T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İŞİTME KAYIPLI YETİŞKİNLERDE FREKANS DÜŞÜRME TEKNOLOJİSİNİN KONUŞMAYI ANLAMAYA ve P1-N1-P2 DALGALARINA ETKİSİ

ASLIHAN SAYAN BAYRAK
ORCID: 0000-0003-0326-8371

KULAK BURUN BOĞAZ ANABİLİM DALI

Odyoloji Yüksek Lisans Programı

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İZMİR
OCAK 2023

TEZ KODU: DEU.HSI.MSc-20199700067

T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İŞİTME KAYIPLI YETİŞKİNLERDE FREKANS DÜŞÜRME TEKNOLOJİSİNİN KONUŞMAYI ANLAMAYA ve P1-N1-P2 DALGALARINA ETKİSİ

ASLIHAN SAYAN BAYRAK
ORCID:0000-0003-0326-8371

KULAK BURUN BOĞAZ ANABİLİM DALI

Odyoloji Yüksek Lisans Programı

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Günay KIRKIM
ORCID: 0000-0003-4170-5317

İZMİR
OCAK 2023

T.C.

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ

SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

ETİK BEYANI

Dokuz Eylül Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlayıp sunduğum "Yetişkinlerde Frekans Düşürme Teknolojisinin Konuşmayı Anlamaya ve P1-N1-P2 Dalgalarına Etkisi" başlıklı Yüksek Lisans tezim içinde elde ettiğim verileri, bilgileri, belgeleri akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tezimde yararlandığım eserlere bilimsel kurallara uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, tezimin özgün olduğunu, tezimin çalışma ve yazımında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Aslıhan SAYAN BAYRAK

06.12.2022

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca değerli bilgi, birikim ve tecrübelerini esirgemeyen, bu çalışma süresince yapıcı, destekleyici tutumlarıyla bana yol gösteren, çalışma disiplinini kariyerim boyunca kendime örnek alacağım çok değerli danışman hocam Prof. Dr. Günay KIRKIM' a,

Akademik gelişimime büyük katkıları olan KBB Anabilim Dalı Başkanı Prof. Dr. Enis Alpin GÜNERİ, Prof. Dr. Ahmet Ömer İKİZ ve Prof. Dr. Taner Kemal ERDAĞ başta olmak üzere tüm KBB Anabilim Dalı öğretim üyelerine,

Aynı zamanda yüksek lisans eğitimime başladığım günden itibaren çalışmalarını, bilgilerini aktarma biçimlerini örnek aldığım, tezimin her aşamasında desteklerini gördüğüm Öğr. Gör. Dr. Serpil MUNGAN DURANKAYA ve Öğr. Gör. Dr. Selhan GÜRKAN' a,

Klinik bilgi ve deneyimlerini bana aktaran Öğr. Gör Hande EVİN ESKİCİOĞLU'na ve Uzm. Ody. Yaşam Yıldırım BAŞKURT'a, beni hep destekleyen ve motive eden değerli klinik arkadaşlarım Fatma, Adar, Mehmet, Ceren, Hilal, İlayda, Esra ve Gözde'ye,

Her zaman her koşulda yanımda olan ve varlığı güç veren sevgili yol arkadaşım Mustafa BAYRAK'a,

Son olarak yaşamımın, karakterimin yön bulmasında sonsuz emek ve sabırları için sevgili babam Sait SAYAN' a ve canım annem Zümran SAYAN' a, sonsuz teşekkür ve şükranlarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

TABLOLAR DİZİNİ i
ŞEKİLLER DİZİNİ ii
GRAFİKLER DİZİNİ iii
KISALTMALAR ve SİMGELER iv
ÖZET v
ABSTRACT vi
1. GİRİŞ ve AMAÇ 1
1.1 Problemin Tanımı ve Önemi 1
1.2 Araştırmanın Amacı 3
2. GENEL BİLGİLER 5
2.1 Yüksek Frekans İşitmenin Önemi 5
2.2 Frekans Düşürme Teknolojileri 6
2.2.1 Kanal Kodlayıcı (Channel Vocoder) 6
2.2.2Yavaş Geri Oynatma (Slow Playback) 6
2.2.3 Frekans Transpozisyonu (Frequency Transposition) 7
2.2.4 Frekans Kompozisyonu (Frequency Compositon) 7
2.2.5 Frekans Sıkıştırma (Frequency Compression) 8
2.3 İşitsel Uyarılmış Potansiyellere Giriş 10
2.4 İşitsel Uyarılmış Kortikal Potansiyeller P1-N1-P2 Kompleksi 13
2.4.1 P1 Dalgası 14
2.4.2 N1 Dalgası 15
2.4.3. P2 Dalgası 15
2.5 İşitme Cihazı Uygulamalarında İşitsel Uyarılmış Kortikal Potansiyeller 16
3. GEREÇ ve YÖNTEM 18

3.1 Araştırmanın Türü....18
3.2 Araştırmanın Yeri, Zamanı ve Planı....18
3.3 Araştırmanın Evreni ve Örneklemi....18
3.3.1 Araştırmaya Dahil Olma Kriterleri....18
3.3.2 Araştırmadan Dışlama Kriterleri....19
3.4 Çalışma Materyali....19
3.5 Araştırmanın Değişkenleri....19
3.6 Veri Toplama Araçları....19
3.6.1 Otolojik Değerlendirme....19
3.6.2 Saf Ses Odyometri Testi ve Sözcük Tanıma Testi....20
3.6.3 İşitme Cihazı Programlaması....20
3.6.4 İUKP Kaydında Kullanılan Ekipman....21
Test Ortamı....22
Elektrot Yerleşimi....23
Akustik Uyaran Parametreleri....23
Kayıt Parametreleri....24
Kayıt Analizi....25
3.7 Verilerin Değerlendirilmesi....25
Verilerin İstatistiksel Analiz İçin Hazırlanması....25
İstatistiksel Analiz....25
3.8 Sınırlılıklar....26
3.9 Etik Kurul Onayı....26
4. BULGULAR....27
4.1 Katılımcıların Tanımlayıcı İstatistiği....27
4.2. Frekans Sıkıştırma Açık ve Kapalı Durumlarda İUKP Bulgularının Karşılaştırılması....32

P1 Dalgası Yanıtları....32
N1 Dalgası Yanıtları....33
P2 Dalgası Yanıtları....35
4.3. Frekans Sıkıştırma Açık ve Kapalı Durumlarda Konuşmayı Anlamanın Değerlendirilmesi....37
4.4. Frekans Sıkıştırma Özelliğinin Açık ve Kapalı Olduğu Durumlarda P1-N1-P2 Dalgalarının Normal İşitenlerle Karşılaştırılması....37
5. TARTIŞMA....40
6. SONUÇ ve ÖNERİLER....47
7. KAYNAKLAR....48
8. EKLER....55
EK 8.1 VERİ KAYIT FORMU (EK-1)....55
EK 8.2 DEÜ FONETİK DENGELİ TEK HECELİ KELİME LİSTELERİ (EK-2)....57
EK 8.3 BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU (EK-3)....58
EK 8.4 ETİK KURUL ONAYI (EK-4)....61
EK 8.5 ÖZGEÇMİŞ....63

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 1. Araştırma Planı 18
Tablo 2. Akustik Uyaranların Özellikleri 24
Tablo 3. İUKP Testi Kayıt parametreleri.....24
Tablo 4. İşitme Kayıplı ve Normal İşiten Grubun Cinsiyet Dağılımı.....27
Tablo 5. İşitme Kayıplı ve Normal İşiten Grubun Yaş Ortalamaları.....27
Tablo 6. İşitme Kayıplı Grupta P1 Dalgası Latans Değerleri 32
Tablo 7. İşitme Kayıplı Grupta P1 Dalgası Amplitüd Değerleri.....33
Tablo 8. İşitme Kayıplı Grupta N1 Dalgası Latans Değerleri.....34
Tablo 9. İşitme Kayıplı Grupta N1 Dalgası Amplitüd Değerleri 35
Tablo 10. İşitme Kayıplı Grupta P2 Dalgası Latans Değerleri 36
Tablo 11. İşitme Kayıplı Grupta P2 Dalgası Amplitüd Değerleri 36
Tablo 12. Frekans Sıkıştırma Özelliğinin Sözcük Tanıma Testi Sonuçlarına Etkisi 37
Tablo 13. P1-N1-P2 Latans ve Amplitüdlerinin FS Kapalı Durumda İken Normal İşitenlerle Karşılaştırılması 38
Tablo 14. P1-N1-P2 Latans ve Amplitüdlerinin FS Açık Durumda İken Normal İşitenlerle Karşılaştırılması 39

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Frekans kompozisyonunun orta ayarı için kaynak bant (sağda) ve hedef bant (solda) örneği. Kaynak bandın üç alt bandının her biri aynı hedef banda aktarılır (13). 8
Şekil 2. İşitsel uyarılmış potansiyellerin sınıflandırılması (31) 11
Şekil 3. P1-N1-P2 Dalga Bileşenleri (33) 14
Şekil **4.** HEARLab ACA Ölçüm Ekipmanları (16) 22
Şekil 5. İUKP Testi Hoparlör ve Oturma Pozisyonu 22
Şekil 6. HEARLab® ACA 1.0 Kalibrasyon Penceresi 23
Şekil 7. /g/ ve /t/ Uyaranlarının Temel Enerjilerinin Spektral Analizi (59) 24

GRAFİKLER DİZİNİ

Grafik 1. İşitme Cihazı Uygulaması Yapılan Kulak Yönü 27
Grafik 2. İşitme Kayıplı Grubun Ortalama İşitme Eşikleri.....28
Grafik 3. Tüm grupların P1 dalgası latans değeri ortalamaları.....29
Grafik 4. Tüm grupların P1 dalgası amplitüd değeri ortalamaları.....29
Grafik 5. Tüm grupların N1 dalgası latans değeri ortalamaları 30
Grafik 6. Tüm grupların N1 dalgası amplitüd değeri ortalamaları 30
Grafik 7. Tüm grupların P2 dalgası latans değeri ortalamaları.....31
Grafik 8. Tüm grupların P2 dalgası amplitüd değeri ortalamaları.....31

KISALTMALAR ve SİMGELER

AP: Aksiyon Potansiyeli

CT: Cut Off

dB: Desibel

FD: Frekans Düşürme

FS: Frekans Sıkıştırma

HL: Hearing Level

Hz: Hertz

İUP: İşitsel Uyarılmış Potansiyeller

İUKP: İşitsel Uyarılmış Kortikal Potansiyeller

kHz: Kilo Hertz

ms: Milisaniye

NAL: National Acoustic Laboratories

REM: Real Ear Measurement

SNİK: Sensörinöral İşitme Kaybı

SPL: Sound Pressure Level

YF: Yüksek Frekans

%: Yüzde

µV: Mikrovolt

İŞİTME KAYIPLI YETİŞKİNLERDE FREKANS DÜŞÜRME TEKNOLOJİSİNİN KONUŞMAYI ANLAMAYA ve P1-N1-P2 DALGALARINA ETKİSİ

Yüksek Lisans Tezi

Aslıhan SAYAN BAYRAK

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Kulak Burun Boğaz Anabilim Dalı

ÖZET

Bu çalışma, yüksek frekanslara doğru ani düşüş gösteren sensörinöral tip işitme kayıplı bireylerde işitme cihazı frekans düşürme teknolojisinin konuşmayı anlamaya ve P1-N1-P2 dalgaları üzerindeki etkisini incelemek amacıyla yapıldı.

Çalışmaya 32-72 yaşları arasında (Ort. 60,97 yaş) 31 işitme kayıplı, 29-65 yaşları arasında (Ort. 47,92 yaş) normal işiten 24 katılımcı dahil edildi. Katılımcıların demografik bilgileri ve işitme eşikleri araştırmacı tarafından kaydedildi. İşitme kayıplı katılımcılara frekans düşürme tekniklerinden biri olan frekans sıkıştırma özelliği bulunan işitme cihazı uygulandı. İşitme cihazları NAL-NL2 uygulama formülü ile ayarlandı. Real Ear Measurement (REM) ile doğrulaması yapıldı. İşitme cihazına frekans sıkıştırma açık ve kapalı iki program oluşturuldu. Frekans sıkıştırmanın işitilebilirliğe etkisi İşitsel Uyarılmış Kortikal Potansiyeller (İUKP) ile konuşma anlamaya etkisi Sözcük Tanıma Testi ile incelendi.

Frekans sıkıştırma özelliği aktifleştirildiğinde İUKP ölçümlerinde P1-N1-P2 dalgalarının latansları istatistiksel olarak anlamlı düzeyde kısaldı (p=0,000), amplitüdler anlamlı düzeyde arttı (p=0,000). Sözcük tanıma testi puanlarında frekans sıkıştırma ile birlikte anlamlı düzeyde artış gözlendi (p=0,000). İşitme kayıplı gruptaki frekans sıkıştırmanın (kapalı/açık) her iki durumu ayrı ayrı normal işitenlerle karşılaştırıldı. İşitme kayıplılara göre normal işitenlerin P1-N1-P2 latansları daha kısa amplitüdleri daha yüksektir. Frekans sıkıştırma özelliği açıldığında latans ve amplitüdler normal işitenlerin değerlerine oldukça yaklaştı.

Yüksek frekanslara doğru artış gösteren sensörinöral işitme kayıplı bireylere frekans düşürme teknolojisine sahip işitme cihazları tavsiye edilmelidir. İşitme cihazı doğrulaması yapılırken çapraz kontroller İUKP'ler ile sağlanmalıdır.

Anahtar Sözcükler: frekans düşürme, frekans sıkıştırma, işitsel uyarılmış kortikal potansiyeller (İUKP), işitme cihazı

Tezin sayfa adedi: 77

Danışman: Prof. Dr. Günay KIRKIM

EFFECT OF FREQUENCY LOWERING TECHNOLOGY ON SPEECH UNDERSTANDING and P1-N1-P2 WAVES IN ADULTS WITH HEARING LOSS

Master Thesis

Aslıhan SAYAN BAYRAK

DOKUZ EYLUL UNIVERSITY INSTITUTE OF HEALTH SCIENCES

Department of Otorhinolaryngology

ABSTRACT

This study was carried out to investigate the effect of hearing aid frequency reduction technology on speech understanding and P1-N1-P2 waves in individuals with sensorineural hearing loss who show a sudden decrease towards high frequencies.

The study included 31 participants aged 32-72 (Average 60.97 years) with hearing loss, and 24 participants aged 29-65 (Average 47.92 years) with normal hearing. The demographic information and hearing thresholds of the participants were recorded by the researcher. Hearing aids with frequency compression, which is one of the frequency lowering techniques, were applied to the participants with hearing loss. Hearing aids were adjusted with the NAL-NL2 fitting formula. It was verified with Real Ear Measurement (REM). Two manual programs with frequency compression on and off were created for the hearing aid. The effect of frequency compression on audibility was investigated with Cortical Auditory Evoked Potentials (CAEP) and the effect on speech understanding with the Word Recognition Test.

When the frequency compression feature was activated, the latencies of P1-N1-P2 waves were shortened at a statistically significant level in CAEP measurements ($p=0.000$), and the amplitudes increased significantly ($p=0.000$). A significant increase was observed in word recognition test scores with frequency compression ($p=0.000$). Both states of frequency compression (closed/open) in the hearing loss group were compared separately with normal hearers. According to the hearing loss individuals, the P1-N1-P2 latencies of normal hearing individuals are shorter and the amplitudes are higher. When the frequency compression feature was turned on, the latencies and amplitudes were quite close to the values of normal hearing.

Hearing aids with frequency lowering technology should be recommended for individuals with sensorineural hearing loss who increase towards high frequencies. Cross-checks should be provided with CAEP when verifying hearing aids.

Keywords: frequency lowering, frequency compression, cortical auditory evoked potentials (CAEP), hearing aid,

Number of pages of the thesis: 77

Advisor: Prof. Dr. Günay KIRKIM

1. GİRİŞ ve AMAÇ

1.1 Problemin Tanımı ve Önemi

İşitme cihazları, sesleri amplifiye ederek, sinyal işleme algoritmaları ile işitme kayıplı bireylerin dinleme güçlüğünü azaltmak ve konuşma anlaşılırlığını geliştirmek için dizayn edilmiş cihazlardır (1). İşitme cihazı endikasyonunda temel amaç, işitme kaybı nedeniyle işitilemeyen konuşma ipuçlarının işitilebilirliğini yeniden sağlamak ve konuşmayı anlamayı iyileştirmektir (2).

İşitme kayıplılar arasında en sık rastlanan odyogram konfigürasyonu 2-8 kHz arasında dik bir eğim ile karakterize olan işitme kaybı tipindedir. İşitme kayıplı kişilerin büyük bir kısmı alçak frekanslı seslere erişim sağlayabilirken yüksek frekanslı seslere erişimleri sınırlıdır. Bu sınırlama, işitme kaybı konfigürasyonuna ve derecesine göre değişir. Bu bağlamda, ski slope veya ileri dereceden çok ileri dereceye kadar işitme kaybı olan kişiler, yüksek frekanslı seslerin sınırlı algılanmasına daha yatkındır. Yaygın olarak kullanılan işitme cihazları birçok nedenden dolayı yüksek frekanslı sesleri almak için yeterli kazanç sağlayamaz. İlk olarak, geleneksel işitme cihazlarının yüksek frekans bölgesinde çıkış gücü sınırlıdır (3). İkinci olarak, teknolojideki ilerlemeler daha geniş bant genişliğine sahip işitme cihazlarının üretilmesine olanak sağlasa bile sınırlı yüksek frekans algısı bu bağlamda büyük bir sorun olmaya devam etmektedir. Bu bant genişliği sınırlaması, konuşma üretimi için daha yüksek frekanslı sesleri duyabilmesi gereken çocuklarda oldukça önemlidir. Üçüncüsü, yüksek frekanslarda artan kazanç nedeni ile akustik geri bildirim insidansı artabilir. Son dönemdeki ileri teknolojilerle tasarlanan işitme cihazlarında akustik geri bildirim ile ilgili sorun büyük ölçüde çözülse de tam olarak ortadan kaldırılamamıştır. Dördüncü olarak işitme cihazının hortumunda veya alıcısının (*receiver*) çıkışında istenmeyen bir akustik rezonans oluşması, seslerin bozuk duyulmasına neden olur. Bu nedenle, geleneksel işitme cihazları, işitme kayıplı bireyler için optimum amplifikasyon sağlayamaz. Frekans düşürme tekniği olarak bilinen, yüksek frekanslı sesleri işitilebilir düzeye aktarmak için tasarlanmış cihazları kullanmak alternatif bir yöntemdir (3–5).

Frekans düşürme teknolojileri, geçmişten günümüze kadar değişerek ve çeşitlenerek gelmiştir. Hepsinin ortak amacı, yüksek frekanslı sesleri işitme engelli bireylerin daha iyi duyabileceği frekanslara aktarmaktır (5,6). Bu çeşitlilik sırasıyla, channel vocoder, slow playback, transposition, compression ve composition' dır (6). Bu teknolojinin, yüksek frekanslı seslerin işitilebilir hale gelmesinde ve konuşma anlaşılırlığının artmasında etkili olduğu farklı çalışmalarda belirtilmiştir(5,7–11). Bu çalışmaların aksine literatürde frekans düşürme özelliği ile alakalı olumsuz çalışmalar da mevcuttur (2,12–14).

İşitme kaybı, konuşma anlaşılırlığı için önemli olan akustik ipuçlarının işitilebilirliğini azaltmakta, dolayısıyla konuşma anlaşılırlığını negatif yönde etkilemektedir. Periferdeki bu sorun aynı zamanda santral işitme sisteminin akustik uyarana karşı zamansal ve konumsal tepkilerini de değiştirmektedir (15). İşitsel Uyarılmış Kortikal Potansiyeller (İUKP) test yöntemi periferik ve santral işitsel sistemin akustik bir uyaran ile aktivasyonuna bağlı ortaya çıkan biyoelektriksel potansiyel farklarını latans, amplitüd ve morfoloji bağlamında incelemeye olanak tanımaktadır. Bu yöntem çok sayıda çalışmada kullanılmış, bu çalışmalarda İUKP bileşenlerinin nöral senkronizasyonda meydana gelen bozulmalara karşı duyarlı olduğu gösterilmiştir (15,16). İUKP' ler basit tonal uyaranlar, ünsüz-ünlü gibi konuşma uyaranları hatta tam cümlelerden oluşan çeşitli uyaran tipleri ile kayıtlanabilmektedir (17). Konuşma uyaranıyla ortaya çıkan P1-N1-P2 dalga kompleksi konuşmanın algılanması ve ayırt edilmesinin altında yatan erken ve geç bilişsel süreçler hakkında bilgi vermektedir. P1-N1-P2 bileşenleri işitsel korteksin konuşma uyaranları içindeki akustik değişiklikleri algılama kapasitesini değerlendirmede ve işitme cihazının işlevselliğinin ölçülmesinde kullanılabilmektedirler (17).

İşitme cihazı teknolojisinin giderek gelişmesi ile birlikte frekans düşürme teknolojisinin yüksek frekans işitme kaybı olan hastalarda bir amplifikasyon seçeneği olup olmadığını yeniden değerlendirmek uygun olacaktır. Ayrıca frekans düşürme teknolojisinin İngilizce dışındaki dillerde etkilerini araştıran çok az çalışma yapılmıştır (18). İngilizce ve Türkçe dilleri arasında konuşma spektrumlarının frekans bantları ve özellikleri farklı olduğundan, Türkçe konuşan bireylerde bu sinyal işleme teknolojisin

etkisi farklı olabilir. Bu nedenle Türkçe konuşan yetişkinlerde frekans düşürmenin etkinleştirilmesinin konuşma algısı üzerindeki etkisini araştırmak da bir diğer amaçtır.

1.2 Araştırmanın Amacı

Bu çalışmada alçak frekans işitme eşikleri normale yakın sınırlarda olup yüksek frekanslarda ani düşüş gösteren -Ski Slope- odyogram konfigürasyonunda SNİK olan hastalar üzerinde, işitme cihazının frekans sıkıştırma teknolojisinin yüksek frekanslı seslerin işitilebilirliğinin arttırılabilir olması ve konuşmayı anlama üzerindeki etkisi araştırılmıştır.

Yüksek frekanslı seslerin işitilebilirliğinde artış olup olmadığının İşitsel Uyarılmış Kortikal Potansiyeller (İUKP) testi ile ortaya konulması ve konuşmayı anlama performanslarının Sözcük Tanıma Testi *(Word Recognition Test)* ile değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Bu amaçlar doğrultusunda aşağıdaki sorulara yanıt aranacaktır:

1. Yüksek frekanslarda ani düşüş gösteren sensörinöral tip işitme kaybı (SNİK) olan hastalarda, frekans düşürme özelliğinin (açık/kapalı) P1-N1-P2 dalga amplitüd ve latans değerleri üzerindeki etkisi nedir?

2. Yüksek frekanslarda ani düşüş gösteren sensörinöral tip işitme kaybı (SNİK) olan hastalarda, frekans düşürme özelliğinin (açık/kapalı) işitme cihazlı konuşmayı anlama performansları üzerindeki etkisi nedir?

1. Hipotez

H0= Yüksek frekanslarda ani düşüş gösteren sensörinöral tip işitme kaybı (SNİK) olan hastalarda, frekans düşürme özelliği (açık/kapalı) durumda P1-N1-P2 dalga amplitüd ve latans değerleri benzerdir.

H1= Yüksek frekanslarda ani düşüş gösteren sensörinöral tip işitme kaybı (SNİK) olan hastalarda, frekans düşürme özelliği (açık/kapalı) durumda P1-N1-P2 dalga amplitüd ve latans değerleri farklıdır.

2. Hipotez

H0= Yüksek frekanslarda ani düşüş gösteren sensörinöral tip işitme kaybı (SNİK) olan hastaların, frekans düşürme özelliği kullanmadan ve frekans düşürme özelliği kullanarak işitme cihazlı konuşmayı anlama performansları benzerdir.

H1= Yüksek frekanslarda ani düşüş gösteren sensörinöral tip işitme kaybı (SNİK) olan hastaların, frekans düşürme özelliği kullanmadan ve frekans düşürme özelliği kullanarak işitme cihazlı konuşmayı anlama performansları farklıdır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1 Yüksek Frekans İşitmenin Önemi

Konuşma anlaşılırlığına önemli ölçüde katkıda bulunan birçok ses veya fonem çoğunlukla yüksek frekans bilgisini içerir. Yüksek frekanslı seslerin kolaylıkla ve doğru bir şekilde algılanması ve ayırt edilebilmesi özellikle işitme kayıplı bireyler için oldukça önemlidir. Yüksek frekanslı seslerin önemli olduğu üç temel alan vardır. Bunlar; konuşma anlaşılırlığı, gürültüde konuşma anlaşılırlığı ve lokalizasyondur (19,20) .

Özellikle yüksek frekans bilgisi içeren /s/, /ş/, /f/, /t/, /ç/ gibi bazı sesler ya da fonemler konuşma anlaşılırlığına büyük ölçüde katkı sağlamaktadır. Örneğin /s / foneminin İngiliz dilinde en sık kullanılan üçüncü fonem olduğu tahmin edilmektedir ve dinleyicinin tekil ya da çoğul ifadeyi belirlemesi, fiilin edilgenliği ve fiilin zamanı gibi dil bilgisel ipuçlarını sağlamaktadır (18–20). Her dilde, akustik sinyalin yalnızca yüksek frekanslı bileşenleri işitilebildiğinde ayırt edilebilen birçok konuşma sesi bulunmaktadır (10). Yüksek frekanslı fonemleri işitme veya ayırt etmedeki bozukluklar, konuşmanın anlaşılmasında yanlışlıklara veya dil bilgisi sorunlarına neden olabilmektedir (4,21). Yüksek frekans aralığındaki seslerin algılanması özellikle dil kazanım dönemindeki çocuklara dili anlama potansiyelini ve doğru şekilde yeniden üretme becerisini edindirir (21). Hatalı ve gecikmeli konuşma öğrenme süreci de çocukların konuşma üretiminde zorluklara neden olmaktadır. Ayrıca bu durumun çocukların yaşam tarzı, eğitim süreci ve sosyal etkileşimleri üzerinde çeşitli olumsuz etkileri olabilmektedir(4).

İletişim kurmak, dinleyicinin özellikle gürültülü ortamlarda konuşulanları anlamaya çabaladığı durumda zordur. Konuşma sinyalinin yüksek frekans bilgisi içeren kısmı önemlidir. Çünkü düşük frekanslı kısmın aksine, birçok yaygın gürültü türü; nispeten yoğun olan düşük frekanslı bileşenleri tarafından maskelemeye daha az duyarlıdır. Bu nedenle bu tür akustik ortamlarda, yüksek frekanslı fonemlerin işitilebilir ve ayırt edilebilir olması önem arz etmektedir (19).

Yüksek frekanslı seslerin algılanması, ses kaynağının tanımlanması ve lokalizasyonu için değerli bilgiler sunmaktadır. Alarmlar, telefon zili ve araba kornası gibi sesleri duymak kişinin güvenliği için önem taşırken kuş cıvıltısı gibi bazı diğer

çevresel sesleri duymak ise kişiye keyif vermektedir. Ski slope odyogram konfigürasyonunda veya yüksek frekanslarda ileri ve çok ileri derecede işitme kaybı olan kişiler bu tür seslerden mahrum kalmaktadırlar (4). Ayrıca yüksek frekans bilgisinin her iki kulak için de mevcut olması lokalizasyon becerileri için önemlidir (19).

2.2 Frekans Düşürme Teknolojileri

2.2.1 Kanal Kodlayıcı (Channel Vocoder)

İlk kez Dudley tarafından 1939 yılında haberleşme sanayisinde kullanılmak üzere denenmiş, daha sonra Bogert tarafından 1956 yılında geliştirilmiş bir FD yöntemidir (6).

Vocoding, sinyalin frekans bantlarına bölündüğü bir işleme tekniğini tanımlamaktadır. Bu bantlar değiştirilir, birleştirilir ve dinleyiciye sunulur (5). Konuşma sinyalleri birçok bant geçirgen filtreden geçirilerek değerlendirilir. Her bant geçirgen filtrede, yüksek frekans zarflı itme sinyali, bir dizi dar bant gürültü veya saf ses üreteci tarafından yeniden üretilir. Ardından düşük frekansta modüle edilir ve dinleyiciye sunulur. Bu yöntemin faydalarından biri, ayarlarının düzenlenebilir olmasıdır. Yine de bu teknik, hiçbir işitme cihazı üreticisi tarafından kullanılmamıştır. Bu yöntemin en büyük dezavantajı, sesli ve sessiz sesler arasında ayrım yapılmamasıdır. Ayrıca, çıkış sinyalinin kalitesi konuşma sinyaline eşit değildir (4,5).

2.2.2 Yavaş Geri Oynatma (Slow Playback)

Bu teknik, konuşma sinyalinin bölümlerinin kaydedildiği ve analiz edildiği ‘yavaş geri oynatma’ olarak bilinmektedir. Kaydedilen sesler, arka planda, orijinal kayıt içerisinde daha yavaş bir hızda geri oynatılır. Sinyallerin daha düşük hızı nedeni ile sinyal uzatılmış ve frekans düşürülmüş olur.

İşitme cihazına gelen sinyalde 2,5 kHz üzerinde frekans bileşenleri olması durumunda frekans düşürme uygulanır aksi takdirde sesler frekans düşürme uygulanmadan amplifiye edilmektedir. Bu tekniğin avantajı, frekans bileşenleri arasındaki harmonik ilişkinin korunmasıdır. Ancak çıkış sinyalinin daha uzun sunumu göz önüne alındığında, giriş ve çıkış sinyalleri arasında bir senkronizasyon bozukluğu

meydana gelmektedir. Bu durum ana sinyalin bazı bölümlerinin silinmesine ya da bozulmasına sebep olmaktadır (4,5,10).

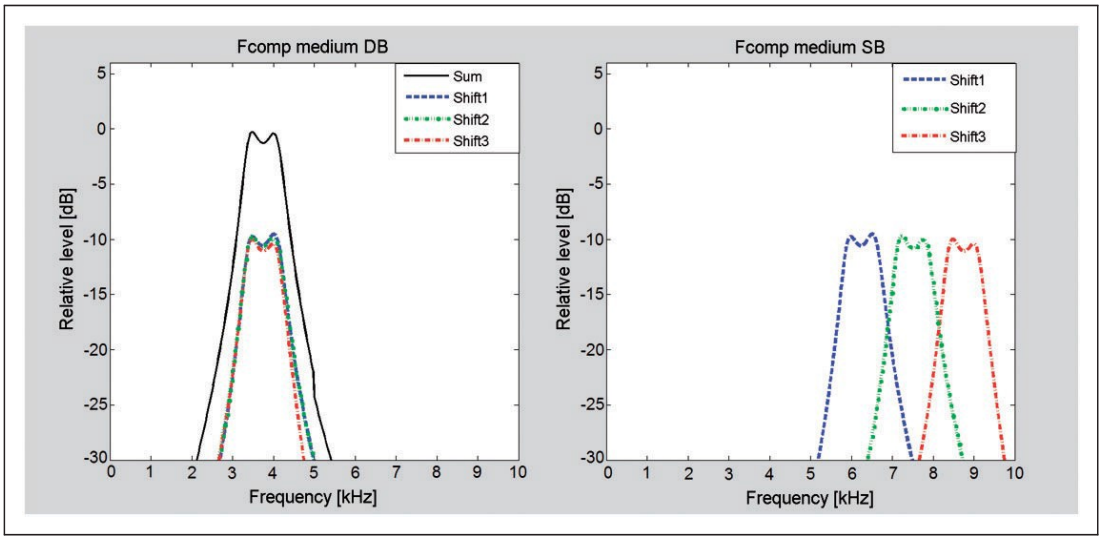
2.2.3 Frekans Transpozisyonu (Frequency Transposition)

Transpozisyon tekniğinde, YF bandındaki sesler daha düşük frekans bölgesine kaydırılır. Aktarılan sinyal, daha alçak frekans bölgesindeki işlenmemiş sinyal üzerine eklenir. Bu yöntem 1961 yılında işitme cihazlarında uygulanmış olan ilk FD tekniğidir (5). İki kanaldan oluşan cihazda 3 kHz'e kadar olan giriş sinyalleri frekansta herhangi bir değişiklik yapılmadan amplifiye edilirken, 4-8 kHz bölgesindeki YF sinyaller doğrusal olmayan bir modülatörden geçirilerek 1,5 kHz'in altındaki frekanslara aktarılmaktadır. Alçak frekans bölgesi aktarım işleminden etkilenmediği için bu teknik ses kalitesinin doğallığının korunması avantajına sahiptir. Yüksek frekanslı ve alçak frekanslı sinyallerin birbiri üzerine binmesi sonucu YF arka plan gürültüsünün, kullanılabilir alçak frekanslı bilgiyi maskeleyebilmesi tekniğin ana dezavantajıdır (4,5).

2.2.4 Frekans Kompozisyonu (Frequency Compositon)

Frekans kompozisyonu, YF aralığındaki sesleri kopyalayarak, işlenmemiş olan AF bölgesine taşımaktadır. YF kaynak bandı eşit genişlikte üç alt banda ayrılır. Bu alt bantlardan her biri kendi genişliğinde olan hedef bant üzerinde birleştirilir. YF bilgisi geniş kaynak bant bölgesinden daha dar bir hedef bölgesine aktarıldığından, eşit ayrılmış frekans bantları üst üste bindirilir (Şekil 1), (12).

Bu teknikte, yüksek frekanslı seslerin orijinal hali kopyalanır. Bu sayede tüm çıkış bant genişliği korunabilmektedir. Ancak YF bölgesinin tümünün kopyalanmasının konuşma anlaşılırlığını bozacağı düşünülmektedir. Bundan dolayı kopyalama yapılırken konuşma ipuçlarını daha çok barındıran 3 kHz ranjında yapılması tercih edilmektedir (6,22).



Şekil 1. Frekans kompozisyonunun orta ayarı için kaynak bant (sağda) ve hedef bant (solda) örneği. Kaynak bandın üç alt bandının her biri aynı hedef banda aktarılır (12).

2.2.5 Frekans Sıkıştırma (Frequency Compression)

Çıkış sinyalinin bant genişliği daraltılmaktadır. Doğrusal (lineer) ve doğrusal olmayan (non-lineer) frekans sıkıştırma olmak üzere iki şekilde uygulanabilir.

Doğrusal (Linear) Frekans Sıkıştırma

Frekans bandındaki tüm bileşenler sabit bir faktör ile sıkıştırılmaktadır. Bu yöntemde sıkıştırma, tüm frekans bölgelerinde daha alçak frekanslı bölgeye gerçekleştirilir. Böylelikle ana konuşma sinyalindeki formant tepe noktalarının frekansları sabit bir oran uygulanarak düşürülmektedir. Sinyal genel şekli itibarıyla aynı kalırken çok az miktarı sıkıştırılır. Spektral bilgi korunur. Bununla birlikte sinyalin perdesi düşürülür ve konuşma sesleri dinleyiciye doğal gelmez. Kadın erkek sesi ayırt edilemeyebilir. Bu yöntem hiçbir ticari işitme cihazı firması tarafından kullanılmamıştır (4,5,20).

Doğrusal Olmayan (Non-linear) Frekans Sıkıştırma

İşitilebilirliğin arttırılması amacıyla yüksek frekans bilgisi içeren akustik girdileri alçak frekanslarda sunmak için tasarlanmış bir sinyal işleme tekniğidir. Doğrusal olmayan frekans sıkıştırma tekniğini kullanan birden çok firma bulunmaktadır. Bu firmalardan biri, tekniği SoundRecover2 ticari ismi ile kullanmaktadır (23).

SoundRecover2 iki parametre içermektedir. Bunlardan biri sıkıştırmaya hangi frekanstan itibaren başlanacağını belirleyen kesme frekansıdır (*cut off frequency-CT*). İşitme cihazı tarafından işlenen sinyalin kesme frekansının altında kalan kısmı değişmeden kalmaktadır. Diğeri ise sıkıştırma oranıdır (*compression ratio-CR*). Ses, değiştirilmek istenen ve değiştirilmek istenmeyen bölge olarak iki bölgeye ayrılmaktadır. Değiştirilmek istenmeyen bölge sabit kalırken değiştirilmek istenen bölge seçilen sabit bir oranda sıkıştırılmaktadır. İki bölgedeki bilgilerin çakışmaması bu tekniğin avantajıdır (10). Alçak ve orta frekanslı sesler, birinci formant frekans aralığı değişmeden kaldığından korunmaya devam ederken, yüksek frekanslı sesler sıkıştırılır. Dezavantajı ise doğrusal olmayan frekans sıkıştırmada yüksek frekanslardaki oranlar, harmonik oranlar da dahil olmak üzere korunamamasıdır. Dolayısıyla sıkıştırmanın alçak frekanslara doğru fazla yapılması konuşma algısını negatif yönde etkileyebilmektedir (6,24).

SoundRecover2 CT1 ve CT2 olmak üzere iki kesme frekansına sahiptir. Gelen sinyalin anlık enerji spektrumuna bağlı olarak iki frekans sıkıştırma konfigürasyonu arasında anında otomatik olarak geçiş yapabilmektedir. SoundRecover2 işlemcisi, giriş sinyalinin alçak frekans içeriğinin fazla olması durumunda, alçak frekanslı seslerin sıkıştırılmasını önlemek için daha yüksek kesme frekansıyla (CT2) sıkıştırma yapmaktadır. Giriş sinyali baskın olarak yüksek frekans bilgisi içeriyorsa YF seslerin işitilebilirliğini sağlamak için daha düşük kesme frekansıyla (CT1) sıkıştırma yapmaktadır. Bu durum frekans düşürme gerektirmeyen alçak frekanslı sinyallere frekans sıkıştırma uygulanmasını önlemektedir (16,24,25).

Kesme frekansını değiştirmek sesin duyulmasıyla, sıkıştırma oranını değiştirmek ise daha çok seslerin ayırt edilebilmesi ile ilişkilidir. Her iki parametredeki değişiklik duyulabilir sınır frekansını etkilemektedir.

Üretici firmanın sağladığı yazılım, kesme frekansını ve sıkıştırma oranını kişinin odyogram bilgisine göre ön hesaplama yaparak varsayılan ayar (*default*) olarak işitme cihazı uygulayıcısına sunmaktadır. Tercih ederse uygulayıcı bu ayar üzerinde değişiklik yapabilmektedir. SoundRecover2'yi ayarlamak için iki kaydırıcı mevcuttur. Birincisi işitilebilirlik ayrımı kaydırıcısıdır. CT1 ve CT2'nin frekans konumunu ve sıkıştırma oranının gücünü ayarlar. Frekans sıkıştırmanın etkisi kaydırıcı sola

kaydırıldığında daha fazla, sağa kaydırıldığında daha az olmaktadır. İkincisi netlik ve konfor kaydırıcısıdır. Kullanıcı için işitilebilirlik ve doğallık arasında en uygun dengeyi sağlamak amacıyla ayarlanabilir. Özellikle CT2'nin frekans konumunu ayarlayarak uyarlanabilir SoundRecover2 ayarlarına daha ince ayar yapılmasına olanak sağlamaktadır (4,24,25).

Hopkins ve ark. 47-92 yaş (Ort75 yaş) arası 46 yetişkinde doğrusal olmayan frekans sıkıştırmanın etkisini araştırmışlardır. Çalışmada doğrusal olmayan frekans sıkıştırma özelliği açık durumda iken ünsüz tanıma performansında istatistiksel olarak anlamlı artış olduğunu bildirmişlerdir (2).

Glista ve ark. yüksek frekanslarda orta-ileri derecede SNİK olan çocuklarda işitme cihazlarındaki frekans sıkıştırma teknolojisinin İUKP' ler üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. FS etkinleştirildiğinde yüksek frekanslı tonal uyaranlara verilen P1-N1-P2 yanıtlarının oluştuğunu ve devre dışı bırakıldığında yanıt bulunmadığını ortaya koymuşlardır (26).

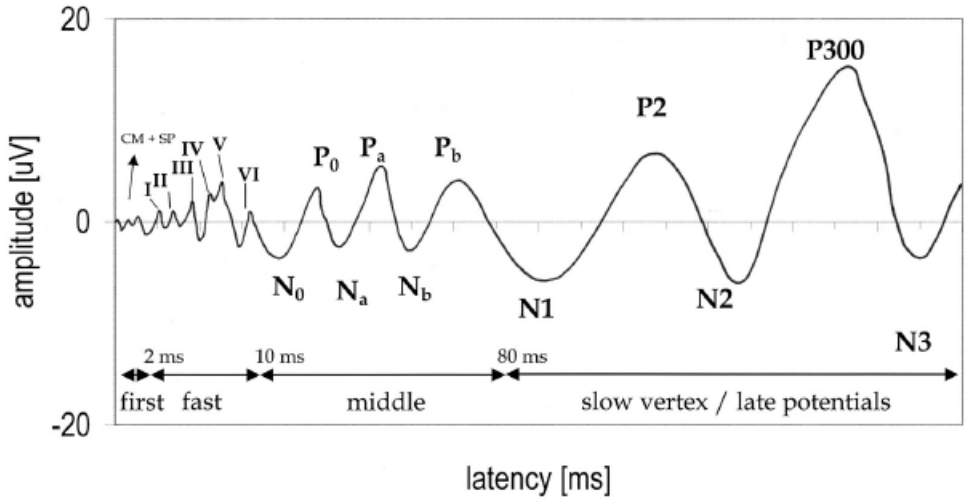
Ellis ve Munro 65-84 yaş arası, orta-ileri derecede yüksek frekanslara doğru düşüş gösteren sensörinöral işitme kayıplı on iki katılımcı üzerinde frekens sıkıştırmanın konuşma anlaşılırlığına etkisini incelemişlerdir. Katılımcıların tümünde frekans sıkıştırmanın etkinleştirilmesiyle konuşmayı tanımada anlamlı artış gözlenmiştir (7).

2.3 İşitsel Uyarılmış Potansiyellere Giriş

İşitsel Uyarılmış Potansiyeller (İUP) veya yanıtlar işitme sisteminin akustik uyarımına cevaben beynin elektriksel aktivitesinde (EEG-elektroensefalogram) oluşan değişikliklerdir. Akustik uyarım ile oluşturulan elektriksel aktivite kafa derisi, mastoid çıkıntı veya kulak lobülüne yerleştirilen elektrotlar aracılığıyla kayıt altına alınmaktadır (27–29).

İşitsel uyarılmış elektriksel aktivite, uyaran sunumunun ardından EEG dalga formu içerisinde elde edilen negatif ve pozitif yönlü tepelerdir. İUP' ler uyaran sonrası 1 saniyeden daha kısa sürede ortaya çıkmaktadırlar. İşitsel uyarılmış potansiyelin elde edilme zamanı latans, tepenin yüksekliği ise amplitüd olarak isimlendirilmektedir. Latans milisaniye (ms), amplitüd ise mikrovolt (μV) cinsinde belirtilmektedir (30,31).

İşitsel uyarılmış potansiyeller sınıflandırılırken cevabın oluşma zamanı, kaydın işitsel sistemde köken aldığı anatomik bölge, elektrot yerleşimi (yakın saha/ uzak saha), uyaranın fiziksel nitelikleri (endojen, eksojen), bireyin akustik uyaran karşısında aktif ya da pasif olması gibi durumlar dikkate alınmaktadır (Şekil 2) (31). Örneğin bileşenler iç kulak (koklea) bölgesinde üretildiğinden en erken yanıt için elektrokokleogram veya elektrokokleografi (ECochG) terimi kullanılmaktadır. Benzer şekilde işitsel uyarılmış beyinsapı yanıtının (ABR) bileşenleri daha çok beyinsapının işitsel bölgelerinden köken almaktadır. İşitsel uyarılmış geç yanıtlar (ALRs-Auditory Late Latency Responses) klinik olarak kaydedilen yanıtlar arasında en uzun latansa sahiptir. İşitsel uyarılmış orta latans yanıtları (AMLR-Auditory Middle Latency Response), ABR ile işitsel uyarılmış geç yanıtlar (ALRs) arasında ortaya çıktığı için bu şekilde adlandırılmaktadır (32).



Şekil 2. İşitsel uyarılmış potansiyellerin sınıflandırılması (30).

Elektrokokleografi (EcochG), iç kulağa yakın bir yere yerleştirilmiş kayıt elektrodu kullanılarak koklea ve 8. kranial sinirden gelen yanıtları ifade etmektedir. Kokleada oluşan koklear mikrofonik (CM) ve sumasyon potansiyeli (SP) ile 8. sinirden kaynaklanan aksiyon potansiyellerini (AP) kaydedildiği bir erken İUP türüdür. Diğer İUP' lerin aksine, EcochG yanıtları tipik olarak kafa derisi elektrotlarıyla değil; non-invaziv olarak dış kulak kanalına, timpanik membranın üzerine veya yakınına yerleştirilen ekstratimpanik elektrotlarla ya da invaziv olarak promontoryuma yerleştirilen transtimpanik elektrotlarla ölçülmektedir (31–34).

ECochG kaydında elde edilen AP, İUP testlerinde elde edilen I. dalga yanıtını göstermektedir. ECochG yanıtları uyaran sunumu ardından 0-5 ms aralığında ortaya çıktığından İUP test protokolünde görülen ilk yanıttır (35).

İşitsel Beyinsapı Cevabı (ABR-Auditory Brainstem Response) işitsel uyaranı takiben ilk 10-15 ms içinde 8. Sinir ile beyinsapı düzeyindeki çekirdekler ve kavşak noktalarda ortaya çıkan erken latanslı yanıtlardır. İnsanlarda yüksek şiddetli klik uyaran ile kayıtlama yapılırken tipik olarak beş veya yedi adet pozitif tepe elde edilmektedir. Jewett ve Williston tarafından 1971 yılında önerildiği gibi romen rakamları ile I' den VII' ye kadar numaralandırılmaktadır. Rutin odyolojik inceleme yapılırken özellikle oluşması beklenen dalgalar I, III ve V. dalgalardır. En sık kullanım alanları arasında işitme siniri ve beyinsapını etkileyen patolojilerin tanısı, işitme eşiklerinin yordanması, yenidoğan işitme taraması ve cerrahi girişim sırasında işitme siniri monitörizasyonu yer almaktadır (31,34,36,37).

Orta Latans Cevaplar (MLR-Middle Latency Response) işitsel uyaranı takiben 10-80 ms aralığında elde edilen potansiyellerdir. MLR dalgaları adlandırılırken çeşitli otörler farklı tanımlamalar yapmışlardır. Sıklıkla kullanılan adlandırma dalganın hem polaritesine göre hem de latansına göre gerçekleştirilmektedir(28) . İlk harf polariteyi ikinci harf dalganın oluşma sırasını ifade etmektedir (27). Po, Na, Pa, Na ve Pb dalgalarına bakıldığında MLR'nin en temel dalgaları Na ve Pa dalgalarıdır. Po ve Pa düşük uyaran şiddetine en dayanıklı dalgalardır (28). MLR dalgaları talamokortikal işitsel yoldan kayıtlanmaktadır. Normal işitenlerde ve işitme kayıplılarda işitsel sistemin değerlendirilmesinde, serebral lezyonların tanısında ve lokalizasyonunda, santral işitsel işlemleme bozukluklarının tanısında değerli bilgiler vermektedir (27,28).

Geç latans cevaplar (LLR-Late Latency Response) ABR ve MLR'den daha yavaş hızda sunulan işitsel uyaranın verilmesinden 50 ms veya daha sonra oluşan potansiyellerdir (38,39). Geç latans potansiyeller, işitsel uyarılmış kortikal potansiyeller (İUKP), olaya ilişkin potansiyeller (ERP-Event Related Potentials) gibi farklı şekillerde adlandırmalar mevcuttur (38). P1-N1-P2 kompleksi, Eşleşmeyen Negativite (MMN-Missmatch Negativity) ve P300 yanıtları İUP ailesinin geç latanslı üyeleridir (40). KİUP' ler genel olarak dalgaların yönü (pozitif/negatif), ortaya çıkış süresi (latans) ve sırasına göre isimlendirilirler. Literatüre bakıldığında P1-N1-P2

kompleksinin latans sürelerine göre P50, N100, P200 olarak adlandırıldığı da gözlenmektedir. Dalga polaritelerinin ters kullanılması veya isimlendirme farklılıkları bilim insanlarının farklı ekollerde yetişmelerine bağlıdır ve bilimsel olarak bir farkı yoktur (32,34,38,40).

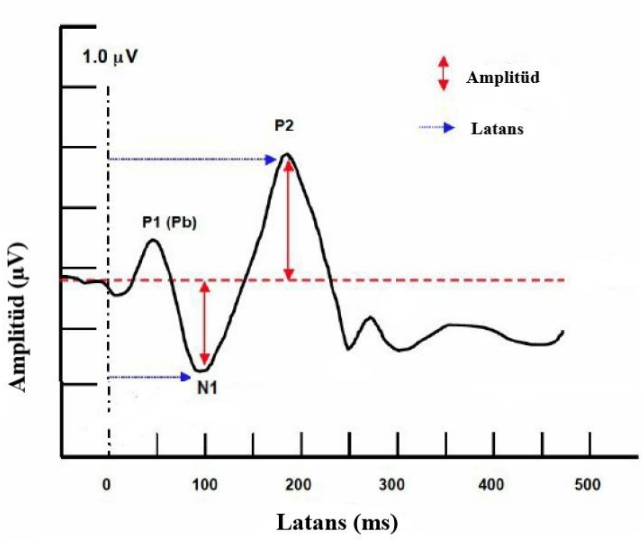
İUKP'ler eksojen ve endojen olarak da sınıflandırabilir. Akustik uyaranın tipi, şiddeti vs. gibi fiziksel özelliklerinden etkilenen eksojen potansiyeller zorunlu potansiyeller, test edilen bireyin zihinsel işlemleme becerisi, dikkati, hafızası ve katılımından etkilenen endojen kaynaklı potansiyeller ise bilişsel potansiyeller olarak isimlendirilmektedir (31,32). Eksojen İUKP P1-N1-P2 kompleksi, endojen İUKP' ler MMN, P300, P400 gibi potansiyellerdir (20).

Bu çalışmada işitsel uyarılmış kortikal potansiyeller P1-N1-P2 dalga kompleksi incelenmiştir.

2.4 İşitsel Uyarılmış Kortikal Potansiyeller P1-N1-P2 Kompleksi

Geç latans cevaplar, akustik uyarana yanıt olarak santral işitsel sistemden kaydedilen ilk elektriksel tepkilerdir (32). İlk kez Pauline Davis ve meslektaşları tarafından işitsel uyarım ardından EEG aktivitesindeki değişim olarak tanımlanmıştır (20,32,40). Yaygın kullanımı, sinyal averajlama özelliği bulunan uyarılmış potansiyel cihazlarının keşfinden sonradır (38). İşitsel uyarılmış potansiyellerin babası olarak nitelendirilen Hallowell Davis, ilk İUKP kaydını 1939 yılında almıştır (32,40).

P1-N1-P2 kompleksi bireyin fonksiyonel olmadığı zorunlu dalgalardır ve uyaran sunulmasıyla birlikte işitsel uyarılma gerçekleşiyorsa yanıt alınması beklenmektedir (20). Bu kompleks, akustik uyaranın işitsel kortekse ulaştığını ve sesin kortikal seviyede işleme girdiğini, işitsel uyaranın korteks düzeyinde fark edildiğini göstermektedir (41,42). Her üç dalga da talamokortikal yollar ve işitsel korteksten kaynaklanmaktadır ve aynı parametreler ile bir dizi halinde elde edilebilmektedir (15,20,40). Yetişkinlerde P1 dalgası sesin başlangıcından yaklaşık 40-50 ms sonra, onu takip eden büyük negatif polariteli N1 dalgası 75-150 ms'de, P2 dalgası ise 150-250 ms'de gözlenmektedir (Şekil 3) (15,32,34).



Şekil 3. P1-N1-P2 Dalga Bileşenleri (32)

P1-N1-P2 latans, amplitüd ve dalga morfolojisi işitsel matürasyon ile birlikte değişim göstermektedir. Bebek ve çocuklarda P1 amplitüdü erişkinlere göre daha büyük, latansı daha uzun elde edilmektedir. 100-250 ms' de belirgin bir P1 dalgası ve onu takip eden 250-400 ms' de negatif bir dalga gözlenir. Yaşamın ilk iki yılında ile P1 dalgasının latansında hızla kısalma meydana gelmektedir. P1 işitsel matürasyonun biyobelirteci olarak nitelendirilmektedir. 9-10 yaş dolaylarında çocukluk döneminde görülen geniş P1 komponenti iki dalga olarak ayrışmaya ve P1-N1-P2 kompleksi meydana gelmeye başlamakta (38) ve 14-16 yaşlarında (adölesan dönemi) yetişkin dalga morfolojisine erişmektedir (40).

2.4.1 P1 Dalgası

P1-N1-P2 kompleksinin ilk öğesi olan P1 dalgası tipik olarak yaklaşık 50 ms latans ile ortaya çıkan pozitif tepe noktasıdır. (15,42). Literatürde bazı yazarlar tarafından 'Pb' veya 'P50' isimleriyle Orta Latans Cevaplar (MLR) kapsamına sokulmaktadır (32,40,41,43). Orta latanslarda değerlendirme daha çok Na-Pa amplitüdleri ile yapıldığından 'Pb' daha çok geç latanslı cevaplarda P1 olarak incelenmektedir (40).

P1 dalgasının primer işitsel kortekste özellikle Heschl's girus'tan, hipokampus, lateral temporal korteks, planum temporale ve bazı subkortikal bölgelerden köken aldığı görüşü ortaya konmuştur (38,40) .

Yetişkinlerde P1 genellikle küçük amplitüdlü (<2μV), N1-P2 komponentleri daha büyük amplitüdlüdür (38,44). N1-P2 kompleksi her uyaran ve parametrede gözlenebildiğinden İUKP' lerin en istikrarlı sabit dalgasıdır (38).

2.4.2 N1 Dalgası

N1 dalgası uyaran sunumu sonrasında 75-150 ms aralığında ortaya çıkan negatif tepedir (15). N1 dalga kompleksi içinde, belirli uyaran koşullarında üç alt bileşen kaydedilebilir (32,40). İlk öğe N1a ~70 ms, N1b ~100 ms ve N1c ~140 ms latanslarına sahiptir (32). N1b verteks elektrotlarından alınan en belirgin bileşendir. Odyoloji ve işitme bilimi ile ilgili literatürde yer alan araştırmaların çoğunda N1 dalgası olarak kaydedilen tepe noktası, açıkça N1b olarak adlandırılmasa da N1b bileşenidir (32). Dolayısıyla P1-N1-P2 kompleksi incelenirken N1 terimi ile N1b tepe potansiyeline atıfta bulunulmaktadır (34).

N1 dalgasının primer ve sekonder işitsel kortekse lokalize birçok kaynaktan köken almaktadır. Lateral, temporal ve parietal loblardaki asosiasyon alanlarından, frontosentral kaynaklardan ve singulat girusdan da katkılar bulunmaktadır (38).

2.4.3. P2 Dalgası

P2 dalgası 150-250 ms aralığında meydana gelen pozitif yönlü tepe noktasıdır (15). P2 dalga üreteçleri P1 ve N1 gibi çok iyi tanımlanmamış olsa da MEG çalışmalarına ve topografik kayıtlara dayanarak birçok anatomik kaynaktan köken aldığı görülmektedir (32,41). Primer ve sekonder işitsel korteks, mezensefalik retiküler sistem, planum temporale ve Brodmann 22 alanların katkısıyla üretildiği düşünülmektedir (20,38,40,41).

2.5 İşitme Cihazı Uygulamalarında İşitsel Uyarılmış Kortikal Potansiyeller

İşitsel değerlendirmede yalnızca davranışsal testler ile elde edilen işitme eşikleri, işitme cihazlarının santral işitsel sisteme katkısı konusunda kapsamlı bilgi vermemektedir. Dolayısıyla çapraz sağlamanın yapılması için objektif test yöntemlerinin kullanımı esastır (45) .

İşitme cihazından dış kulak kanalına ulaşan ses seviyesinin kullanıcının ihtiyaçlarını karşılayıp karşılamadığını anlamanın yolu doğrulama (*verification*) yapmaktır (46). Burada amaç, kullanıcının işitme cihazı ile işitebilirliğini ve işitme cihazının sinyal işleme özelliklerinin öngörülen standartlarda olup olmadığını değerlendirmektir (46). İşitme cihazı doğrulamasında kullanılan objektif yöntem, gerçek kulak ölçümüdür (Real Ear Measurement, REM). Gerçek kulak ölçümü dış kulak kanalına yerleştirilen prob mikrofon vasıtasıyla kulak kanalındaki akustik karakteristiklerin cihazlı ve cihazsız kaydedilmesi yöntemidir (46) . Prob- mikrofon ölçümleri veya in-situ ölçümler olarak da adlandırılmaktadır.

Yaş ve işitme kaybına bağlı santral değişiklikler gibi nedenlerle merkezi sinir sistemine ulaşan konuşma sinyalinin kalitesi etkilenerek işitme cihazından sağlanan yarar azalabilmektedir (47). Mevcut işitme cihazı doğrulama yöntemi olan prob-mikrofon ölçümleri amplifikasyonun etkilerini timpanik membranın ötesinde ele alamamaktadır. Amplifikasyon etkilerinin işitme sisteminin daha üst merkezlerinde araştırılması, sinyal işleme algoritmaları veya amplifikasyon stratejileri konusunda daha fazla bilgi vermektedir (47).

İşitme cihazı kullanıcıları için kazancın doğrulanması, öngörülen kazançtan elde edilen yararı net bir şekilde yansıtmamaktadır. Ele alınması gereken esas konu işitme cihazı kazancının ve elektroakustik parametrelerin işitme fonksiyonu için yararının doğrulanmasıdır (48). Buna göre, işitme cihazlı uyarılmış potansiyeller gibi nesnel testlere daha fazla ihtiyaç vardır. İşitme cihazı amplifikasyonunun değerlendirilmesinde cihazlı uyarılmış potansiyel testlerinin ortaya çıkışı, Mokotoff ve Krebs tarafından ABR yanıtları kullanılarak 1976 yılına dayanmaktadır. ABR' de kullanılan uyaranların (*click-tone burst*) kısa olması onları ses alanındaki bozulmalara (*distortion)* ve işitme cihazının hatalı manipülasyonuna karşı hassaslaştırmaktadır. Ayrıca bu uyaranlar, dijital işitme cihazlarının frekans sıkıştırma algoritmalarını

devreye sokmayacak kadar kısa olabilmektedir (34,48). İşitme cihazı yararını objektif olarak doğrulayabilmek için işitsel kararlı durum yanıtının (ASSR) kullanılması, cihazlı ABR testinin dezavantajlarını önemli ölçüde çözmüştür fakat her iki ölçüm yöntemi de dinleme becerilerini yansıtabilecek düzeyde yüksek işitsel kortikal aktiviteyi temsil etmemektedir (48). Cihazlı İUKP' ler daha yüksek düzeydeki nöral kökenleri nedeniyle dinleme becerilerini cihazlı ABR ve ASSR' den daha iyi temsil etmektedirler (49).

İUKP' ler P1, N1, P2, N2, MMN ve P300 bileşenlerinden oluşmaktadır. MMN, N2 ve P300 bileşenleri endojen bileşenlerdir. Dolayısıyla dikkat, algı ve biliş gibi içsel olaylardan etkilenirken P1, N1 ve P2 eksojen bileşenler olarak kabul edilmektedir ve uyaranın frekans, şiddet ve süre gibi fiziksel özelliklerinden etkilenmektedir(38,45). P1-N1-P2 akustik sinyalin amplitüd veya frekansının modülasyonu ve amplitüd, spektrum ve formant frekansları dahil olmak üzere akustik değişikliklerin nöral tespitini yansıtan konuşma uyaranları özelliklerinin akustik değişimini yansıtabilmektedir (32).

İUKP test yöntemi işitsel sistemin bir bütün olarak değerlendirilmesi, uyaranlara dikkat edilmesine gerek olmaması, uyaranların uzun süreli kullanımı, daha az sayıda uyarım ile kayıtlanabilmesi, diğer işitsel uyarılmış yanıtlara göre İUKP' lerin yüksek amplitüd ve tespit kolaylığı gibi avantajları sebebiyle amplifikasyonun ve rehabilitatif müdahalelerin etkilerinin değerlendirilmesi için en uygun elektrofizyolojik yöntem olarak kabul edilmektedir (50).

İşitilebilirliği artırmayı hedefleyen frekans düşürme teknolojisinin etkinliğini değerlendirmek için İUKP' lerin kayıtlanması, FD teknolojisi nedeniyle işitilebilirlikteki değişimi ölçmek için etkili bir yöntemdir (51). Beyin plastisitesinin elektrofizyolojik tanımı ve işitme kaybına müdahalenin klinik sonucunun belgelenmesi odyologlar için yol göstericidir ve farklı amplifikasyon seçenekleri ile tamamlayıcı diğer seçenekler arasında seçim yapmaları konusunda yararlı olmaktadır.

3. GEREÇ ve YÖNTEM

3.1 Araştırmanın Türü

Araştırma kesitsel araştırma dizaynında planlanmıştır.

3.2 Araştırmanın Yeri, Zamanı ve Planı

Araştırma Kasım 2020 tarihinde literatür taraması ile başlamış olup Ocak 2023 tarihinde tez savunması ile bitirilmiştir. Araştırmanın tüm basamakları Dokuz Eylül Üniversitesi Hastanesi, KBB Anabilim Dalı, İşitme-Konuşma-Denge Ünitesi'nde yapılmıştır.

Tablo 1. Araştırma Planı

Kasım 2020- Şubat 2021	Literatür Taraması
Şubat 2021	Etik Kurul Onayı
Nisan 2021	Enstitü Tez Onayı
Nisan- Kasım 2021	Verilerin Toplanması
Kasım 2021	Verilerin Kaydedilmesi
Aralık 2021-Kasım 2022	İstatistiksel Çözümleme Tez Yazım Aşaması

3.3 Araştırmanın Evreni ve Örneklemi

Dokuz Eylül Üniversitesi Hastanesi KBB polikliniğinden işitme cihazı denemesi için İşitme-Konuşma-Denge Ünitesi'ne yönlendirilen hastalar araştırmanın evrenini, yüksek frekanslarda ani düşüş gösteren sensörinöral tip işitme kayıplı, araştırmaya dahil olma kriterlerini karşılayan hastalar araştırmanın örneklemini oluşturmaktadır.

3.3.1 Araştırmaya Dahil Olma Kriterleri

- Katılımcıların test tarihinde 18 -72 yaş aralığında olması.
- Normal KBB muayenesi ve Tip A timpanogram bulgusu.
- Tıbbi öyküsünde herhangi bir merkezi sinir sistemi hastalığı tanısının olmaması.

- Saf ses işitme eşiklerinin, konuşmayı ayırt etme skorlarının ve P1-N1-P2 dalgalarının güvenilir biçimde elde edilmiş olması.
- Gönüllü olması.

3.3.2 Araştırmadan Dışlama Kriterleri

- Katılımcının 18 yaş altı veya 70 yaş üstü olması.
- Katılımcının herhangi bir dış kulak ya da orta kulak patolojisine sahip olması.
- Katılımcının gönüllü olmaması.

Katılımcının herhangi bir nedenle araştırmadan çekilmesi, İUKP testinde P1-N1-P2 dalga kompleksi elde edilememesi veya konuşma testlerine kooperasyon sağlanamaması durumlarında katılımcı araştırmaya dahil edilmemiştir.

3.**4 Çalışma Materyali**

Bu çalışma insan üzerinde yapılmıştır. Dokuz Eylül Üniversitesi Hastanesi KBB polikliniğinden işitme cihazı denemesi için İşitme-Konuşma-Denge Ünitesi'ne yönlendirilen hastalar Nisan 2021- Kasım 2021 tarihleri arasında dahil olma kriterlerini karşılayan gönüllü bireyler çalışmaya alınmıştır.

3.5 Araştırmanın Değişkenleri

Bağımlı Değişkenler: İUKP P1-N1-P2 dalga latans ve amplitüdleri, Sözcük Tanıma Testi puanları (yüzde)

Bağımsız Değişkenler: Frekans düşürme teknolojisi (etkin/devre dışı), İUKP Testi' nde uyaran sunum seviyesi (55 dB-65 dB) ve uyaran tipi (/t/ ve /g/)

3.6 Veri Toplama Araçları

3.6.1 Otolojik Değerlendirme

Çalışmaya dahil edilen her katılımcının DEÜ Hastanesi KBB polikliniğinde rutin otoskobik bakısı yapılmış olup dış kulak kanalı anatomisi ve timpanik membran bütünlüğü incelenmiştir. Akustik immitansmetri testinde tüm katılımcılar Tip A timpanogram bulgusu göstermiştir.

3.6.2 Saf Ses Odyometri Testi ve Sözcük Tanıma Testi

Çalışmaya dahil edilen her katılımcının saf ses işitme ve sözcük tanıma testleri Otometrics MADSEN Astera^2 (GN Otometrics, USA) çift kanallı, bilgisayar tabanlı, klinik odyometre cihazı ile ses yalıtımlı kabinde yapılmıştır. Hava yolu işitme eşikleri TDH-39 supraaural kulaklıklar ile 250-8000 Hz aralığındaki oktav frekanslarda modifiye Hugson-Westlake yöntemi (52) kullanılarak, kemik yolu işitme eşikleri ise kemik vibratör ile (Radioear B71, Denmark) 250-4000 Hz aralığındaki oktav frekanslarda değerlendirilmiştir. Saf ses işitme eşikleri ortalaması hesaplanırken 500-4000 Hz aralığında dört frekans ortalaması alınmıştır.

Sözcük tanıma testi, kişinin konuşmayı tanıma yeteneğini değerlendirmeye yönelik bir testtir. Ülkemizde en sık kullanım şekli eşik üstü sabit bir düzeyde fonetik dengeli tek heceli sözcükler kullanılarak konuşmayı tanıma becerisinin belirlenmesidir. Bu test konuşmayı ayırt etme testi veya konuşmayı tanıma testi olarak da isimlendirilmektedir. Test sırasında sabit bir şiddet düzeyinde sözcükler okunur ya da kayıttan dinletilir. Test edilen bireyin sözcükleri tekrar etmesi istenir. 25 kelimeden oluşan listede her doğru için dört puan, 50 kelimeden oluşan listede ise her doğru tekrara iki puan verilerek sözcük tanıma skoru (yüzdesi) belirlenmektedir (53).

Sözcük tanıma yüzdesi odyoloji pratiğinde işitsel performans konusunda değerli bilgiler sağlamaktadır. Konuşma testleri klinik odyolog tarafından iletişim becerilerinin değerlendirilmesinde, uygun amplifikasyonun belirlenmesinde, spesifik rehabilitasyonun ve uygun işitme cihazı seçiminde rutin olarak kullanılmaktadır (53).

Sözcük tanıma testi, bireyin konuşmayı anlama eşiklerinin 25-40 dB Sensation Level (SL)'de üzerinde canlı ses ve taşıyıcı cümleler ile Dokuz Eylül Sözcük Tanıma Listeleri (39) kullanılarak uygulanmıştır. EK-2'de sunulmuştur.

3.6.3 İşitme Cihazı Programlaması

Araştırmada DEÜ Hastanesi İşitme-Konuşma-Denge Ünitesi'nde deneme amaçlı bulunan, frekans düşürme teknolojilerinden biri olan frekans sıkıştırma özelliğine sahip işitme cihazı kullanılmıştır. RIC (*Receiver in the Canal*) özellikte olan bu cihaz, kişiye özel tek kullanımlık dome ile tüm katılımcılara uygulanmıştır. Saf ses odyometri testi ile belirlenen işitme eşiklerine göre işitme cihazı ayarı yazılım

üzerinden yapılmıştır. Gerçek kulak ölçümleri (REM, Real Ear Measurement) Otosuits AURICAL FreeFit yazılım üzerinden 55 dB SPL, 65 dB SPL ve 75 dB SPL seviyelerinde ISTS sinyali kullanılarak NAL-NL2 hedeflerine mümkün olan en iyi eşleşmeyi yapacak şekilde gerçekleştirilmiştir. İşitme cihazı iki manuel programa sahip olacak şekilde ayarlanmıştır. (P_1= Frekans sıkıştırma kapalı, P_2= Frekans sıkıştırma açık) İşitme cihazının ses kontrolü, dijital gürültü azaltma ve otomatik program seçimi gibi gelişmiş özellikleri devre dışı bırakılmıştır (4,18,54). İşitme cihazının arkasında bulunan program düğmesi vasıtasıyla manuel olarak programlar arası geçiş yapılabilmektedir. Dolayısıyla önce frekans düşürme özelliği kapalı olarak (1.program) ardından frekans düşürme özelliği açık olarak (2.program) İUKP ölçümü ve sözcük tanıma testi yapılmıştır. Değerlendirme aynı kişiler üzerinde aynı test oturumu içerisinde yalnızca manuel olarak program değiştirilerek tekrarlı ölçümler ile yapılmıştır. Ölçümlerin tekrarı için herhangi bir bekleme süresine gereksinim duyulmamıştır (54). Tüm katılımcıların ölçümlere aynı işitme cihazı ile katılması, cihaz marka ve modelinden kaynaklanabilecek ölçüm farklılıklarını engellemiştir.

3.6.4 İUKP Kaydında Kullanılan Ekipman

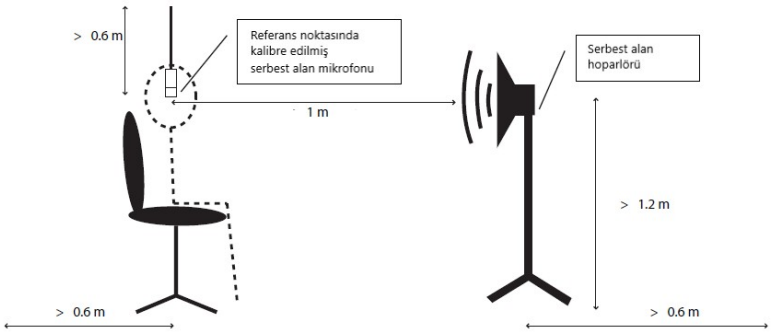
Araştırmada işitsel uyarılmış kortikal potansiyel ölçümleri HEARLab System (Frye Electronics, Tigard, OR, USA) cihazının ACA 1.0 modülü kullanılarak yapılmıştır. HEARLab test sistemi tek kanallıdır. Bu nedenle sadece iki anatomik bölge arasındaki biyoelektrik potansiyel farkının ölçülmesine olanak tanır. Göz artefaktlarının dışlanamaması dezavantaj olsa da çok kanallı sistemlere göre elektrot montajının kolay biçimde yapılabilmesi test süresini kısaltmaya olanak tanımıştır (55). Şekil-4’ de kullanılan HEARLab® Cortical Auditory Evoked Potential Analyzer cihazı gösterilmektedir.



Şekil **4.** HEARLab ACA Ölçüm Ekipmanları (15)

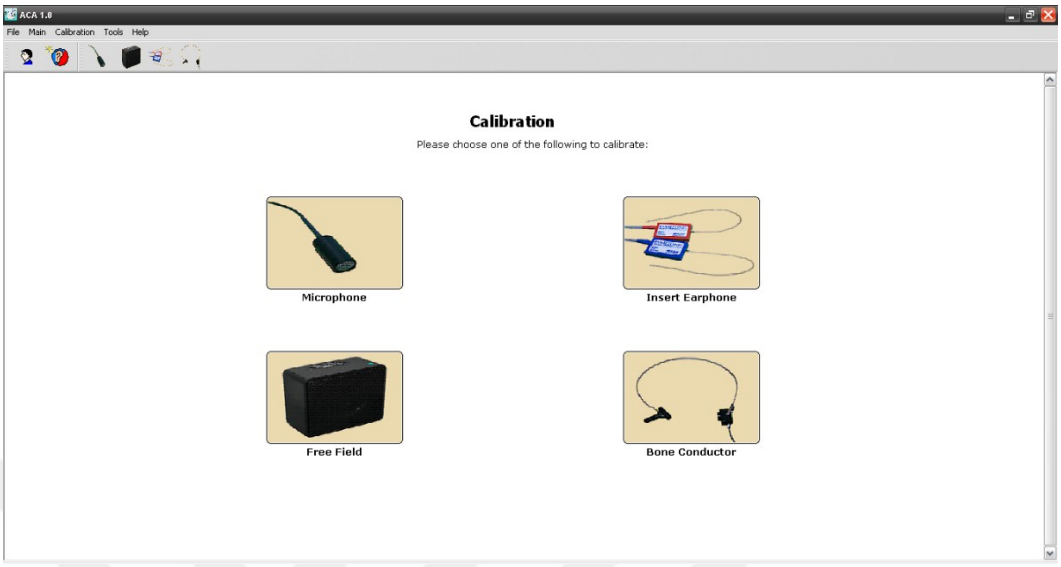
Test Ortamı

Katılımcı 0º azimuth ile yerleştirilmiş hoparlöre 1m uzaklıkta, rahat bir televizyon koltuğunda uyanık ve hareketsiz oturur pozisyonda iken işitsel uyarılmış kortikal potansiyel kayıtları alınmıştır. (Şekil 5) İşitme cihazı uygulaması işitme eşiklerinin daha iyi olduğu kulağa yapılmıştır. Kontralateral kulak köpük tıkaç *(foam earplug)* ile kapatılmıştır (12,56). P1-N1-P2 kaydı pasif olarak yapıldığından bireyin teste dikkatini ve aktif katılımını gerekmemektedir (38). Katılımcılara, sunulan işitsel uyarana dikkatlerini vermemeleri gerektiği söylenmiş ve test sırasında ses kapalı olarak TV ekranından belgesel izletilmiştir.



Şekil 5. İUKP Testi Hoparlör ve Oturma Pozisyonu

Kayıtlamalara başlamadan önce otomatik serbest alan kalibrasyonu yapılmıştır. Şekil 6'da HEARLab® ACA 1.0 kalibrasyon penceresi gösterilmektedir.



Şekil 6. HEARLab® ACA 1.0 Kalibrasyon Penceresi

Elektrot Yerleşimi

Elektrot yerleşimi tek kullanımlık EKG elektrotları kullanılarak Uluslararası 10-20 Elektrot Yerleşim Sistemi'ne göre yapılmıştır. Tüm katılımcılarda pozitif elektrot vertekse (Cz), negatif elektrot kontralateral mastoide (M1-M2) ve toprak elektrot alnın orta noktasına (FPz) yerleştirilmiştir. Önceki çalışmalarda İUKP'lerin en yüksek amplitüdde verteks-mastoid derivasyonunda kaydedildiği bildirilmiştir (15,32). Her elektrot bölgesi iletken jel (nuprep) ile temizlenerek elektrot dirençlerinin 5 kΩ altında olmasına dikkat edilmiştir.

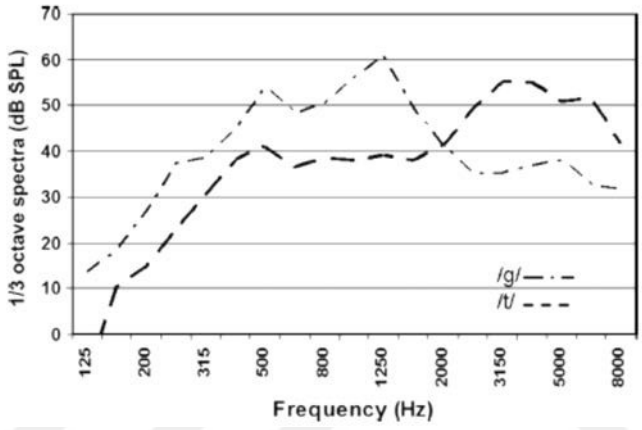
Akustik Uyaran Parametreleri

HEARLab® ile test uyaranları olan /m/, /t/, /g/ ünsüzleri; sırasıyla alçak (250-500Hz), orta (0.8-1.6 kHz) ve yüksek (2-8 kHz) frekansları temsil ettiğinden kortikal düzeydeki işitmenin genel ipuçlarını elde etmekte kullanılmaktadır (55). /g/ ve /t/ konuşma uyaranları spektral içerikleri ağırlıklı olarak orta ve yüksek frekans bölgelerinde olması nedeniyle sesin işitilebilirliği hakkında tanısal bilgi sağlayabildiğinden seçilmiştir (57). Bu çalışmada frekans sıkıştırmanın etkili olduğu

yüksek frekans ve orta frekans bölgelerinin etkileneceği düşünüldüğünden, test süresini kısaltmak adına uyaran tipi olarak /g/ ve /t/ konuşma uyaranları; 55 dB SPL ve 65 dB SPL şiddetlerinde sunulmuştur. Uyaranların özellikleri Tablo 2' de frekans alanları Şekil 7'de gösterilmiştir.

Tablo 2. Akustik Uyaranların Özellikleri

Uyaran	Frekans	Polarite	Uyaran Sayısı	Durasyon
/g/	Orta Frekans	Alternating	200	20 ms
/t/	Yüksek Frekans	Alternating	200	30 ms



Şekil 7. /g/ ve /t/ Uyaranlarının Temel Enerjilerinin Spektral Analizi (58)

Kayıt Parametreleri

Değerlendirme sırasında kullanılan kayıtlama parametreleri Tablo 3' de gösterilmiştir.

Tablo 3. İUKP Testi Kayıt parametreleri

Analiz Süresi	-200 msn prestimulus / 600msn poststimulus
Saniyedeki Uyaran Sayısı	1/sn
Uyaran Türü	/g/, /t/
Uyaran Polaritesi	Alternating
Uyaran Şiddeti	55 dB SPL, 65 dB SPL
Kayıtlama Filtresi	1-30 Hz
Averajlama	200
Uyaranlar Arası Süre (ISI-Interstimulus Interval)	1125 ms

Kayıt Analizi

HEARLab sisteminde testi uygulayan kişinin subjektif yorumunu gerektirmeyen otomatik istatistiksel cevap prosedürü uygulanmaktadır. HEARLab sistemi CTE ve ACA modülünde kortikal yanıtların tespiti için Hotelling's T-Square istatistiksel analiz yöntemini kullanmaktadır (55). Hesaplanan anlamlılık değeri (p değeri) sunulan uyaranlar ile bireyin yanıtlarını ilişkilendirerek cevap oluşup oluşmadığını belirlemektedir. Elde edilen p değeri, hem sayısal olarak hem de grafiksel olarak sunulur (41,55).

3.7 Verilerin Değerlendirilmesi

Verilerin İstatistiksel Analiz İçin Hazırlanması

Kayıtlanan İUKP dalgalarının amplitüdleri mikrovolt, latansları milisaniye cinsinden hesaplanmıştır. Hesaplamalar için her bir dalganın tepe noktası işaretlenmiştir. Tepe noktası net olmayan yaygın tepeli ya da çift tepeli dalga formu durumlarında en büyük amplitüdde amplitüd belirlenirken dalganın tepe noktasından inen iki bacağın eğimi birbirine yakın ise tepe noktası tam orta hatta, eğimleri farklı ise bacaklardan yukarı doğru olanın ilerleyen izdüşümlerinin kesişim noktasında işaretlenmiştir (15,17,48,49,59). Toplanan veriler EK-1' de sunulan Veri Kayıt Formu' na işlenmiştir.

İstatistiksel Analiz

İstatistiksel analizler ve grafikler, Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) sürüm 24.0 (IBM Corp., Armonk, NY) ve Microsoft Excel 2019 (Microsoft, Redmond, WA, ABD) kullanılarak yapılmıştır.

Uyaran tipi (t/g), uyaran şiddeti (55/65 dB SPL) ve frekans sıkıştırma teknolojisinin (kapalı/açık) P1-N1-P2 dalga latans ve amplitüdlerine etkisi araştırılmıştır. Üç faktör için tekrarlanan ölçümler GLM-Repeated Measures ANOVA 2x2x2 faktöriyel model ile analiz edilmiştir. Gruplar arasında etkileşim etkisi saptanmadığı için ve üç faktörlü tekrarlı ölçümlerin dahil edildiği modelin artık kareleri normal dağılım gösterdiği için tekrarlı ölçümler tek modelde incelenmiştir ve bu modelden çıkan sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Tüm etkileşimler

kontrol edilmiştir ve anlamlı bulunmadığı için modelden çıkan tüm sonuçlar geçerlidir. Tüm analizler için alfa seviyesi 0.05 kullanılmıştır.

Frekans sıkıştırma teknolojisinin konuşma anlaşılırlığına etkisi Sözcük Tanıma Testi ile değerlendirilmiştir. Bu testten elde edilen sonuçlar % cinsinden kaydedilmiştir. İşitme cihazının frekans sıkıştırma özelliğinin kapalı ve açık olduğu koşullarda yapılan tekrarlı ölçüm sonuçları paired samples t-test kullanılarak karşılaştırılmıştır.

Frekans sıkıştırma özelliğinin kapalı ve açık olduğu durumlarda elde edilen ölçüm sonuçları normal işiten katılımcılardan elde edilen sonuçlar ile independent samples t-test kullanılarak karşılaştırılmıştır.

3.8 Sınırlılıklar

Frekans sıkıştırma teknolojisinin gürültüde konuşmayı anlama performansı üzerine etkisi MATRİS Testi ile değerlendirilebilirdi fakat Covid-19 pandemisi sebebiyle test süresini uzatmamak adına kullanılmamıştır.

3.9 Etik Kurul Onayı

Çalışmaya ve veri toplamaya başlamadan önce Dokuz Eylül Üniversitesi Girişimsel Olmayan Araştırmalar Etik Kurulu'ndan 22.02.2021 tarih ve 5936-GOA protokol numaralı 2021/06-19 karar numaralı onay alınmıştır. (EK-4) Araştırmaya dahil olan çalışma ve kontrol grubundaki tüm gönüllülere EK-3' de sunulan bilgilendirilmiş onam formları okutularak imzalatılmıştır.

4. BULGULAR

4.1 Katılımcıların Tanımlayıcı İstatistiği

İşitme cihazının frekans sıkıştırma özelliğinin sözcük tanıma testi skorlarına ve P1-N1-P2 dalga kompleksine etkisinin araştırıldığı bu çalışmaya, yüksek frekanslara doğru ani düşüş gösteren odyogram bulgusuna sahip 31 yetişkin ve normal işiten 24 yetişkin katılmıştır. Katılımcıların demografik verilerine ilişkin bulgular Tablo 4 ve Tablo 5' de gösterilmiştir.

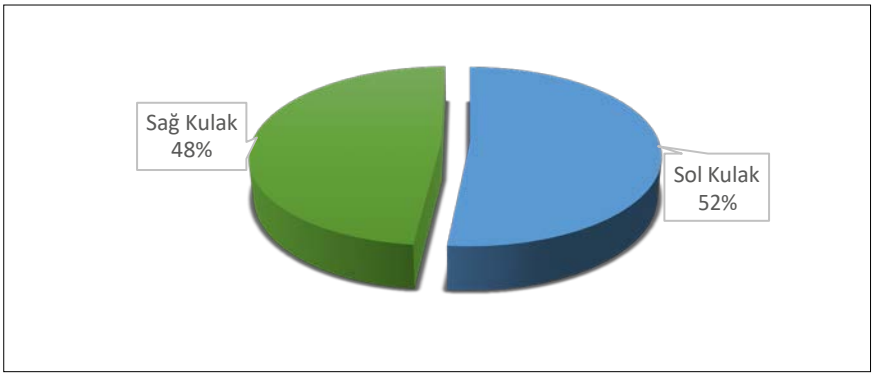
Tablo 4. İşitme Kayıplı ve Normal İşiten Grubun Cinsiyet Dağılımı

	İşitme Kayıplı n (%)	Normal İşiten n (%)
Kadın	9 (29,0)	18 (75,0)
Erkek	22 (71,0)	6 (25,0)
Toplam	31 (100)	24 (100)

Tablo 5. İşitme Kayıplı ve Normal İşiten Grubun Yaş Ortalamaları

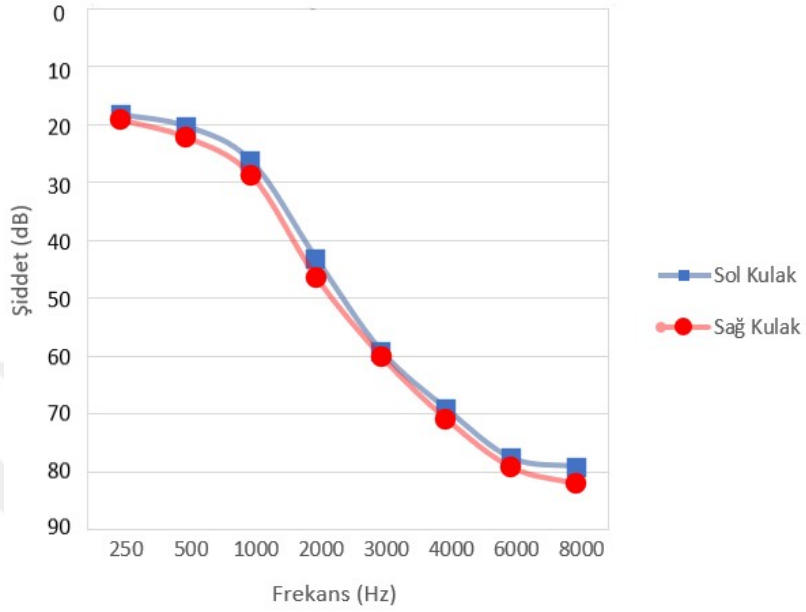
Gruplar	N	En Düşük Yaş (yıl)	En Yüksek Yaş(yıl)	Ortalama±sd
İşitme Kayıplı	31	32	72	60,97±10,3
Normal İşiten	24	29	65	47,92±10,7

Çalışma grubundaki katılımcılara işitme cihazı uygulaması yapılırken işitme eşiklerinin daha iyi olduğu kulak değerlendirilmiştir. Grafik 1 'de işitme cihazı uygulanan kulak yönü dağılımı gösterilmiştir.



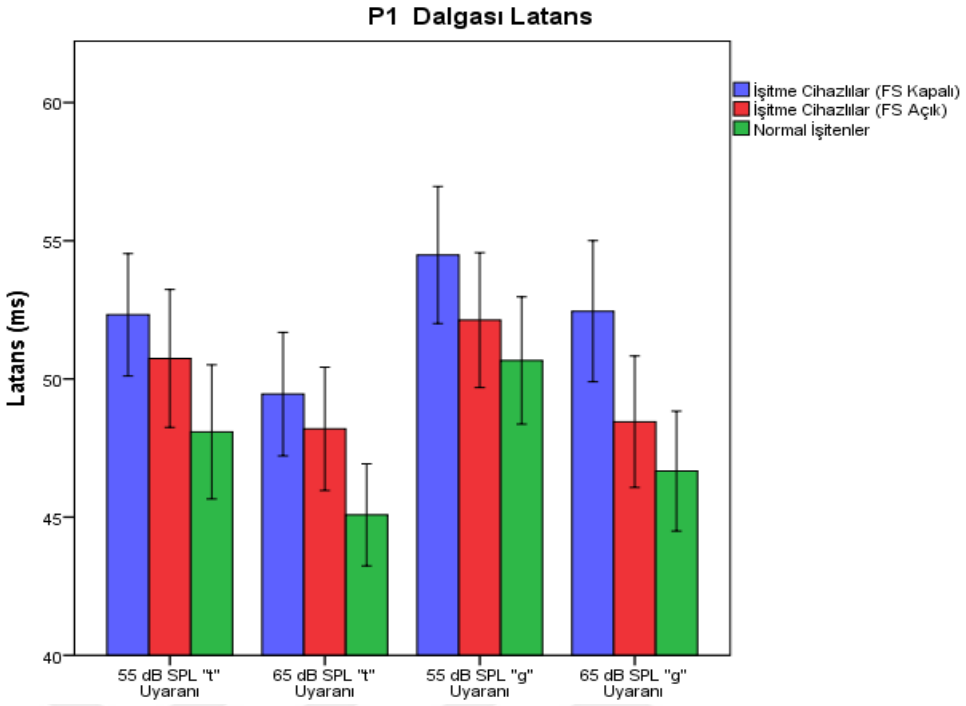
Grafik 1. İşitme Cihazı Uygulaması Yapılan Kulak Yönü

Çalışma grubundaki katılımcıların ortalama işitme eşiklerinin gösterildiği odyogram konfigürasyonu Grafik 2’ de sunulmaktadır.

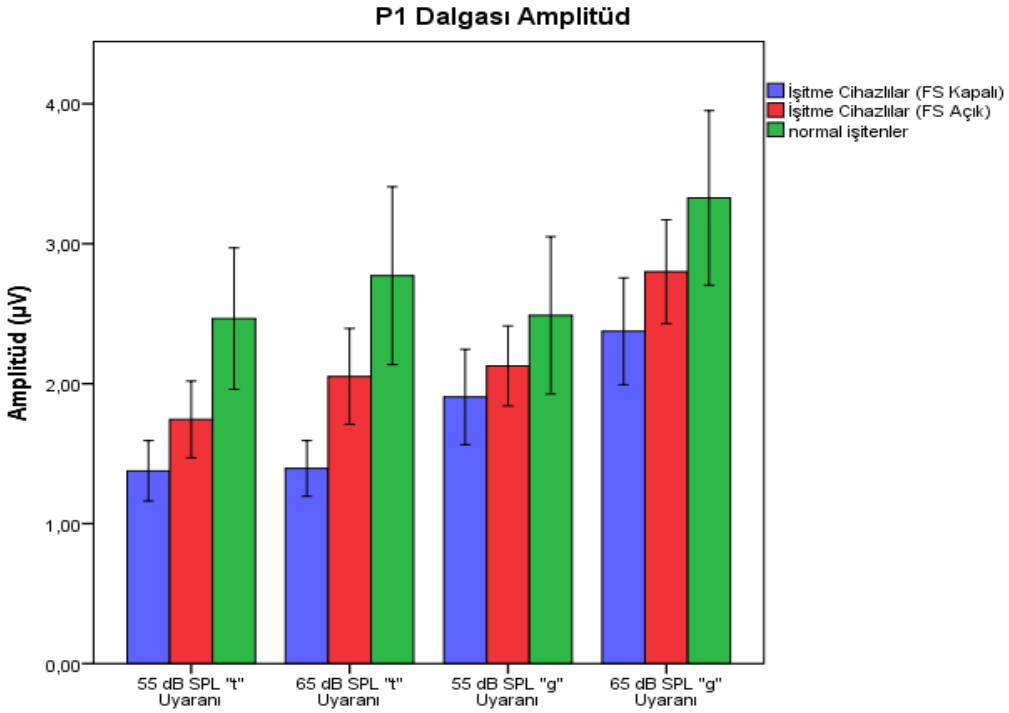


Grafik 2. İşitme Kayıplı Grubun Ortalama İşitme Eşikleri

İUKP ölçümleri işitme kayıplı grupta frekans sıkıştırma özelliği açık ve kapalı olarak tekrarlı ölçümler şeklinde 31 katılımcıya ve normal işiten 24 katılımcıya uygulanmıştır. Tüm katılımcılardan P1-N2-P2 dalgaları elde edilmiştir. 55 ve 65 dB SPL şiddetlerinde, /t/ ve /g/ uyaranları ile yapılan ölçümler sonucu tüm gruplardan elde edilen P1 dalgası latans ortalamaları Grafik 3’ de amplitüd ortalamaları Grafik 4’ de gösterilmiştir. Hata çubukları %95 güven aralığını göstermektedir.

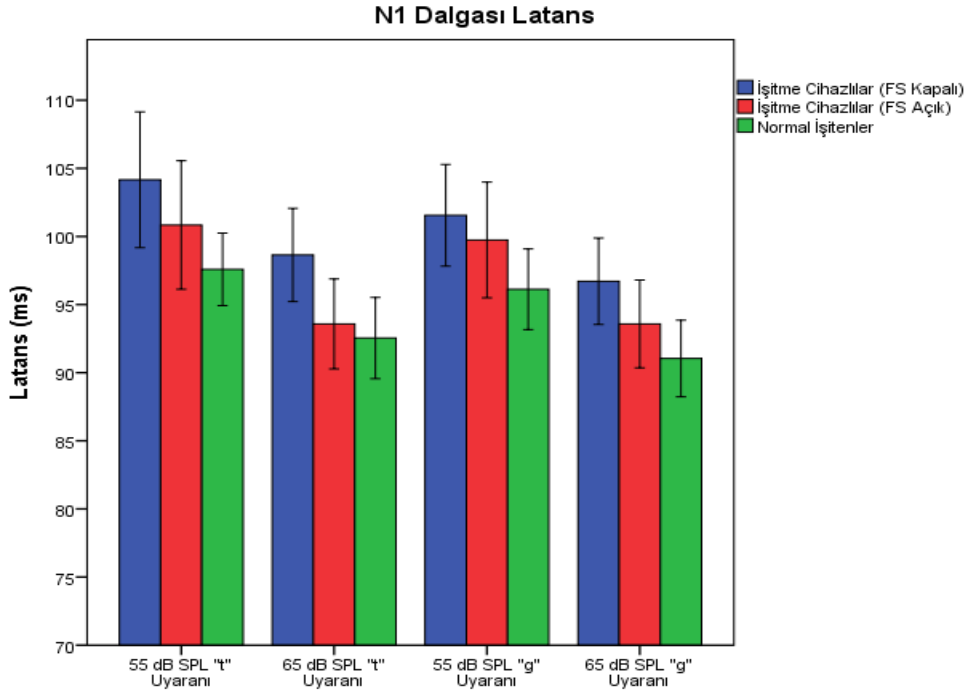


Grafik 3. Tüm grupların P1 dalgası latans değeri ortalamaları.

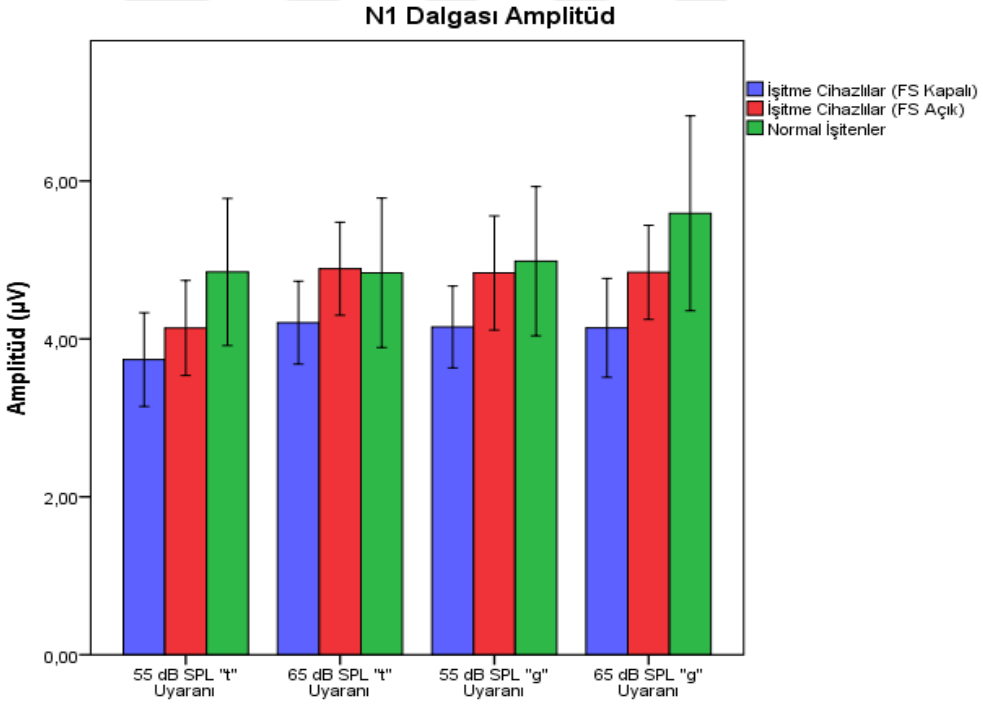


Grafik 4. Tüm grupların P1 dalgası amplitüd değeri ortalamaları.

55 ve 65 dB SPL şiddetlerinde, /t/ ve /g/ uyaranları ile yapılan ölçümler sonucu tüm gruplardan elde edilen N1 dalgası latans ortalamaları Grafik 5'de amplitüd ortalamaları Grafik 6' da gösterilmiştir.

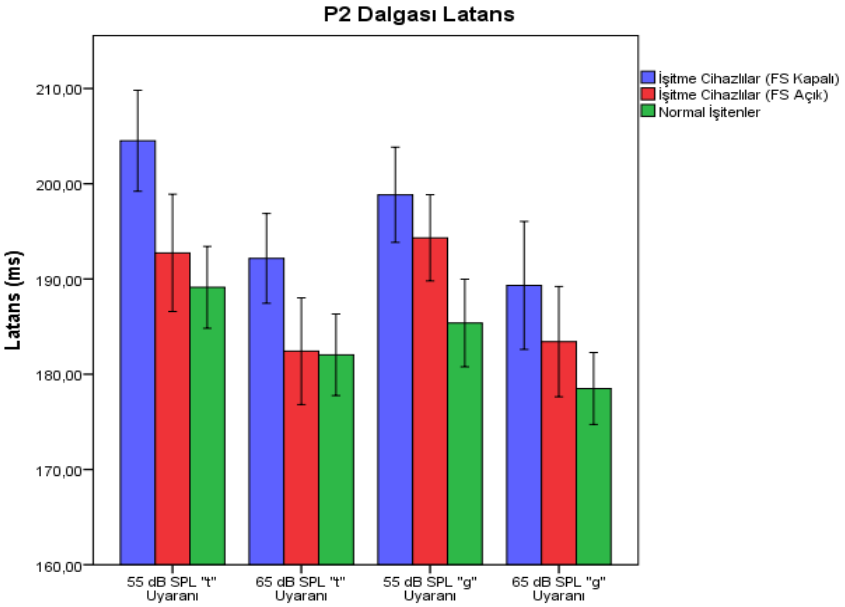


Grafik 5. Tüm grupların N1 dalgası latans değeri ortalamaları.

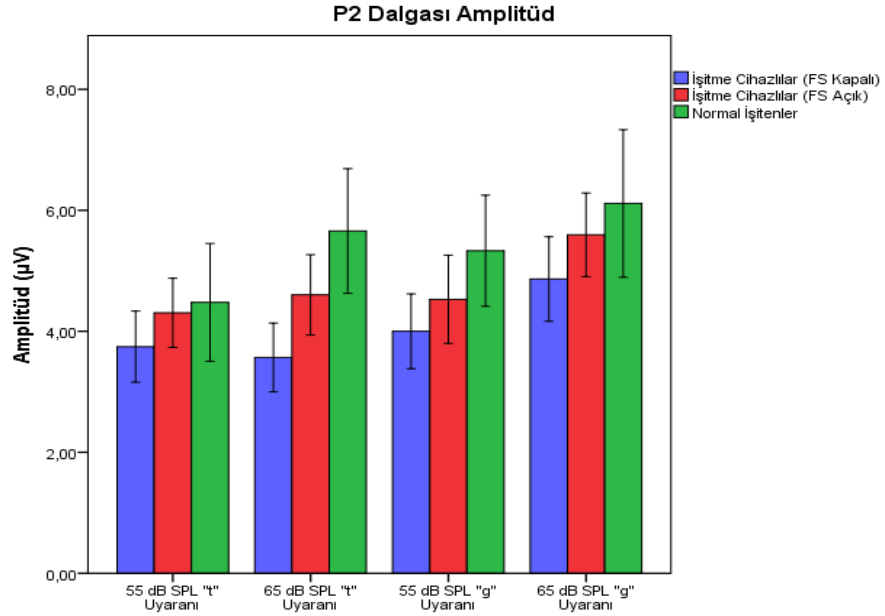


Grafik 6. Tüm grupların N1 dalgası amplitüd değeri ortalamaları.

55 ve 65 dB SPL şiddetlerinde, /t/ ve /g/ uyaranları ile yapılan ölçümler sonucu tüm gruplardan elde edilen P2 dalgası latans ortalamaları Grafik 7'de amplitüd ortalamaları Grafik 8' de gösterilmiştir.



Grafik 7. Tüm grupların P2 dalgası latans değeri ortalamaları.



Grafik 8. Tüm grupların P2 dalgası amplitüd değeri ortalamaları.

4.2. Frekans Sıkıştırma Açık ve Kapalı Durumlarda İUKP Bulgularının Karşılaştırılması

P1 Dalgası Yanıtları

Üç faktör için tekrarlanan ölçümler GLM-Repeated Measures ANOVA 2x2x2 faktöriyel model ile analiz edilmiştir. Gruplar arasında etkileşim etkisi saptanmadığı için ve üç faktörlü tekrarlı ölçümlerin dahil edildiği modelin artık kareleri normal dağılım gösterdiği için tekrarlı ölçümler tek modelde incelenmiştir ve bu modelden çıkan sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Tüm etkileşimler kontrol edilmiştir ve anlamlı bulunmadığı için modelden çıkan tüm sonuçlar geçerlidir.

ANOVA sonuçları frekans sıkıştırma özelliği açık olduğunda kapalı duruma göre P1 latanslarında istatistiksel olarak anlamlı düzeyde azalma olduğu sonucunu ortaya koymuştur. F(1,30) = 50.326, p = 0.000. Uyaran tipinin P1 latanslarına etkisi incelendiğinde /t/ uyaranı kullanıldığında /g/ uyaranına göre latanslarda anlamlı düzeyde düşüş gözlenmiştir. F(1,30) = 8.414, p = 0.007. Uyaran şiddetinin P1 latanslarına etkisi incelendiğinde 55 dB SPL' e kıyasla 65 dB SPL seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı düzeyde düşüş gözlenmiştir. F(1,30) = 49.628, p = 0.000. (Tablo 6)

Tablo 6. İşitme Kayıplı Grupta P1 Dalgası Latans Değerleri

P1 Latans (ms)		FS Kapalı	FS Açık	
Uyaran Tipi	Uyaran Şiddeti (dB SPL)	Ort ± sd (min-max)	Ort ± sd (min-max)	p (adj)
/t/	55	52,32 ± 6,03 (38-63)	48,32 ± 5,91 (39-60)	p=0.007* p=0.000** p=0.000***
	65	49,45 ± 6,09 (40-60)	44,52 ± 4,86 (37-56)	
/g/	55	54,48 ±6,76 (40-64)	52,13 ± 6,66 (41-63)	
	65	52,45 ± 6,96 (41-64)	48,45 ±6,49 (38-62)	

p: GLM Repeated Measure 2x2x2 faktöriyel ANOVA modeli
Veriler ortalama ± standart sapma (minimum-maksimum) olarak verilmiştir. dB SPL: desibel ses basınç seviyesi
*= Uyaran Tipi (t/g) **= Uyaran Şiddeti (55/65 dB SPL) ***= Frekans Sıkıştırma (FS) (Kapalı/Açık)

ANOVA sonuçları frekans sıkıştırma özelliği açık olduğunda kapalı duruma göre P1 amplitüdlerinde istatistiksel olarak anlamlı düzeyde artış olduğu sonucunu ortaya koymuştur. F(1,30) = 23.054, p = 0.000. Uyaran tipinin P1 amplitüdlerine etkisi incelendiğinde /g/ uyaranı kullanıldığında /t/ uyaranına göre amplitüdlerde anlamlı düzeyde artış gözlenmiştir. F(1,30) = 40.884, p = 0.000. Uyaran şiddetinin P1 amplitüdlerine etkisi incelendiğinde 55 dB SPL' e kıyasla 65 dB SPL seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı düzeyde artış gözlenmiştir. F(1,30) = 49.628, p = 0.002. (Tablo 7)

Tablo 7. İşitme Kayıplı Grupta P1 Dalgası Amplitüd Değerleri

P1 Amplitüd (µV)		FS Kapalı	FS Açık	
Uyaran Tipi	Uyaran Şiddeti (dB SPL)	Ort ± sd (min-max)	Ort ± sd (min-max)	p (adj)
/t/	55	1,38 ± 0,59 (0,37-2,48)	1,74 ± 0,75 (0,44-3,02)	p=0.000* p=0.002** p=0.000***
	65	1,39 ± 0,54 (0,48-2,50)	2,08 ± 0,89 (0,81-4,29)	
/g/	55	1,90 ± 0,93 (0,16-3,80)	2,13 ± 0,78 (1,05-3,78)	
	65	2,37 ± 1,04 (0,64-5,37)	2,80 ± 1,01 (1,24-5,21)	

p: GLM Repeated Measure 2x2x2 faktöriyel ANOVA modeli
Veriler ortalama ± standart sapma (minimum-maksimum) olarak verilmiştir. dB SPL: desibel ses basınç seviyesi
*= Uyaran Tipi (t/g) **= Uyaran Şiddeti (55/65 dB SPL) ***= Frekans Sıkıştırma (FS) (Kapalı/Açık)

N1 Dalgası Yanıtları

Üç faktör için tekrarlanan ölçümler GLM-Repeated Measures ANOVA 2x2x2 faktöriyel model ile analiz edilmiştir. Gruplar arasında etkileşim etkisi saptanmadığı için ve üç faktörlü tekrarlı ölçümlerin dahil edildiği modelin artık kareleri normal dağılım gösterdiği için tekrarlı ölçümler tek modelde incelenmiştir ve bu modelden çıkan sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirilmiştir.

ANOVA sonuçları frekans sıkıştırma özelliği açık olduğunda kapalı duruma göre N1 latanslarında istatistiksel olarak anlamlı düzeyde azalma olduğu sonucunu ortaya koymuştur. F(1,30) = 20.725, p = 0.000. Uyaran tipinin N1 latanslarına etkisi incelendiğinde /t/ ve /g/ uyaranları arasında anlamlı bir fark gözlenmemiştir. F(1,30)

= 0.962, p = 0.334. Uyaran şiddetinin N1 latanslarına etkisi incelendiğinde 55 dB SPL' e kıyasla 65 dB SPL seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı düzeyde düşüş gözlenmiştir. F(1,30) = 36.683, p = 0.000. (Tablo 8)

Tablo 8. İşitme Kayıplı Grupta N1 Dalgası Latans Değerleri

N1 Latans (ms)		FS Kapalı	FS Açık	
Uyaran Tipi	Uyaran Şiddeti (dB SPL)	Ort ± sd (min-max)	Ort ± sd (min-max)	p (adj)
/t/	55	104,16 ± 13,57 (73-127)	100,84 ± 12,85 (73-126)	p=0.334* p=0.000** p=0.000***
	65	98,64 ± 9,31 (80-116)	93,59 ± 9,00 (73-107)	
/g/	55	101,55 ± 10,17 (77-118)	99,74 ± 11,59 (75-125)	
	65	96,70 ± 8,63 (79-111)	93,58 ± 8,80 (76-118)	

p: GLM Repeated Measure 2x2x2 faktöriyel ANOVA modeli
Veriler ortalama ± standart sapma (minimum-maksimum) olarak verilmiştir. dB SPL: desibel ses basınç seviyesi
*= Uyaran Tipi (t/g) **= Uyaran Şiddeti (55/65 dB SPL) ***= Frekans Sıkıştırma (FS) (Kapalı/Açık)

ANOVA sonuçları frekans sıkıştırma özelliği açık olduğunda kapalı duruma göre N1 amplitüdlerinde istatistiksel olarak anlamlı düzeyde artış olduğu sonucunu ortaya koymuştur. F(1,30) = 11.729, p = 0.002. Uyaran tipinin N1 amplitüdlerine etkisi incelendiğinde /t/ ve /g/ uyaranları arasında anlamlı bir fark gözlenmemiştir. F(1,30) = 1.046, p = 0.315. Uyaran şiddetinin N1 amplitüdlerine etkisi incelendiğinde 55 dB SPL ve 65 dB SPL seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. F(1,30) = 2.874, p = 0.100. (Tablo 9)

Tablo 9. İşitme Kayıplı Grupta N1 Dalgası Amplitüd Değerleri

N1 Amplitüd (µV)		FS Kapalı	FS Açık	
Uyaran Tipi	Uyaran Şiddeti (dB SPL)	Ort ± sd (min-max)	Ort ± sd (min-max)	p (adj)
/t/	55	3,74 ± 1,61 (1,11-6,37)	4,14 ± 1,64 (1,33-7,69)	p=0.315* p=0.100** p=0.002***
	65	4,20 ± 1,43 (1,75-7,37)	4,89 ± 1,60 (2,61-7,92)	
/g/	55	4,15 ± 1,41 (1,84-7,94)	4,83 ± 1,97 (1,37-9,79)	
	65	4,14 ± 1,70 (1,08-7,80)	4,84 ± 1,62 (1,81-8,77)	

p: GLM Repeated Measure 2x2x2 faktöriyel ANOVA modeli
Veriler ortalama ± standart sapma (minimum-maksimum) olarak verilmiştir. dB SPL: desibel ses basınç seviyesi
*= Uyaran Tipi (t/g) **= Uyaran Şiddeti (55/65 dB SPL) ***= Frekans Sıkıştırma (FS) (Kapalı/Açık)

P2 Dalgası Yanıtları

Üç faktör için tekrarlanan ölçümler GLM-Repeated Measures ANOVA 2x2x2 faktöriyel model ile analiz edilmiştir. Gruplar arasında etkileşim etkisi saptanmadığı için ve üç faktörlü tekrarlı ölçümlerin dahil edildiği modelin artık kareleri normal dağılım gösterdiği için tekrarlı ölçümler tek modelde incelenmiştir ve bu modelden çıkan sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirilmiştir.

ANOVA sonuçları frekans sıkıştırma özelliği açık olduğunda kapalı duruma göre P2 latanslarında istatistiksel olarak anlamlı düzeyde azalma olduğu sonucunu ortaya koymuştur. $F(1,30) = 21.299$, $p = 0.000$. Uyaran tipinin P2 latanslarına etkisi incelendiğinde /t/ ve /g/ uyaranları arasında anlamlı bir fark gözlenmemiştir. $F(1,30) = 0.788$, $p = 0.382$. Uyaran şiddetinin P2 latanslarına etkisi incelendiğinde 55 dB SPL' e kıyasla 65 dB SPL seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı düzeyde düşüş gözlenmiştir. $F(1,30) = 44.468$, $p = 0.000$. (Tablo 10)

Tablo 10. İşitme Kayıplı Grupta P2 Dalgası Latans Değerleri

P2 Latans (ms)		FS Kapalı	FS Açık	
Uyaran Tipi	Uyaran Şiddeti (dB SPL)	Ort ± sd (min-max)	Ort ± sd (min-max)	p (adj)
/t/	55	204,52 ± 14,46 (175-225)	192,74 ± 16,80 (163-218)	p=0.446* p=0.000** p=0.000***
	65	192,16 ± 12,86 (174-215)	182,42 ± 15,27 (161-215)	
/g/	55	198,64 ± 13,49 (168-229)	194,52 ± 12,55 (168-220)	
	65	189,32 ± 18,33 (148-229)	183,42 ± 15,79 (153-215)	

p: GLM Repeated Measure 2x2x2 faktöriyel ANOVA modeli
Veriler ortalama ± standart sapma (minimum-maksimum) olarak verilmiştir. dB SPL: desibel ses basınç seviyesi
*= Uyaran Tipi (t/g) **= Uyaran Şiddeti (55/65 dB SPL) ***= Frekans Sıkıştırma (FS) (Kapalı/Açık)

ANOVA sonuçları frekans sıkıştırma özelliği açık olduğunda kapalı duruma göre P2 amplitüdlerinde istatistiksel olarak anlamlı düzeyde artış olduğu sonucunu ortaya koymuştur. $F(1,30) = 27.505$, $p = 0.000$. Uyaran tipinin P2 amplitüdlerine etkisi incelendiğinde /g/ uyaranı kullanıldığında /t/ uyaranına göre amplitüdlerde anlamlı düzeyde artış gözlenmiştir. $F(1,30) = 10.384$, $p = 0.003$. Uyaran şiddetinin P2 amplitüdlerine etkisi incelendiğinde 55 dB SPL' e kıyasla 65 dB SPL seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı düzeyde artış gözlenmiştir. $F(1,30) = 21.130$, $p = 0.000$. (Tablo 11)

Tablo 11. İşitme Kayıplı Grupta P2 Dalgası Amplitüd Değerleri

P2 Amplitüd (µV)		FS Kapalı	FS Açık	
Uyaran Tipi	Uyaran Şiddeti (dB SPL)	Ort ± sd (min-max)	Ort ± sd (min-max)	p (adj)
/t/	55	3,23 ± 1,20 (1,44-5,91)	4,18 ± 1,37 (1,49-6,67)	p=0.003* p=0.000** p=0.000***
	65	3,57 ± 1,43 (1,37-6,39)	4,68 ± 1,75 (1,19-7,75)	
/g/	55	3,87 ± 1,50 (0,67-6,48)	4,46 ± 1,89 (1,08-8,71)	
	65	4,70 ± 1,58 (2,41-7,79)	5,43 ± 1,37 (2,41-7,79)	

p: GLM Repeated Measure 2x2x2 faktöriyel ANOVA modeli
Veriler ortalama ± standart sapma (minimum-maksimum) olarak verilmiştir. dB SPL: desibel ses basınç seviyesi
*= Uyaran Tipi (t/g) **= Uyaran Şiddeti (55/65 dB SPL) ***= Frekans Sıkıştırma (FS) (Kapalı/Açık)

4.3. Frekans Sıkıştırma Açık ve Kapalı Durumlarda Konuşmayı Anlamanın Değerlendirilmesi

Tablo 12. Frekans Sıkıştırma Özelliğinin Sözcük Tanıma Testi Sonuçlarına Etkisi

	FS Kapalı Ort ± sd	FS Açık Ort ± sd	p değeri
Sözcük Tanıma Testi Skoru (%)	78,83±8,07	84,00±7,44	0.000

p: paired samples t-test, FS: frekans sıkıştırma

4.4. Frekans Sıkıştırma Özelliğinin Açık ve Kapalı Olduğu Durumlarda P1-N1-P2 Dalgalarının Normal İşitenlerle Karşılaştırılması

İşitme kayıplı katılımcıların P1-N1-P2 dalga latans ve amplitüd değerlerinin frekans sıkıştırma özelliğinin hangi durumu için normal işitenlerin latans ve amplitüd ortalamalarına yaklaştığının belirlenebilmesi amacıyla 'frekans sıkıştırma kapalı*normal işitenler' ve 'frekans sıkıştırma açık*normal işitenler' karşılaştırması independent samples t-test kullanılarak ayrı ayrı analiz edilmiştir. FS özelliğinin kapalı olduğu durumda elde edilen P1-N1-P2 dalga latans ve amplitüdlerinin normal işitenler ile karşılaştırması Tablo 13' de, FS açık durumu için elde edilen sonuçların karşılaştırması Tablo 14' de sunulmuştur.

Tablolar incelendiğinde FS kapalı-normal işitenler karşılaştırmasında 65 dB SPL şiddetinde /g/ uyaranı ile elde edilen P1 ve N1 dalga amplitüdleri dışında tüm durumlarda istatistiksel olarak anlamlı düzeyde farklılık saptanırken FS açık-normal işitenler karşılaştırmasında /t/ 55 dB SPL P1 amplitüdünde ve /g/ 55 dB SPL N1 amplitüdleri dışında tüm durumlarda istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır. Bu demektir ki işitme kayıplılarda işitme cihazı frekans sıkıştırma özelliği aktifleştirildiğinde dalga latans ve amplitüd değerleri normal işitenlerin seviyesine oldukça yaklaşmaktadır.

Tablo 13. P1-N1-P2 Latans ve Amplitüdlerinin FS Kapalı Durumda İken Normal İşitenlerle Karşılaştırılması

	Uyaran Tipi	Uyaran Şiddeti (dB SPL)	İşitme Cihazlılar (FS Kapalı)	Normal İşitenler	p
P1 Latans (ms)	/t/	55	52,32 ±6,04	48,00 ± 5,65	0,009
		65	49,45 ±6,09	44,83± 4,19	0,002
	/g/	55	54,48 ±6,76	50,67± 5,45	0,024
		65	52,45 ±6,96	46,67± 5,14	0,001
P1 Amplitüd (µV)	/t/	55	1,38 ±0,59	2,46± 1,20	0,000
		65	1,39 ±0,54	2,77± 1,50	0,000
	/g/	55	1,91 ±0,93	2,49± 1,33	0,061*
		65	2,37 ±1,04	3,33± 1,48	0,011
N1 Latans (ms)	/t/	55	104,16 ±13,57	97,58 ± 6,30	0,021
		65	98,65 ±9,32	92,54± 7,07	0,008
	/g/	55	101,55 ±10,17	96,13± 7,00	0,023
		65	96,71 ±8,63	91,04± 6,66	0,008
N1 Amplitüd (µV)	/t/	55	3,74 ±1,62	4,81± 2,08	0,037
		65	4,21 ±1,43	5,53± 2,33	0,019
	/g/	55	4,15 ±1,41	4,98± 2,24	0,098*
		65	4,14 ±1,71	5,59± 2,92	0,025
P2 Latans (ms)	/t/	55	204,52 ±14,46	189,12 ± 10,19	0,000
		65	192,16 ±12,86	182,04± 10,14	0,002
	/g/	55	198,65 ±13,49	183,38± 10,89	0,000
		65	189,32 ±18,33	178,50± 8,94	0,006
P2 Amplitüd (µV)	/t/	55	3,23 ±1,20	4,48± 2,31	0,012
		65	3,57 ±1,43	5,66± 2,44	0,001
	/g/	55	3,87 ±1,50	5,33± 2,18	0,005
		65	4,70 ±1,58	6,11± 2,89	0,025

Veriler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir. µV: mikrovolt, ms: milisaniye
FS: frekans sıkıştırma, dB SPL: desibel ses basınç seviyesi

Tablo 14. P1-N1-P2 Latans ve Amplitüdlerinin FS Açık Durumda İken Normal İşitenlerle Karşılaştırılması

	Uyaran Tipi	Uyaran Şiddeti (dB SPL)	İşitme Cihazlılar (FS Açık)	Normal İşitenler	p
P1 Latans (ms)	/t/	55	48,32 ±5,91	48,00 ± 5,65	0,839
		65	44,51 ±4,86	44,83± 4,19	0,796
	/g/	55	52,13 ±6,66	50,67± 5,45	0,387
		65	48,45 ±6,49	46,67± 5,14	0,274
P1 Amplitüd (mV)	/t/	55	1,74 ±0,75	2,46± 1,20	0,014*
		65	2,08 ±0,89	2,77± 1,50	0,055
	/g/	55	2,13 ±0,78	2,49± 1,33	0,244
		65	2,80 ±1,01	3,33± 1,48	0,142
N1 Latans (ms)	/t/	55	100,84 ±12,85	97,58 ± 6,30	0,224
		65	93,58 ±9,00	92,54± 7,07	0,634
	/g/	55	99,74 ±11,59	96,13± 7,00	0,158
		65	93,58 ±8,80	91,04± 6,66	0,245
N1 Amplitüd (mV)	/t/	55	4,14 ±1,64	4,81± 2,08	0,203
		65	4,89 ±1,61	5,53± 2,33	0,257
	/g/	55	4,84 ±1,97	4,98± 2,24	0,798
		65	4,48 ±1,63	5,59± 2,92	0,268
P2 Latans (ms)	/t/	55	192,74 ±16,80	189,12 ± 10,19	0,328
		65	182,42 ±15,27	182,04± 10,14	0,913
	/g/	55	194,52 ±12,55	183,38± 10,89	0,006*
		65	183,42 ±15,79	178,50± 8,94	0,178
P2 Amplitüd (mV)	/t/	55	4,18 ±1,37	4,48± 2,31	0,573
		65	4,68 ±1,75	5,66± 2,44	0,103
	/g/	55	4,46 ±1,89	5,33± 2,18	0,127
		65	5,43 ±1,37	6,11± 2,89	0,254

Veriler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir. µV: mikrovolt, ms: milisaniye
FS: frekans sıkıştırma, dB SPL: desibel ses basınç seviyesi

5. TARTIŞMA

İşitsel rehabilitasyonda temel amaç, işitme kaybı sebebiyle işitilemeyen konuşma ipuçlarının işitilebilirliğini yeniden sağlamak ve konuşmayı anlamayı iyileştirmektir. İşitme kayıplılarda 2-8 kHz arasında dik bir eğim ile karakterize odyogram en sık rastlanan konfigürasyondur. Bu kişilerde alçak frekanslı seslere erişim sağlanabilirken yüksek frekanslı seslere erişim sınırlıdır. Geleneksel işitme cihazları birçok nedenden dolayı yüksek frekanslı sesleri almak için yeterli kazanç sağlayamamaktadır. Frekans düşürme tekniği olarak bilinen, yüksek frekanslı sesleri işitilebilir düzeye aktarmak için tasarlanmış cihazları kullanmak alternatif bir yöntemdir (3,5). Çalışmada frekans düşürme tekniklerinden biri olan frekans sıkıştırma özelliği araştırıldı.

Araştırmada birincil hedef işitme cihazının frekans sıkıştırma teknolojisinin yüksek frekanslı seslerin işitilebilirliğinin arttırılabilir olması ve konuşmayı anlama üzerindeki etkisinin incelenmesidir. İkincil hedef ise İUKP' lerin işitme cihazı uygulamalarında amplifikasyon etkilerini doğrulamada ve kortikal işitsel yoldaki değişiklikler için biyobelirteç olarak kullanımının değerlendirilmesidir.

İşitilebilirlik üzerindeki etkiler İUKP ölçümleri ile, konuşma anlama performansları Sözcük Tanıma Testi ile incelendi. İUKP ölçümlerinin bağımlı değişkenleri P1-N1-P2 dalga latans ve amplitüd değerleridir. Bağımsız değişkenleri ise uyaran tipi (/t/ ve /g/), uyaran şiddeti (55-65 dB SPL) ve frekans sıkıştırma teknolojisi (kapalı/açık) durumlarıdır. /g/ konuşma uyaranı orta frekans (0.8-1.6 kHz) ve /t/ konuşma uyaranı yüksek (2-8 kHz) frekansları temsil etmektedir. Frekans sıkıştırmanın yüksek frekans ve orta frekans bölgelerini etkileyeceği düşünüldüğünden ve işitilebilirlik hakkında tanısal bilgi sağlayabildiğinden dolayı bu uyaranlar seçildi (57). Konuşmayı anlama performansının değerlendirilmesinde bağımlı değişken Sözcük Tanıma Testi puanları, bağımsız değişken ise frekans sıkıştırma (kapalı/açık) özelliğidir.

Araştırmamızın bu kısmında "Yüksek frekanslarda ani düşüş gösteren sensörinöral tip işitme kaybı (SNİK) olan hastalarda, frekans düşürme özelliğinin (açık/kapalı) P1-N1-P2 dalga amplitüd ve latans değerleri üzerindeki etkisi nedir?" araştırma sorusu incelendi.

Amplifikasyon etkilerinin yalnızca davranışsal test yöntemleri ile değerlendirilmesi işitme cihazının santral işitsel sisteme katkısı konusunda kapsamlı bilgi vermemektedir. Objektif testlerle de mutlaka çapraz kontrolü sağlanmalıdır. Bu doğrultuda kullanılan yöntem gerçek kulak ölçümüdür (Real Ear Measurement, REM). İşitme cihazından dış kulak yoluna ulaşan ses seviyesinin kişinin ihtiyacı olan kazancı karşılayıp karşılamadığını belirlemeyi sağlar. Ancak REM ile yapılan doğrulamalarda amplifikasyonun etkileri timpanik membran ötesinde ele alınamamaktadır. İşitme cihazının etkilerinin santral işitsel sistemin daha üst merkezlerinde araştırılması, sinyal işleme algoritmaları veya amplifikasyon stratejileri hakkında daha fazla bilgi sunmaktadır (47). Bu bağlamda işitme cihazlı uyarılmış potansiyeller gibi daha objektif testlere ihtiyaç vardır.

İUKP ölçümlerinin işitme cihazı amplifikasyonunun değerlendirilmesinde kullanılmasının birçok sebebi vardır. İlki ABR' de kullanılan uyaranlar (click/tone burst) ya da ASSR' de kullanılan modüle edilmiş uyaranlar yerine işitilebilirliğiyle öncelikli olarak ilgilendiğimiz konuşma uyaranlarının kullanılabilir oluşudur. İkincisi ABR uyaranlarının kısa süreli olmaları dijital işitme cihazlarının frekans sıkıştırma algoritmalarını devreye sokamayacak kadar kısa olabilmektedir. Üçüncüsü ise, İUKP' lerin daha yüksek düzeydeki nöral kökenleri sebebiyle dinleme becerilerini yansıtabilecek olan kortikal aktiviteyi temsil etmesidir (41,49,54).

Araştırmada çalışma grubu olarak seçilen işitme kayıplı bireylerin, işitme cihazlarının frekans sıkıştırma özelliğinin P1-N1-P2 dalga latans ve amplitüdlerine etkisi incelendi. FS etkinleştirildiğinde tüm ölçümlerde P1-N1-P2 dalgalarının latanslarında istatistiksel olarak anlamlı düzeyde kısalma ($p=0,000$) ve amplitüdlerinde artış ($p=0,000$) gözlendi. İşitsel uyarılmış kortikal aktivite (P1-N1-P2) latans ölçümü vasıtasıyla ses işlemenin zamanlaması, amplitüd ölçümü vasıtasıyla nöral senkronizasyonun büyüklüğü/gücü konusunda bilgi sunmaktadır (40). Latansların kısalması azalan işleme süresine, amplitüdlerin artışı artan nöral senkronizasyona atfedildi.

Literatürde frekans sıkıştırmanın etkinliği İUKP ölçümleri ile incelenirken genelde kortikal yanıtın tespit edilip edilmemesiyle ilgilenildiği görülmektedir (26,54,60,61).

Glista ve ark. işitme kayıplı beş çocuk ile yaptıkları pilot çalışmada iki FS (açık/kapalı) koşulunda iyi işiten kulağa 2 kHz ve 4 kHz tonal uyaranlar kullanarak İUKP bulgularını karşılaştırmışlardır. 4 kHz uyaran için yanıtlar FS kapalı bir çocukta elde edilirken FS etkinleştirildiğinde beş çocuğun tümünde elde edilmiştir. Popülasyonun küçük olmasına rağmen bulgular İUKP'lerin ölçülmesinin FS etkilerine duyarlı olabileceğini ve bu tekniğin YF işitilebilirliğini arttırdığını düşündürmektedir (26).

Zhang ve ark. işitme kayıplı 39 çocukta sırasıyla orta, yüksek ve çok yüksek frekans bölgelerini temsil eden /g/,/t/ ve /s/ konuşma uyaranlarını kullanarak 55-65 dB SPL sunum seviyelerinde İUKP kayıtları almışlardır. Çocukların kendi işitme cihazlarını geleneksel amplifikasyon ile kullanırken ve frekans sıkıştırma özelliği bulunan bir test cihazı kullandıkları durumlar karşılaştırılmıştır. 55 dB SPL seviyesinde frekans sıkıştırmanın aktif olduğu durumda /s/ uyaranı için İUKP' lerin tespit oranında artış olduğunu bildirmişlerdir (61). Burada farklı iki işitme cihazının kullanılmış olması göz ardı edilmemelidir.

Çalışmamızda İUKP' lerin değerlendirilmesinde kullanılan HEARLab ® ACA modülünde yanıtlar otomatik olarak değerlendirilerek istatistiksel anlamlılık değeri 'p' hesaplanmaktadır. Ching ve ark. işitme cihazlarının FS özelliğini değerlendirmek için yaptıkları çalışmada dalga latans ve amplitüd değerlerinden ziyade HEARLab ® ACA modülünde yanıtların var ya da yok olma durumuna odaklanmışlardır. /g/,/t/ ve /s/ uyaranlarını kullanarak yaptıkları ölçümlerde frekans sıkıştırma etkinleştirildiğinde /t/ ve /s/ uyaranlarına yanıtların önemli ölçüde arttığını gözlemlemişlerdir. /g/ uyaranı için frekans sıkıştırmanın kapalı ve açık olduğu iki koşulunda da benzer oranda yanıt almışlardır (51).

Hazzaa ve ark. işitme kayıplı 30 çocuk üzerinde orta frekanslı /ga/ ve yüksek frekanslı /da/ konuşma uyaranlarını kullanarak frekans sıkıştırmanın P1 dalgasına etkisini incelemişlerdir. /ga/ uyarını için FS kapalı durumda iken çocukların %80'inde tespit edilirken FS açık duruma getirildiğinde bu oran %90'a yükselmiştir. /da/ uyarını için FS kapalı durumda iken sadece sekiz çocukta tespit edilirken açık duruma getirildiğinde 25 çocuğa yükselmiştir. Literatürdeki bu bilgiler ışığında frekans sıkıştırma özelliğinin yüksek frekans işitilebilirliğinde artış sağladığı ve İUKP

ölçümlerinin işitme cihazı sinyal işleme algoritmalarındaki değişimlere hassas olduğu sonucu çıkarılmaktadır.

Uyaran tipinin P1-N1-P2 dalga latanslarına etkisi incelendiğinde yalnızca P1 dalgası uyaran tipinden etkilendi. /t/ uyaranı kullanıldığında /g/ uyaranına kıyasla P1latansları istatistiksel olarak anlamlı ölçüde kısaldı. (p=0,007) N1 ve P2 dalgaları için uyaran tipinin latans değerleri üzerine etkisi görülmedi. (N1 için p=0,334 ve P2 için p=0,446) P1 latanslarının /t/ uyaranı kullanıldığında daha kısa elde edilmesi spektral enerjisinin tepe noktasının daha yüksek frekanslı olması ve kokleadaki tonotopik organizasyondan kaynaklı olabileceği düşünülmektedir.

Golding ve ark./t/ uyaranının latansının /m/ ve /g/ uyaranlarına kıyasla anlamlı ölçüde kısa olduğunu bildirmişlerdir (62). Aydemir ve ark. /m/, /t/ ve /g/ uyaranlarının latans ortalamaları arasındaki ilişkiyi incelediği çalışmasında /t/ uyaranının en kısa latans ortalamasına sahip olduğunu bildirmiştir (41).

Deng ve ark. işitme cihazı kullanıcılarının işitsel değerlendirmesini İUKP ölçümleri ile yaptıkları çalışmada farklı konuşma uyaranlarında P1 latanslarını ölçmüşlerdir. /m/, /g ve /t/ uyaranlarına cevaben latans sıralaması /m/ > /g/ > /t/ şeklindedir. Çalışmamızda /g/ ve /t/ uyaranları karşılaştırılmış olup yukarıda verilen literatür ile uyumlu sonuçlar elde edilmiştir.

Bulgularımıza karşıt olarak Almeqbel ve ark. /g/ uyaranın /m/ ve /t/ uyaranlarına göre latansını daha kısa bulmuşlardır (63). Van Dunn ve ark. da /m/,/t/,/g/ uyaranları arasında anlamlı bir latans farkı bildirmemişlerdir (64).

Uyaran tipinin P1-N1-P2 dalga amplitüdlerine etkisi incelendiğinde /g/ uyaranı kullanıldığında /t/ uyaranına kıyasla P1 ve P2 dalga amplitüdlerinde istatistiksel olarak anlamlı ölçüde artış olduğu gözlendi (P1 dalgası için p=0,000 ve P2 dalgası için p=0,003). N1 dalgası amplitüdlerinde uyaran tipinin etkisi gözlenmedi (p=0,315). Almeqbel ve ark. /g/ uyaranının /m/ ve /t/ uyaranlarına göre daha yüksek amplitüdlü kortikal yanıt oluşturduğunu bildirmişlerdir (63). Agung ve ark. yüksek frekanslı enerjinin baskın olduğu konuşma uyaranlarının ürettiği kortikal yanıtlarının daha düşük frekanstakine göre amplitüdler açısından farklı olduğunu ve daha kısa süreli uyaranların /g/ (20 ms), daha uzun süreli uyaranlara göre /t/ (30 ms) daha büyük amplitüdlü yanıtlar ürettiğini bildirmişlerdir. Aynı şekilde Picton ve ark. da yüksek

frekanslı uyaranların aynı şiddetteki alçak frekanslı uyaranlara göre daha düşük amplitüdlü İUKP yanıtları oluşturduğunu bildirmişlerdir (65). Deng ve ark. /g/ uyaranı kullanıldığında /t/ uyaranına göre daha yüksek amplitüdlü P1 cevapları elde etmişlerdir (66). Çalışmamızda elde ettiğimiz bulgulara karşıt Golding ve ark. /t/ uyaranının /g/ uyaranına kıyasla daha yüksek amplitüdlü İUKP yanıtları meydana getirdiğini bildirmişlerdir (62).

Bu kısımda araştırmanın ikinci sorusu olan "Yüksek frekanslarda ani düşüş gösteren sensörinöral tip işitme kaybı (SNİK) olan hastalarda, frekans düşürme özelliğinin (açık/kapalı) işitme cihazlı konuşmayı anlama performansları üzerindeki etkisi nedir?" tartışıldı.

Araştırmamızda frekans sıkıştırma teknolojisinin konuşmayı anlama performansı üzerindeki etkileri Sözcük Tanıma Testi ile değerlendirildi. Yüksek frekanslarda ani düşüş gösteren sensörinöral tip işitme kayıplılarda frekans sıkıştırma ile birlikte Sözcük Tanıma Testi puanlarında istatistiksel olarak anlamlı düzeyde artış görüldü (p=0,000). Çalışma grubundaki bireylerin işitme cihazlarının frekans sıkıştırma özelliği kapalı durumda iken ortalama sözcük tanıma puanları % 78,83±8,07, frekans sıkıştırma özelliği açık durumda iken %84,00±7,44 değerlerindedir. Sözcük Tanıma Testi puanlarında artış sağlanması FS teknolojisi sayesinde yüksek frekans işitilebilirlikte sağlanan artışa atfedilmektedir. İşitilebilirlikte meydana gelen artış aynı zamanda İUKP testi bulguları ile de gösterildi. Tüm katılımcılarımızın yüksek frekans işitme eşikleri 70 dB HL dolaylarındaydı. Bu düzeydeki işitme eşiklerinde frekans sıkıştırma teknolojisinin daha etkin sonuçlar gösterdiği literatürdeki çalışmalar ile desteklenmektedir (7,8,16). Souza ve ark. yaptıkları çalışma sonuçlarında frekans sıkıştırmadan elde edilen yararın işitme eşikleri 60 dB HL' yi aştığında görülebileceğini bildirmişlerdir (67).

Araştırmamız ile uyumlu olarak literatürde frekans sıkıştırma teknolojisinin tanıma puanlarında gelişme olduğunu bildiren çalışmalar bulunmaktadır. Simpson ve ark. orta-ileri derece işitme kayıplı 17 bireyde frekans sıkıştırmanın konuşma anlaşılırlığına etkisini araştırmışlardır. Tek heceli sözcük tanıma testi puanlarını, geleneksel amplifikasyonlu işitme cihazları ve frekans sıkıştırma özelliğine sahip işitme cihazları için kıyasladıkları çalışmada katılımcıların yaklaşık yarısının

geleneksel işlemeye kıyasla frekans sıkıştırmalı işitme cihazıyla konuşma anlamada anlamlı bir puan artışı bildirmişlerdir ve ortalama grup puanlarının istatistiksel olarak anlamlı % 6 iyileşme gösterdiğini raporlamışlardır (68). Bizim çalışmamızda da FS etkinleştirildiğinde sözcük tanıma skorlarında %6 artış gözlendi.

Wolfe ve ark. 5-13 yaş aralığında, orta- orta ileri derecede YF doğru artış gösteren sensörinöral işitme kayıplı 15 çocuk üzerinde frekans sıkıştırma teknolojisinin konuşma anlaşılırlığına etkisini incelemişlerdir. Çalışmaları sonucu frekans sıkıştırmanın sessizlikte dinleme koşullarında YF konuşma seslerinin işitilebilirliğini ve tanınmasını geliştirdiğini bildirmişlerdir (69).

Ellis ve Munro 65-84 yaş arası, orta-ileri derecede yüksek frekanslara doğru düşüş gösteren sensörinöral işitme kayıplı 12 katılımcı üzerinde frekans sıkıştırmanın konuşma anlaşılırlığına etkisini incelemişlerdir. Katılımcıların tümünde frekans sıkıştırmanın etkinleştirilmesiyle konuşmayı tanımada anlamlı artış gözlenmiştir (7).

Shehorn ve ark. FS özelliğinin gürültüde konuşma tanıma üzerindeki etkilerini değerlendirmek amacıyla 57-85 yaş aralığında eğimli odyogram konfigürasyonunda 17 katılımcıyı değerlendirmiştir. Çalışmada frekans sıkıştırma frekans sıkıştırma kapalıyken %52±13, açıkken ortalama % 57±16 puan ile sözcük tanımanın anlamlı ölçüde iyileştiğini bildirmişlerdir (70). Ayrıca dik eğimli odyogram bulgusuna sahip bireylerin işitme cihazının FS özelliğinden daha fazla yarar sağlayacağını öne sürmüşlerdir. Yapılan çalışmalarda FS özelliği etkinleştirildiğinde elde edilen yararın, daha ileri derecede YF işitme eşikleri olan kişilerde daha fazla olduğu bildirilmiştir (7,9,16,60).

Glista ve ark. yüksek frekanslara doğru artış gösteren hafif derecede sensörinöral işitme kayıplı 13 yetişkin ve 11 çocuk üzerinde frekans sıkıştırmanın konuşmayı anlama üzerine etkilerini incelemişlerdir. Hem çocuklarda hem de yetişkinlerde FS etkisi ile beraber fonem tespit etme skorlarında yükselme bildirmişlerdir (8).

Literatürdeki çalışmalarda farklı metodolojiler uygulansa da genel olarak frekans sıkıştırmanın etkin olduğu durumlarda konuşma anlaşılırlığına yarar sağlandığı ortaya konulmaktadır (8,10,11,16,70) .

Ancak literatürde Hopkins ve ark. 47-92 yaş aralığında yüksek frekanslara doğru ani düşüş gösteren odyogram bulgusuna sahip 46 katılımcıda frekans sıkıştırma

teknolojisinin konuşma anlaşılırlığına katkısını inceledikleri çalışmalarında, sessizlikte ünsüz tanımada frekans sıkıştırma teknolojisiyle birlikte anlamlı bir gelişme gözlemediklerini bildirmektedirler (2).

Bentler ve ark. üç ila beş yaş aralığında 49 çocuk üzerinde geleneksel amplifikasyon ile frekans sıkıştırma teknolojisinin dil ve konuşma performanslarına etkisini karşılaştırmışlardır. Frekans sıkıştırma teknolojisinin herhangi bir yarar sağlamadığını bildirmişlerdir (71).

Simpson ve ark. işitme kayıplı yedi yetişkin katılımcı ile yaptıkları çalışmada frekans sıkıştırma teknolojisinin herhangi bir yarar sağlamadığını bildirmişlerdir (68).

Çalışmalar arasında farklı işitme cihazı uygulama formüllerinin kullanılması, işitme cihazına alıştırma sürelerinin olup olmaması ya da farklı olması, frekans sıkıştırma parametrelerinin farklı şekillerde ayarlanması, kimi karşılaştırmanın yetişkinler üzerinde kimisinin çocuklar üzerinde yapılması ve çalışma gruplarının bazı araştırmalarda az kişi ile sınırlı olması zıt bulgulara sebep olmuş olabileceğini düşündürmektedir.

Alıştırma süreci konusunda FS özelliğinin çocuklarda birkaç aylık deneyimleme süresi sonrasında fayda sağlandığı bildiren çalışmalar mevcuttur (9,72). Ancak yetişkinler için alıştırma süresinin önemli olduğuna ilişkin literatürde ikna edici kanıtlar bulunmamaktadır (67). McDermott ve ark. frekans sıkıştırma teknolojisinin diğer frekans düşürme teknolojilerine kıyasla akustik sinyal üzerinde yarattığı etkinin daha az dramatik olduğunu ve kısa sürede bu teknolojiye adaptasyon sağlanacağını öne sürmektedir (67). Hopkins ve ark. da frekans sıkıştırma deneyiminin süresi ile sağlanan fayda arasında anlamlı ilişki olmadığını bildirmektedir (2). Bizim çalışmamızda da herhangi bir alışma süresi sağlanmamıştır ve frekans sıkıştırma teknolojisinin etkileri açıkça gözlenmiştir. Literatürde benzer çalışmalar mevcuttur (73,74).

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Çalışmamızdan elde edilen bulgular frekans düşürme teknolojisinin (frekans sıkıştırma) P1-N1-P2 dalgalarının latanslarında kısalma ve amplitüdlerinde artış gösterdi. İUKP ölçümleri ile FS teknolojisi ile tiz frekans bölgesinde işitilebilirlikte artış sağlandığı İUKP ölçümleri de ortaya koyuldu. Frekans sıkıştırma teknolojisinin konuşmayı anlama performansına da pozitif yönde katkısı olduğu gösterildi.

- Çalışmamızın bulgularına dayanarak, frekans sıkıştırma teknolojisinin kullanımı yüksek frekanslara doğru düşüş gösteren odyogram bulgularına sahip hastalar için önerilmektedir.
- Frekans sıkıştırma algoritmasının etkilerinin İUKP 'ler ile değerlendirilmesinin, işitilebilirliğin ve kişiye özel faydanın incelenebilmesi açısından işitme cihazı ayarlamalarında odyologlara yol gösterici olacağı düşünülmektedir.
- İşitme cihazı uygulamalarında amplifikasyonun etkileri incelenirken ve doğrulamalar yapılırken İUKP ölçümleri ile çapraz kontrol sağlanabilir.

7. KAYNAKLAR

1. Kırbaç A, Çıldır B. YS. İşitme Cihazı,Kulak Kalıbı Uygulamaları ve Gerçek Kulak Ölçümü. Sennaroğlu G, Yücel E, Türkyılmaz D.M, Çınar B.Ç, Batuk M, Editörler. Odyoloji Klinik Uygulama Protokolleri.Ankara: Hipokrat Yayıncılık; 2018. p. 77–90.

2. Hopkins K, Khanom M, Dickinson AM, Munro KJ. Benefit from non- linear frequency compression hearing aids in a clinical setting: the effects of duration of experience and severity of high-frequency hearing loss. Int J Audiol. 2014;53(4):219–28.

3. Stelmachowicz PG, Lewis DE, Choi S, Hoover B. The effect o f stimulus bandwidth on auditory skills in normal hearing and hearing impaired children. Ear Hear. 2007;28(4):483–94.

4. Rahbar N. Frequency lowering. Aud Vest Res. 2017;26(1):4–13.

5. Simpson A. Frequency-lowering devices for managing high-frequency hearing loss: a review. Trends Amplif. 2009;13(2):87–106.

6. Kösemihal E. Frekans sıkıştırma özelliği olan işitme cihazlarının işitsel çözünürlük üzerindeki etkisinin akustik değişim kompleksi ile incelenmesi. [doktora tezi]. İstanbul: Marmara Üniversitesi; 2016.

7. Ellis RJ, Munro KJ. Benefit from and acclimatization to frequency compression hearing aids in experienced adult hearing-aid users. Int J Audiol. 2015;54(1):37–47.

8. Glista D, Scollie S, Bagatto M, Seewald R, Parsa V, Johnson A. Evaluation of nonlinear frequency compression: Clinical outcomes. Int J Audiol. 2009;48(9):632–44.

9. Glista D, Scollie S, Sulkers J. Perceptual acclimatization post nonlinear frequency compression hearing aid fitting in older children. J Speech, Lang Hear Res. 2012;55(6):1765–87.

10. Simpson A, Hersbach AA, McDermott HJ. Improvements in speech perception with an experimental nonlinear frequency compression hearing device. Int J Audiol. 2005;44(5):281–92.

11. Wolfe J, John A, Schafer E, Hudson M, Boretzki M, Scollie S ve ark. Evaluation of wideband frequency responses and non-linear frequency compression for children with mild to moderate high-frequency hearing loss. Int J Audiol. 2015;54(3):170–81.

12. Salorio-Corbetto M, Baer T, Moore BCJ. Evaluation of a frequency-lowering algorithm for adults with high-frequency hearing loss. Trends Hear. 2017;21:1–23.

13. Hillock-dunn A, Buss E, Duncan N, Roush PA, Leibold L. Effects of nonlinear frequency compression on speech identification in children with hearing loss. Ear Hear. 2015;35(3):353–65.

14. John A, Scolliel S, Schafer E, Hudson M, Woods W, Wheeler J ve ark. Evaluation of wideband frequency responses and nonlinear frequency compression for children with cookie-bite audiometric configurations. J Am Acad Audiol. 2014;25(10):1022–33.

15. Gürkan S. Sözcük tanıma puanı düşük ve yüksek olan geriatrik popülasyonda kortikal potansiyel bulgularının karşılaştırılması. [doktora tezi]. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi; 2016.

16. Tanrıöven A. Ölü bölgesi olan işitme kayıplı hastalarda frekans düşürmenin gürültüde konuşmayı anlama ve fonem algısı üzerindeki etkisi. [yüksek lisans tezi]. İstanbul: Marmara Üniversitesi; 2019.

17. Korczak PA, Kurtzberg D, Stapells DR. Effects of sensorineural hearing loss and personal hearing aids on cortical event-related potential and behavioral measures of speech-sound processing. Ear Hear. 2005;26(2):165–85.

18. Ahn J, Choi JE, Kang JY, Choi IJ, Lee M-C, Lee B.C ve ark. The Influence of Non-Linear Frequency Compression on the Perception of Speech and Music in Patients with High Frequency Hearing Loss. J Audiol Otol. 2021;25(2):80–8.

19. Winkler, A., Holube, I., Schmitt, N., Wolf, M., Boretzki, M. A method for hearing aid fitting and verification with phoneme audiometry. [Poster] International Hearing Aid Research Conference; 2012, Tahoe/USA

20. Derici M.Ç. Sensörinörinal işitme kaybı olan çocuklarda işitme cihazlarının frekans sıkıştırma özelliğinin işitsel kortikal cevaplarla incelenmesi. [tıpta uzmanlık tezi]. Adana: Sağlık Bilimleri Üniversitesi; 2019.

21. Stelmachowicz PG, Pittman AL, Hoover BM, Lewis DE. Aided perception of / s / and / z / by hearing-impaired children. Ear Hear. 2002;23(4):316–24.

22. Angelo K, Alexander J, Christiansen T.U, Simonsen C.S, Jespersgaard CFC. Oticon Frequency Lowering Access to high-frequency speech sounds with Speech Rescue technology. White Paper. 2015.

23. Xu L, Voss SC, Yang J, et al. Speech Perception and Sound-Quality Rating with an Adaptive Nonlinear Frequency Compression Algorithm in Mandarin-Speaking Hearing Aid Users. J Am Acad Audiol. 2020;31(8):590-598.

24. Rehmann J, Allegro Bouman S, Siddharta Jha S. SoundRecover2 – the adaptive frequency compression algorithm More audibility of high frequency sounds [Internet].PhonakInsight.2016.
Available from:https://www.phonak.com/content/dam/phonak/en/evidenc e-library/white-paper/technical-paper/insight_soundrecover2_028-1512.pdf

25. Trial Phonak. Fitting Kılavuzu [Internet]. 2021 [Erişim Tarihi 30 Kasım 2021]Availablefrom:https://www.phonak.com/enint/professionals/innovations/target

26. Glista D, Easwar V, Purcell DW, Scollie S. A pilot study on cortical auditory evoked potentials in children: aided caeps reflect improved high-frequency audibility with frequency compression hearing aid technology. Int J Otolaryngol. 2012;2012(982894):1–12.

27. Plourde G. Auditory evoked potentials. Best Pract Res Clin Anaesthesiol. 2006;20(1):129–39.

28. Kırkım G, Durankaya S.M, İşitsel uyarılmış orta latanslar. Öğüt M.F, Kırkım G, Başak S, Editörler. Tüm Yönleriyle Odyoloji. İzmir: US Akademi; 2021. 243–53.

29. Mutlu B, Şerbetçioğlu M.B. Tanısal ve eşik amaçlı işitsel uyarılmış beyinsapı potansiyelleri. Şerbetçioğlu M.B Editör. İşitme Kaybının Testleri, Tanısı ve Tedavisi. İstanbul: Nobel Tıp Kitabevi; 2021. 287–306.

30. Beynon AJ, Snik AF. Use of the event-related P300 potential in cochlear implant subjects for the study of strategy-dependent speech processing. Int J Audiol. 2004; 43(1): 44-47.

31. Atılgan A. Kablosuz bağlantı özelliğine sahip bilateral işitme cihazı kullanan işitme kayıplı bireylerde ve normal işitenlerde uzaysal ayrılık etkisinin işitsel uyarılmış kortikal potansiyeller ile incelenmesi. [doktora tezi]. İstanbul: Marmara Üniversitesi; 2016.

32. Hall JW. eHandbook of Auditory Evoked Responses, 3. Baskı. Hall M, Editör. Pearson Education; 2015.

33. Satar B. Elektrokokleografi. Şerbetçioğlu B, Editör. İşitme Kaybının Testleri, Tanısı ve Tedavisi. İstanbul: Nobel Tıp Kitabevi; 2021. 245–63.

34. Katz J. Handbook of clinical audiology, 7. baskı. Philadelphia:Wolters Kluwer Health; 2015.

35. Kirazlı T. Elektrokokleografi. Öğüt M.F, Kırkım G, Başak S, Editörler. Tüm Yönleriyle Odyoloji. İzmir: US Akademi; 2021. 333–43.

36. Gürkan S. İşitsel uyarılmış beyinsapı potansiyellerinin teknik özellikleri. Şerbetçioğlu M.B Editör. İşitme Kaybının Testleri, Tanısı ve Tedavisi. İstanbul: Nobel Tıp Kitabevi; 2021. 265–86.

37. Çiprut A, Yüksel M. İşitsel beyinsapı cevabı. Öğüt M.F, Kırkım G, Başak S, Editörler. Tüm Yönleriyle Odyoloji. İzmir: US Akademi; 2021.

38. Çiprut A. Kortikal Potansiyeller. Şerbetçioğlu B, Editör. İşitme Kaybının Testleri, Tanısı ve Tedavisi. İstanbul: Nobel Tıp Kitabevi; 2021. 307–18.

39. Durankaya S.M, Şerbetçioğlu B, Dalkılıç G, Gürkan S, Kırkım G. Development of a Turkish monosyllabic word recognition test for adults. J Int Adv Otol. 2014;10(2):172–80.

40. Kösemihal E. Kortikal işitsel uyarılmış potansiyeller. Öğüt M.F, Kırkım G, Başak S, Editörler. Tüm Yönleriyle Odyoloji. İzmir: US Akademi; 2021. 255–76.

41. Aydemir MB. İşitme cihazı kullanan çocukların kortikal cevapları ile davranış eşiklerinin ilişkisi. [yüksek lisans tezi] . Ankara: Hacettepe Üniversitesi; 2014.

42. Martin BA, Tremblay KL, Stapells DR. Principles and applications of cortical auditory evoked potentials. Auditory evoked potentials: Basic principles and clinical application. 2007. 482–507.

43. Gürkan S, Durankaya SM, Mutlu B, İşler Y, Uzun Y, Baśokçu O ve ark. Comparison of cortical auditory evoked potential findings in presbycusis with low and high word recognition score. J Am Acad Audiol. 2020;31(6):442–8.

44. Martin BA, Tremblay KL, Korczak P. Speech evoked potentials: From the laboratory to the clinic. Ear Hear. 2008;29(3):285–313.

45. Leite RA, Leite Magliaro FC, Raimundo JC, Bento RF, Matas CG. Monitoring auditory cortical plasticity in hearing aid users with long latency auditory evoked potentials: A longitudinal study. Clinics. 2018;73(9):1–11.

46. Atılgan A. Pediatrik işitme cihazı uygulamaları. Şerbetçioğlu M.B Editör. İşitme Kaybının Testleri, Tanısı ve Tedavisi. İstanbul: Nobel Tıp Kitabevi; 2021. 437–51.

47. Jenkins KA, Fodor C, Presacco A, Anderson S. Effects of amplification on neural phase locking, amplitude, and latency to a speech syllable. Ear Hear. 2018;39(4):810–24.

48. Hassaan MR. Aided evoked cortical potential: An objective validation tool for hearing aid benefit.Egypt J Ear, Nose, Throat Allied Sci. 2011;12(3):155–61.

49. Marynewich S, Jenstad LM, Stapells DR. Slow cortical potentials and amplification—part I: N1-P2 measures. Int J Otolaryngol. 2012:1–11.

50. Soleimani M, Rouhbakhsh N, Rahbar N. Towards early intervention of hearing instruments using cortical auditory evoked potentials (CAEPs): A systematic review. Int J Pediatr Otorhinolaryngol. 2021; 144:110698.

51. Ching TYC, Zhang VW, Hou S, Van Buynder P. Cortical auditory evoked potentials reveal changes in audibility with nonlinear frequency compression in hearing aids for children: clinical implications. Semin Hear. 2016;37(1):25–35.

52. Carhart R, Jerger JF. Preferred Method For Clinical Determination Of Pure-Tone Thresholds. J Speech Hear Disord [Internet]. 1959 Nov;24(4):330–45.

53. Durankaya SM. Konuşma Odyometrisi. Şerbetçioğlu M.B Editör. İşitme Kaybının Testleri, Tanısı ve Tedavisi. İstanbul: Nobel Tıp Kitabevi; 2021. 137– 49.

54. Hazzaa N, Hassan DM, Hassan A. Evaluation of non-linear frequency compression hearing aids using speech P1-cortical auditory evoked potential. Hear Balanc Commun. 2016;14(1):36–43.

55. Manual O. HEARLab System [İnternet]. 2010 [Erişim Tarihi 6 Mayıs 2021]. Erişim adresi: http://www.frye.com/wp/wp-content/uploads/2013b/manuals/hearlab.pdf

56. Billings CJ, Tremblay KL, Souza PE, Binns MA. Effects of hearing aid amplification and stimulus intensity on cortical auditory evoked potentials. Audiol Neurotol. 2007;12(4):234–46.

57. Chang HW, Dillon H, Carter L, Van Dun B, Young ST. The relationship between cortical auditory evoked potential (CAEP) detection and estimated audibility in infants with sensorineural hearing loss. Int J Audiol. 2012;51(9):663–70.

58. Golding M, Dillon H, Seymour J, Carter L. The detection of adult cortical auditory evoked potentials (CAEPs) using an automated statistic and visual detection. Int J Audiol. 2009;48(12):833–42.

59. Oates PA, Kurtzberg D, Stapells DR. Effects of sensorineural hearing loss on cortical event-related potential and behavioral measures of speech-sound processing. Ear Hear. 2002;23(5):399–415.

60. Zhang VW, Ching TYC, Van Buynder P, Hou S, Flynn C, Burns L, et al. Aided cortical response, speech intelligibility, consonant perception and functional performance of young children using conventional amplification or nonlinear frequency compression. Int J Pediatr Otorhinolaryngol. 2014;78(10):1692700.

61. Zhang VW, Ching TYC, Hou S, Wong A, Burns L, Buynder P Van. Effects of Frequency Compression on Aided Cortical Evoked Potentials (CAEPs) of Children with Hearing Loss. 2012;(12):93–6.

62. Golding M, Purdy S, Sharma M, Dillon H. The effect of stimulus duration and inter-stimulus interval on cortical responses in infants. Aust New Zeal J Audiol. 2006;28(2):122–36.

63. Almeqbel A. Speech-evoked cortical auditory responses in children with normal hearing. S Afr J Commun Disord. 2013;60:38–43.

64. Van Dun B, Carter L, Dillon H. Sensitivity of cortical auditory evoked potential detection for hearing-impaired infants in response to short speech sounds. Audiol Res. 2012;2(1):65–76.

65. Picton TW, Woods DL, Proulx GB. Human auditory sustained potentials. II. Stimulus relationships. Electroencephalogr Clin Neurophysiol.1978;45(2):198–210.

66. Deng J, Du J, Ma X, Zhang P. Application of auditory cortical evoked potentials for auditory assessment in people using auditory prosthesis. Exp Ther Med. 2019;17:1877–83.

67. Souza PE, Arehart KH, Kates JM, Croghan NBH, Gehani N. Exploring the limits of frequency lowering. J Speech Lang Hear Res. 2013;56(5):1349–63.

68. Simpson A, Hersbach AA, Mcdermott HJ. Frequency-compression outcomes in listeners with steeply sloping audiograms. Int J Audiol. 2006;45(11):619–29.

69. Wolfe J, John A, Schafer E, Nyffeler M, Boretzki M, Caraway T. Evaluation of nonlinear frequency compression for school-age children with moderate to moderately severe hearing loss. J Am Acad Audiol. 2010;21(10):618–28.

70. Shehorn J, Marrone N, Muller T. Speech perception in noise and listening effort of older adults with nonlinear frequency compression hearing aids. Ear Hear 2018;39(2):215–25.

71. Bentler R, Walker E, Mccreery R, Arenas RM, Roush P. Nonlinear frequency compression in hearing aids: impact on speech and language development hhs public access. Ear Hear. 2014;35(4):143–52.

72. Wolfe J, John A, Schafer E, Nyffeler M, Boretzki M, Caraway T, et al. Long-term effects of non-linear frequency compression for children with moderate hearing loss. Int J Audiol. 2011;50(6):396–404.

73. Alexander JM. Individual variability in recognition of frequency-lowered speech. Semin Hear. 2013;34(2):215–8.

74. Miller CW, Bates E, Brennan M. The effects of frequency lowering on speech perception in noise with adult hearing-aid users. Int J Audiol. 2016;55(5):305–12.

8. EKLER

EK 8.1 VERİ KAYIT FORMU (EK-1)

TARİH:

İŞİTSEL UYARILMIŞ KORTİKAL POTANSİYELLER

FREKANS DÜŞÜRME KAPALI		**Latans**			**Amplitüd**		
Uyaran Tipi	**Uyaran Şiddeti**	**P1**	**N1**	**P2**	**P1**	**N1**	**P2**
/t/	**55 dB**						
	65 dB						
/g/	**55 dB**						
	65 dB						

FREKANS DÜŞÜRME AÇIK		**Latans**			**Amplitüd**		
Uyaran Tipi	**Uyaran Şiddeti**	**P1**	**N1**	**P2**	**P1**	**N1**	**P2**
/t/	**55 dB**						
	65 dB						
/g/	**55 dB**						
	65 dB						

SONUÇ:

KONUŞMAYI AYIRT ETME TESTİ

	FREKANS DÜŞÜRME KAPALI	FREKANS DÜŞÜRME AÇIK
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24		
25		
%		

SAF SES ODYOMETRİ TESTİ

Hava Yolu	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	3 kHz	4 kHz	6 kHz	8 kHz
Sağ Kulak								
Sol Kulak								

Kemik Yolu	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
Sağ Kulak				
Sol Kulak				

EK 8.2 DEÜ FONETİK DENGELİ TEK HECELİ KELİME LİSTELERİ (EK-2)

FONETİK DENGELİ TEK HECELİ KELİME LİSTELERİ

SIRA	LİSTE 1	LİSTE 2	LİSTE 3	LİSTE 4	LİSTE 5	LİSTE 6
1	CEP	ÇEK	CAN	ÇAY	CİN	ÇAL
2	REY	PİS	MOR	RUH	NEM	RAY
3	ZOR	YAY	YAR	ZİL	YOK	ZAR
4	ÇAM	DEV	ÇIK	DAR	ÇAT	DEM
5	GİY	GÖÇ	FES	GEÇ	FAY	GİR
6	BUZ	BİT	BEZ	BOY	BAY	BAR
7	BEL	BİZ	BEY	BEN	BOL	BOZ
8	HİS	KUL	PES	KÜL	HEM	KES
9	YER	YÜN	YAT	YEM	YAK	YEL
10	DÜŞ	BOR	BİL	BİR	BİN	BUL
11	DAĞ	DİN	DİŞ	DİZ	DEL	DÖK
12	DİK	FAR	DAM	GEZ	JUR	GÜÇ
13	HAT	HER	GÖK	KEM	GEL	HIZ
14	KUM	MUM	KOR	NUR	KÜT	MİT
15	YÖN	TAK	VUR	YAP	VAH	YAN
16	KAS	KÜP	HÜR	KAT	KAR	KİR
17	TAN	ŞAH	ŞEN	TÜR	TER	ŞOV
18	BAL	DOZ	DAL	DÖN	DİŞ	DÜN
19	SET	SEL	SAT	SIK	SÜR	SUN
20	VER	TEL	TUR	TEK	TEN	TAS
21	GÜN	BAŞ	BAĞ	BOŞ	BAZ	BEŞ
22	MAL	NAR	KİN	HAS	MİS	PİR
23	KIR	KAN	KAP	MİL	KUR	KEK
24	SOR	SIR	SEV	SAR	SAP	SAĞ
25	BAK	GER	GÜL	HAN	GÖR	HEP

Development of a Turkish Monosyllabic Word Recognition Test for Adult, Serpil Mungan Durankaya, Bülent Şerbetçioğlu, Gökhan Dalkılıç, Selhan Gürkan, Gunay Kirkim, Int. Adv. Otol. 2014.10: 172-180.

EK 8.3 BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU (EK-3)

Aslıhan Sayan Bayrak'ın " İşitme Kayıplı Yetişkinlerde Frekans Düşürme Teknolojisinin Konuşmayı Anlamaya ve P1-N1-P2 Dalgalarına Etkisi" isimli çalışmasında yer almak üzere davet edilmiş bulunmaktasınız. Bu çalışma, DEÜ Hastanesi İşitme-Konuşma-Denge Ünitesi'nde araştırma amaçlı olarak yapılmaktadır. Çalışmaya katılma konusunda karar vermeden önce araştırmanın neden ve nasıl yapıldığını, sizinle ilgili bilgilerin nasıl kullanılacağını, çalışmanın neler içerdiğini, olası yararlarını, risklerini ve rahatsızlıklarını bilmeniz önemlidir. Lütfen aşağıdaki bilgileri dikkatlice okumak için zaman ayırın. Çalışma hakkında sorularınız cevaplanıp tam olarak bilgi sahibi olduktan sonra eğer katılmak isterseniz sizden bu formu imzalamanız istenecektir.

Çalışmanın amacı nedir?

Bu çalışmanın amacı işitme kayıplı bireylerde, işitme cihazı uygulamasında ince seslerin daha iyi duyulmasını sağlayan frekans düşürme özelliğinin konuşmayı ayırt etme testi ve işitsel uyarılmış kortikal potansiyeller testi ile incelenmesi; frekans düşürme özelliğinin etkin olduğu ve devre dışı olduğu durumlarda alınan yanıtların karşılaştırılmasıdır.

Bu çalışmaya katılmalı mıyım, benden başka kaç kişi bu çalışmaya katılacak?

Bu çalışmada yer alıp almamak tamamen size bağlıdır. Eğer katılmaya karar verirseniz bu yazılı olarak bilgilendirilmiş olduğunuz form imzalanmak için size verilecektir. Şu anda bu formu imzalasanız bile istediğiniz herhangi bir zamanda bir neden göstermeksizin çalışmayı bırakmakta özgürsünüz. Araştırmadan çekilmeniz durumunda tıbbi takip, muayene ya da uygulamalarınız herhangi bir şekilde etkilenmeyecektir. Aynı şekilde çalışmayı yürüten araştırmacı araştırma şartları gereği sizi çalışma dışı bırakabilir.

Çalışmaya sizinle birlikte toplam 45 katılımcının dahil edilmesi planlanmaktadır.

Bu çalışmaya katılırsam beni neler bekliyor?

Testler iki oturumdan oluşmaktadır. İlk oturumda otoskopik ve odyolojik değerlendirme yapılacak, ikinci oturumda ise işitme cihazı programlaması, işitsel uyarılmış kortikal potansiyeller testi ve kelime tanıma testi yapılacaktır. Yapılacak test ve işlemlerin açıklaması şöyledir:

Otoskobik değerlendirme: KBB hekimi tarafından kulak yapıları muayene edilecektir.

Odyolojik değerlendirme: Saf ses odyometri ve akustik immitansmetri testlerinden oluşan rutin değerlendirme yapılacaktır.

İşitme Cihazı Uygulaması: İşitme testi sonucunuza göre işitme cihazının ayarları yapılacak, ses seviyesi kontrol edilecektir.

İşitsel Uyarılmış Kortikal Potansiyel Testleri: Başınızın tepe kısmı, alnınızın ortası ve kulağınızın arka kısmı iletken jel ile silinerek elektrot yerleştirilecektir. Karşınızdaki hoparlörden gelen sesi dinlemeniz ve dikkatinizi karşınızda gösterilecek olan ekrana vermeniz gerekmektedir.

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

Çalışma işitme cihazınız ve sağlığınız açısından risk taşımamaktadır.

Çalışmanın Süresi Ne Kadardır?

Bu çalışma için öngörülen süre 55-60 dakikadır.

Bu Çalışmaya Katılmamın Maliyeti Nedir?

Çalışmaya katılmakla maddi yük altına girmeyeceksiniz. Masraflar size veya bağlı bulunduğunuz sosyal güvenlik kuruluşuna ödettirilmeyecek, size de herhangi bir ödeme yapılmayacaktır.

Kişisel bilgilerim nasıl kullanılacak?

Araştırmacı bilgilerinizi, araştırmayı ve istatiksel analizleri yürütmek için kullanacaktır ancak kimlik bilgileriniz gizli tutulacaktır. Yalnızca gereği halinde, sizinle ilgili bilgileri etik kurullar ya da resmi makamlar inceleyebilir. Çalışmanın sonunda, kendi sonuçlarınızla ilgili bilgi isteme hakkınız vardır. Çalışma sonuçları çalışma bitiminde tıbbi literatürde yayınlanabilecektir, ancak kimliğiniz açıklanmayacaktır.

Daha fazla bilgi için kime başvurabilirim?

Çalışma ile ilgili ek bilgiye gereksiniminiz olduğunuzda aşağıdaki kişi ile lütfen iletişime geçiniz.

Adı: Prof. Dr. Günay Kırkım

Görevi: Sorumlu Araştırmacı / İşitme-Konuşma-Denge Birimi Sorumlu Öğretim Üyesi

Telefon:

Çalışmaya Katılma Onayı:

Yukarıda yer alan ve araştırmaya başlamadan önce gönüllüye verilmesi gereken bilgileri gösteren metni okudum ve sözlü olarak dinledim. Aklıma gelen soruları

araştırmacıya sordum. Çalışmaya katılıp katılmama kararımı vermem için bana yeterli süre tanındı. Bu koşullar altında araştırma yürütücüsüne yetki veriyor ve bana yapılan katılım davetini hiçbir zorlama olmaksızın gönüllülük içerisinde kabul ediyorum.

Katılımcı	**Katılımcı ile Görüşen Araştırmacı**
Adı Soyadı:	Adı Soyadı: Aslıhan Sayan Bayrak
Tel:	Tel:
İmza:	İmza:
Tarih:	Tarih:

Tanıklık Eden Kişi

Adı Soyadı:

Tel:

İmza:

EK 8.4 ETİK KURUL ONAYI (EK-4)

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
GİRİŞİMSEL OLMAYAN ARAŞTIRMALAR ETİK KURUL KARARI

Sayın Prof.Dr. Günay Kırkım

Araştırmanıza ilişkin Kurulumuz kararı aşağıda sunulmuştur.

Bilgilerinizi ve gereğini rica ederiz.

ETİK KOMİSYONUN ADI	**DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ GİRİŞİMSEL OLMAYAN ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU**
AÇIK ADRES	**Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi Dekanlığı 2. Kat İnciraltı-İZMİR**
TELEFON	**0 232 412 22 54-0 232 412 22 58**
FAKS	**0 232 412 22 43**
E-POSTA	**etikkurul@deu.edu.tr**

BAŞVURU BİLGİLERİ	DOSYA NO:	5936-GOA	
	ARAŞTIRMA	UZMANLIK TEZİ ☐ MÜNFERİT ARAŞTIRMA ☐ ÖÇM ☐ YÜKSEKLİSANS ☒ DOKTORA ☐	
	ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI	**İşitme Kayıplı Yetişkinlerde Frekans Düşürme Teknolojisinin Konuşmayı Anlamaya ve P1-N1-P2 Dalgalarına Etkisi**	
	ARAŞTIRMA PROTOKOL KODU		
	SORUMLU ARAŞTIRMACI ÜNVANI/ADI/SOYADI ve UZMANLIK ALANI	Prof.Dr. Günay Kırkım İşitme-Konuşma Denge Birimi	
	ARAŞTIRMAYA KATILAN MERKEZLER	TEK MERKEZ ☐	ÇOK MERKEZLİ☒

	Belge Adı	**Tarihi**	**Versiyon Numarası**	**Dili**
DEĞERLENDİRİLEN BELGELER	ARAŞTIRMA PROTOKOLÜ	Mevcut		Türkçe ☒ İngilizce ☐ Diğer ☐
	ARAŞTIRMA İLE İLGİLİ LİTERATÜR	Mevcut		Türkçe ☐ İngilizce ☒ Diğer ☐
	BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU	Mevcut		Türkçe ☒ İngilizce ☐ Diğer ☐
	OLGU RAPOR FORMU	Mevcut		Türkçe ☒ İngilizce ☐ Diğer ☐

Dokuz Eylül Üniversitesi Girişimsel Olmayan Araştırmalar Etik Kurulu Karar Formu

KARAR BİLGİLERİ	**Karar No:2021/06-19**	**Tarih:22.02.2021**
	Prof.Dr. Günay Kırkım'ın sorumlusu olduğu **"İşitme Kayıplı Yetişkinlerde Frekans Düşürme Teknolojisinin Konuşmayı Anlamaya ve P1-N1-P2 Dalgalarına Etkisi"** isimli klinik araştırmaya ait başvuru dosyası ve ilgili belgeler araştırmanın gerekçe, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş, etik açıdan çalışmanın gerçekleştirilmesinin uygun olduğuna oy birliği ile karar verilmiştir.	

ETİK KURUL BİLGİLERİ	
ÇALIŞMA ESASI	Dokuz Eylül Üniversitesi Girişimsel Olmayan Araştırmalar Etik Kurulu İşleyiş Yönergesi İyi Klinik Uygulamaları Kılavuzu

ETİK KURUL ÜYELERİ

Unvanı/Adı/Soyadı	Uzmanlık Alanı	Kurumu	Cinsiyet	Araştırma ile İlişkili mi?		İmza
Prof.Dr.Sadık Kıvanç METİN (Başkan)	Kalp ve Damar Cerrahisi	DEU Tıp Fakültesi Kalp Damar Cerrahisi Anabilim Dalı	Erkek	E ☐	H ☒	
Prof.Dr. Sermin ÖZKAL (Başkan Yardımcısı)	Tıbbi Patoloji	DEÜ Tıp Fakültesi Tıbbi Patoloji A.D	Kadın	E ☐	H ☒	
Prof.Dr.Serkan YENER	Endokrinoloji	DEU Tıp Fakültesi İç Hastalıkları Anabilim Dalı	Erkek	E ☐	H ☒	
Prof.Dr.Pınar TUNCEL	Tıbbi Biyokimya	DEU Tıp Fakültesi Tıbbi Biyokimya Anabilim Dalı	Kadın	E ☐	H ☒	
Prof.Dr.Murat BEKTAŞ	Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Hemşireliği	DEU Hemşirelik Fakültesi Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Hemşireliği	Erkek	E ☐	H ☒	
Doç.Dr.Nil Hocaoğlu AKSAY	Tıbbi Farmakoloji	DEU Tıp Fakültesi Tıbbi Farmakoloji Anabilim Dalı	Kadın	E ☐	H ☒	
Doç.Dr.Seher Özyürek	Muskuloskeletal Fizyoterapi - Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon	DEU Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Yüksek Okulu	Kadın	E ☐	H ☒	
Doç.Dr.Tufan ÇANKAYA	Tıbbi Genetik	Tıbbi Genetik Anabilim Dalı	Erkek	E ☐	H ☒	
Doç.Dr.Ayfer DAYI	Davranış Fizyolojisi	DEU Tıp Fakültesi Fizyoloji Anabilim Dalı	Kadın	E ☐	H ☒	
Doç.Dr.Korcan DEMİR	Pediatrik Endokrinoloji	DEU Tıp Fakültesi Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı	Erkek	E ☐	H ☒	
Doç.Dr.Mahmut Cem ERGON	Tıbbi Mikrobiyoloji	DEU Tıp Fakültesi Tıbbi Mikrobiyoloji Anabilim Dalı	Erkek	E ☐	H ☒	
Doç.Dr. Aylin Özgen Alpaydın	Göğüs Hastalıkları	DEU Tıp Fakültesi Göğüs Hastalıkları Anabilim Dalı	Kadın	E ☐	H ☒	
Öğr.Gör.Dr.Kıvanç YÜKSEL	Biyoistatistik ve Tıbbi Bilişim	Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Biyoistatistik ve Bilişim A.D	Erkek	E ☐	H ☒	
Av.Esra FIRTINA	Avukat	DEU Rektörlüğü Hukuk Müşavirliği	Kadın	E ☐	H ☒	
Mehmet Erhan ÖZKUL	Sağlık mensubu olmayan üye	D.E.U Tıp Fakültesi İdari Mali İşler	Erkek	E ☐	H ☒	

EK 8.5 ÖZGEÇMİŞ



ASLIHAN SAYAN BAYRAK

Kişisel Bilgiler

İletişim Bilgileri

İletişim Adresi

Telefon

E-posta

İnternet Sayfası

Öğrenim Bilgileri

02 Eylül 2019 - Şu Anda (3 yıl 5 ay)
Yüksek Lisans, Tezli Program, DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ, TÜRKİYE
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ, ODYOLOJİ (YL) (TEZLİ)
Ağırlıklı Genel Not Ortalaması: 3.59 / 4.0

31 Ocak 2017 - 11 Temmuz 2019 (2 yıl 6 ay)
Lisans, Anadal/Normal Öğretim, İSTANBUL MEDİPOL ÜNİVERSİTESİ, TÜRKİYE
SAĞLIK BİLİMLERİ FAKÜLTESİ, ODYOLOJİ PR. (%25 BURSLU)
Ağırlıklı Genel Not Ortalaması: 3.46 / 4.0

04 Ekim 2016 - 17 Temmuz 2019 (2 yıl 10 ay)
Lisans, Anadal/Normal Öğretim, KTO KARATAY ÜNİVERSİTESİ, TÜRKİYE
SAĞLIK BİLİMLERİ YÜKSEKOKULU, ODYOLOJİ PR. (ÜCRETLİ)
Diploma Numarası: 18SBYODY0027
Ağırlıklı Genel Not Ortalaması: 3.46 / 4.0

01 Eylül 2009 - 01 Haziran 2013 (3 yıl 10 ay)
MİLLİ EĞİTİM BAKANLIĞI İL MİLLİ EĞİTİM MÜDÜRLÜKLERİ VE OKULLAR BAYBURT İLİNDEKİ OKULLAR İL MERKEZİNDEKİ OKULLAR REKABET KURUMU BAYBURT ANADOLU ÖĞRETMEN LİSESİ, TÜRKİYE
Diploma Numarası: 14.06.2013/785
Ağırlıklı Genel Not Ortalaması: 79.75 / 100.0

Yabancı Dil Bilgileri

İNGİLİZCE (Okuma: İyi, Yazma: Orta, Konuşma: Orta)

Ar-Ge Yetkinlik

Bildiriler

A. S. BAYRAK, S. GÜRKAN, S. MUNGAN DURANKAYA & G. KIRKIM, THE EFFECT OF HEARING AID FREQUENCY COMPRESSION TECHNOLOGY ON P1-N1-P2 WAVES, Poster Sunumu, UNION OF THRACE UNIVERSITIES V. INTERNATIONAL HEALTH SCIENCES CONGRESS 2022, 01 Aralık 2022, 02 Aralık 2022.

A. SAYAN BAYRAK, S. MUNGAN DURANKAYA, G. KIRKIM, Y. Y. BAŞKURT & Y. OLGUN, İŞİTME DEĞERLENDİRMESİ: İŞİTSEL NÖROPATİ SPEKTRUM BOZUKLUĞU MU FONKSİYONEL İŞİTME KAYBI MI?, Poster Sunumu, X. Ulusal Odyoloji ve Konuşma Bozuklukları Kongresi, 25 Aralık 2020, 27 Aralık 2021, 125 - null.