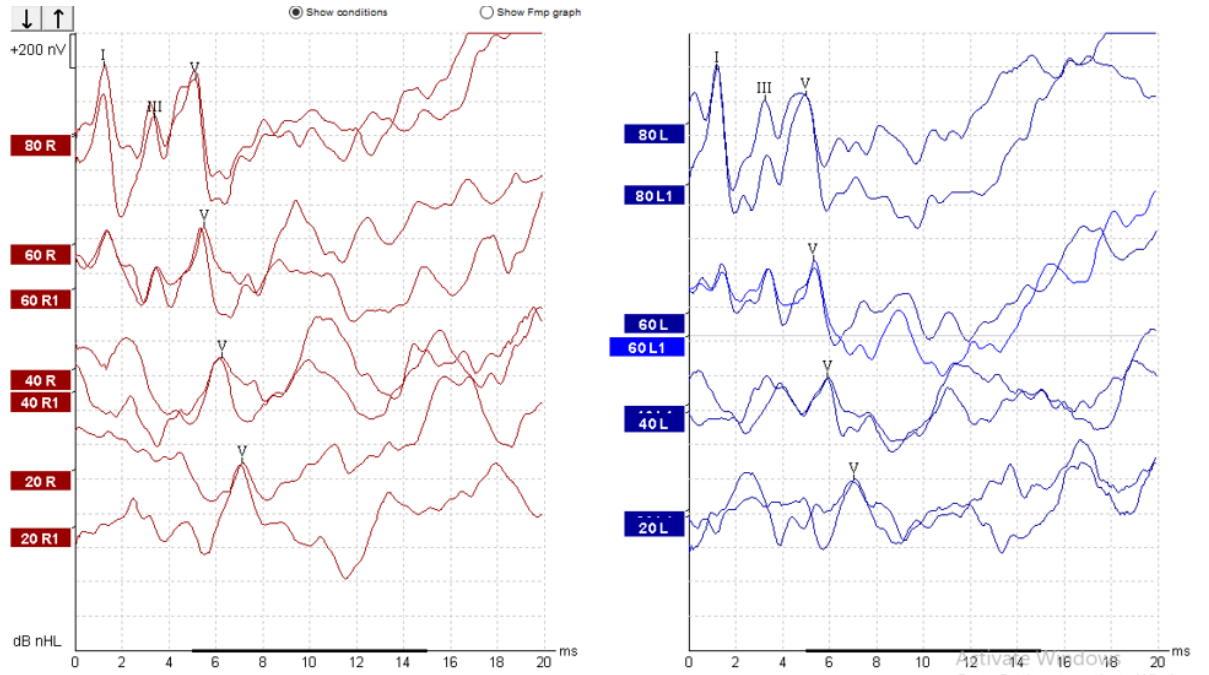
*Normal işiten bireyde ABR dalga morfolojisi (LS CE-Chirp uyaran 11.1/sn uyaran sıklığı)*



Uyaran şiddeti 60 dBnHL seviyesine indirildiğinde klik ve LS chirp uyaranlara bağlı V. Dalga latans farkının minimuma indiği, ancak 20 dBnHL seviyesinde yeniden anlamlı olarak arttığı gözlenmiştir.

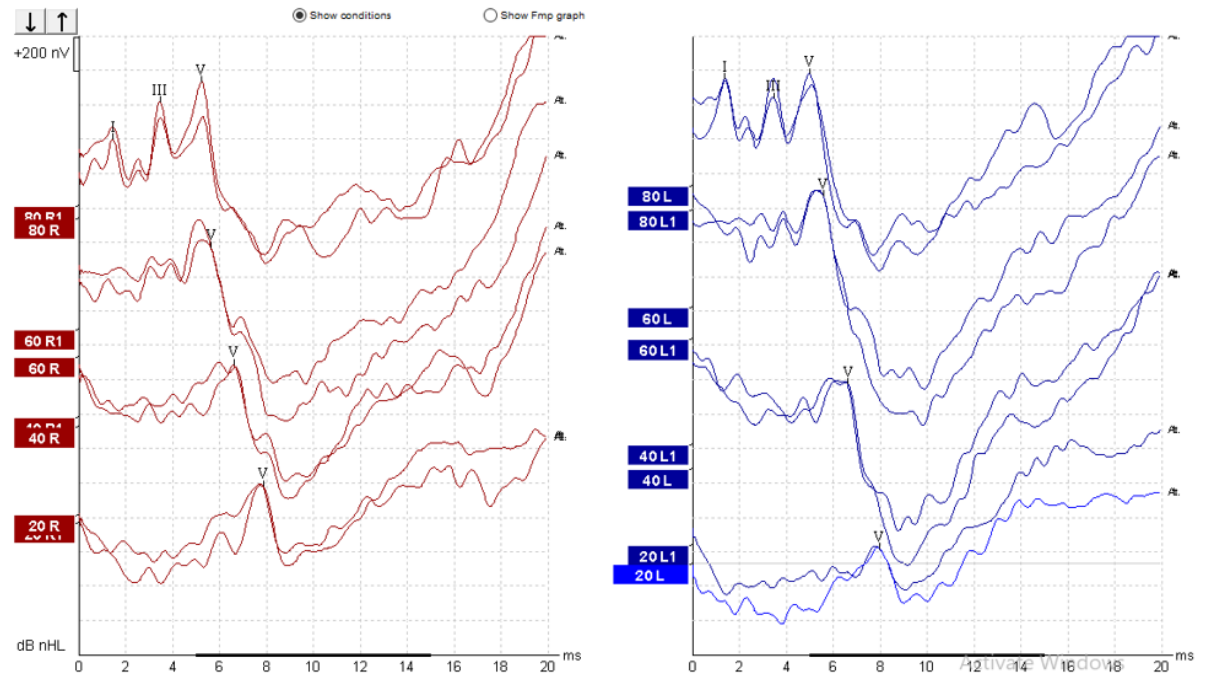
Şekil 6.

*Normal işiten bireyde ABR dalga morfolojisi (Klik uyarı 31.1/sn uyarı sıklığı)*



Şekil 7.

*Normal işiten bireyde ABR dalga morfolojisi (LS CE-Chirp uyarı 31.1/sn uyarı sıklığı)*





Her iki uyarım da cinsiyete bağılı olarak V. Dalga tepe latanslarında ve I-V dalgalar arası latanslarda anlamlı farklılık gösterdi. LS chirp uyaranda kadın erkek farkı daha belirgindi. Cinsiyetin V. Dalga latansına etkisi önceden beri bilinmektedir. Örneğin, Rupa ve Dayal (1993) normal işiten yetişkinlerde yaşa bağılı olarak V. Dalga latansını tahmin etmek için geliştirdikleri formülde kadın ve erkek için farklı değerler belirlediler. Formül şöyledir:

$$V. Dalga latansı (msn) = 4.892 + (0.007 \times \text{yaş}) + (0.091 \times \text{cinsiyet}).$$

Formülde cinsiyet bölümüne kadın için 1, erkek için 2 yazılması gerekmektedir. LS chirp cinsiyete bağılı olarak ABR dalga latanslarını klik uyarandan daha fazla etkilemesi, normatif değerlerin belirlenmesinde göz önünde bulundurulmalıdır.

İki uyarım tipi arasında önemli bir diğer farklılık, latans değerlerinin standart sapmalarında görüldü. Uyarım şiddet seviyesi düşürüldüğünde ve uyarım sıklığı arttırıldığında dalga latanslarının standart sapmasının artması bilinen bir durumdur (Burkard, R.F. & Sims, D., 2001; Stürzebecher, E., diğ., 2003). Çalışmamızda 80 dBnHL şiddetinde ve 11,1/sn uyarım sıklığında LS chirp ile klik uyarının oluşturduğu V. Dalga latanslarının standart sapması aynıydı (0,15). Ancak uyarım sıklığı arttırıldığında ve uyarın şiddeti azaldığında LS chirp uyarana bağılı standart sapma, klik uyarana göre daha fazla artış gösterdi. 60 dBnHL’de LS chirp standart sapması 0,38, klik uyarının 0,25 iken, 20 dBnHL’de sırasıyla 0,52 ve 0,45 olarak bulundu. 80 dBnHL’de uyarım sıklığı 31,1/sn’ye çıkarıldığında klik uyarının standart sapması 0,16’da kalırken, LSC’nin standart sapması 0,22’ye çıktı.

Kristensen ve Elberling 2012 yılında 10 denek üzerinde yaptıkları çalışmada, 80 dBnHL seviyesinde ve 27,1/sn uyarım sıklığında V. Dalga latansını klik uyararla 5,29 msn, LS chirp ile 6,31 msn’de buldular. Dalga latanslarının standart sapması her iki uyaranda da 0,27 idi. Bu çalışmada klik ile LS chirp arasındaki fark bizim sonuçlarımızdan daha büyüktü. İki çalışma arasındaki daha önemli bir fark ise Kristensen ve Elberling’in çalışmasında uyarın şiddeti 60 dBnHL’e indirildiğinde, LS chirp uyarının V. Dalga latansının 80 dBnHL’e göre daha erken ortaya çıkmasıydı. Bizim çalışmamızda ise şiddet seviyesi azaldıkça her iki uyarın tipinde de V. Dalga latansında anlamlı uzama görüldü.

Klik ve LS chirp uyaraların ABR dalga latanslarına etkisi başka araştırmaların da konusu olmuştur. Bu alışmalarda LS chirp uyararı ile elde edilen V. Dalga latans değerleri “normal sınırlar”da bulunmasına rağmen, klik uyararı ile elde edilen değerlerle ilişkisi farklılık göstermektedir. Örneğin, Jamal vd. (2021), 13 kişiyle yaptıkları çalışmada, 80 dBnHL şiddetinde LSC cevaplarını klik uyararına göre daha erken elde etmişlerdir.

Latans değerlerinde ortaya çıkan farklılıklar değerlendirildiğinde, LS Chirp uyararının şiddete ve cinsiyete bağlı olarak klik uyararıyla anlamlı farklılık göstermesi ve standart sapmasının klickten daha yüksek olması, LS chirp uyararı için normatif bulguların belirlenmesini gerekli kılmaktadır.

### **Yüksek Frekans İşitme Kayıplarında Klik ve Chirp Uyararı Cevapları**

Yüksek frekans işitme kayıplılarda (YFİK) klik uyararı cevaplarında V. Dalga latansının normal sınırların dışına çıktığı bilinmektedir (Fowler & Durrant, 1994). Klik uyararının özellikle 4000 Hz saf ses eşiği ile yüksek korelasyon göstermesi (Maloff & Hood, 2014), YFİK’lı hastalarda latans uzamasının gerekçesi olduğu düşünülmektedir (Fowler & Durrant, 1994). Bu hastaların tanısall değerlendirmesinde odyogram konfigürasyonunun yanı sıra “düzeltme faktörü” de önem taşımaktadır. Yapılan alışmalar 4000 Hz saf ses eşiğindeki 10 dB’lik farkın V. Dalga latansında yaklaşık 0,1 ms’lik uzamaya neden olduğunu göstermektedir (Rosenhall, 1981; Rosenhamer, 1981).

Çalışmanın YFİK’lılarla yapılan bölümünde esas olarak LS Chirp’un 4000 Hz saf ses eşiğine olan duyarlılığı araştırılmıştır. Çalışma grubunda da standart sapmanın mümkün olduğu kadar düşük tutulması amaçlandığından etiyojisi belirli bir grup üzerinde çalışılmıştır. Kıbrıs’ta avcılık yaygın bir hobi olduğundan akustik travmaya bağlı işitme kaybı yaşayan geniş bir popülasyon bulunmaktadır. Akustik travmanın odyogram konfigürasyonu tipik olduğundan, ABR ölçümlerinde standart sapmanın düşük olması beklenmiştir.

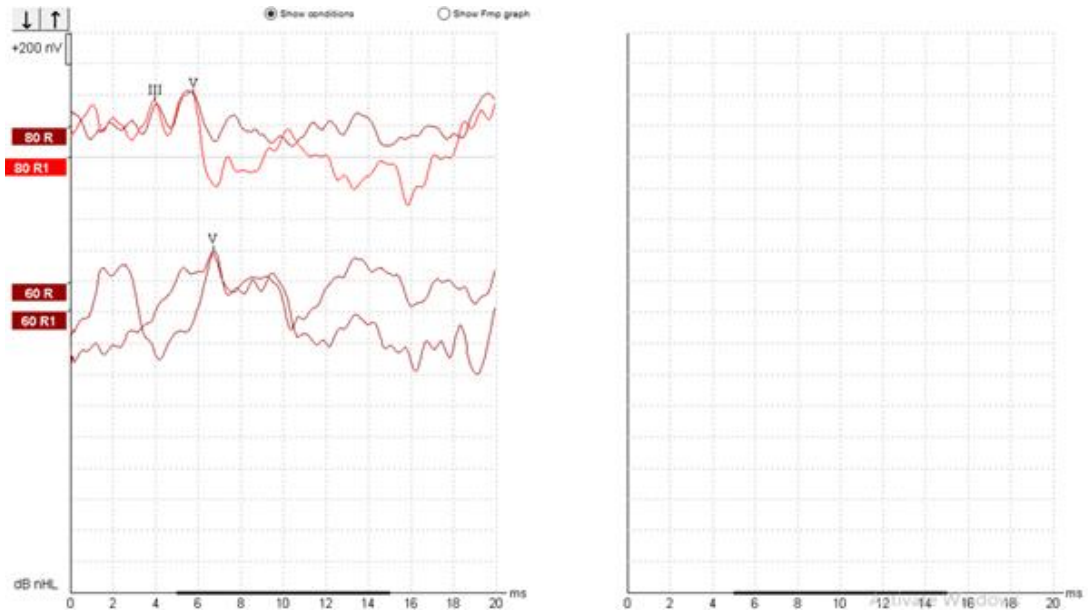
## Klik ile LS Chirp uyarın cevaplarının karşılaştırılması

### *Dalgaların görülme oranı*

Çalışma grubunda hem klik hem LS CE Chirp uyaranda tüm deneklerde V. dalga elde edilmiştir (30/30). III. Dalga hem klik hem de LS Chirp uyaranda 9 denekte (9/30), I. dalga ise 5 denekte elde edilebildi (5/30). Ancak Normal işiten kontrol grubunda dalgaların tümü tüm katılımcılarda görülmüştü. Yüksek frekans işitme kayıplarında I. ve III. dalgaların görülme oranının düşmesi literatürdeki çalışmalarla uyumludur (Shepard, & diğ.,1992; Fowler & Durrant, 1994; Martin, & diğ. 2012). Tanısal değerlendirmede I-V dalga aralığının önemli bir kriter olduğu düşünüldüğünde, I. Dalganın görülme oranında değişiklik olmaması, tanısal anlamda LS-Chirp'ün lehine bir farklılık yaratmamaktadır.

Şekil 8.

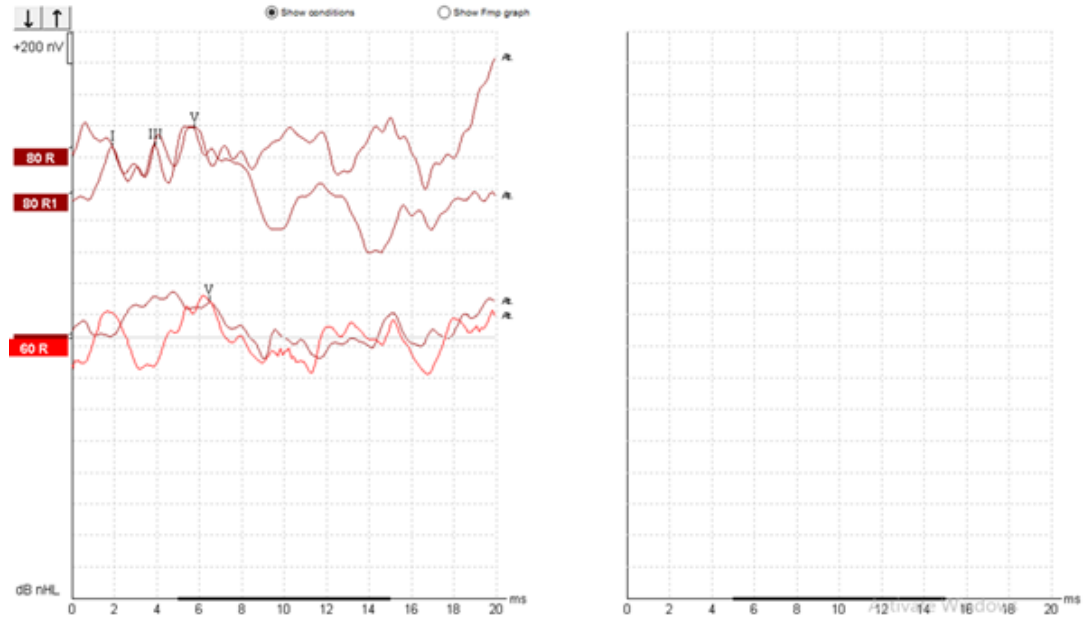
*İşitme kayıplı bireyde ABR dalga morfolojisi (klik, 80 ve 60 dBnHL, 11.1/sn)*



(I. dalga yok, III ve V. Dalga elde edildi)

Şekil 9.

*İşitme kaybılı bireyde ABR dalga morfolojisi (LS Chirp, 80 ve 60 dBnHL, 11.1/sn)*



(I, III ve V. Dalgalar elde edildi)

### ***Dalga Latansları***

Her iki uyaranda da 80 dBnHL uyarın seviyelerinde I, III, V. dalga latanslarının normal işiten bireylere göre uzadığı saptandı. Bu da her iki uyarının sensorinöral işitme kaybından etkilendiği göstermektedir.

Uyarım şiddeti 60 dBnHL'e indirildiğinde (31,1/sn uyarım sıklığı) yine klik ve LS Chirp uyarana bağlı V. Dalga latansında 80 dB'e göre latansın arttığı ancak LS Chirp uyarana bağlı artışın istatistiksel olarak daha fazla olduğu bulundu. Kontrol grubunda, 60 dB uyarın şiddetinde (31,1/sn) klik ile LS chirp arasında latans farkı bulunamamıştı.

I-V dalgalar arası latans farkı incelendiğinde kontrol grubu ile çalışma grubu arasında fark bulunmaması, I-V dalgalar arası latans farkının YFİK'dan etkilenmediğini göstermektedir.

Çalışma grubunda, kontrol grubundan farklı olarak LS Chirp ve klik uyarılara bağlı dalga latansları arasında anlamlı bir fark bulunmadı. Biagio vd. (2020) yaptıkları çalışmada LS Chirp ile alçak frekans işitme eşikleri arasındaki

korelasyonun klikten daha yüksek olduğunu gösterdiler. Klik uyarının ise alçak frekanslardan çok, yüksek frekans işitme eşikleri ile daha yüksek korelasyon gösterdiği zaten bilinmektedir (Maloff & Hood, 2014). Yüksek frekans işitme kaybı olan hastalarda 4000 Hz’de görülen işitme kaybı artışı, klik uyarı cevaplarında (Grup 1 ile Grup 2 arasında) hem 80 dB hem de 60 dB şiddet düzeyinde anlamlı bir fark yaratırken, LS Chirp uyarı cevaplarında her iki şiddet seviyesinde de anlamlı bir fark bulunamadı. LS Chirp’ün yüksek frekans eşiklerinden klik uyarı kadar etkilenmemesi, koklear / retrokoklear patolojilerin ayırımında daha güvenilir bir uyarı olmasını sağlayabilir. Yüksek frekans koklear işitme kayıplarında V. Dalga latansı uzasa bile I-V dalga aralıkları normal sınırlarda kalmaktadır (Fowler & Durrant, 1994; Shepard, & diğ.,1992). Ancak işitme kaybındaki artışa bağlı olarak ABR’de ilk dalgaların görülme olasılığı azaldığından tanısal değerlendirme V. Dalga tepe latansı ve kulaklar arası dalga latanslarının karşılaştırılması daha önemi hale gelmektedir (Fowler & Durrant, 1994). Klik uyarıda işitme kaybı miktarına göre V. Dalga latansına uygulanacak düzeltme faktörü, tanısal değerlendirmeyi zorlaştırabilir. LS Chirp cevaplarının yüksek frekans işitme kaybından klik kadar etkilenmemesi V. Dalga mutlak latans değerinin saptanmasını kolaylaştırabilir.

### ***Düzeltilme faktörü***

Fowler ve Durrant, (1994), hafif ila orta derecede düz veya hafif eğimli işitme kayıplarının, yüksek bir uyarı düzeyinde (örneğin, 80 dBnHL) elde edilen ABR dalgaları üzerindeki etkilerinin minimal olduğunu belirtmişlerdir. Bu araştırmacılara göre, muhtemelen nöral alanların azalmasına bağlı olarak genlikte bir miktar azalma görülebilse de, diğer ABR indeksleri tipik olarak etkilenmeyecektir. Rosenhall (1981) ve Rosenhamer (1981) ise keskin eğimli ileri derecede yüksek frekanslı sensörinöral işitme kaybında ilk dalgaların genliğinin azalabileceğini veya görülemeyebileceğini ve mevcut olan herhangi bir dalga için mutlak latanslarında gecikme olabileceğini belirtmişlerdir. Çalışmamızda ise tüm işitme kayıplarında hem klik hem de LS Chirp ile V. dalga latans değerlerinde uzama saptanmıştır. Bu uzama LS Chirp için 40 dB HL sonrası anlamlı bir farklılık göstermezken; klik uyarıda işitme kaybındaki artış her seviyede latans değerini etkilemiştir.

İşitme kaybı düzeyine bağlı olarak LS Chirp cevaplarında V. Dalga latansındaki gecikmenin belirlenmesi, tanısal test standartlarının oluşturulması açısından önem taşımaktadır. Bu konuda çalışmaların artırılması gereklidir.

## BÖLÜM VI

### Sonuç ve Öneriler

Bu bölümde araştırmanın amaç ve alt amaçları doğrultusunda ulaşılan sonuçlara ve bu sonuçlardan yola çıkarak geliştirilen önerilere yer verilmiştir.

#### Sonuç

LS Chirp ile klik uyarana bağlı ABR cevapları arasındaki ilişki, normal işitenler ve YFİK’lılarda farklılık göstermektedir. YFİK düzeyi de LS Chirp ve klik uyarın cevaplarını farklı olarak etkilemektedir.

LS Chirp’ün odyolojik tanıda kullanılabilmesi için normal işitenlerden çok, farklı patolojik gruplarda ve farklı odyolojik konfigürasyona sahip hastalar üzerinde yoğunlaştırılması uygun olacaktır.

LS Chirp’ün tanısal değeri, klik uyarın cevaplarıyla olan benzerliklerinden ziyade farklılıkların üzerine gidilerek ortaya çıkarılabilir.

#### Öneri

LS Chirp için yaş, cinsiyet, etiyolojik ve işitme kaybı düzeyindeki farklılıklar göz önünde bulundurularak, normatif bulguların oluşturulması gereklidir.

### Kaynakça

- Ackley, R.S., Herzberger-Kimball, L., Burns, S., & Darnell Balew, S. (2006). Auditory Brainstem Response Testing: Stimulus Rate Revisited. *Audiology Online* [online]. November [viewed 22 March 2010]. Available from: <https://www.audiologyonline.com/articles/auditory-brainstem-response-testing-stimulus-963>
- Adams, D.A., McClelland, R.J., Houston, H.G., & Gamble, W.G. (1985). The effects of diazepam on the auditory brain stem responses. *British Journal of Audiology*. November, vol. 19, no. 4, pp. 277-280.
- Aoyagi, M., Kim, Y., Yokoyama, J., Kiren, T., Suzuki, Y., & Koike, Y. (1990). Head size as a basis of gender difference in the latency of the brainstem auditory-evoked response. *Audiology*. vol. 29, no. 2, pp. 107-112.
- Appler, J.M., & Goodrich, L.V. (2011). Connecting the ear to the brain: Molecular mechanisms of auditory circuit assembly. *Progress in Neurobiology*. April, vol. 93, no. 4, pp. 488-508.
- Azevedo, F.A., Carvalho, L.R., Grinberg, L.T., Farfel, J.M., Ferretti, R.E., Leite, R.E., Jacob Filho, W., Lent, R., & Herculano-Houzel, S. (2009). Equal numbers of neuronal and nonneuronal cells make the human brain an isometrically scaled-up primate brain. *The Journal of Comparative Neurology*. April, vol. 513, no. 5, pp. 532-541.
- Baars, B.J., & Gage, N.M. (2013). *Fundamentals of Cognitive Neuroscience*. San Diego, CA: Academic Press.
- Barduc, R.R., Poling, G.L., Hong, O., & Dhar, S. (2013). Clinical measures of auditory function: the cochlea and beyond. *Disease-a-Month*. April, vol. 59, no. 4, pp. 147-156.

- Bajo, V.M., & King, A.J. (2013). Cortical modulation of auditory processing in the midbrain. *Frontiers in Neural Circuits* [online]. January, vol. 6 [viewed 30 September 2017]. Available from: <https://doi.org/10.3389/fncir.2012.00114>
- Baldwin, M., & Watkin, P. (2014). Predicting the type of hearing loss using click auditory brainstem response in babies referred from newborn hearing screening. *Ear and Hearing*. January-February, vol. 35, no. 1, pp. 1-9.
- Bargen, G. A. (2015). Chirp-evoked auditory brainstem response in children: a review. *American Journal of Audiology*, 24(December), 573–584.  
<http://doi.org/10.1044/2015>
- Baslow, H.M. (2009). The Languages of Neurons: An Analysis of Coding Mechanisms by Which Neurons Communicate, Learn and Store Information. *Entropy*. vol. 11, no. 4, pp. 782-797.
- Bay, A., Keskin, M., Hızlı, S., Uygun, H., Dai, A., & Gümrük, F. (2010). Thiamine-responsive megaloblastic anemia syndrome. *International Journal of Hematology*. October, vol. 92, no. 3, pp. 524-526.
- Beattie, R.C., Barr, T., & Roup, C. (1997). Normal and hearing-impaired word recognition scores for monosyllabic words in quiet and noise. *British Journal of Audiology*. June, vol. 31, no. 3, pp. 153-164.
- Beck, R.M., Ramos, B.F., Grasel, S.S., Ramos, H.F., Moraes, M.F., Almeida, E.R., & Bento, R.F. (2014). Comparative study between pure tone audiometry and auditory steady-state responses in normal hearing subjects. *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology*. January-February, vol. 80, no. 1, pp. 35-40.
- Bess, F.H., & Humes, L.E. (2009). *Audiology. The fundamentals*. 4th ed. Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins.



- Biagio-de Jager, L., van Dyk, Z., & Vinck, B. H. (2020). Diagnostic accuracy of CE Chirp. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, *135*, 110071. <https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2020.110071>
- Brownstein, Z., Bhonker, Y., & Avraham, K.B. (2012). High-throughput sequencing to decipher the genetic heterogeneity of deafness. *Genome Biology*. May, vol. 13, no. 5, pp. 245-253.
- Burkard R.F, & Sims D. (2001). The human Auditory Brainstem Response to high click rates: Aging effects. *American Journal of Audiology*, *10*:53-61.
- Burkard, R., & Mc Nerney, K. (2009). Introduction to auditory evoked potentials. In P. Sabatini, E. Branger, K. Dietz, J. Glazer, & A. Noplock (Eds.), *Handbook of Clinical Audiology* (pp. 222-264). Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins.
- Burkard, R.F., & Secor, C. (2002). Overview of auditory evoked potentials. In: J. KATZ, ed. *Handbook of Clinical Audiology*. 5th ed. Philadelphia, PA: Lippincott Williams and Wilkins, pp 233-248.
- Burkard, R.F., Don, M., & Eggermont, J.J. (2007). *Auditory Evoked Potentials: Basic Principles and Clinical Applications*. Lippincott Williams and Wilkins
- Buser, P., & Imbert, M. (1992). *Audition*. Massachusetts: MIT Press.
- Campbell, K.B., & Bartoli, E.A. (1986). Human auditory evoked potentials during natural sleep: the early components. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*. March, vol. 65, no. 2, pp. 142-149.
- Cao, R., Wu, Z., Li, H., Xiang, J., & Chen, J. (2014). Disturbed connectivity of EEG functional networks in alcoholism: a graph-theoretic analysis. *Bio-Medical Materials and Engineering*. vol. 24, no. 6, pp. 2927-2936.

- Cargnelutti, M., Cóser, P. L., & Biaggio, E. P. V. (2017). LS CE-Chirp ® vs. Click in the neuroaudiological diagnosis by ABR. *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology*, 83(3), 313–317.  
<http://doi.org/10.1016/j.bjorl.2016.04.018>
- Carhart, R., & Jerger, J. (1959). Preferred method for clinical determination of pure-tone thresholds. *Journal of Speech and Hearing Disorders*. November, vol. 24, no. 4, pp. 330-345.
- Carter, R. (2014). *The brain book*. 2nd ed. London: Dorling Kindersley.
- Cebulla, M., Stürzebecher, E., Don, M., & Müller-Mazzotta, J. (2012). Auditory brainstem response recording to multiple interleaved broadband chirps. *Ear and Hearing*, 33(4), 466–479. Retrieved from  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22343544>
- Chan, Y.W., Woo, E., & Yu, Y.L. (1990). Chronic effects of phenytoin on brainstem auditory evoked potentials in man. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*. March-April, vol. 77, no. 2, pp. 119-126.
- Chao, J.C., Ho, H.C., & Hwang, J.H. (2008). Effects of clinical factors on auditory brainstem responses in patients with asymmetric hearing loss. *Auris, Nasus, Larynx*. September, vol. 35, no. 3, pp. 344-348.
- Chisolm, T.H., Willott, J.F., & Lister, J.J. (2003). The aging auditory system: anatomic and physiologic changes and implications for rehabilitation. *International Journal of Audiology*. July, vol. 42, suppl. 2, pp. 2S3-2S10.
- Cho, S.-W., Han, K.-H., Jang, H.-K., Chang, S. O., Jung, H., & Lee, J. H. (2015). Auditory brainstem responses to CE-Chirp ® stimuli for normal ears and those with sensorineural hearing loss. *International Journal of Audiology*, 54(10), 700–704. <http://doi.org/10.3109/14992027.2015.1043148>

- Clemis, J. D., Ballad, W. J., & Killion, M. C. (1986). Clinical use of an insert earphone. *Annals of Otolaryngology, Rhinology & Laryngology*, 95(5):520–524.
- Cobb, K. M., & Stuart, A. (2014). Test-retest reliability of auditory brainstem responses to chirp stimuli in newborns. *International Journal of Audiology*, 53(11), 829–835. <http://doi.org/10.3109/14992027.2014.932023>
- Dau, T., Wegner, O., Mellert, V., & Kollmeier, B. (2000). Auditory brainstem responses with optimized chirp signals compensating basilar-membrane dispersion. *Journal of the Acoustical Society of America*, 107(3), 1530–1540. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10738807>
- Davis-Gunter, M.J., Lowenheim, H., Gopal, K.V., & Moore, E.J. (2001). The I' potential of the human auditory brainstem response to paired click stimuli. *Scandinavian Audiology*. vol. 30, no. 1, pp. 50-60.
- Dawes, P., Cruickshanks, K.J., Moore, D.R., Edmondson-Jones, M., McCormack, A., Fortnum, H., & Munro, K.J. (2014). Cigarette smoking, passive smoking, alcohol consumption, and hearing loss. *Journal of the Association for Research in Otolaryngology: JARO*. August, vol. 15, no. 4, pp. 663-674.
- Devries, S.M., & Decker, T.N. (1988). Frequency dependence of interear asymmetries and binaural interaction in the human ABR. *Ear and Hearing*. October, vol. 9, no. 5, pp. 275-282.
- Don, M., Masuda A., Nelson R., & Brackmann D. (1997) Successful detection of small acoustic tumors using the stacked derivedband auditory brain stem response amplitude. *Am J Otol*. 18 (5), 608–621.
- Don, M., & Kwong, B. (2009). Auditory brainstem response: Differential diagnosis. In P. Sabatini, E. Branger, K. Dietz, J. Glazer, & A. Noplock (Eds.), *Handbook of Clinical Audiology* (pp. 265-292). Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins.

- Don, M., Ponton, C.W., Eggermont, J.J., & Masuda, A. (1993). Gender differences in cochlear response time: an explanation for gender amplitude differences in the unmasked auditory brain-stem response. *The Journal of the Acoustical Society of America*. October, vol. 94, no. 4, pp. 2135-2148.
- Durrant, J.D., Sabo, D.L., & Hyre, R.J. (1990). Gender, head size, and ABRs examined in large clinical sample. *Ear and Hearing*. June, vol. 11, no. 3, pp. 210-214.
- Edwards, R.M., Squires, N.K., Buchwald, J.S., & Tanguay, P.E. (1983). Central transmission time differences in the auditory brainstem response as a function of sex, age, and ear of stimulation. *The International Journal of Neuroscience*. vol. 18, no. 1-2, pp. 59-66.
- Eggermont, J.J. (2007). Electric and magnetic fields of synchronous neural activity: Peripheral and central origins of AEPs. In: R.F. Burkard, M. Don And J.J.Eggermont, eds. *Auditory evoked potentials. Basic principles and clinical application*. Baltimore, MD: Lippincott Williams & Wilkins.
- Eggermont, J.J. (2015). *Auditory Temporal Processing and Its Disorders*. Oxford: Oxford University Press.
- Elberling, C., & Don, M. (1987) Threshold characteristics of the human auditory brain stem response. *J Acoust Soc Am*. 81, 115–121.
- Elberling, C., & Don, M. (2008). Auditory brainstem responses to a chirp stimulus designed from derived-band latencies in normal-hearing subjects. *Journal of the Acoustical Society of America*, 124(5), 3022–3037. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19045789>
- Elberling, C., & Don, M. (2010). A direct approach for the design of chirp stimuli used for the recording of auditory brainstem responses. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 128(5), 2955–2964. <http://doi.org/10.1121/1.3489111>

- Elberling, C., Don, M., Cebulla, M., & Stürzebecher, E. (2007). Auditory steady-state responses to chirp stimuli based on cochlear traveling wave delay. *Journal of the Acoustical Society of America*, 122(5), 2772–2785. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18189568>
- Eroglu, C., & Barres, B.A., (2010). Regulation of synaptic connectivity by glia. *Nature*. November, vol. 468, no. 7321, pp. 223-231.
- Ferm, I., Lightfoot, G., & Stevens, J. (2013). Comparison of ABR response amplitude, test time, and estimation of hearing threshold using frequency specific chirp and tone pip stimuli in newborns. *International Journal of Audiology*, 52(6), 419–423. <http://doi.org/10.3109/14992027.2013.769280>
- Fobel, O., & Dau, T. (2004) Searching for the optimal stimulus eliciting auditory brainstem response in humans. *J Acoust Soc Am*. 116, 2213–2222.
- Fowler, C.G., & Durrant, J.D. (1994) The effects of peripheral hearing loss on the auditory brainstem response. In: Jacobson JT, ed. *Principles and Applications in Auditory Evoked Potentials*. Boston, MA: Allyn & Bacon; pp 237–250.
- Fria, T.J., & SABO, D.L. (1980). Auditory brainstem responses in children with otitis media with effusion. *The Annals of Otolaryngology, Rhinology & Laryngology*. May-June, vol. 89, no. 3, suppl., pp. 200-206.
- Gacek, J. (2009). Anatomy of the auditory and vestibular systems. In James B. Jr. Snow and P. Ashley Wackym, editors, *Ballenger's Otolaryngology: Head and Neck Surgery*. People's Medical Publishing House, Ltd., Shelton, CT, USA, 17th edition.
- Geleoc, J.R. (2009). Hair cells: Sensory transduction. In Larry R. Squire, editor, *Encyclopedia of Neuroscience*, pages 1015{1020. Academic Press, Oxford. ISBN 9780080450469.

Gillespie, L.D. (2001). Hair cell function. In Thomas Van De Water and Hinrich Staecker, editors, *Basic Science Review for Otolaryngology*. Thieme Medical Publishers, Incorporated, New York, NY, USA, 200104. ISBN 9781588905873.

Glasser, M.F., Coalson, T.S., Robinson, E.C., Hacker, C.D., Harwell, J., Yacoub, E., Ugurbil, K., Andersson, J., Beckmann, C.F., Jenkinson, M., Smith, S.M., & Van Essen, D.C. (2016). A multi-modal parcellation of human cerebral cortex. *Nature*. August, vol. 536, no. 7615, pp. 171-178.

Hackett, T.A. (2011). Information flow in the auditory cortical network. *Hearing Research*. January, vol. 271, no. 1-2, pp. 133-146.

Hackett, T.A. (2015). Anatomic organization of the auditory cortex. In: M.J. AMINOFF, F. BOLLER and D.F. SWAAB, eds. *Handbook of Clinical Neurology*. vol. 129. Amsterdam: Elsevier, pp. 27-53.

Hall, J.W. (2016). Objective Assessment of Infant Hearing: Essential for Early Intervention. *Journal of Hearing Science*, 6(2), 9–25.  
<http://doi.org/10.17430/897777>

Hall, J.W., & Grose, J.H. (1993). The effect of otitis media with effusion on the masking-level difference and the auditory brainstem response. *Journal of Speech and Hearing Research*. February, vol. 36, no. 1, pp. 210-217.

Hall, J.W. (2007). *New handbook for auditory evoked responses*. Boston: Pearson Education.

Harkrider, A.W., Champlin, C.A., & Mcfadden, D. (2001). Acute effect of nicotine on non-smokers: I. OAEs and ABRs. *Hearing Research*. October, vol. 160, no. 1-2, pp. 73-88.

Hinkley, L.B., Marco, E.J., Brown, E.G., Bukshpun, P., Gold, J., Hill, S., Findlay, A.M., Jeremy, R.J., Wakahiro, M.L., Barkovich, A.J., Mukherjee, P., Sherr,

- E.H., & Nagarajan, S.S. (2016). The Contribution of the Corpus Callosum to Language Lateralization. *The Journal of Neuroscience*. April, vol. 36, no. 16, pp. 4522-4533.
- Hood, L.J. (1998). *Clinical applications of the auditory brainstem response*. San Diego, CA: Singular Publishing Group.
- Hormuzdi, S.G., Filippov, M.A., Mitropoulou, G., Monyer, H., & Bruzzone, R. (2004). Electrical synapses: a dynamic signaling system that shapes the activity of neuronal networks. *Biochimica et Biophysica Acta*. March, vol. 1662, no. 1-2, pp. 113-137.
- Hultcrantz, M., Simonoska, R., & Stenberg, A.E. (2006). Estrogen and hearing: a summary of recent investigations. *Acta Oto-Laryngologica*. January, vol. 126, no. 1, pp. 10-14.
- Hyvärinen, P. (2012). *Utilization of the chirp stimulus in auditory brainstem response measurements*.
- Ikeda, K., Sekiguchi, T., & Hayashi, A. (2008). Attention-related modulation of auditory brainstem responses during contralateral noise exposure. *Neuroreport*. October, vol. 19, no. 16, pp. 1593-1599.
- Jamal, F. N., Arafat Dzulkarnain, A. A., Shahrudin, F. A., & Marzuki, M. N. (2020). Test-Retest Reliability of Level-Specific CE-Chirp Auditory Brainstem Response in Normal-Hearing Adults. *Journal of Audiology and Otology*, 25(1), 14–21. <https://doi.org/10.7874/JAO.2020.00073>
- Jerger, J., & Hall, J. (1980). Effects of age and sex on auditory brainstem response. *Archives of Otolaryngology*. July, vol. 106, no. 7, pp. 387-391.
- Jerger, J., & Johnson, K. (1988). Interactions of age, gender, and sensorineural hearing loss on ABR latency. *Ear and Hearing*. August, vol. 9, no. 4, pp. 168-176.

- Jernigan, T.L., & Stiles, J. (2017). Construction of the human forebrain. *Wiley Interdisciplinary Reviews. Cognitive Science* [online]. January, vol. 8, no. 1-2, pp. 10 [viewed 30 April 2017]. Available from:  
<http://dx.doi.org/10.1002/wcs.1409>
- Jewett, D.L., & Williston, J.S. (1971). Auditory-evoked far fields averaged from the scalp of humans. *Brain: A Journal of Neurology*. vol. 94, no. 4, pp. 681-696.
- Jewett, D.L., Romano, M.N., & Williston, J.S. (1970). Human auditory evoked potentials: possible brain stem components detected on the scalp. *Science*. March, vol. 167, no. 3924, pp. 1517-1518.
- Jiang, Z.D., Wu, Y.Y., & Wilkinson, A.R. (2009). Age-related changes in BAER at different click rates from neonates to adults. *Acta Paediatrica*. August, vol. 98, no. 8, pp. 1284-1287.
- Kaas, J.H. (2001). Neural Plasticity. In: N.J. SMELSER and P.B. BALTES, eds. *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences*. Oxford: Pergamon, pp. 10542-10546
- Katz, J. (2014). *Handbook of clinical audiology* (7th ed.). Lippincott Williams and Wilkins.
- Keith, W.J., & Greville, K.A. (1987). Effects of audiometric configuration on the auditory brain stem response. *Ear and Hearing*. February, vol. 8, no. 1, pp. 49-55.
- Kim, J., & Koo, M. (2015). Mass and Stiffness Impact on the Middle Ear and the Cochlear Partition. *Journal of Audiology and Otology*. April, vol. 19, no. 1, pp. 1-6.



- Kjaer, M. (1979). Evaluation and graduation of brain stem auditory evoked potentials in patients with neurological diseases. *Acta Neurologica Scandinavica*. October, vol. 60, no. 4, pp. 231-242.
- Knott, V.J. (1987). Acute effects of tobacco on human brain stem evoked potentials. *Addictive Behaviors*. vol. 12, no. 4, pp. 375-379.
- Martin, D., Dille, M.F., Mcmillan, G., Griest, S., Mcdermott, D., Fausti, S.A., & Austin, D.F. (2012). Age-related changes in the auditory brainstem response. *Journal of the American Academy of Audiology*. January, vol. 23, no. 1, pp. 18-35; quiz 74-5.
- Krizman, J., Skoe, E., & Kraus, N. (2012). Sex differences in auditory subcortical function. *Clinical Neurophysiology: Official Journal of the International Federation of Clinical Neurophysiology*. March, vol. 123, no. 3, pp. 590-597.
- Kuk, F.K., & Abbas, P.J. (1989). Effects of attention on the auditory evoked potentials recorded from the vertex (ABR) and the promontory (CAP) of human listeners. *Neuropsychologia*. vol. 27, no. 5, pp. 665-673.
- Kumar, V., & Tandon, O.P. (1996). Brainstem auditory evoked potentials (BAEPs) in tobacco smokers. *Indian Journal of Physiology and Pharmacology*. October, vol. 40, no. 4, pp. 381-384.
- Levine, R.A., & McGaffigan, P.M. (1983). Right-left asymmetries in the human brain stem: auditory evoked potentials. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*. May, vol. 55, no. 5, pp. 532-537.
- Lightfoot, G.R. (1993). Correcting for factors affecting ABR wave V latency. *British Journal of Audiology*. June, vol. 27, no. 3, pp. 211-220.
- Lonsdale, D., Nodar, R.H., & Orłowski, J.P. (1979). The effects of thiamine on abnormal brainstem auditory evoked potentials. *Cleveland Clinic Quarterly*. Fall, vol. 46, no. 3, pp. 83-88.

- Lourenco, E.A., Oliveira, M.H., Umemura, A., Vargas, A.L., Lopes Kde, C., & Pontes Junior, A.V. (2008). Evoked response audiometry according to gender and age: findings and usefulness. *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology*. July-August, vol. 74, no. 4, pp. 545-551.
- Lukas, J.H. (1981). The role of efferent inhibition in human auditory attention: an examination of the auditory brainstem potentials. *The International Journal of Neuroscience*. vol. 12, no. 2, pp. 137-145.
- MacLennan-Smith, F., Swanepoel De, W., & Hall, J.W. (2013). Validity of diagnostic pure-tone audiometry without a sound-treated environment in older adults. *International Journal of Audiology*. February, vol. 52, no. 2, pp. 66-73.
- Maloff, E. S., & Hood, L. J. (2014). A comparison of auditory brain stem responses elicited by click and chirp stimuli in adults with normal hearing and sensory hearing loss. *Ear and Hearing*, 35(2), 271–282.  
<http://doi.org/10.1097/AUD.0b013e3182a99cf2>
- Marsh, J.E., & Campbell, T.A. (2016). Processing Complex Sounds Passing through the Rostral Brainstem: The New Early Filter Model. *Frontiers in Neuroscience* [online]. May, vol. 10 [viewed 30 September 2017]. Available from: <http://dx.doi.org/10.3389/fnins.2016.00136>
- Martin, D., Dille, M. F., McMillan, G., Gresit, S., McDermott, D., Fausti, S. A., & Austin, D. F. (2012). Age-related changes in the auditory brainstem response. *Journal of the American Academy of Audiology*, 23, 18-35. doi: 10.3766/jaaa.23.1.3
- Mason, S., Elliott, C., Lightfoot, G., Parker, D., Stapells, D. R., Stevens, J. (2002). *Auditory brainstem response testing in babies using tone pip stimulation: A recommended test protocol*. London: Newborn Hearing Screening Programme.

- Mcfadden, D., Hsieh, M.D., Garcia-Sierra, A., & Champlin, C.A. (2010). Differences by sex, ear, and sexual orientation in the time intervals between successive peaks in auditory evoked potentials. *Hearing Research*. December, vol. 270, no. 1-2, pp. 56-64.
- Michalewski, H.J., Thompson, L.W., Patterson, J.V., Bowman, T.E., & Litzelman, D. (1980). Sex differences in the amplitudes and latencies of the human auditory brain stem potential. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*. March, vol. 48, no. 3, pp. 351-356.
- Milner, R., Rusiniak, M., Lewandowska, M., Wolak, T., Ganc, M., Piatkowska-Janko, E., Bogorodzki, P., & Skarzynski, H. (2014). Towards neural correlates of auditory stimulus processing: a simultaneous auditory evoked potentials and functional magnetic resonance study using an odd-ball paradigm. *Medical Science Monitor*. January, vol. 20, pp. 35-46.
- Moller, A.R., & Jannetta, P.J. (1982). Auditory evoked potentials recorded intracranially from the brain stem in man. *Experimental Neurology*. October, vol. 78, no. 1, pp. 144-157.
- Moller, A.R., & Jho, H.D. (1991). Compound action potentials recorded from the intracranial portion of the auditory nerve in man: effects of stimulus intensity and polarity. *Audiology*. May-June, vol. 30, no. 3, pp. 142-163.
- Moller, A.R. (2014). *Hearing: Anatomy, physiology, and disorders of the auditory system*. Washington, DC: Plural Publishing.
- Musiek, F.E., Shinn, J.B., Jirsa, R.E. (2007) The auditory brainstem response in auditory nerve and brainstem dysfunction. In: Burkard RF Don M, Eggermont JJ, eds. *Auditory Evoked Potentials: Basic Principles and Clinical Application*. Baltimore, CA: Lippincott Williams & Wilkins; pp 291–312.

- Nayagam, B.A., Muniak, M.A., & Ryugo, D.K. (2011). The spiral ganglion: connecting the peripheral and central auditory systems. *Hearing Research*. August, vol. 278, no. 1-2, pp. 2-20.
- Nieuwenhuys, R., Voogd, J., & Van Huijzen, C. (2007). *The human central nervous system: a synopsis and atlas*. Berlin: Springer Science & Business Media.
- Oliveira, F.F., Marin, S.M., & Bertolucci, P.H. (2017). Neurological impressions on the organization of language networks in the human brain. *Brain Injury*. vol. 31, no. 2, pp. 140-150.
- Önal, H., Barış, S., Özdil, M., Yeşil, G., Altun, G., Özyılmaz, I., Aydın, A., & Celkan, T. (2009). Thiamine-responsive megaloblastic anemia: early diagnosis may be effective in preventing deafness. *The Turkish Journal of Pediatrics*. May-June, vol. 51, no. 3, pp. 301-304.
- Panjwani, U., Singh, S.H., Sel Vamurthy, W., Gupta, H.L., Mukhopadhyay, S., & Thakur, L. (1996). Brainstem auditory evoked potentials in epileptics on different anti-epileptic drugs. *Indian Journal of Physiology and Pharmacology*. January, vol. 40, no. 1, pp. 29-34.
- Parkkonen, L., Fujiki, N., & Makela, J.P. (2009). Sources of auditory brainstem responses revisited: contribution by magnetoencephalography. *Human Brain Mapping*. June, vol. 30, no. 6, pp. 1772-1782.
- PATRiCK, G., & STRUVE, F.A. (1994). Brainstem auditory response (BAER) in polydrug abuse. *Clinical EEG (Electroencephalography)*. January, vol. 25, no. 1, pp. 1-7.
- Petoe, M. A., Bradley, A. P., & Wilson, W. J. (2010). On chirp stimuli and neural synchrony in the suprathreshold auditory brainstem response. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 128, 235–246.  
<http://doi.org/10.1121/1.3436527>

- Phillips, D.P. (2007). An Introduction to Central Auditory Neuroscience. In: F.E. Musiek and G.D. Chermak, eds. *Handbook of (central) auditory processing disorder. Auditory Neuroscience and Diagnosis Volume I*. San Diego, CA: Plural Publishing, pp. 53-87.
- Pickles, J.O. (1988). *An introduction to the physiology of hearing*. 2nd ed. London: Academic Press.
- Picton, T.W., & Hillyard, S.A. (1974). Human auditory evoked potentials. II. Effects of attention. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*. February, vol. 36, no. 2, pp. 191-199.
- Picton, T.W., Hillyard, S.A., Galambos, R., & Schiff, M. (1971). Human auditory attention: a central or peripheral process? *Science*. July, vol. 173, no. 3994, pp. 351-353.
- Plack, C.J. (2005). *The sense of hearing*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Pratt, H. (2003). Human auditory electrophysiology. In: L. LUXON, ed. *Textbook of Audiological Medicine: Clinical Aspects of Hearing and Balance*. London: Taylor & Francis, pp. 271-287.
- Pushpalatha, Z.V., & Konadath, S. (1993). Auditory brainstem responses for click and CEchirp stimuli in individuals with and without occupational noise exposure. *Noise Health* 18(84), 260, 2016;
- Robinson, K., & Rudge P. (1975) Auditory evoked responses in multiple sclerosis. *Lancet*. 305 (1719), 1164–1166.
- Rosenhall, U. (1981) Brain stem electrical responses in cerebellopontine angle tumours. *J Laryngol Otol*. 95 (9), 932–940.

- Rosenthal, U., Pedersen, K., & Dotevall, M. (1986). Effects of presbycusis and other types of hearing loss on auditory brainstem responses. *Scandinavian Audiology*. vol. 15, no. 4, pp. 179-185.
- Rosenhamer, H.J. (1981) The auditory brainstem response (ABR) in cochlear hearing loss. *Scand Audiol Suppl.* 13, 83–93.
- Rosenhamer, H., & Holmkvist, C. (1982). Bilaterally recorded auditory brainstem responses to monaural stimulation. Latency and amplitude differences in normal subjects. *Scandinavian Audiology*. vol. 11, no. 4, pp. 197-202.
- Rosenhamer, H.J., Lindstrom, B., & Lundborg, T. (1980). On the use of click-evoked electric brainstem responses in audiological diagnosis. II. The influence of sex and age upon the normal response. *Scandinavian Audiology*. vol. 9, no. 2, pp. 93-100.
- Rouiller, E.M. (1997). Functional organisation of the auditory pathways. In: G. EHRET and R. ROMAMD, eds. *The central auditory system*. New York: Oxford University Press, pp. 3-96.
- Rupa, V., & Dayal, A. (1993). Wave V latency shifts with age and sex in normals and patients with cochlear hearing loss: development of a predictive model. *British Journal of Audiology*: 27:273-279.
- Scarff, C.J., Reynolds, A., Goodyear, B.G., Ponton, C.W., Dort, J.C., & Eggermont, J.J., (2004). Simultaneous 3-T fMRI and high-density recording of human auditory evoked potentials. *Neuroimage*. November, vol. 23, no. 3, pp. 1129-1142.
- Schmidt, R.J., Sataloff, R.T., Newman, J., Spiegel, J.R., & Myers, D.L. (2001). The Sensitivity of Auditory Brainstem Response Testing for the Diagnosis of Acoustic Neuromas. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg.* 127(1):19–22. doi:10.1001/archotol.127.1.19).

- Schwartz, D.M., Morris, M.D., & Jacobsen, J.T. (1994). The normal auditory brainstem response and its variants. In: J.T. Jacobsen, ed. *Principles and Applications in Auditory Evoked Potentials*. Boston: Allyn and Lynch, pp. 123-154.
- Schwartz, J., & Tallal, P. (1980). Rate of acoustic change may underlie hemispheric specialization for speech perception. *Science*. March, vol. 207, no. 4437, pp. 1380-1381.
- Seikel, J.A., Drumright, D.G., & Seikel, P. (2013). *Essentials of anatomy and physiology for communication disorders*. 2nd ed. New York: Cengage Learning.
- Selters, W.A., & Brackmann, D.E. (1977) Acoustic tumor detection with brainstem electric response audiometry. *Arch Otolaryngol*. 103 (4), 181–187.
- Sharma, N., Classen, J., & Cohen, L.G. (2013). Neural plasticity and its contribution to functional recovery. In: M.P. BARNES and D.C. GOOD, eds. *Handbook of Clinical Neurology* [online]. vol. 110. San Diego, CA: Elsevier Science & Technology Books, pp. 3-12 [viewed 30 September 2017]. Available from: <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-52901-5.00001-0>
- Shepard, N.T., Webster, J.C., Baumen, M., Schuck, P. (1992) Effect of loss of cochlear origin on the auditory brain stem response. *Ear Hear*. 13 (3), 173–180.
- Shera, C.A. (2015). The spiral staircase: tonotopic microstructure and cochlear tuning. *The Journal of Neuroscience*. March, vol. 35, no. 11, pp. 4683-4690.
- Silva, A.P., Blasca, W.Q., Lauris, J.R., & Oliveira, J.R. (2014). Correlation between the characteristics of resonance and aging of the external ear. *Codas*. March-April, vol. 26, no. 2, pp. 112-116.

- Sininger, Y.S., & Cone-Wesson, B. (2002). Threshold Prediction Using Auditory Brainstem Response and Steady-State Evoked Potentials With Infants and Young Children. In: J. KATZ, ed. *Handbook of Clinical Audiology*. 5th ed. Philadelphia, PA: Lippincott, Williams and Wilkins, pp. 298-322.
- Skoe, E., Brody, L., & Theodore, R.M. (2017). Reading ability reflects individual differences in auditory brainstem function, even into adulthood. *Brain and Language*. September, vol. 164, pp. 25-31.
- Skoe, E., Krizman, J., Anderson, S., & Kraus, N. (2015). Stability and plasticity of auditory brainstem function across the lifespan. *Cerebral Cortex*. June, vol. 25, no. 6, pp. 1415-1426.
- Slevc, L.R., Martin, R.C., Hamilton, A.C. And Joanisse, M.F. (2011). Speech perception, rapid temporal processing, and the left hemisphere: a case study of unilateral pure word deafness. *Neuropsychologia*. January, vol. 49, no. 2, pp. 216-230.
- Spankovich, C., Hood, L. J., Wesley Grantham, D., & Polley, D. B. (2008). Application of frequency modulated chirp stimuli for rapid and sensitive ABR measurements in the rat. *Hearing Research*, 245(1–2), 92–97. Retrieved from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18812220>
- Stamper, G.C., & Johnson, T.A. (2015). Letter to the Editor: Examination of Potential Sex Influences in . Auditory Function in Normal-Hearing, Noise-Exposed Human Ears, *Ear Hear*, 36, 172-184. *Ear and Hearing*. November-December, vol. 36, no. 6, pp. 738-740.
- Stapells, D.R., Linden, D., Suffield, J.B., Hamel, G., Picton, T.W. (1984) Human auditory steady state potentials. *Ear Hear*. 5, 105–113.
- Stapells, D.R., & Oates, P. (1997). Estimation of the pure-tone audiogram by the auditory brainstem response: a review. *Audiology & Neuro-Otology* [online].



September-October, vol. 2, no. 5, pp. 257-280 [viewed 30 September 2017].  
Available from: <http://dx.doi.org/10.1159/000259252>

- Starr, A., Achor, J. (1975) Auditory brain stem responses in neurological disease. *Arch Neurol.* 32 (11), 761–768.
- Stegeman, D.F., Van Oosterom, A., & Colon, E.J. (1987). Far-field evoked potential components induced by a propagating generator: computational evidence. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*. August, vol. 67, no. 2, pp. 176-187.
- Steinhoff, H.J., Bohnke, F., & Janssen, T. (1988). Click ABR intensity-latency characteristics in diagnosing conductive and cochlear hearing losses. *Archives of Oto-Rhino-Laryngology*. November, vol. 245, no. 5, pp. 259-265.
- Sterhammel, P.A., Shallop, J.K., & Terkildsen, K. (1985). The effect of sleep on the auditory brainstem response (ABR) and the middle latency response (MLR). *Scandinavian Audiology*. vol. 14, no. 1, pp. 47-50.
- Stevens, J. (2002). *Neonatal hearing screening and assessment click auditory brainstem response testing in babies a recommended test protocol*. London: Newborn Hearing Screening Programme.
- Stockard, J.J., Stockard, J.E., Sharbrough, F.W. (1977) Detection and localization of occult lesions with brainstem auditory responses. *Mayo Clin Proc.* 52 (12), 761–769.
- Stockard, J.J., Stockard, J.E., & Sharbrough, F.W. (1978). Nonpathologic Factors Influencing Brainstem Auditory Evoked Potentials. *American Journal of EEG Technology*. vol. 18, no. 4, pp. 177-209.
- Stone, J.L., Bailes, J.E., Hassan, A.N., Sindelar, B., Patel, V., & Fino, J. (2017). Brainstem Monitoring in the Neurocritical Care Unit: A Rationale for Real-

Time, Automated Neurophysiological Monitoring. *Neurocritical Care*. February, vol. 26, no. 1, pp. 143-156.

Stürzebecher, E., Cebulla, M., Neumann, K. (2003). Click-evoked ABR at high stimulus repetition rate for neonatal hearing screening. *International Journal of Audiology*, 42:59-70.

Terreros, G., & Delano, P.H. (2015). Corticofugal modulation of peripheral auditory responses. *Frontiers in Systems Neuroscience* [online]. Available from: <http://dx.doi.org/10.3389/fnsys.2015.00134>

Thornton, A.R. (1987). Stimulus, recording and subject factors influencing ABR diagnostic criteria. *British Journal of Audiology*. August, vol. 21, no. 3, pp. 183-189.

Valenzuela, D.G., Kumar, D.S., Atkins, C.L., Beers, A., Kozak, F.K., & Chadha, N.K. (2016). Chloral hydrate sedation for auditory brainstem response (ABR) testing in children: Safety and effectiveness. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*. April, vol. 83, pp. 175-178.

Vander Werff, K.R., & Burns, K.S. (2011). Brain stem responses to speech in younger and older adults. *Ear and Hearing*. March-April, vol. 32, no. 2, pp. 168-180.

Von Bartheld, C.S., Bahney, J., & Herculano-Houzel, S. (2016). The search for true numbers of neurons and glial cells in the human brain: A review of 150 years of cell counting. *The Journal of Comparative Neurology*. December, vol. 524, no. 18, pp. 3865-3895.

Watson, D.R. (1996). The effects of cochlear hearing loss, age and sex on the auditory brainstem response. *Audiology*. September-October, vol. 35, no. 5, pp. 246-258.

- Weber, B. (1992). Patient-specific normative values for auditory brainstem audiometry. [Electronic Version]. *American Journal of Audiology*, 24-26.
- Wegner, O., & Dau T. (2002) Frequency specificity of chirp-evoked auditory brainstem responses. *J Acoust Soc Am*. 111, 1318–1329.
- Xu, Z., Cheng, W., & Yao, Z. (2014). Prediction of frequency-specific hearing threshold using chirp auditory brainstem response in infants with hearing losses. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 78(5), 812–816. <http://doi.org/10.1016/j.ijporl.2014.02.020>
- Yacullo, W.S., (1999). Clinical masking in speech audiometry: a simplified approach. *American Journal of Audiology*. December, vol. 8, no. 2, pp. 106-116.
- Young Futures. (2014). Review of newborn hearing screening regimes and associated screening devices for the National Screening Unit Ministry of Health New Zealand. Retrieved from:[https://www.nsu.govt.nz/system/files/page/unhseip\\_review\\_of\\_regime\\_and\\_devices\\_final\\_v2\\_july\\_2014.pdf](https://www.nsu.govt.nz/system/files/page/unhseip_review_of_regime_and_devices_final_v2_july_2014.pdf)
- Zirn, S., Louza, J., Reiman, V., Wittlinger, N., Hempel, J.-M., & Schuster, M. (2014). Comparison between ABR with click and narrow band chirp stimuli in children. *International Journal of Pediatric Otolaryngology*, 78(8), 1352–1355. <http://doi.org/10.1016/j.ijporl.2014.05.028>

## Ekler

Ek 1.

İntihal raporu

### Yüksek Frekans İşitme Kayıplılarda İşitsel Beyinsapı Cevaplarında LS CE-Chirp ve Klik Uyarıların Karşılaştırılması

ORJİNALLİK RAPORU

<b>5</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
%	%	%	%
BENZERLİK ENDEKSİ	İNTERNET KAYNAKLARI	YAYINLAR	ÖĞRENCİ ÖDEVLERİ

BİRİNCİL KAYNAKLAR

<b>1</b>	docs.neu.edu.tr İnternet Kaynağı	<b>2</b>
<b>2</b>	Submitted to Yakın Doğu Üniversitesi Öğrenci Ödevi	<b>1</b>
<b>3</b>	ereseach.qmu.ac.uk İnternet Kaynağı	<b>&lt;1</b>
<b>4</b>	sami-kulakmucyrts.blogspot.com İnternet Kaynağı	<b>&lt;1</b>
<b>5</b>	acikerisim.pau.edu.tr:8080 İnternet Kaynağı	<b>&lt;1</b>
<b>6</b>	Submitted to Cyprus International University Öğrenci Ödevi	<b>&lt;1</b>
<b>7</b>	burkonturizm.com İnternet Kaynağı	<b>&lt;1</b>
<b>8</b>	docs.wixstatic.com İnternet Kaynağı	<b>&lt;1</b>
<b>9</b>	i-rep.emu.edu.tr:8080 İnternet Kaynağı	<b>&lt;1</b>