

T.C
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İŞİTME CİHAZI KULLANAN ÇOCUKLARIN
KORTİKAL CEVAPLARI İLE DAVRANIŞ EŞİKLERİNİN
İLİŞKİSİ

Mine BAYDAN AYDEMİR

Odyoloji ve Konuşma Bozuklukları Programı
YÜKSEK LİSANS TEZİ

ANKARA

2014

T.C
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İŞİTME CİHAZI KULLANAN ÇOCUKLARIN
KORTİKAL CEVAPLARI İLE DAVRANIŞ EŞİKLERİNİN
İLİŞKİSİ

Mine BAYDAN AYDEMİR

Odyoloji ve Konuşma Bozuklukları Programı
YÜKSEK LİSANS TEZİ

TEZ DANIŞMANI
Prof. Dr. Gonca SENNAROĞLU

ANKARA

2014

Anabilim Dalı :KBB Anabilim Dalı
 Program :Odyoloji ve Konuşma Bozuklukları
 Tez Başlığı :İşitme Cihazı Kullanan Çocukların Kortikal Cevapları ile Davranış Eşiklerinin İlişkisi
 Öğrenci Adı-Soyadı :Mine Baydan-Aydemir
 Savunma Sınavı Tarihi :15.04.2014

Bu çalışma jürimiz tarafından yüksek lisans/doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı: Doç. Dr. Songül AKSOY
 Hacettepe Üniversitesi
 Tez danışmanı: Prof. Dr. Gonca SENNAROĞLU
 Hacettepe Üniversitesi
 Üye: Doç. Dr. Esra ÖZCEBE
 Hacettepe Üniversitesi
 Üye: Yrd. Doç. Dr. Didem Türkyılmaz
 Hacettepe Üniversitesi
 Üye: Prof. Dr. İsmet BAYRAMOĞLU
 Gazi Üniversitesi

(İmza)
 (İmza)
 (İmza)
 (İmza)
 (İmza)

ONAY

Bu tez Hacettepe Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca yukarıdaki jüri tarafından uygun görülmüş ve Sağlık Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu kararıyla kabul edilmiştir.

(İmza)
 Prof.Dr. Ersin FADILLIOĞLU
 Müdür

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim ve tez çalışmam süresince deneyimi, bilgisi ve içtenliği ile beni destekleyen çok değerli danışmanım Prof. Dr. Gonca SENNAROĞLU'na,

Yüksek lisans eğitimim boyunca deneyimlerini ve bilgilerini esirgemeyen Doç. Dr. Songül AKSOY, Doç. Dr. Bilgehan BUDAK, Prof. Dr. Aydan GENÇ, Doç. Dr. Maviş Emel KULAK KAYIKÇI, Doç. Dr. Didem TÜRKYILMAZ, Doç. Dr. Esra YÜCEL, Doç. Dr. Suna YILMAZ, Doç. Dr. Esra ÖZCEBE ve Dr. Mehmet AKŞİT'e,

Başta Merve BATUK, İlkem UÇAL ve Özge KOÇAK olmak üzere her anımda yanımda olan sevgili arkadaşlarıma,

Bu süreçte manevi destekleri ile beni yalnız bırakmayan odyoloji ailesine,

Her zaman, her koşulda yanımda olan sevgili anneme, babama ve eşim Uğur AYDEMİR'e teşekkürlerimi sunarım.

ÖZET

Baydan-Aydemir, M., İşitme Cihazı Kullanan Çocukların Kortikal Cevapları İle Davranış Eşiklerinin İlişkisi, Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Odyoloji ve Konuşma Bozuklukları Programı, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 2014. Kortikal işitsel uyarılmış potansiyeller, ses uyarısına karşı beyinsapı, orta beyin ve kortekste yer alan işitsel sistemin oluşturduğu cevaplardır. Kortikal işitsel uyarılmış potansiyel ölçümleri santral işitsel sistemle ilgili detaylı bilgi sağlayan noninvaziv ölçümlerdir. İşitme cihazının fonksiyonelliğinin değerlendirilmesi için de kullanılabilirler. Bu çalışmanın amacı işitme cihazı kullanan çocukların kortikal cevapları ile davranış eşiklerinin ilişkisini saptamaktır. Bu amaç doğrultusunda Hacettepe Üniversitesi Odyoloji Kliniği'nde, 4 – 8 yaş aralığında, orta ve orta-ileri derecede işitme kaybı olan ve işitme cihazı kullanan çocukların, supra-aural kulaklıklar ile saf ses işitme eşikleri belirlenmiştir. Bireylerin işitme cihazları, kalıp, pil ve feedback açısından kontrol edildikten sonra; işitme cihazlarıyla, serbest alanda, işitme cihazlı eşikleri belirlenmiştir. Sonrasında, Hacettepe Üniversitesi İşitme ve Konuşma Eğitim Ünitesi elektrofizyoloji laboratuvarında, bireylerin kortikal potansiyel ölçümleri yapılmıştır. Değerlendirmeler sonucunda işitme cihazlı kortikal cevaplar ile işitme cihazlı davranış eşikleri arasında güçlü bir korelasyon ($r=0.86$) bulunmuştur. Ancak bireylerin yaş, işitme cihazı kullanım süreleri ve kortikal cevapların latansları arasında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır. Kortikal potansiyellerin, klinik alanlarda, davranışsal testlere ek olarak objektif bir değerlendirme aracı olarak kullanılabileceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: İşitsel Uyarılmış Kortikal Cevaplar, orta derecede işitme kaybı, işitme cihazı

ABSTRACT

Baydan-Aydemir, M., The Relationship Between Aided Cortical Auditory Evoked Responses and Aided Behavioral Thresholds, Hacettepe University Institute of Health Sciences, Master Thesis of Audiology and Speech Pathology, Ankara, 2014. The cortical auditory evoked response is the neuroelectric response of the auditory system in the brainstem, midbrain, and the cortex to sound stimulation. Cortical auditory evoked potentials are a noninvasive, objective measurement that can provide detailed information about central auditory nervous system. They can be used for evaluation of hearing aid functionality. The present study aimed to determine the relationship between aided cortical auditory evoked potentials and aided behavioral thresholds. Therefore, 17 subjects, age ranging 4-8 years old, who diagnosed with moderate/moderately severe hearing loss were included to the study. Pure-tone audiometry was performed using supra-aural earphones. After control of hearing aids, aided behavioral thresholds were determined in free field. After behavioral testing, cortical auditory evoked potentials testing was carried out. A strong correlation was found between aided cortical auditory evoked responses and aided behavioral thresholds in free field. These findings provide support for the use of cortical auditory evoked potentials in measuring hearing aid benefit in clinical routine.

Anahtar Kelimeler: Cortical auditory evoked potentials, mild to severe hearing loss, hearing aid

İÇİNDEKİLER

ONAY YAZISI	iii
TEŞEKKÜR	iv
ÖZET	v
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
TABLolar DİZİNİ	xi
GİRİŞ	1
GENEL BİLGİLER	3
2.1. Uyarılmış Potansiyeller	3
2.2. İşitsel Uyarılmış Potansiyeller	4
2.2.1. İşitsel Uyarılmış Potansiyellerin Tarihçesi	5
2.2.2. İşitsel Uyarılmış Potansiyellerin Anatomisi	6
2.2.3. İşitsel Uyarılmış Potansiyellerde Uyarın Parametreleri	7
2.2.4. İşitsel Uyarılmış Potansiyellerin Kayıt Parametreleri	8
2.2.5. İşitsel Uyarılmış Potansiyellerin Kaydını Etkileyen Faktörler	12
2.2.6. İşitsel Uyarılmış Potansiyellerin Sınıflandırması	13
2.2.7. İşitsel Uyarılmış Potansiyellerde Dalga Morfolojisi	16
2.2.8. HEARLab	18
BİREYLER VE YÖNTEM	
3.1. Bireyler	25
3.1.1. Bireylerin Çalışmaya Dahil Edilme Kriterleri	25
3.2. Yöntem	25
3.2.1. Odyolojik Değerlendirme	25
3.2.2. İşitsel Uyarılmış Potansiyel Kaydında Kullanan Ekipman	26
3.2.3. İşitsel Uyarılmış Potansiyel Kayıt Süreci	26
3.3. İstatistiksel Analiz	29
BULGULAR	
4.1. Betimsel İstatistiksel Analizler	30
4.2. Çıkarımsal İstatistiksel Analizler	31

4.2.1. İşitme Cihazlı Davranışsal Eşikler İle KİUP İlişkisi	31
4.2.2. Yaş ile KİUP Latansları Arasındaki İlişki	34
4.2.3. İşitme Cihazı Kullanım Süresi ile KİUP Latansları Arasındaki İlişki	37
4.2.4. Uyarılar Arasındaki İlişki	39
TARTIŞMA	41
SONUÇ VE ÖNERİLER	48
KAYNAKLAR	49
EKLER	54
ETİK KURUL İZİNİ	54

SİMGELER VE KISALTMALAR

%	Yüzde
BIUP	Beyinsapı İşitsel Uyarılmış Potansiyel
dB	Desibel
ECochG	Elektrokokleografi
EEG	Elektroensefalogram
Hz	Hertz
İUP	İşitsel Uyarılmış Potansiyel
kHz	KiloHertz
KİUP	Kortikal İşitsel Uyarılmış Potansiyel
mm	Milimetre
MMN	Mismatch Negativity
MRG	Manyetik Rezonans Görüntüleme
ms	Milisaniye
OAE	Otoakustik Emisyon
PAM	Posterior Auricular Kas Refleksi
SGO	Sinyal – Gürültü Oranı
sn	Saniye
UP	Uyarılmış Potansiyel
ve ark.	ve Arkadaşları

ŞEKİLLER DİZİNİ

2.1. İşitsel Yolun Anatomisi	7
2.2. Elektrot Yerleşim Yerleri	9
2.3. Uzak ve Yakın Saha Potansiyelleri Amplitüdleri	14
2.4. İUP Dalga Formları.....	14
2.5. İUP Dalga Morfolojisinin Yaşla Değişimi	17
2.6. /m/, /t/, /g/ Uyarılarının Frekans Alanları	19
2.7. HEARLab Ölçüm Ekipmanı	20
2.8. HEARLab ACA Modülü Tek Oda Yerleşimi	21
2.9. HEARLab ACA Modülü Çalışma Diyagramı	21
2.10. HEARLab ACA Modülü İmpedans Ölçüm Ekranı	22
2.11. HEARLab ACA Modülü Ölçüm Ekranı	23
2.12. HEARLab ACA Modülü Sonuç Ekranı	24
3.1. İUP Kayıt Sistemi	26
3.2. /m/, /t/, /g/ Frekans Alanları	27
3.3. Elektrot Yerleşimleri	28
4.1. Bireylerin Ortalama İşitme Eşikleri	31
4.2. “250-500 Hz” Aralığındaki İşitme Cihazlı Serbest Alan Eşikleri	32
4.3. “1000-2000 Hz” Aralığındaki İşitme Cihazlı Serbest Alan Eşikleri	33
4.4. 4000-6000 Hz” Aralığındaki İşitme Cihazlı Serbest Alan Eşikleri	33
4.5. Bireylerin Yaşları ile 55 dB SPL Şiddetinde /m/, /g/ ve /t/ Uyarıları Latans Değerleri	35
4.6. Bireylerin Cihaz Kullanım Süreleri ile 55 dB SPL Şiddetinde /m/, /g/ ve /t/ Uyarıları Latans Değerleri	38
4.7. 55 dB SPL Şiddetinde /m/, /g/ ve /t/ Uyarıları Latans Değerleri	40

TABLOLAR DİZİNİ

3.1. Uyarın Özellikleri	27
3.2. Kayıt Parametreleri.....	28
4.1. Bireylerin Demografik Bilgilerine İlişkin İstatistikler	30
4.2. Bireylerin İşitme Kaybına İlişkin İstatistikler.....	30
4.3. Bireylerin Cihazlı Serbest Alan Eşikleri Ortalamaları.....	32
4.4. Uyarınlara Göre KIUP Latansları Ortalamaları	34
4.5. Yaş ile KIUP Latansları Arasındaki İlişki	35
4.6. Yaş Kategorilerine Göre KIUP Latansları Arasındaki İlişki	36
4.7. Bireylerin İşitme Cihazı Kullanım Süreleri	37
4.8. İşitme Cihazı Kullanım Süresi ile KIUP Latansları Arasındaki İlişki	37
4.9. İşitme Cihazı Kullanmaya Başlama Yaşı ile KIUP Latansları Arasındaki İlişki	38
4.10. 55 dB SPL Şiddetinde /m/, /g/ ve /t/ Uyarınları Latans Değerleri.....	39

GİRİŞ

Dışarıdan verilen bir uyaran tarafından, duyuşal yolda oluşturulan elektriksel aktiviteye “uyarılmış potansiyel (UP, *evoked-potentials*)” adı verilir. Klinik uygulamada, ilişkili oldukları yolun fonksiyonelliği ile ilgili bilgi sağlayan üç temel uyaran vardır: işitsel, görsel ve somatosensör uyaranlar (1) .

Ses algısı, insanlarda elektroensefalogram (EEG) aracılığı ile kaydedilebilir ve buna işitsel uyarılmış potansiyel (İUP, *auditory-evoked potentials*) adı verilir. 1960 ve 70’lerde literatür, nöral jeneratörler tarafından kortekste üretilen ve akustik, algısal ve patolojik çeşitlilik içeren işitsel uyarılmış potansiyeller üzerinde odaklanmıştır (2) . Odyoloji ve nöroloji disiplinlerinde işitsel uyarılmış potansiyeller tanı aracı olarak geniş yer bulmaktadır (1) .

Teknolojideki gelişmeler, insanda kafa derisine yerleştirilen elektrotlar aracılığıyla, işitsel sistemden gelen küçük amplitüdü uyarımları kaydetme yoluyla, işitsel uyarılmış potansiyellerin fiziksel olarak ölçümünü olanaklı kılmıştır. İnsan vücudunda, temiz kayıt alınmasını engelleyen birçok geri plan gürültüsü bulunmaktadır; bu yüzden düşük amplitüdü işitsel uyarılmış potansiyeller bu gürültülerle karışabilmektedir. Ancak analog elektronikteki ve laboratuvar bilgisayarlarındaki gelişmelerle işitsel uyarılmış potansiyelleri, geri plan gürültüsünden ayırıtılarak kaydetmek mümkün olmuştur (3) .

İşitsel uyarılmış potansiyeller, santral işitsel sistemle ilgili detaylı bilgi sağlayan noninvaziv ölçümlerdir (4) . İşitsel uyarılmış potansiyel ölçümleri, zamanlama (latans) ve güçle (amplitüd) ilişkilidir ve sentral işitsel sistem seviyesinde kaydedilebilen senkronize ve *time-locked* nöral aktivitenin toplamını yansıtır. Bu nedenle işitsel rehabilitasyonla ilişkili (örn: işitme cihazı) nöral aktivitedeki değişimin monitorize edilmesinde, kortikal işitsel uyarılmış potansiyellerin klinik kullanımını önerilmektedir. alışmalar, konuşma uyararı veya tonal uyaranla ortaya çıkan nöral cevabın, işitme engelli ya da normal işiten bireylerde, cihazlı ya da cihazsız durumda güvenilir bir şekilde kaydedilebildiğini ortaya koymaktadır (2,5,6)

Kortikal işitsel uyarılmış potansiyeller (KİUP, *Cortical Auditory-Evoked Potentials*), işitsel yolda Beyinsapı İşitsel Uyarılmış Potansiyeller’den (BİUP, *Auditory Brainstem Response*) daha üst seviyeleri uyarır ve nöral sinyalin işitsel

kortekste ulaştığı yer açısından daha belirleyicidir. Bu yüzden konuşmayı anlama ile daha yakından ilişkilidir (6) .

KİUP lmleri, işitsel yolun fonksiyonu hakkında bilgi sağlamak için klinik olarak kullanılabilir. Test yapılması zor populusyonlarda (kk çocuklar ve bebekler gibi) işitme cihazı ya da implantın uygun uyarım sağlayıp sağlamadığının anlaşılması açısından klinik değere sahiptir (4) .

Bu çalışmanın amacı 4 – 8 yaş aralığında, orta ve orta-ileri derecede işitme kaybı olan ve işitme cihazı kullanan çocukların kortikal cevapları ile davranışsal cevapları arasındaki ilişkiyi araştırmaktır. Bu derecede işitme kaybı varlığında, iyi adapte edilmiş işitme cihazıyla kortikal merkezlere gerekli olan bilgi sağlanabilmektedir. Böylelikle arzu edilen dil ve konuşma gelişimi, iyi bir rehabilitasyon süreciyle sağlanabilmektedir. İşitsel rehabilitasyonun ilk aşaması olan, işitme cihazı adaptasyonunun gerekli bilgiyi sağlayıp sağlamadığını tespit etmek için objektif bilgiye ihtiyaç vardır. Çalışmamız klinik kullanıma pratiklik katmak için kortikal cevaplarla, davranışsal cevapların ilişkisini incelemenin yanı sıra işitme cihazı kullanım süresi ve yaşın kortikal cevaplar üzerine etkisini de araştırmayı hedeflemiştir.

Bu çalışmanın hipotezi, işitme cihazı kullanan orta derecede işitme kayıplı çocuklarda, işitme cihazlı olarak elde edilen kortikal cevaplar ile işitme cihazlı olarak elde edilen serbest alan davranışsal cevapları arasında anlamlı bir ilişki olduğudur.

GENEL BİLGİLER

2.1. Uyarılmış Potansiyeller

Sinir sistemi uyarıldığında, aktivitesinde bir değişiklik meydana gelir ve aktivitedeki bu değişiklik baş bölgesine yerleştirilen elektrotlarla kaydedilebilen elektrik sinyaller üretir. Uyarı tarafından oluşturulan, sinir sisteminin bu elektriksel cevabı “uyarılmış potansiyel” (UP, *Evoked Potentials*) olarak adlandırılır (7) . Diğer bir deyişle uyarılmış potansiyeller duyuşsal bir uyarana yanıt olarak, sinir sisteminde oluşun elektriksel cevaplardır. Bu cevaplar, latans ve amplitüdlerine göre değerdendirilen dalga veya sapmalardan oluşmaktadır (8) . 2-500 ms arasında oluşun dalgaların amplitüdüleri 0,1 – 20 miliamper arasında değışmektedir (9) .

Uyarılmış potansiyellerin varlığı, ilk kez 1875’te Caton’un tavşanlarda beynin elektriksel aktivitesini kanıtlamasıyla ortaya çıkmıştır. Pravdich-Neminsky, 1913 yılında galvanometre ile bir hayvanın EEG kaydını fotoğraflamıştır. İnsanlarda ilk EEG kaydı ise 1929 yılında Berger tarafından alınmıştır (10) .

UP ölçümlerinde “latans”, uyarının periferden ilgili primer kortekse ulaştığı süreye denir ve milisaniyelerle (ms) ifade edilir. Latanstaki gecikme, sensör yolların iletiminde bir soruna işaret eder (11,12) . Amplitüd ise, cevabın gücünü (*strenght*) yansıtır ve microvolt cinsinden ölçülür (6) .

Uyarılmış potansiyellerde dalga numaralandırması, polarite sekansına göre (N1, P2) ve latansa göre (P100, P300) olmak üzere iki yöntemle yapılmaktadır (12) . UP çalışmalarda, dalganın tepe noktası yaptığı nokta, ölçüm noktası olarak kullanılır. İki tepe noktası arasındaki süre “dalgalar arası latans (*interwave latans*) ya da *interpeak* latans” olarak adlandırılır (12) . UP ölçümleri ile anomali analizinde latans, amplitüd, topografik dağılım ve morfolojileri göz önünde bulundurulur (11) .

Uyarılmış potansiyeller; uyarı tipine (işitsel, görsel ve somatosensöriyel), orijinine (kortikal, subkortikal), kayıt yerine (kafatası, boyun, klavikular, lumbasakral), kayıt yöntemine (near-field, far-field) ve uyarının unilateral veya bilateral olmasına göre sınıflandırılmaktadır (8) .

2.2. İşitsel Uyarılmış Potansiyeller

İşitsel uyarılmış potansiyeller (İUP), işitsel sistemin (kulak, işitsel sinir veya beynin işitsel alanları), işitsel veya akustik bir uyarandan uyarılmasıyla ortaya çıkan aktivitedir. En basit tanımıyla İUP bir kişi ses ile uyarıldığında ortaya çıkan beyin dalgalarıdır (13) .

Ses uyarana karşı beyinsapı, orta beyin ve kortekste yer alan işitsel sistemin oluşturduğu nöroelektrik cevaplara “kortikal işitsel uyarılmış potansiyeller (KİUP)” adı verilir (14) . KİUP, kortikal bölgedeki işitsel sistemin, duyuşal uyarana verdiği cevabı yansıtan senkronize nöral aktivite olarak da tanımlanabilir (15) . KİUP ölçümleri santral işitsel sistemle ilgili detaylı bilgi sağlayan noninvaziv ölçümlerdir (4) .

Obligatör ve bilişsel olarak adlandırılan iki tip işitsel olaya ilişkin potansiyel bulunmaktadır. Obligatör İUP, latans ve amplitüdüleri akustik parametreler ile belirlenen ve primer işitsel yolun bütünlüğü hakkında bilgi veren potansiyellerdir. Tone burst, kompleks ton ve konuşma sesi uyaralarıyla üretilebilirler. Primer işitsel korteks ve işitsel assosiasyon alanları tarafından üretilen, P1 ve P2 olarak adlandırılan iki temel pozitif tepe noktası ile N1 olarak adlandırılan bir negatif tepe noktası olmak üzere üç temel komponente sahiptirler. Latans, amplitüd ve kafatası dağılımının maturasyonla beraber, yaşamın ilk 6 ayından geç adolesan dönemine kadar kayda değer ölçüde değişiklik göstermesine rağmen uyanık ve *alert* yetişkenlerde, yenidoğan ve çocuklarda güvenilir olarak kaydedilebilirler. Obligatör İUP'nin, latans ve amplitüdülerinin güvenilirliği uyku durumunda düşmektedir. Küçük çocuklarda uygulanabilmesi için, çocuğun uyanık ve kas *artefakt*larını ekarte etmek için stabil pozisyonda olması gerekmektedir. Obligatör İUP'lar, eksojen (dış kaynaklı) olarak da adlandırılırlar. Obligatör İUP ölçümleri, algıya BİUP'tan daha yakındır, çünkü uyarandan enerjisinin zamanda nasıl bütünlüştürüldüğüne veya uyarandan işitilebilirliğine dair bilgi sağlamaktadırlar (2,4) .

Endojen ya da bilişsel işitsel olaya ilişkin potansiyeller ise cevap kaydedilirken, dinleyiciye verilen görevde dinleyicinin dikkat ve performansına bağlıdır. Dinleyiciden, hedef uyarandan fark etmesi istenir. Bu testler için uyarandan paradigması, genellikle “oddball uyarandan paradigması” olarak isimlendirilen, tahmin edilemez fakat fark edilebilir olaylara karşı oluşan nöral tepkilerin değerlendirilmesi

için kullanılan uyaran dizilimleri tekniğidir. Aykırı uyaran, standart uyarandan en az bir özelliği yönünden farklı olmalıdır. Nöral çıkış alanları primer işitsel korteks, sentroparietal korteksin ikincil alanları ve frontal lobdur (2) .

İUP'un, üç temel kullanım alanı bulunmaktadır. İlk olarak, test edilmesi zor populasyonda işitme eşiklerinin belirlenmesi ve işitme taraması için kullanılmaktadır. Diğer bir kullanım alanı, lezyonun yerini saptamadır. Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG- *Magnetic Resonance Imaging*) prosedürleri, lezyonun yerini saptamada KİUP'un yerini alabileceken, MRG'nin pahalı olması erken dönem tanı aracı olarak KİUP ölçümlerinin tercih edilmesine neden olmaktadır. Ayrıca, bazı lezyonlar KİUP ile saptanamayıp MRG ile tanılanırken, işitsel nöropati gibi bazıları da MRG ile görüntülenemeyip KİUP ile tanılanmaktadır. Üçüncü kullanım alanı ise intraoperatif ölçümlerdir (3) . Ek olarak, beyin plastisitesi ve işitsel dinleme eğitiminin etkilerini araştırmak için de kullanılabilirler. Rance ve ark. İUP'un, nöropatili hastaların işitme cihazlı kazançlarının ve konuşmayı anlamalarının değerlendirilmesinde prognostik olarak kullanımı da önermişlerdir (2) .

2.2.1. İşitsel Uyarılmış Potansiyellerin Tarihçesi

İUP çalışmaları, 1900'lerin başında başlamıştır. İlk İUP, Rus bilim adamı Neminsky tarafından 1913 yılında kaydedilmiştir. Beyindeki elektriksel aktivitenin gözlenebilmesi ise 1922'de "cathode ray tube oscilloscope" un bulunması ile sağlanmıştır (3,16) .

İlk olarak 1939'da Elektroensefalogram (EEG), akustik uyarana bağlı komponenti kaydetmiştir (3) . Sinyal averajlama tekniği ise 1951 yılında Dawson tarafından tanımlanmıştır. Rosenblith'in, 1958'de bilgisayarlı averajlama tekniğini bulması ile bugün yapılan bütün İUP kayıt parametrelerinin temeli oluşturulmuştur (3,10) .

1960 ve 70'lerde literatür, kortekste üretilen ve nöral jeneratörler ile akustik, algısal ve patolojik çeşitlilik gösteren İUP'ler üzerinde odaklanmıştır(2) . XX. yüzyılın sonlarında BİUP'un bulunmasıyla, İUP'un klinik kullanımı artmıştır. 1990'ların ortalarında, araştırmaların İUP'nin, sesi ayırt etme yeteneğinin belirlenmesinde ve öğrenme bozukluğuyla ilişkili "işitsel algısal işleme

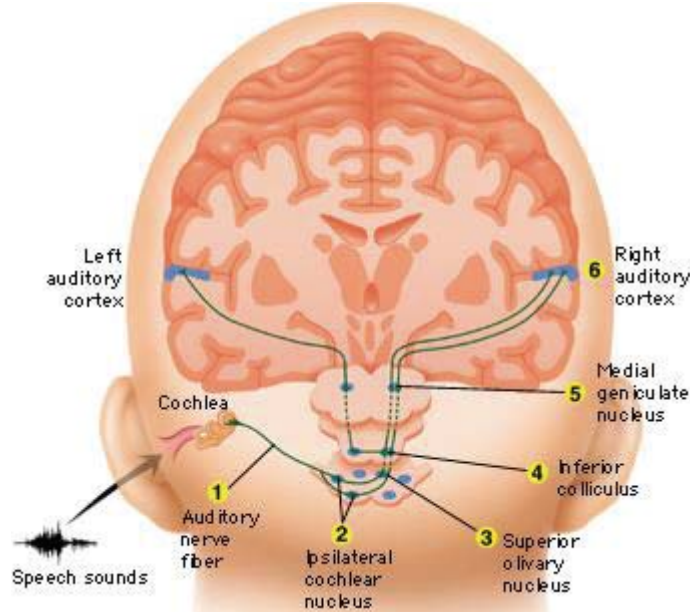
bozukluğunun” tanısına yardımcı olduğunu göstermesi sonucu, kortikal potansiyellere olan ilgi tekrar güçlenmiştir (2) .

2.2.2. İşitsel Uyarılmış Potansiyellerin Anatomisi

İşitme sistemi, dış kulak, orta kulak, iç kulak, koklear sinir ve santral işitme yollarından oluşur. Aurikula, sesleri toplar ve dış kulak yoluna ileterek timpanik membranın titreşimine neden olur. Titreşim orta kulaktan iç kulağa iletilerek, mekanik enerjiyi elektrokimyasal enerjiye çeviren korti organındaki duyusal epitelin uyarılmasını sağlar (17) . İşitsel sinir sisteminin yukarıya çıkan (*ascending pathway*) yolu kokleada başlar ve cerebrumdaki işitsel kortekse ulaşmadan önce işitsel sinir boyunca hareket ederek birçok nukleustan geçer (4) . Koklear *nuclei* üstü seviyesinden başlayarak, işitme sistemine girdiler bilateral olarak gelirler (17) .

Koklea ve VIII. Sinir, işitsel sinyalin işlenmesine dair ilk basamak bilgiyi sağlar. Temporal ve tonotopik dizilimli işitsel bilgi, daha ileri işleme için üst merkezlere taşınır (18) .

Santral işitsel sistemin ilk bölümünde yer alan anteroventral, posteroventral ve dorsal koklear nukleuslar birbirlerinden bağımsız çalışarak nöral bilgiyi zamanlama, *onset*, *duration* ve frekans açısından işlemlerler. Superior olivary kompleks, hem ipsilateral hem de bilateral koklear komplekslerden gelen bilgiyi birleştirir. Fibriller, lateral lemniscustan tüm işitsel bilgiyi birleştiren ve organize eden inferior colliculusa geçerler. Talamusta yer alan medial geniculate body, işitsel kortekse ulaşmadan önceki son nukleustur (4) .



Şekil 2.1. İşitsel Yolun Anatomisi (4)

İşitme korteksi süperior temporal gyrusta, lateral (sylvian) fissür boyunca yerleşmiştir. İşitme sistemi gibi, işitme korteksi de tonotopik olarak organize olmuştur: düşük frekanslı seslerle ilgili nöronlar önde, yüksek frekanslı seslerle ilgili nöronlar arkada yerleşmiştir (17) .

İşitme korteksinin, işitsel bilginin kompleks olarak işlenmesinde rol oynadığı düşünülmektedir. Kompleks seslerin analizi, lokalizasyon, temporal pattern algısı gibi süreçlerden sorumludur (4,17) .

2.2.3. İşitsel Uyarılmış Potansiyellerde Uyarın Parametreleri

İUP'un elde edilmesinde kullanılan uyarınlar, frekans bantlarına göre 3 sınıfa ayrılırlar; klik uyarınlar, tone -burst uyarınlar ve konuşma uyarınları (1) .

Klik Uyarın: Bir ses üreticine gönderilen ve dikdörtgen şeklinde bir elektrik pulsu tarafından oluşturulan ses uyarısına "klik uyarın" adı verilir. Klik uyarının amplitüdü desibel (dB) olarak ölçülür (19) . Kokleanın 2-4 kiloHertz (kHz) bölgesini etkileyen frekans spesivitesi düşük, akustik olarak geniş bant uyarınlardır, Genellikle BİUP ve Elektrokokleografide (ECochG) kullanılırlar (1) . İşitme taraması, lezyonun yerini belirleme ve intraoperatif ölçümler için elverişlilerdir (3) .

Tone-Burst Uyarın: Klik uyarına göre daha yavaş ve daha uzundur (1) . Dar spektrumlu ve frekansa spesifik uyarınlardır. Kokleada, sınırlı alanlardan kayıt

elde edebilmek için kullanılırlar (3,20) . İşitsel cevap oluşturacak ideal bir tone-burst uyarı, yalnızca bir frekanstan oluşmalı ve her amplitüdde enerjisini korumalıdır. Bu sayede kokleanın sadece istenen frekans bölgesi uyarılmış olur (19) . Alçak frekans tone-burst uyarılar genellikle uyarının apikal alanlara ulaşma süresi sebebiyle uzun latanslı cevaplar üretirken daha yüksek frekanslı tone-burst uyarılar basal koklear alanın cevaplarıdır (3) .

Konuşma Uyarıları: Şiddet, frekans ve diğer yapılarda değişimler içeren kompleks akustik sinyallerdir; doğal ve yapay sesli harfler, sessiz harfler, hece veya kelimelerden oluşabilirler (21,22) . Geç latans işitsel potansiyelleri ortaya çıkarmada etkili bir uyarı çeşididir(13) . KİUP'un, konuşma sesi kullanımı ile kaydı, çocuk ve bebeklerde normal konuşma ve dil gelişimi açısından kritik olan kompleks uyarının, işlendiği korteks alanlarının fonksiyonelliği ile ilgili bilgi sağlar (23) .

2.2.4. İşitsel Uyarılmış Potansiyellerin Kayıt Parametreleri

Elektrotlar ve Yerleşimleri: İUP'un kaydedilebilmesi için, insanın kafa derisinden elektriksel cevapların alınabilmesi gerekir. Bu kayıt elektrotlarla yapılmaktadır (3) .

İşitsel cevap elde etmede kullanılan elektrotlar, yüzeysel disk elektrotlar ve cilt altı iğne elektrotlar olmak üzere iki gruptur (20) . Yüzeysel disk elektrotlar, klinik uygulamalarda en sık kullanılan elektrot tipidir. Erişkin kayıtları sırasında genellikle 10 milimetre (mm) çapında, çocuk kayıtlarında 6 mm çapında elektrotlar kullanılır. Cilt altı iğne elektrotlar ise, yoğun bakım ünitelerinde ve ameliyathanelerde, hastayı uzun süre gözlemlemek gereğinin bulunduğu kayıtlar sırasında kullanılırlar, rutin klinik uygulamalarda kullanımları nadirdir (13) .

Elektrotlar kalay, altın, gümüş ve gümüş klorid (Ag-AgCl) gibi metal alaşımlardan yapılırlar. Karışık elektrot tipleri, istenmeyen elektriksel potansiyellere ve yükselticide sapmalara neden olur (16) . Elektrot yerleşiminde ilk basamak cildi temizlemektir. Temiz bir kayıt alınabilmesi için cildin, yağdan ve ölü derilerden temizlenmesi gerekir. Bunun için de elektrot jel veya bu iş için özel olarak üretilmiş krem ve benzeri ürünler kullanılmaktadır (3) .

İUP'u, yüksek voltajda oluşturabilmek için; elektrotları, bu potansiyellerin üretildiği alanlara en yakın şekilde yerleştirmek gerekir. Elektrot lokalizasyonu ile dalgaların latanslarında önemli değişiklik olmamasına karşın, amplitüde büyük değişiklikler olmaktadır (13,19) . Bütün elektrotlar, nöral aktivite alanı göz önünde bulundurularak yerleştirilmelidir (16) .

İUP kaydında, en yaygın elektrot yerleşimi; kulak memesi veya *mastoide* referans elektrodun yerleşimidir (16) . 6 yaşa kadar, uyanık ve *alert* çocuklarda, en güvenilir işitsel uyarılmış potansiyel kaydı “*vertex*”ten alınmaktadır(25) . *Vertex*, bebeklerde genelde bingıldağın arkasındadır, ancak bingıldak kaydı etkilemez (26) .

Uyaran İletimi

İUP'un kaydı sırasında, uyarı oluşturmak amacı ile kullanılan elektrik enerjisi, bir ses üretici tarafından ses dalgası haline getirilir (19) . Uyaran iletimi için kullanılan ses üreteçlerine *transducer* adı verilir (13) . *Transducer*'ler bir enerji formunu başka bir enerji formuna dönüştürürler ve diagnostik testlerde uyaran iletiminde kullanılırlar; seçimi ve kalibrasyonu İUP ölçümlerinde büyük önem taşımaktadır (26,27) .

Genellikle, İUP'un uyaran iletimi için, TDH-39 model kulaklıklar, kanal içi kulaklıklar ve kemik vibratörler kullanılmaktadır (13) . İşitme cihazlı KİUP gibi ölçümlerin uyaran sunumları için ise hoparlörler kullanılmaktadır (26) .

Filtreleme

UP'nin kaydedilmesi, geri plan gürültüsünden, küçük bir cevabı ayırt edip kaydetme prensibine dayanır. Bu ise filtreleme ve sinyal-gürültü oranını (SGO, *signal to noise ratio*) geliştirerek, averajlama tekniğiyle, cevabı kaydederek yapılmaktadır (1) .

Elektrotlar, sinyali üreten yapıya uygun bir uzaklığa yerleştirilir. Ancak, elektrotlar kayıt edilmek istenen bölgedeki ve çevre bölgelerdeki kas, sinir sistemi ve diğer fizyolojik yapılardan gelen elektriksel sinyalleri de kaydeder (7) . İstenen sinyal dışında kaydedilen bütün sinyaller “gürültü” olarak adlandırılır. Gürültü, biyolojik ve nonbiyolojik orijinli, periyodik ve aperiyyodik aktivitelerden oluşabilir (3) . Nöral aktivitenin senkronize olması İUP kaydında önemlidir. Verilen uyarıya gürültünün eşlik etmesi, nöral ateşlemenin hassasiyetini etkiler ve bu da nöral

senkronizasyonu azaltır. Azalan nöral senkronizasyon tepe amplitüdlerde düşüşe ve latanslarda uzamaya neden olur (28) .

Filtreleme, istenen cevabın dışında kalan frekanslardaki gürültünün elenmesidir. Belirli frekansın üstündeki gürültüyü engelleyip, altındaki enerjiyi geçiren filtrelere “*low-pass*” filtre, belirli frekansın altındaki gürültüyü engelleyip üstündeki enerjiyi geçiren filtrelere “*high-pass*” filtre adı verilir. Sadece 2 frekans arasındaki enerjiyi geçirerek bu frekansların altında ve üstünde kalan enerjiyi engelleyen filtre “*band-pass*” filtre, sadece 2 frekans arasındaki gürültüyü engelleyerek altındaki ve üstündeki enerjiyi geçiren filtre “*band-reject*” filtre adını alır (29) . Kayda uygun filtre seçimi çok önemlidir, çünkü uygun olmayan filtre kullanımı cevabın latans, amplitüd ve dalga formunda bozulmalara yol açar (12) .

Amplifikatör (Yükselteç)

UP'nin kayıt edildiği aktivite, serebral korteks gibi beynin üst seviyeleri tarafından üretiliyorsa milyonlarca hücreyi harekete geçirir ve elektrot bölgeye daha yakın olduğundan voltaj yüksek olur. (5 – 10 milivolt arasında değişir.) Eğer aktivite; kulak, işitsel sinir veya beyinsapı tarafından üretiliyorsa, küçük bir nöral ünite gerçekleşir ve elektroda uzaklığı fazla olduğu için voltajı düşük olur (0,10 - 0,50 milivolt arasında değişir.) Bu nedenle İUP ölçümü alabilmek için beyin aktivitesini yükseltmek veya uyarmak gerekir (13) .

Sinyal seviyesi ve gürültü seviyesi arasındaki ilişkiye “Sinyal Gürültü Oranı (SGO)” denir. Pozitif SGO, sinyal seviyesinin gürültü seviyesini geçtiğini; negatif SGO ise gürültü seviyesinin sinyal seviyesini geçtiğini gösterir (29) . Düşük SGO, küçük amplitüd ve uzun latansa sebep olur (28) .

UP ölçümlerinde, cevabın şiddetini artırıp, gürültüyü ekarte etmek için “fark yükselteci (diferansiyel amplifikasyon)” tekniği kullanılır (7) . Kafatasının değişik bölgelerine yerleştirilen iki elektrot, gürültüyle birlikte çeşitli derecelerdeki cevabı kaydeder ve bunu yaparken üçüncü elektrodun referansından yararlanır. Diferansiyel amplifikatör, bu iki ana bölgeden birindeki elektriksel sinyali değiştirmezken, diğerini tersine çevirir ve iki cevap arasındaki farkı bulup, yükselterek cevap olarak kaydeder. İki elektrodun farkının alınması, her iki elektrot sinyalinde de ortak olan gürültüyü ortadan kaldırarak, sinyali temizler. Bu da SGO'yu geliştirir (19) .

Averajlama

SGO'nun iyileştirilmesi için en güçlü tekniktir. Uyarı verildiğinde, eğer varsa, İUP cevabını da içeren tüm beyin aktivitesi, elektrotlar tarafından kaydedilir. Temel varsayım, işitsel uyarı tarafından üretilen beyin cevabının her zaman aynı olduğudur. Yani, tekrarlayan işitsel uyarımla, işitsel sistemin nöronları aynı sekansta ve aynı anda (*same point in time*) aktive olur. Bu yüzden verilen her uyarıdan sonra, aynı zaman aralıklarında, cevaba spesifik olarak benzer voltajlar oluşur. Bu cevabın "*time – locked*" olma özelliğidir. Tekrarlanan her uyarıyla, cevap işitsel uyarılmış potansiyeller birbirine eklenerek kaydedilir. Bu eklenen cevaplar, toplam dalga formlarına ayrılır ve ortalamaları hesaplanır (13) .

2.2.5.İşitsel Uyarılmış Potansiyellerin Kaydını Etkileyen Faktörler

Tek kullanımlık elektrot kullanmak ya da yeniden kullanılabilir elektrotların pozisyonunu iyi ayarlamak, kaydın kalitesini arttırmaktadır. Bazı durumlarda özellikle ateşli veya çok terleyen hastalarda, elektrodun sabit kaldığından emin olmak için, elektrot kafa derisine bantla yapıştırılabilir. Eğer tekrar kullanılabilen elektrotların kaplaması zarar görmüşse ve temel metalden ayrılmışsa kayıt sırasında gürültü seviyesinin artmasına neden olabilir. Aynı şey elektrot kirliyse veya metal kararmışsa da yaşanabilir (26) .

Elektrot kabloları, kayıt sırasında anten görevi görür ve dalga formlarını etkileyen elektromanyetik *artefakt*'ları yakalayabilir. Elektromanyetik *artefakt* kaynaklarından biri de *transducer*'lerdir. Elektrot kabloları, *transducer*den mümkün olan en uzak yere yerleştirilmelidir (26) .

Artefakt reject'ini kontrol etmek için, hastaya dişlerini sıktırmak ya da hafifçe gözlerini kapattırmak gibi yöntemler uygulanabilir. Göz hareketi, özellikle 50 ms ve üzerindeki İUP'lerde, *artefakt*'a sebep olmaktadır. Göz hareketleri, cevabın latans ve amplitüdünü etkileyebilir ancak cevabın kaçırılmasına neden olabilir. Ayrıca 250 ms latanslı işitsel uyarımla senkronize olabilir ve bu yüzden cevap olarak kaydedilebilir. Bu durumun ekarte olması için, yükselticinin *band-pass* filtresi 0.1 ve 30 Hz arasında olmalıdır (16) .

Fasial sinirin *posterior auricular* dalı tarafından innerve edilen, *posterior auricular* kas refleksi (PAM, *Posterior Auricular Muscle Reflex*), yüksek şiddette

uyaranlarla etkileşime girerek, şartlı refleks haline gelebilir. Zamanlamasının 18-30 ms arasında olması nedeniyle dalga formlarını bozarak, nöral cevabın kaçırılmasına sebep olabilir. Bu durumu ekarte etmek için, elektrotlar mastoid yerine kulak memesine yerleştirilebilir (16) .

Cevaplar, hastanın uyku-uyanıklık durumundan ve sedatif özellikli ilaçlardan etkilenmektedir (10) . Hastanın dikkat durumunun etkisi, testten teste değişiklik göstermektedir; bu durum BİUP ölçümlerinde, önemli bir etken değilken, orta latans cevaplarını etkileyebilmektedir (16) .

Cevabın güvenilirliğini arttırmak için belirlenen şiddet seviyesinde bir ya da iki tekrarlı kayıt alınmalıdır (26) . Tekrar eden bir *artefaktı* cevap olarak yorumlamak, UP ölçümlerinde karşılaşılabilecek bir durumdur. Bunu ekarte etmek için, özellikle pediatrik grupta çapraz kontrol (*cross-check*) yapılmalıdır. Sonuçlar diğer odyolojik ölçümler (Otoakustik Emisyon [OAE], timpanogram, akustik refleks, öykü, mümkünse davranışsal odyometri ve görüntüleme teknikleri) ile karşılaştırılmalıdır (26) .

2.2.6. İşitsel Uyarılmış Potansiyellerin Sınıflandırılması

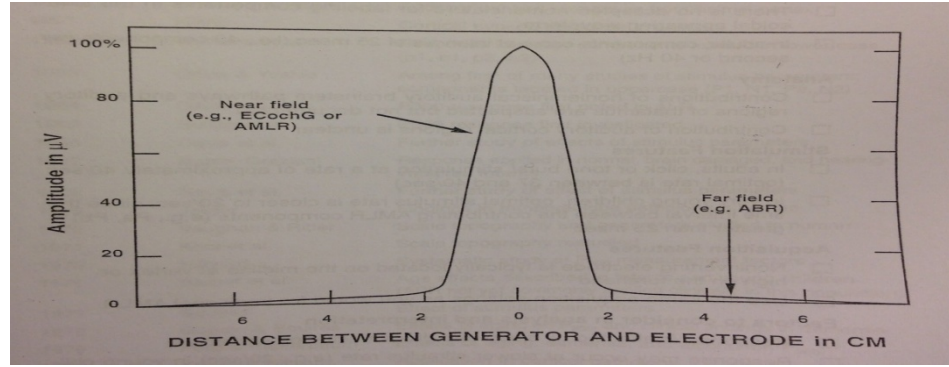
İUP, yakın ve uzak saha potansiyelleri olmak üzere ikiye ayrılır (12) .

Yakın Saha Potansiyelleri

Kayıt elektrotları potansiyel kaynağına yakın olarak yerleştirildiğinde, elde edilen cevaplar “yakın saha potansiyelleri” olarak adlandırılmaktadır (30) . Koklear ve primer koklear sinir fibrillerinden kaynaklanan potansiyellerdir. Kısaca koklear potansiyeller olarak adlandırılırlar (19) . Yakın alan potansiyellerde, cevabı üreten mekanizma ile kayıt alınan yer arasındaki mesafe azaldıkça, cevap amplitüdünde büyüme meydana gelir (10) .

Uzak Saha Potansiyelleri

Eğer potansiyel, beyinsapı gibi daha alt kortikal yapılardan kaydediliyorsa, elde edilen cevaplar “uzak saha potansiyelleri” olarak adlandırılmaktadır (30) . Uzak saha potansiyellerinde cevabı üreten mekanizma ile kayıt alınan yer arasındaki mesafe amplitüd üzerinde etkili olmaz (10) .

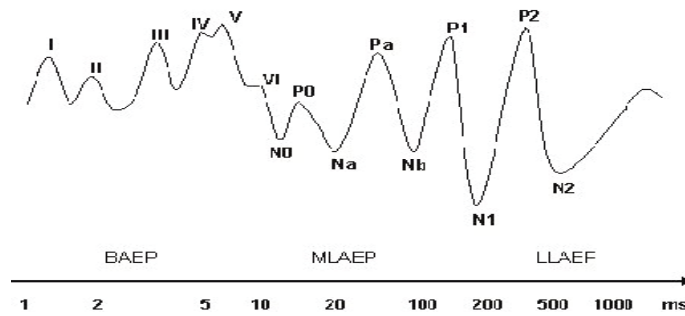


Şekil 2.3. Uzak ve Yakın Saha Potansiyelleri Amplitüdleri (10)

İşitsel sinir sisteminin alt tarafına yakın olan (*caudal*) yapılar, daha kısa latanslar oluştururken; yukarıya yakın olan (*rostral*) yapılar daha uzun latanslı cevaplar oluştururlar. Bu, aksiyon potansiyelinin iletim hızı ve kimyasal sinapslardaki gecikmenin sonucudur (3) . Yüksek şiddette sesler, kokleanın basal kısmında aktivite üretirken, alçak şiddette sesler alçak frekans bölgelerinde (kokleanın 2. dönüşü) aktivite üretir (13) .

Uyaran verildikten sonra, İUP'un oluşması için gereken süre 1 sn' den azdır. Bu nedenle, cevap paterni içinde latansın tepe yaptığı nokta, milisaniyelerle ifade edilir. Düşük latanslı cevaplar, iç kulak ve işitsel sinir tarafından üretilir. Birkaç milisaniye sonra, işitsel beyinsapı aktivitesiyle oluşan cevaplar ortaya çıkar. Daha geç cevaplar ise, cerebral korteks gibi beynin daha üst merkezlerine ait cevaplardır (13) .

İUP, uyarının verilme zamanından cevabın oluşma zamanına kadar olan sürece göre; erken, orta ve geç latans cevaplar olarak adlandırılır ve işitsel yolun çeşitli noktalarından kaydedilebilir (14) .



Şekil 2.4. İUP Dalga Formları (4)

Klinik ortamlarda en çok kullanılan kayıt yaklaşımı, erken latans cevaplardan, BİUP'tur. Koklea çıkışından, *lateral lemniscus*'a kadar olan işitsel yolun taranmasına olanak veren bu yöntem, hastaya yaklaşımı önemli ölçüde belirlemektedir (31) . Uyarı verildikten sonra, ilk 1-10 ms arasında geçen zamanda oluşan cevaplar “Erken Latans Potansiyeller (*Early Latency Potentials/Responses*)” adını almaktadır (19) . Erken latans potansiyeller, kaynağını orta beyinin aşağıya yakın olan yapıları, işitsel sinir ve kokleadan alır (32) . İki çeşit erken latans potansiyel bulunmaktadır; bunlar Elektrokokleografi ve Beyinsapı İşitsel Uyarılmış Potansiyellerdir. Orta ve geç latans cevaplar, daha çok santral patolojilerin ayırıcı tanısında kullanılmaktadır (31) .

Uyaran verildikten sonraki ilk 10–70 ms arasında oluşan cevaplar “Orta Latans Potansiyeller (*Middle Latency Potentials/Responses*)” adını almaktadır (32) . Orta latans potansiyeller, kaynağını primer işitsel korteks, talamus ve beyinsapının yukarıdaki yapılarından alır(1) . Orta latans potansiyeller, uyarının verilmiş anından itibaren ilk 10 ile 70. ms arasında görülen bir dizi negatif ve pozitif dalgalardan oluşur. Bu dalgalar sırasıyla Na, Pa, Nb ve Pb olarak adlandırılır (13) . İki çeşit orta latans potansiyel bulunmaktadır: İşitsel Orta Latans Cevap (AMLR, *Auditory Middle Latency Response*), İşitsel *Steady-State* Cevaplar (ASSR, *Auditory Steady-State Responses*) (31) .

“Geç Latans Potansiyeller (*Late Latency Potentials/Responses*)” ise, uyaran verildikten 50 ms sonra oluşan potansiyellerdir (19) . Geç latans potansiyeller, dendritik nöral aktivitenin bir yansımasıdır ve işitsel korteks hakkında bilgi sağlar. İşitsel sistemin fonksiyonelliği, işitsel işleme, nöropsikiyatrik rahatsızlıklar ve yetişkin ve çocuklarda frekansa spesifik işitme eşiklerinin belirlenmesinde kullanılırlar (13) . Üç çeşit geç latans potansiyel bulunmaktadır. Bunlar; *Mismatch Negativity* (MMN), Geç Latans Cevaplar (ALR) ve P 300 cevabıdır (31) .

“Geç Latans Cevaplar (ALR-*Auditory Late Responses*)”, uyaran verildikten yaklaşık 50-250 ms sonra oluşurlar. Geç latans cevapların, talamus ve üst işitsel kortekste *post-sinaptik* potansiyellerin yansıması olduğuna inanılmaktadır (4) . P1, N1 ve P2 olarak adlandırılan üç tepe noktasından oluşurlar (10) .

2.2.7. İşitsel Uyarılmış Potansiyelerde Dalga Morfolojisi: P1-N1-P2

KİUP dalga morfolojisi; yaşa, dikkate, uyarana, uyarının sunum parametrelerine ve elektrodun kayıt pozisyonuna bağlıdır (25) . Nöral aktivasyon alanı, aktive olan nöronların sayısı ve nöral cevabın senkronizasyonu, KİUP dalga morfolojisini oluşturur (23) . KİUP'un dalga formlarının her bir tepe noktası, birçok nöral jeneratörden orijin almaktadır (4) .

P1-N1-P2 kompleksi, 50-300 ms latanslı, yavaş komponentlerden oluşan UP'den biridir (5) . Yetişkinlerde dalga morfolojisi, 50 ms civarında oluşan P1 pozitif tepe noktası ile başlar. P1 dalgasını, 100–150 ms arasında oluşan ve negatif tepe noktası olan N1 izler. N1 dalgasını ise genellikle 150-200 ms civarında oluşan ve daha geniş pozitif tepe noktası olan P2 dalgası izler (32) .

P1 dalgası, P1-N1-P2 kompleksinin ilk majör komponentidir ve genellikle uyarının başlangıcından 50 ms sonra oluşan, pozitif tepe noktasıdır. Çıkış alanları, birincil işitsel korteks ve özellikle *Heschel's gyrus* olarak tanımlanır (33) .

N1 dalgası, uyarının başlangıcından ortalama 100-150 ms sonra oluşan negatif tepe noktasıdır (13) . N1 dalgasının en az 4 nöral jeneratörün aktivitesinin yansması olduğu düşünülmektedir (4) . Çıkış noktasının, *posterior superior temporal gyrus* 'ta yer alan ikincil işitsel korteks olduğu düşünülmektedir (13) .

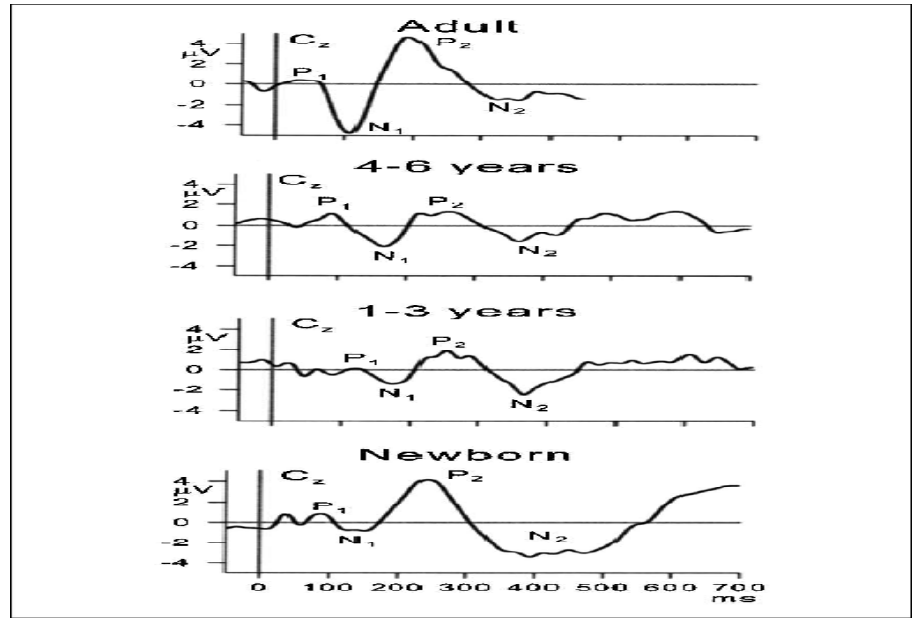
P2 dalgası ise uyarının verilmesinden ortalama 150-200 ms sonra oluşan pozitif tepe noktasıdır (13) . P2 dalgası, P1 ve N1 gibi çok anlaşılabilmiş bir komponent değildir ancak birincil işitme korteksi, ikincil işitme korteksi ve mezensefalik retiküler aktivasyon sistemini içeren çoklu işitsel alanlarda jeneratörlerinin bulunduğu düşünülmektedir (33) .

Yetişkinlerde dalga formu multifazikken, çocuklarda bifaziktir ve zaman içinde kompleksleşir(2) . Pozitif P tepe noktası, doğumda yaklaşık 250 ms iken, çocuklukta 100 ms'ye geriler ve onu negatif yer değiştirmeyeyle düşük amplitüdü N dalgası izler. N dalgası ise, doğumda 450-600 ms arasında gözlenirken, çocuklukta 200 ms'ye geriler. Latanstaki bu azalma, işitsel sistemin zaman içindeki gelişimiyle açıklanır ve aynı zamanda kişinin çocukluğa kadar geçen süre içinde, sese maruz kalma süresine de bağlıdır. Yaşamın ilk 8 yılı civarında, N1 dalgasının negatif sapmasının gözlenmesiyle birlikte; P'nin pozitif sapması, P1 ve P2 tepe noktalarına ayrılır. Bu dönüşüm kortikal işitsel uyarılmış potansiyellerin dalgaları P1, P2, N1, N2

şeklinde ayrılana kadar (yetişkinliğe kadar) devam eder (25) . Yetişkinlerde dominant dalga N1 iken, çocuklarda genellikle P1 dir (23) . Amplitüd ve latans dominansındaki değişimler N1 ve P1'in farklı nöral jeneratörler tarafından üretildiği düşüncesini desteklemektedir (4) .

Sharma ve ark. (2002) göre, P dalgasının latansı, doğumdan çocukluğa kadar azalma göstermektedir. Bu azalma, hem normal çocuklar için hem de işitme kayıplı çocuklar için geçerlidir (34) . Wunderlich ve ark.'nın, normal işitmeye sahip çocuklarla yaptığı çalışma da bunu doğrulamaktadır. Wunderlich ve ark.'nın, 2006'da yaptığı çalışmaya göre; işitsel uyarılmış potansiyellerin bütün komponentlerinin tepe noktası latansları, yetişkinlerde çocuklara göre anlamlı derecede kısa bulunmuştur. Yine aynı çalışmada, P1 ve N2 dalgalarının tepe noktası amplitüdlerinin yaşla birlikte azalırken; N1 ve P2 dalgalarının amplitüdlerinin yaşla birlikte arttığını bulmuşlardır (35) .

İUP'un komponentlerindeki matürasyonel değişimlerin, sentral sinir sistemindeki genel gelişimle ilişkili olduğu düşünülmektedir. Potansiyellerin bütün komponentlerindeki latans artışı, yaşamın ilk 12 yılında devam eden *myelinizasyon* ve *synaptogenesis* 'teki pozitif değişiklikler ile uyumludur (4) .



Şekil 2.5. İUP Dalga Morfolojisinin Yaşla Değişimi(2)

Ponton ve Eggermont, total işitme kayıplı koklear implant kullanıcılarında P1 dalga maturasyonlarının, normal işitenleriyle aynı olduğunu göstermiştir (36) . Ayrıca, Sharma ve ark., yaptıkları çalışmada 3,5 yaşından önce implantlanan konjenital işitme kayıplı bireylerin P1 dalga latanslarının, normal olduğunu göstermiştir (34) . Bu bulgular KİUP'ların, konjenital işitme kaybı gibi, işitsel deprivasyon ve anomali riski taşıyan popülasyonda, işitsel gelişimi test etmek için uygun olduğunu göstermektedir(2) .

P1-N1-P2 kompleksi, uyarının işitsel kortekse ulaştığını ve kortikal düzeyde sesin işleme girdiğini, bir başka deyişle uyarının işitsel korteks düzeyinde fark edildiğini gösterir (33) . Bu kompleks, işitsel uyarının, uyarılmış nöral aktivite üzerindeki etkilerinin araştırılmasında yaygın olarak kullanılmaktadır (37) . P1 latansı çocuklarda, işitsel kortikal sistem maturasyonunun göstergesi (biomarker) olarak kabul edilebilir (38) . KİUP ölçümleri ayrıca, işitsel plastisitenin gözlemlenmesine de olanak sağlar (39) .

KİUP ölçümleri, işitsel yolun fonksiyonu hakkında bilgi sağlamak için klinik olarak kullanılabilir. Test yapılması zor popülasyonlarda, işitme cihazı ya da implantın uygun uyarı sağlayıp sağlamadığının anlaşılması açısından klinik değere sahiptir(4) . Birçok çalışma KİUP'un, işitme cihazının fonksiyonelliğini ve amplifikasyonun deneyim-ilişkili plastisite üzerindeki etkisini değerlendirmede kullanabileceğini desteklemektedir (6,39,40) .

KİUP ölçümleri, işitme cihazı kullanan bireylerde hem cihazdan fayda sağlanıp sağlanmadığını belirlemek için hem de amplifikasyonun deneyim-ilişkili plastisite üzerindeki etkisini araştırmak için kullanılabilir (6,40) .

2.2.8 HEARLab

HEARLab, Avustralya Ulusal Akustik Laboratuvarı (NAL, *National Acoustic Laboratories*) tarafından geliştirilmiş işitsel uyarılmış kortikal potansiyel ölçüm ekipmanıdır. İki farklı modülden oluşmaktadır: “Kortikal Tonal Değerlendirme (CTE, *Cortical Tone Evaluation*)” ve “İşitme Cihazlı Kortikal Değerlendirme (ACA, *Aided Cortical Assessment*)”. Bu çalışmada, işitme cihazlı kortikal cevapların değerlendirilmesi amaçlandığı için HEARLab ACA modülü kullanılmıştır.

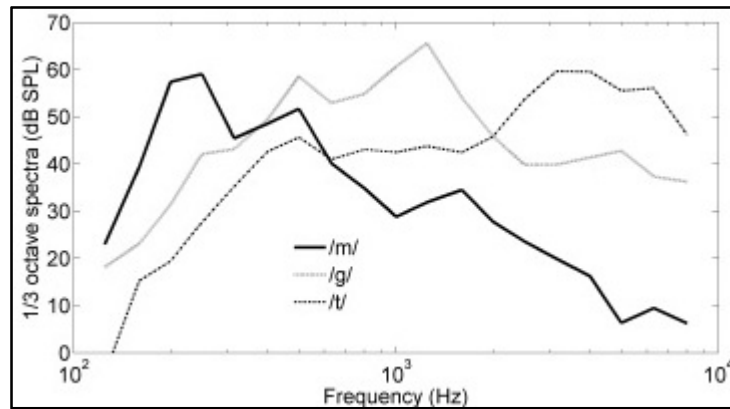
HEARLab CTE Modülü

Bu modülde, insert kulaklıklar ve/veya kemik vibratörler aracılığıyla tonal uyarılar kullanılarak kortikal işitsel uyarılmış potansiyel ölçümleri gerçekleştirilmektedir.

HEARLab ACA Modülü

Bu modülde, çeşitli şiddet seviyelerinde konuşma uyarıları, serbest alanda hoparlör aracılığı ile sunularak bireylerin işitme cihazlı ve/veya cihazsız durumda kortikal işitsel uyarılmış potansiyel ölçümlerinin yapılmasına olanak tanımaktadır. Özellikle bebek veya küçük çocuklar gibi işitme cihazı kullanan ancak davranışsal testlerinin yapılmasında güçlük çekilen popülasyonlarda işitme cihazının fonksiyonelliğini değerlendirmek için kullanımı önerilir. Aynı zamanda, saf ses işitme eşikleri belirlenemeyen bireylerin işitme cihazsız ve işitme cihazlı durumlarda kortikal işitsel uyarılmış potansiyellerine bakılarak işitme cihazından sağlanan faydanın belirlenebilmesine olanak sağlar.

Bu modülde, süregelmekte olan konuşma sesi kaydından alınmış, farklı frekans bantlarında yer alan üç konuşma uyararı kullanılmaktadır. Bu uyarılar, alçak frekans bilgisi taşıyan /m/ uyararı (250-500 Hz), orta frekans bilgisi taşıyan /g/ uyararı (800-1600 Hz) ve yüksek frekans bilgisi taşıyan /t/ uyararıdır (2000-8000 Hz). Uyarıların sunumu, hafif günlük konuşma (55 dB SPL), ortalama (normal) günlük konuşma (65 dB SPL) ve yüksek günlük konuşma (75 dB SPL) seslerini temsil ettiği düşünülen 3 farklı konuşma şiddet seviyesinde yapılabilmektedir (Şekil 2.6.).



Şekil 2.6. /m/, /t/, /g/ Uyarılarının Frekans Alanları

HEARLab ACA Modülü Ölçüm Ekipmanları

Uyaran Kontrol Kutusu (Stimulus Controller (SC) Box),

Elektrot İşlemcisi (Electrode Processor),

Elektrotlar,

Kontrol mikrofonu,

Serbest Alan Hoparlör (8 Ohms, 5 Watts),

Analog fark yükselticisi (Analogue differential amplification of 1210 times),

A/D (analog/dijital dönüştürücü),

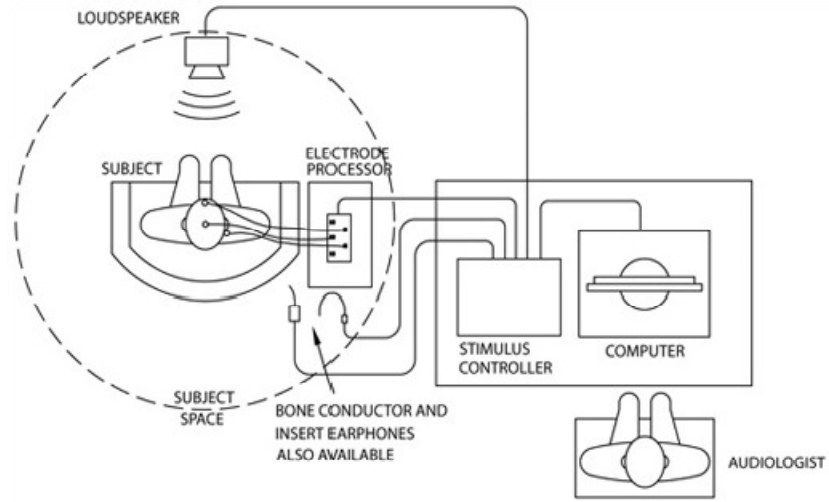
Veri toplama bilgisayarı,

Windows XP Professional İşletim Sistemi.



Şekil 2.7. HEARLab Ölçüm Ekipmanı

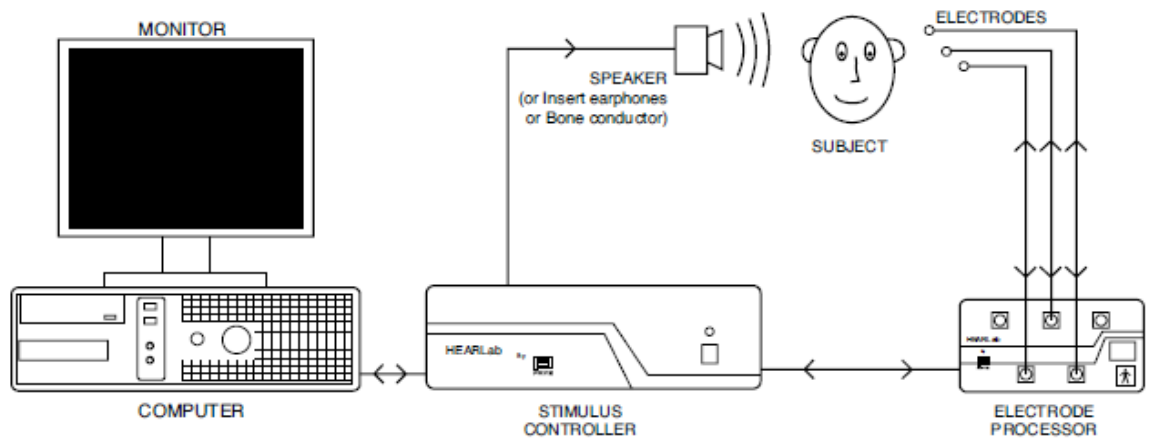
HEARLab ACA Modülü Oda Yerleşimi ve Çalışma Diyagramı



1 ROOM SETUPDWG

Şekil. 2.8. HEARLab ACA Modülü Tek Oda Yerleşimi

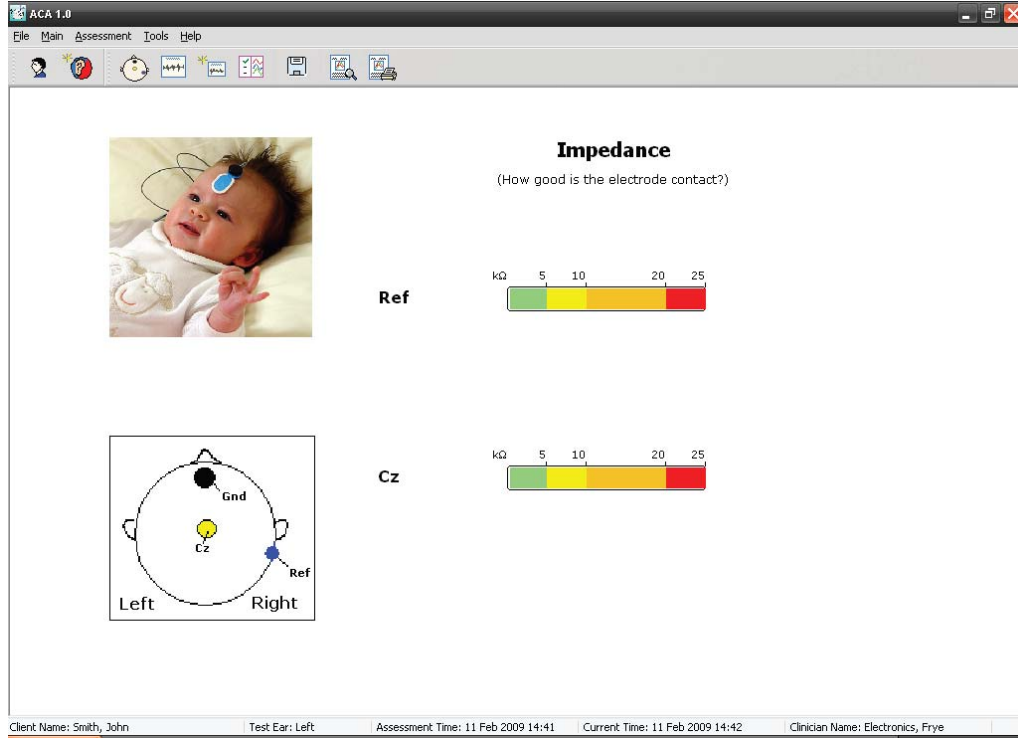
HEARLab ACA Modülü'nde tek ve çift oda yerleşimi olmak üzere iki ayrı seçenek mevcuttur. Bu çalışmada tek oda yerleşimi kullanılmıştır. Tek oda yerleşimi prosedüründe bireyler 0° azimuth ile yerleştirilmiş hoparlöre 1 m. uzaklıkta oturularak uyarıların sunumu gerçekleştirilmektedir.



Şekil. 2.9. HEARLab ACA Modülü Çalışma Diyagramı

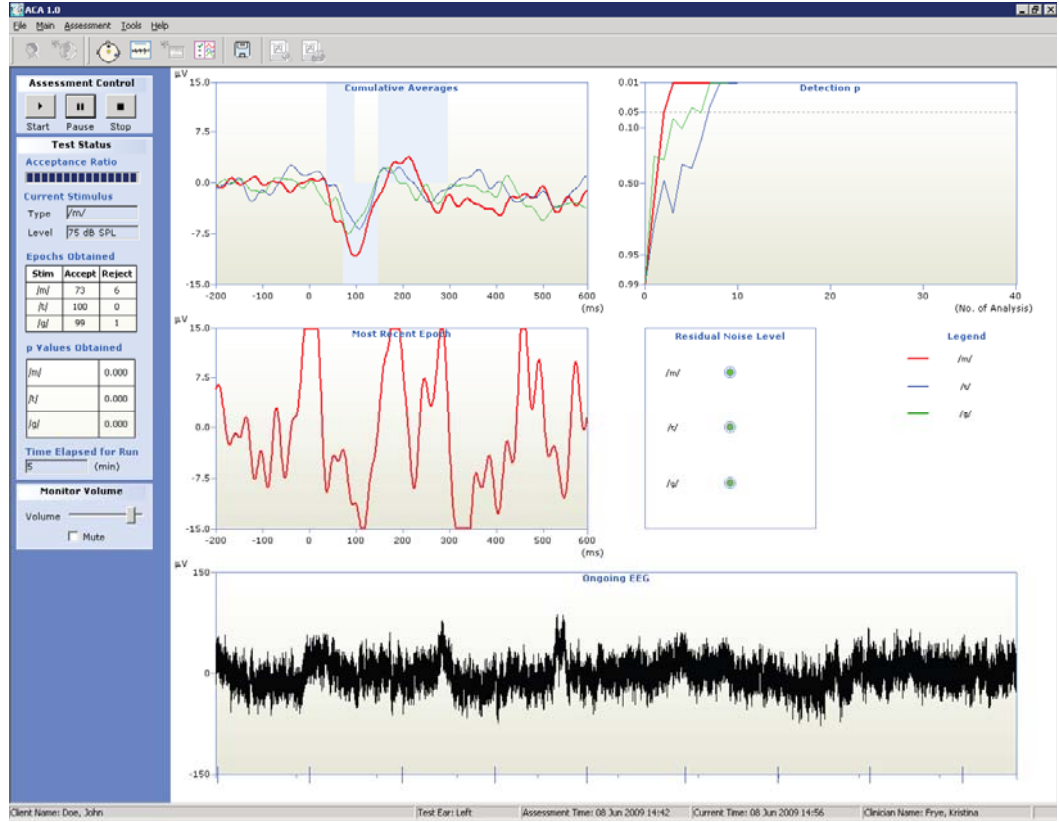
HEARLab ACA Modülü ile serbest alanda verilen uyarılara karşılık olarak alınan işitsel uyarılmış potansiyel cevapları bireyin baş bölgesine yerleştirilen ve elektrot işlemcisine bağlı olan elektrotlar aracılığı ile kaydedilir.

HEARLab ACA Modülü Ölçüm Ekranları



Şekil. 2.10. HEARLab ACA Modülü İmpedans Ölçüm Ekranı

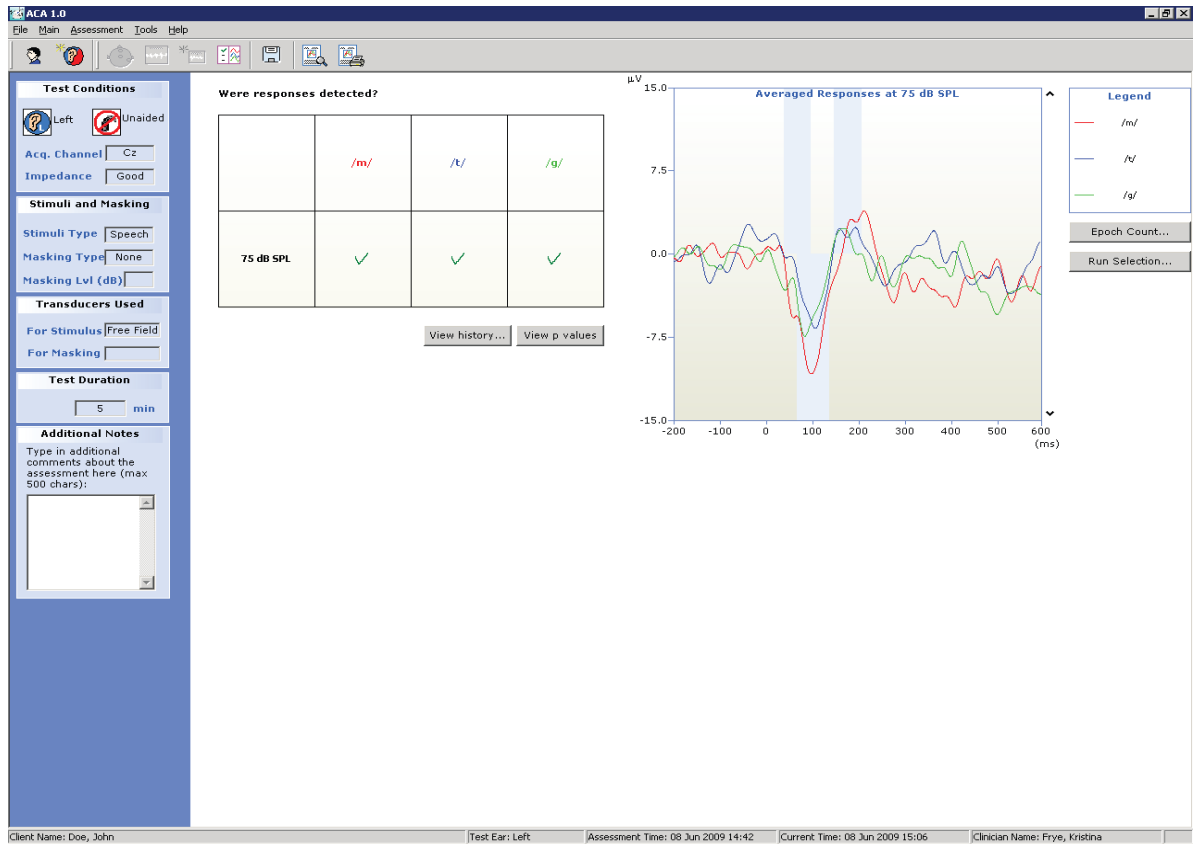
Şekil 2.10.'da HEARLab ACA Modülü impedans ölçüm ekranı gösterilmektedir. Bu ekranda referans elektrot ve Cz bölgesine yerleştirilen elektrotların impedans değerleri verilmektedir. Bu ekrandaki impedans barında, yeşil renk (0-5 kΩ arası) iyi impedansı, sarı renk (5-10 kΩ arası) yeterli impedansı, turuncu renk (10-15 kΩ arası) sınırda impedans ve kırmızı renk (20 kΩ'dan büyük) olan impedans değerlerini simgelemektedir. En temiz kaydın alınabilmesi için impedans aralığının 0-5 kΩ aralığında olması önerilmektedir.



Şekil. 2.11. HEARLab ACA Modülü Ölçüm Ekranı

Şekil 2.11.'de HEARLab ACA Modülü ölçüm ekranı gösterilmektedir. Ölçüm ekranında EEG kaydı, rezidüel gürültü barı, “p değerleri”nin sayısal değerleri ve bu değerlerin grafiksel gösterimleri, averajlanmış kortikal cevaplar ve uyaran sayılarının yer aldığı bar bulunmaktadır.

HEARLab ACA Modülü Sonuç Ekranı



Şekil. 2.12. HEARLab ACA Modülü Sonuç Ekranı

HEARLab ACA Modülü'nün sonuç ekranında, kortikal cevapların “p değerleri” ve cevapların latans değerlerinin grafiksel gösterimi yer almaktadır (Şekil 2.12.).

BİREYLER VE YÖNTEM

Çalışmaya katılan bireylerin işitme değerlendirmeleri, Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Kulak Burun Boğaz Ana Bilim Dalı Odyoloji ve Konuşma Bozuklukları Ünitesi'sinde, Geç Latans İşitsel Uyarılmış Potansiyel ölçümleri ise İşitme ve Konuşma Eğitim Ünitesi Elektrofizyoloji Laboratuvarı'nda yapılmıştır. GO 13/373 kayıt numarası ile 10.07.2013 tarihinde Hacettepe Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu onayını almıştır. Çalışmaya katılan bireylerin velilerine, çalışmanın kapsam ve amacı anlatılarak, yazılı izinleri alınmıştır.

3.1. Bireyler

Bu çalışmaya, orta veya orta ileri derecede işitme kaybı tanısı almış, 4-8 yaş arası kız ve erkek bireyler katılmıştır. Çalışmaya katılan bireylerin tamamının otolojik muayeneleri Hacettepe Üniversitesi KBB Polikliği'nde, odyolojik tetkikleri ise Hacettepe Üniversite'si Odyoloji Kliniği'nde yapılmıştır.

3.1.1. Bireylerin Çalışmaya Dahil Edilme Kriterleri

Bireylerin çalışmaya dahil edilme kriterleri;

1. Orta ve orta-ileri derecede işitme kaybı olması (işitme kaybının derecelendirilmesi “American Speech and Hearing Association [ASHA]” kriterlerine göre yapılmıştır.),
2. İşitme cihazı kullanıyor olması,
3. Otolojik muayenelerinin normal olması,
4. 4-8 yaş arasında olması,
5. Teşhis edilmiş, bilinen ya da gözlenen nörolojik, zihinsel ve/veya fiziksel (CP, MR) bir problemin olmaması.
6. Davranışsal testlere koopere olmasıdır.

3.2. Yöntem

3.2.1. Odyolojik Değerlendirme

Çalışmaya katılan tüm bireylerin, önce supra-aural kulaklıklar ile saf ses işitme eşikleri belirlenmiştir. Bireylerin işitme cihazları, kalıp, pil ve feedback açısından

kontrol edildikten sonra; işitme cihazlarıyla, serbest alanda, işitme cihazlı eşikleri belirlenmiştir.

3.2.2. İşitsel Uyarılmış Potansiyel Kaydında Kullanılan Ekipman

Bu çalışmada işitsel uyarılmış potansiyel ölçümleri HEARLab cihazı kullanılarak yapılmıştır.

3.2.3. İşitsel Uyarılmış Potansiyel Kayıt Süreci

Bireyler 0° azimuth ile yerleştirilmiş hoparlöre 1 m. uzaklıkta, rahat bir koltukta oturma pozisyonunda, uyanık ve stabil pozisyonda iken, İşitsel Uyarılmış Potansiyel ölçümleri yapılmıştır. Bireylere, verilecek olan uyarılara dikkatlerini vermemeleri söylenmiş ve test boyunca bir televizyondan sessiz çizgi film izlemişlerdir. Kayıt başlamadan önce, bireylerin cihaz kontrolü (kalıp, feedback ve pil) yapılmıştır. Bireyler, 09.00-14.00 saatleri arasında değerlendirmeye alınmıştır (Şekil 3.1).



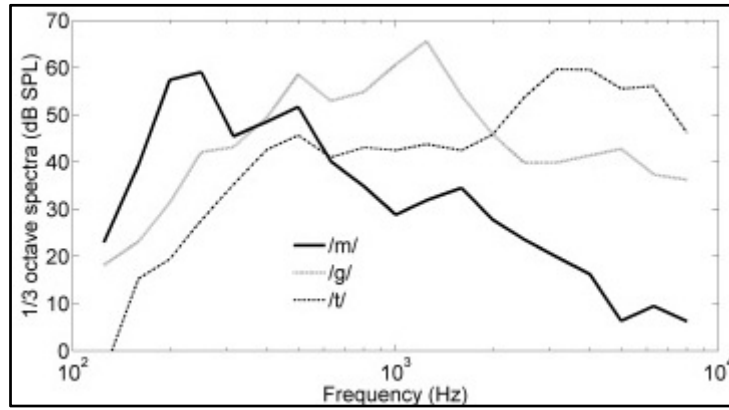
Şekil 3.1. İUP Kayıt Sistemi

3.2.3.1. Uyarın tipi ve özellikleri

Uyarın tipi olarak /m/, /g/ ve /t/ konuşma uyarınları; 55, 65 ve 75 dB SPL şiddetlerinde kullanılmıştır. /m/, /g/ ve /t/ uyarınları sırasıyla alçak (0.25 – 0.5 kHz), orta (0.8–1.6 kHz) ve yüksek (2–8kHz) frekans bölgelerinde bulunmaktadır. Uyarınların özellikleri Tablo 3.1.'de; frekans alanları ise Şekil 3.2.'de gösterilmiştir.

Uyaran	Frekans	Polarite	Uyaran Sayısı	Duration
/m/	Alçak frekans	Alternating	200	30 ms
/g/	Orta frekans	Alternating	200	20 ms
/t/	Yüksek frekans	Alternating	200	30 ms

Tablo 3.1. Uyaran Özellikleri



Şekil 3.2. /m/, /t/, /g/ Frekans Alanları

3.2.3.2. Uyaranların sunumu

Uyaranların sunumu HEARLab®system (Frye Electronics, Tigard, OR, USA) Sistemi ile gerçekleştirilmiştir. Önce otomatik serbest alan kalibrasyonu uygulanmıştır. Daha sonra, önce /m/ uyaranı 55 dB SPL seviyesinde sunulmuş, uygun p değeri (< 0.05) alındıysa sırasıyla /t/ ve /g/ uyaranları yine 55 dB SPL şiddetlerinde sunulmuştur. Her üç uyaran için 55 dB SPL şiddetinde cevap alınmadığı durumlarda, sırasıyla 65 dB SPL ve 75 dB SPL şiddetlerinde cevap aranmıştır.

Test sonlandırıldıktan sonra, üç uyarandan herhangi birinde 55 dB SPL şiddetinde cevap alınmamışsa, bireyin cihaz ayarları kontrol edilmiş ve “Gerçek Kulak Ölçümü” uygulanarak tekrar programlanmıştır. Cihazlar programlandıktan sonra serbest alanda cihazlı eşik tespiti yapılmış ve sonrasında KIUP ölçümleri uygulanmıştır.

3.2.3.3. Kayıt Parametreleri

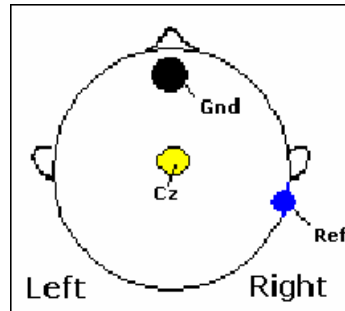
Değerlendirme sırasında kullanılan kayıt parametreleri Tablo 3.2.'te belirtilmiştir.

Tablo 3.2. Kayıt Parametreleri

Analiz Süresi	-200 msn prestimulus / 600 msn poststimulus
Saniyedeki Uyarın Sayısı	1/ sn
Uyarın Türü	/m/, /g/, /t/
Polarite	Alternating
Şiddet	55, 65, 75 dB SPL
Kayıtlama Filtresi	1-30 Hz
Averajlama	200
Uyarınlar arası süre (UAS)	1125 msn

3.2.3.4. Kayıt programı

Elektrot yerleşimi, “Biologic” marka elektrotlar kullanılarak, Uluslararası 10-20 Sistemi'ne göre yapılmıştır. Fz ve Cz arasında bir elektrot toprak elektrot, mastoid ise referans elektrot olarak seçilmiştir. Her elektrot bölgesine EEG jeli sıkılmıştır. İmpedansların 5 kohm altında olmasına özen gösterilmiştir.



Şekil 3.3. Elektrot Yerleşimleri

3.2.3.5. Kayıt analizi

HEARLab ACA sistemi, klinisyenin subjektif cevap yorumunu gerektirmeyen, otomatik istatistiksel cevap prosedürü kullanmaktadır. Bu sistemde üretilen anlamlı değer (p değeri); cevap olup olmadığına ve testin sonlandırılıp sonlandırılmayacağına karar vermek için kullanılır. Sistem, “p değeri”ni belirlemek için Hostelling’s T-KARE istatistiksel yöntemi kullanmaktadır. “p değeri”, cevabın geri plan gürültüsünden ayrışma derecesini gösterir. Düşük “p değeri” cevabın alındığını (<0,05); yüksek “p değeri” (>0,5) ise rezidüel gürültünün yüksek olduğunu ve cevabın bulunmadığını gösterir.

3.3. İstatistiksel Analiz

Sonuçların değerlendirilmesinde SPSS 15.00 paket programı kullanılmıştır. Çalışmada, KIUP değerleri ile işitme cihazlı serbest alan eşikleri arasındaki ilişki, korelasyon analizi ile hesaplanmıştır. İki ölçüm arasındaki ilişkinin hesaplanması için “tetrakorik korelasyon tekniği”nden yararlanılmıştır. Tetrakorik korelasyon, gerçekte sürekli olan iki verinin, yapay olarak kategorik şekle dönüştürülmesinde kullanılan bir korelasyon tekniğidir.

BULGULAR

4.1. Betimsel İstatistiksel Analizler

İşitme cihazı kullanan çocukların, kortikal cevapları ile davranış eşiklerinin ilişkisini araştırmak amacıyla yapılan bu çalışmaya, 4-8 yaş arasında, orta ve orta-ileri derecede işitme kaybı olan 20 çocuk katılmıştır. Çalışmaya 10'u (%50) erkek, 10'u (%50) kız olmak üzere toplam 20 birey katılmıştır. Bireylerin yaş ortalamaları $63,45 \pm 13,96$ aydır (ortalama 5 yaş 3 ay) (Tablo 4.1.).

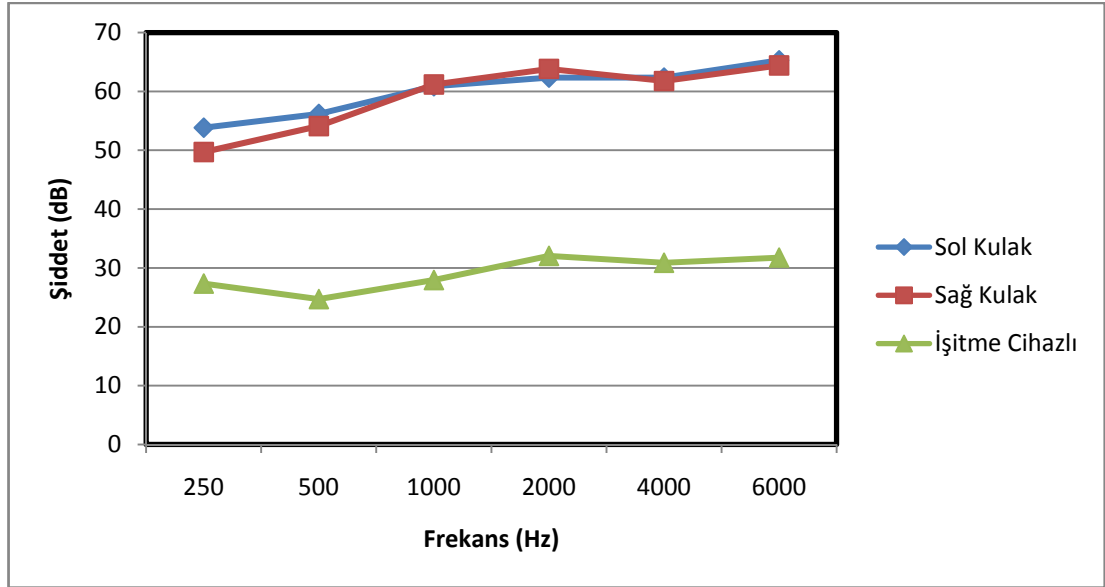
Tablo 4.1. Bireylerin Demografik Bilgilerine İlişkin İstatistikler

Yaş (Ay)	En Küçük	En Büyük	Ortalama	Standart Sapma ±
	49	90	63,45	13,96
Cinsiyet			Sayı	%
	Kız		10	50
	Erkek		10	50

Bu çalışmaya katılan bireylerin, işitme kaybı dereceleri ve işitme cihazı kullanım sürelerine ilişkin istatistikler Tablo 4.2.'de belirtilmiştir. Bireylerin ortalama işitme cihazı kullanım süreleri $31,85 \pm 13,23$ aydır.

Tablo 4.2. Bireylerin İşitme Kaybına İlişkin İstatistikler

İşitme Kaybı Derecesi (dB HL)	Ortalama	Standart Sapma ±	En Büyük	En Küçük
Sağ SSO	62	6,99	71	50
Sol SSO	60,63	6,12	70	50
İşitme Cihazı Kullanım Süresi (Ay)	31,85	13,23	52	6



Şekil. 4.1. Bireylerin Ortalama İşitme Eşikleri

4.2. Çıkarımsal İstatistiksel Analizler

4.2.1. İşitme Cihazlı Davranışsal Eşikler ile KIUP İlişkisi

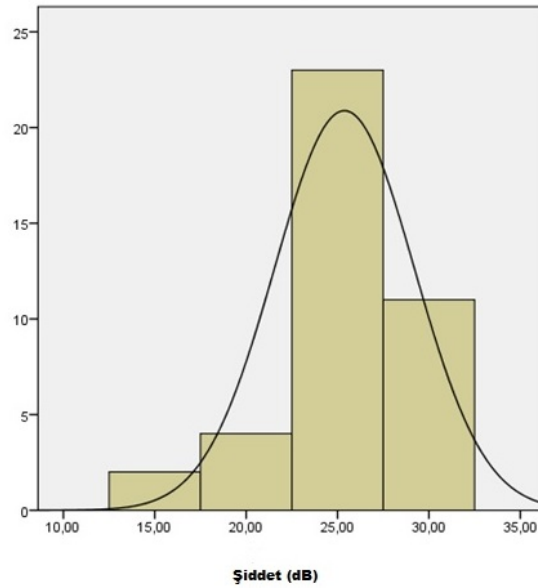
Bireylerin işitme cihazlı serbest alan eşikleri, HEARLab cihazı ile verilen /m/, /g/ ve /t/ uyarılarının frekans alanları göz önünde bulundurularak “250-500 Hz”, “1000-2000 Hz” ve “4000-6000 Hz” olmak üzere üç kategoriye ayrılmıştır. Her kategorideki işitme cihazlı serbest alan eşiklerinin ortalamaları alınarak analize katılmıştır. 55 dB SPL şiddetinde sırasıyla /m/ uyarısına alınan cevapların “250-500 Hz” aralığındaki işitme cihazlı serbest alan eşikleri ile; /g/ uyarısına alınan cevapların “1000-2000 Hz” aralığındaki işitme cihazlı serbest alan eşikleri ile ve /t/ uyarısına alınan cevapların “4000-6000 Hz” aralığındaki işitme cihazlı serbest alan eşikleri ile korelasyonu analiz edilmiştir.

Tablo 4.3.'te bireylerin 55 dB SPL şiddetinde kortikal cevap alınabilen cihazlı serbest alan eşikleri ortalamaları, minimum ve maksimum cihazlı eşik değerleri verilmiştir.

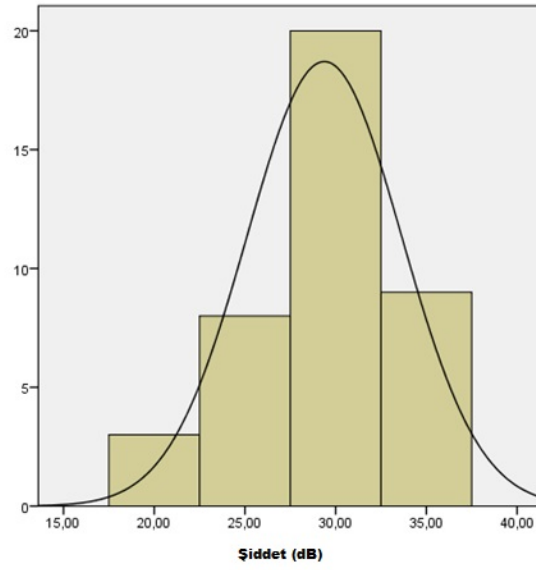
Tablo 4.3. Bireylerin Cihazlı Serbest Alan Eşikleri Ortalamaları

Frekans Aralığı (Hz)	Cihazlı Eşik (dB)	Standart Sapma	± Standart Sapma	En Küçük (dB HL)	En Büyük (dB HL)
250-500	25,38	3,821	11,25	15	30
1000-2000	29,38	4,265	10,12	20	35
4000-6000	31,88	3,702	10,44	25	40

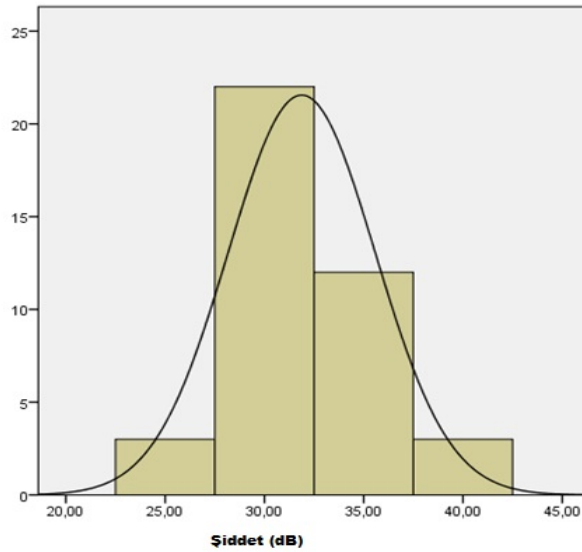
Şekil 4.2. , 4.3 ve 4.4.'te sırasıyla “250-500 Hz”, “1000-2000 Hz” ve “4000-6000 Hz” aralıklarındaki işitme cihazlı eşiklerinin histogramları verilmiştir.



Şekil 4.2. “250-500 Hz” Aralığındaki İşitme Cihazlı Serbest Alan Eşikleri



Şekil. 4.3. "1000-2000 Hz" Aralığındaki İşitme Cihazlı Serbest Alan Eşikleri



Şekil. 4.4. "4000-6000 Hz" Aralığındaki İşitme Cihazlı Serbest Alan Eşikleri

Tablo 4.3.'e ve histogram grafiklere bakıldığında, bireylerin "250-500 Hz" aralığındaki işitme cihazlı serbest alan eşikleri 25,38 dB ($\pm 11,25$ dB) olduğunda 55 dB SPL şiddetinde /m/ uyarısına cevap alınabildiği gözlenmiştir. Aynı şekilde, bireylerin "1000-2000 Hz" aralığındaki işitme cihazlı serbest alan eşikleri 29,38dB (

$\pm 10,12$ dB) olduğunda 55 dB SPL şiddetinde /g/ uyarana cevap alınabildiği gözlenmiştir. Son olarak, bireylerin “4000-6000 Hz” aralığındaki işitme cihazlı serbest alan eşikleri 31,88 dB ($\pm 10,44$ dB) olduğunda 55 dB SPL şiddetinde /t/ uyarana cevap alınabildiği gözlenmiştir.

Çalışmada, işitme cihazlı davranışsal eşikler ile kortikal cevaplar arasındaki ilişkinin hesaplanması için “tetrakorik korelasyon” tekniğinden yararlanılmıştır. Bu teknikte, korelasyon değerleri 0,0 ile 1,0 arasında değişmektedir. Elde edilen korelasyon katsayısı, 1,0’e ne kadar yakınsa aradaki ilişki o kadar güçlüdür. Bu çalışmada yapılan ölçümlerden elde edilen tetrakorik korelasyon katsayısı **0,86** olarak bulunmuştur. Elde edilen 0,86 değeri KİUP ölçümleri ile işitme cihazlı davranışsal eşikler arasında güçlü ilişkinin var olduğunu göstermektedir.

4.2.2. Yaş ile KİUP Latansları Arasındaki İlişki

Tablo 4.4.’de 55 dB SPL şiddetinde /m/, /g/ ve /t/ uyaralarına alınan kortikal cevapların latanslarının ortalamaları verilmiştir.

Tablo 4.4. Uyarılara Göre KİUP Latansları Ortalamaları

Uyaran (55 dB SPL)	KİUP Latans (Ortalama)	Standart Sapma	En Küçük (msn)	En Büyük (msn)
/m/	132,3	19,27	93	176
/g/	122,95	22,37	80	170
/t/	125,4	28,07	79	190

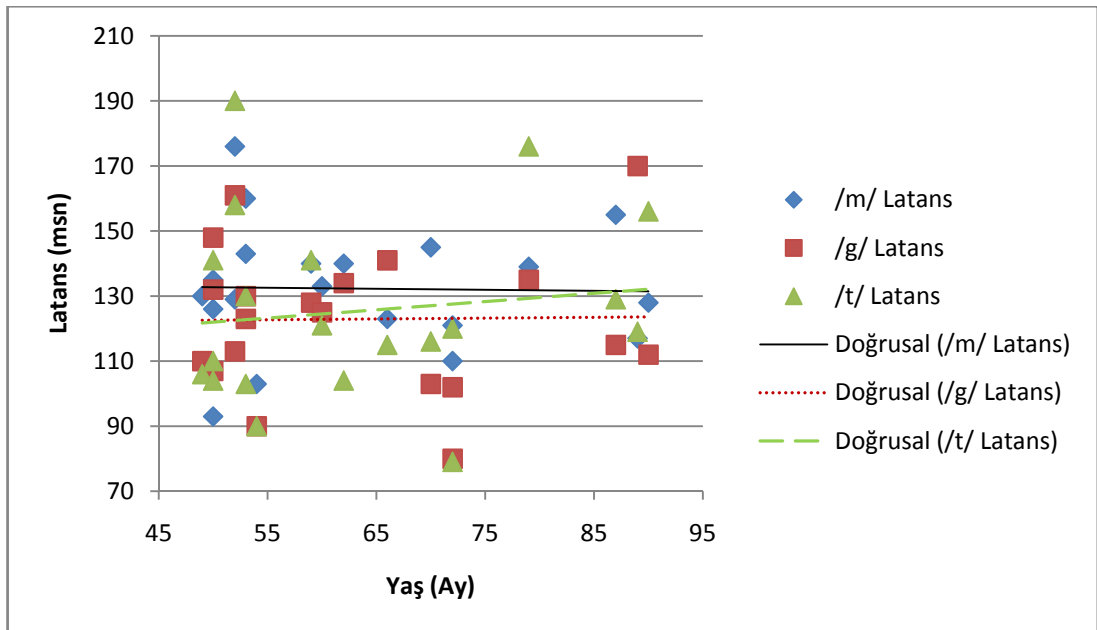
Tablo 4.5.’de bireylerin yaşları ile 55 dB SPL şiddetinde elde edilen kortikal işitsel uyarılmış potansiyel cevaplarının latansları arasındaki ilişki verilmiştir.

Tablo 4.5. Yaş ile KIUP Latansları Arasındaki İlişki

KIUP Latans	YAŞ	
Uyaran	r	p
/m/	-0,051	0,830
/g/	-0,053	0,825
/t/	0,121	0,610

(p<0,05 düzeyi için)

Şekil4.5.'de, 55 dB SPL şiddetinde /m/, /g/ ve /t/ uyaranlarının latans değerleri ile bireylerin yaşları arasındaki ilişki verilmiştir.



Şekil. 4.5. Bireylerin Yaşları ile 55 dB SPL Şiddetinde /m/, /g/ ve /t/ Uyaranları Latans Değerleri

Tablo 4.4.'e ve Şekil 4.5.'e bakıldığında, bireylerin yaşları ile 55 dB SPL şiddetindeki kortikal işitsel uyarılmış potansiyel cevaplarının latansları arasında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır.

Bireylerin yaşları “4-6 yaş” ve “6-8 yaş” olarak kategorilere ayrılmış ve korelasyon analizleri tekrarlanmıştır. Tablo 4.4.’te bireylerin yaş kategorilerine göre latans ilişkileri verilmiştir. Tablo 4.6.’da da görüldüğü üzere “4-6 Yaş” grubu ile “6-8” yaş grubunun yaş ve kortikal işitsel uyarılmış potansiyel latansları arasında anlamlı bir farklılık bulunamamıştır.

Tablo 4.6. Yaş Kategorilerine Göre KIUP Latansları Arasındaki İlişki

KIUP Latans	4-6 Yaş ve 6-8 Yaş	
Uyaran	r	p
/m/	-0,190	0,302
/g/	-0,111	0,564
/t/	0,127	0,509

($p < 0,05$ düzeyi için)

4.2.3. İşitme Cihazı Kullanım Süresi ile KIUP Latansları Arasındaki İlişki

Tablo 4.7.’de 55 dB SPL şiddetinde /m/, /g/ ve /t/ uyarılarına alınan kortikal cevapların latanslarının ve bireylerin işitme cihazı kullanım sürelerinin ortalamaları verilmiştir.

Tablo 4.7. Bireylerin İşitme Cihazı Kullanım Süreleri

Ortalama (Ay)	Standart Sapma ±	En Küçük (Ay)	En Büyük (Ay)
31,85	13,23	6	52

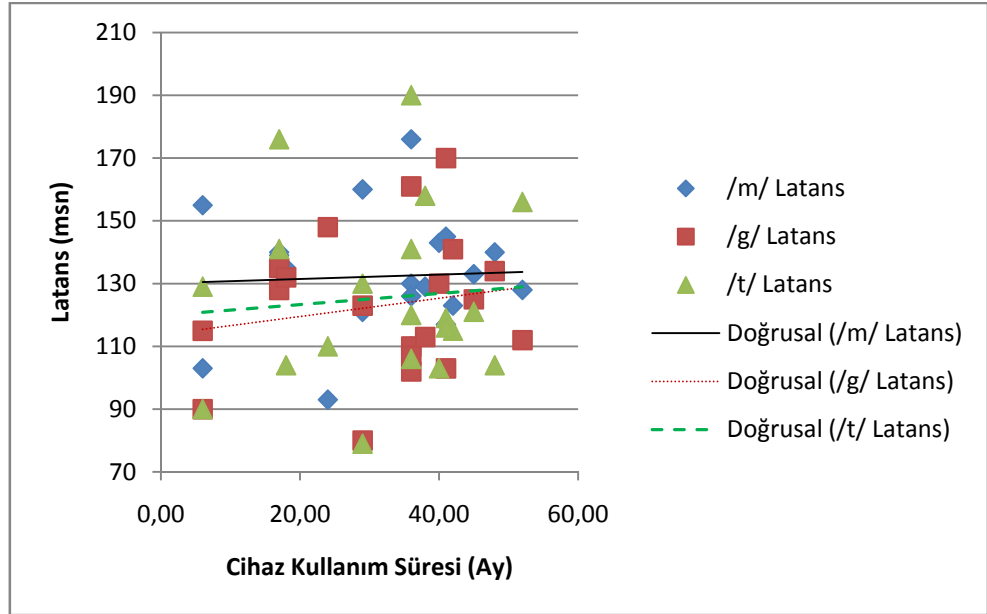
Tablo 4.8.'da bireylerin işitme cihazı kullanım süreleri ile 55 dB SPL şiddetinde elde edilen kortikal işitsel uyarılmış potansiyel cevaplarının latansları arasındaki ilişki verilmiştir.

Tablo 4.8. İşitme Cihazı Kullanım Süresi ile KIUP Latansları Arasındaki İlişki

KIUP LATANS	CİHAZ KULLANIM SÜRESİ	
	r	p
/m/	-0,005	0,974
/g/	0,108	0,514
/t/	0,022	0,896

($p < 0,05$ düzeyinde için)

Şekil 4.6.'da, 55 dB SPL şiddetinde /m/, /g/ ve /t/ uyarılarının latans değerleri ile bireylerin işitme cihazı kullanım süreleri arasındaki ilişki verilmiştir.



Şekil. 4.6. Bireylerin Cihaz Kullanım Süreleri ile 55 dB SPL Şiddetinde /m/,/g/ ve /t/ Uyarınları Latans Değerleri

Tablo 4.8.'e ve Şekil 4.6.'ya bakıldığında, bireylerin işitme cihazı kullanım süreleri ile 55 dB SPL şiddetindeki kortikal işitsel uyarılmış potansiyel cevaplarının latansları arasında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır.

Tablo 4.9. İşitme Cihazı Kullanmaya Başlama Yaşı ile KIUP Latansları Arasındaki İlişki

KIUP Latans	2 Yaş Öncesi ve 2 Yaş Sonrası	
	r	p
/m/	-0,263	0,171
/g/	-0,139	0,470
/t/	-0,095	0,621

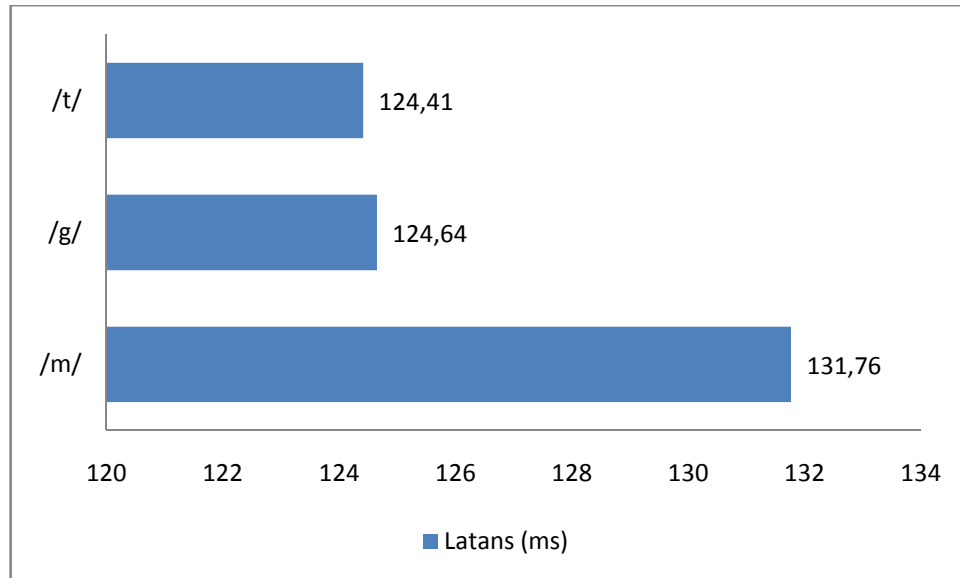
($p < 0,05$ düzeyinde için)

Bireylerin işitme cihazı kullanım süreleri “2 yaş öncesi işitme cihazı kullanmaya başlayanlar” ve “2 yaş sonrası işitme cihazı kullanmaya başlayanlar” olarak iki kategoriye ayrılmış ve korelasyon analizleri tekrarlanmıştır. Tablo 4.9.’da bireylerin işitme cihazı kullanmaya başlama yaşlarına göre latans ilişkileri verilmiştir. Bireylerin işitme cihazı kullanmaya başlama yaşları ile ve kortikal işitsel uyarılmış potansiyel latansları arasında anlamlı bir farklılık bulunamamıştır.

4.2.4. Uyarılar Arasındaki İlişki

Tablo 4.10. 55 dB SPL Şiddetinde /m/, /g/ ve /t/ Uyarıları Latans Değerleri

Uyaran	Ortalama (msn)	Standart Sapma
/m/	131,76	20,33
/g/	124,64	23,64
/t/	131,76	29,49



Şekil 4.7. 55 dB SPL Şiddetinde /m/, /g/ ve /t/ Uyarıları Latans Değerleri

Tablo 4.10. ve Şekil 4.7.'ye bakıldığında, 55 dB SPL şiddetinde /m/ uyarınının ortalama latans değerinin /g/ ve /t/ uyarılarının latans değerlerinden daha uzun olduğu görülmektedir.

TARTIŞMA

Birçok gelişimsel yeteneğin başarıyla geliştirilebilmesi için ilk gerekliliklerden biri, bütünlüğü bozulmamış bir işitsel sistemdir (14) . İşitme kaybı, çocuklarda dil ve konuşma gecikmesi açısından en önemli risk faktörlerinden biridir (41) . Evrensel yeni doğan işitme taraması programları, konjenital işitme kayıplı çocuklara optimum konuşma ve dil gelişimini sağlamayı amaçlamaktadır (6) . Ancak, işitme kaybının dil gelişimi üzerindeki etkisi, sadece tanı koyarak değil, sonrasında uygun amplifikasyonu sağlamakla azaltılabilir (41) . Erken ve uygun amplifikasyon çocukların dil ve konuşma gelişimlerini olumlu etkilemektedir (16) .

Bebeklerde işitme kaybı, dil ve konuşma gelişimi açısından kritik zaman olan 6 aydan önce tanılanmalı ve rehabilite edilmelidir. Bebek ve çocukların işitme eşiklerinin doğru olarak belirlenmesi, hem işitme cihazlarının doğru ayarlanması hem de koklear implant kararının doğru verilebilmesi açısından çok önemlidir (42) .

Saf ses odyometri, işitme seviyesinin belirlenmesinde altın standarttır (42) . Ancak davranışsal odyometri, küçük çocuk ve bebeklerde klinik sınırlamaları olan bir uygulamadır(43) . Çünkü saf ses odyometri ölçümleri, nesnel olmayan ve ölçüm yapılan bireyin vereceği cevap ile birebir ilişkili olan ölçümlerdir. Bu yöntemde ölçüm alınan bireyin uyanık olması ve işittiği seslere doğru zamanda cevap vermesi gibi ön şartlar vardır. Diğer taraftan davranış bozukluğu olan ve yeni doğan bebeklerde bu ön şartların yerine getirilmesi beklenemez. Bu sebeplerle, saf ses odyometri yöntemi, davranış bozukluğu olan bireylerde veya yeni doğan bebeklerde kullanımı güvenilir olmayan bir yöntemdir (44) . İşitsel fonksiyonlar, davranışsal odyometre ile doğru ve geçerli olarak tespit edilemediğinde, işitme seviyesi ve/veya periferik ve santral işitsel sistem disfonksiyonları hakkında bilgi edinmek için, elektroakustik ve elektrofizyolojik yöntemlere ihtiyaç duyulur (43) . BİUP ve ASSR gibi yöntemlerle, işitme kaybının erken dönemde tanılanması, odyologlara çok küçük yaşta çocuklarda bile güvenli bir şekilde işitme cihazı uygulanmasını olanaklı kılmıştır. Ancak, ne yazık ki hem işitme eşiklerinin tespitinde hem de işitme cihazı ayarlamasında bazı hatalar ya da yanlış atılan adımlar olabilir ve tıpkı yetişkin işitme cihazı kullanıcılarında da olduğu gibi işitme cihazının yeterliliğinin değerlendirilmesi için birtakım araçlara ihtiyaç duyulur (6) .

İşitme cihazının programlanması; işitme kaybına uygun kazancın belirlenmesi, işitme cihazının fiziksel ve elektroakustik özelliklerinin seçilmesi ve cihazın günlük yaşamdaki fonksiyonelliğinin değerlendirilmesi gibi süreçleri içerir (45) . İşitme cihazı programlamasının ilk adımı, frekansa spesifik eşik belirlenmesi yani doğru ve tam bir odyogramdır (46) . Ancak yukarıda sayılan sebeplerden dolayı, küçük çocuklar ve bebekler gibi test edilmesi zor populasyonda, işitme cihazlarının programlanmasında sıklıkla BİUP ile elde edilen eşikler kullanılmaktadır (47) . Ancak BİUP ile frekansa spesifik bilgi elde edilemediğinden, küçük çocuk ve bebeklerin işitme cihazı ayarlarında ve bu ayarın fonksiyonelliğinin değerlendirilmesinde güçlükler ile karşılaşmaktadır (1) . Serbest alanda işitme eşiklerinin ölçümü, çocuğun gelişim sürecini ve işitsel yeteneklerini görüntülemek amacıyla kullanılabilir(17). Cihazlı uyarılmış potansiyellerin ortaya çıkması, 1976 yılında Motokoff ve Krebs'in ABR ile cihaz kazançlarını değerlendirmesine kadar dayanmaktadır (46) .

KİUP ölçümlerinin, işitme cihazı ayarının değerlendirilmesinde uygun araç olmasının birçok sebebi vardır. Birincisi, BİUP'ta kullanılan kısa veya klik uyarılar ya da ASSR'de kullanılan modüle edilmiş sesler (AM/FM gibi) yerine, işitilebilirliğini en çok bilmek istediğimiz sesler olan konuşma seslerini kullanmaya olanak tanımasıdır. İkinci olarak konuşma seslerinin uzun *duration*lı olması, işitme cihazının verilen sese reaksiyon göstermesine zaman tanımaktadır. Üçüncü olarak, KİUP işitsel sistemin tüm kısımlarını içeren ölçümler yaptığından işitme cihazının frekansa spesifik kazançlarıyla ilgili bilgi sağlar . KİUP ölçümlerinde kullanılan /m/, /t/ ve /g/ uyarıları sırasıyla alçak, orta ve yüksek frekans alanlarına spektral vurgu yapar ve böylece konuşma uyarılarının farklı frekans alanlarındaki işitilebilirliği ile ilgili bilgi sağlarlar(6) .

Bu çalışmada, işitme cihazı kullanan bireylerin işitsel uyarılmış kortikal cevapları ile serbest alan işitme cihazlı eşikleri arasındaki ilişki araştırılmış ve çalışmanın sonunda test edilmesi zor populasyonda, işitme cihazlı kazançların objektif olarak değerlendirilmesine olanak tanıyacak bir veriye ulaşılması amaçlanmıştır.

Çalışmanın amacına uygun olarak bireylerin işitme cihazlı serbest alan işitme eşikleri belirlenmiş ve kortikal işitsel uyarılmış potansiyelleri açığa çıkarmak için

kullanılan uyarıların frekans alanları göz önünde bulundurularak gruplandırılarak bu eşiklerin ortalama değerleri saptanmıştır. Saptanan işitme cihazlı serbest alan ortalama eşik değerleri ile işitsel uyarılmış kortikal potansiyel cevaplarının korelasyonu belirlenmiştir. Bulgular ışığında yapılan korelasyon analizinde, işitme cihazlı davranışsal eşikler ile kortikal cevaplar arasında güçlü bir korelasyon olduğu gözlenmiştir.

Chang ve ark. (2012), 18 sensörinöral işitme kayıplı çocuğun 55, 65 ve 75 dB SPL şiddetlerinde /m/, /t/ ve /g/ uyarılarında, cihazlı ve cihazsız kortikal cevaplarının varlığını, davranışsal eşikleri ile karşılaştırmıştır. Çalışma sonucunda, kortikal cevapların varlığının, cihaz ile amplifiye edilen seslerin kortekse ulaşip ulaşmadığını gösterdiği bulunmuştur (41).

Van Dun ve ark. (2012), 25 sensörinöral işitme kayıplı çocukla yaptıkları çalışmada, çocukların /m/, /t/ ve /g/ uyarılarına verdikleri davranışsal cevaplar ile aynı uyarılara verdikleri kortikal cevapları karşılaştırmıştır. Araştırma sonucunda, kortikal uyarının şiddetinin davranışsal eşikğin yaklaşık 10 dB üstünde olması durumunda, kortikal cevabın alınabildiğini bulunmuştur (6).

Hassan (2011), ileri derecede sensörinöral işitme kayıplı 10 çocukla yaptığı çalışmada; çocukların işitme cihazlı konuşmayı ayırt etme skorları ile KIUP ölçümleri arasında anlamlı bir korelasyon bulmuştur (46).

Wong, Cheung & Wong (2008), saf ses davranım eşikleri ile işitsel uyarılmış kortikal potansiyeller arasında güçlü bir korelasyonun varlığından söz etmektedir (48).

Literatürde işitme cihazlı serbest alan davranım eşikleri ile konuşma uyarını ile oluşturulan kortikal cevapları karşılaştıran bir araştırma bulunmamasına karşın; farklı derecelerde işitme kayıplı çocuklarla yapılan mevcut çalışmalar, davranış eşikleri ile kortikal cevapların arasında anlamlı bir ilişkinin varlığından söz etmektedir. Bu bakımdan, elde ettiğimiz bulgular, literatür ile benzerlik göstermektedir.

Birçok çalışma, kortikal işitsel uyarılmış potansiyellerin, işitme cihazının fonksiyonelliğinin değerlendirmesinde kullanımını desteklemektedir (2, 5, 6, 29, 41) Çalışmamızda elde ettiğimiz bulgular da, kortikal işitsel uyarılmış potansiyellerin işitme cihazı değerlendirmesinde kullanılabileceğini destekler yöndedir. Bu bulgular

ışığında, kortikal işitsel uyarılmış potansiyellerin; serbest alan işitme testine koopere olamayan çocuklar, davranış problemi olan çocuk ve yetişkinler, ek engelli bireyler gibi test edilmesi zor populasyonların işitme cihazlı odyometrik konfigürasyona dair kestirimlerde bulunulabilmesinde ve bu sayede işitme cihazının fonksiyonelliğinin objektif olarak değerlendirilmesinde işitsel uyarılmış kortikal potansiyellerden yararlanılabileceği düşünülmektedir.

Bu çalışmada aynı zamanda, yaşın işitme cihazlı kortikal cevaplar üzerindeki etkisi de araştırılmıştır. Bu amaçla, 3 ayrı uyaran varlığında elde edilen cevapların latans değerleri bireylerin yaş dağılımlarına göre karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda anlamlı bir ilişki bulunamamış ve bireyler “4-6 Yaş” ve “6-8 Yaş” olmak üzere iki gruba ayrılarak gruplar arası yaş ve latans ilişkileri karşılaştırılmış, ancak yine anlamlı bir korelasyon elde edilememiştir.

Literatürde, P1 latansının yaşla birlikte kısaldığını destekleyen bulgular yer almaktadır(35,39,49,50) . Cunningham ve ark.'a (2000) göre, P1-N1-P2 kompleksinin dalga formolojisi yaşla birlikte değişim göstermektedir (51) .

McArthur ve Bishop, yaşın artmasıyla P1 latansının kısaldığını öne sürmüşlerdir (52) .

Sharma ve ark. (1997), normal işiten ve yaşları 6 ile 15 arasında 86 çocuk ile 10 yetişkinde KİUP dalga morfolojilerini incelemiştir. Araştırmanın sonucuna göre, maturasyonel değişimler P1 ve N1 latanslarında ve P1 amplitüdünde azalmaya neden olmaktadır (53) .

Bu çalışmada, işitme cihazlı kortikal işitsel uyarılmış potansiyel cevaplarının latansları ile çalışmaya katılan bireylerin yaşları arasında anlamlı bir ilişki bulunmasının, çalışmanın örnekleminin böyle bir karşılaştırmayı yapacak kadar büyük olmamasından, örnekleme yer alan bireylerin yaş dağılımlarının eşit ya da yakın olmamasından ve çalışma örnekleminin orta derecede işitme kayıplı bireylerden oluşmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Literatürde orta dereceli işitme kayıplı bireylerden elde edilen kortikal işitsel uyarılmış potansiyel cevaplarının yaş, matürasyon ve işitsel deprivasyon gibi değişkenlerle olan ilişkisini inceleyen bir çalışma bulunamamış ve sözü edilen çalışmaların, normal işiten bireyler ve/veya ileri/çok ileri derecede işitme kayıplı bireyler üzerinde yapıldığı gözlenmiştir. Bu iki gruba ait verilere bakıldığında, kortikal işitsel uyarılmış

potansiyellerin yaşla birlikte değişimini izlemek veya olası değişimlerin matürasyondan kaynaklanabileceğini öne sürmek mümkündür. Ancak bu çalışmada yer alan grubun orta derecede işitme kayıplı bireylerden oluşması, işitme cihazı kullanmaya başlamadan geçirdikleri süre içinde, rezidüel işitmenin matürasyonel gelişime katkısının olup olmadığını anlamayı güçleştirmektedir.

Çalışmamızda aynı zamanda işitsel deprivasyonun kortikal potansiyeller üzerindeki etkisini araştırmak amacıyla, işitme cihazı kullanım süresi ile işitme cihazlı kortikal cevaplar arasındaki ilişki incelenmiş, ancak bu iki değişken arasında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır. Bu durumun, bireylerin yaş ve işitme cihazı kullanım sürelerinin farklılıklarından kaynaklandığı düşünüldüğünden, örneklemin tamamının orta derecede işitme kayıplı bireylerden oluştuğu göz önünde bulundurularak, bireyler “2 yaş öncesi işitme cihazı kullanmaya başlayanlar” ve “2 yaş sonrası işitme cihazı kullanmaya başlayanlar” olarak iki gruba ayrılmış ve gruplar arası latans farklılıkları incelenmiş, ancak anlamlı bir korelasyon bulunamamıştır.

Konjenital deprivasyonun duyuşsal periyottaki davranışsal etkileri hem dil deprivasyonu hem de işitsel deprivasyon olarak gözlenir (54) . Ponton ve ark. (2002), normal işiten bireyler ve koklear implant kullanıcısı bireylerle yaptıkları çalışma sonucunda, kortikal cevapların maturasyonundaki gecikmenin, bireyin işitsel uyarandan geçirdiği zamanla ilişkili olduğunu öne sürmüşlerdir (55) . Sharma ve ark. (2002), 3,5 yaş öncesi implante edilen çocukların P1 latanslarının normal sınırlarda ve yaşlarıyla uyumlu olduğunu göstermiştir. Ancak geç implante edilen çocukların (7 yaşından sonra) P1 latanslarında, kronolojik yaşlarının normal verilerine kıyasla 100 ms gecikme gözlemiş ve bu bulgular ışığında, 3,5 yaş öncesi hassas periyotta uygun amplifikasyon sağlandığında, işitsel sistemin deprivasyonu ekarte edebildiğini öne sürmüşlerdir(34) .

Bulgularımızın literatür ile farklılık göstermesinin, çalışmamızda yer alan bireylerin orta dereceli işitme kayıplı olması, literatürde yer alan verilerin ise ileri veya çok ileri derecede sensörinöral işitme kayıplı ve koklear implantasyon kullanıcısı olan çocukların bulgularını içermesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. İleri veya çok ileri derecede işitme kaybı varlığında, işitsel deprivasyonun kortikal

işitsel uyarılmış potansiyeller üzerindeki etkisini araştırmak mümkündür. Orta derecede işitme kaybı varlığında ise tam bir deprivasyondan bahsetmek zordur.

Çalışmamızda /m/, /g/ ve /t/ uyarılarının latans ortalamaları arasındaki ilişki incelenmiştir.

Literatürde uyarıların latans değerleri arasındaki ilişkiyle ilgili farklı sonuçlar yer almaktadır. Van Dun ve ark. (2012), çalışmalarında kullandıkları /m/, /t/ ve /g/ uyarıları arasında anlamlı bir farklılık bulamamıştır (6) . Bu, Golding ve ark.'nın (2006) çalışmasıyla kontrast oluşturmaktadır; çünkü onlar /t/ sesinin uyarılmış potansiyel cevaplarının diğer iki sese göre amplitüdünün anlamlı derecede büyük ve latansının daha kısa olduğunu belirtmişlerdir (56) . Almeqbel, a. (2013), çalışmasında /g/ uyarısının /m/ ve /t/ uyarısına kıyasla, amplitüdünün daha büyük ve latansının daha kısa olduğunu bulmuştur(23) . Güven G. (2013), 55 dB SPL ve 65 dB SPL şiddet seviyelerinde /m/, /g/ ve /t/ uyarılarına cevaben elde edilen P1 latans değerleri birbirleriyle karşılaştırmış ve bu /m/ uyarısına cevaben oluşan P1 latans değer ortalamalarının normal işiten grupta /g/ ve /t/ uyarılarına cevaben oluşan P1 latans değer ortalamalarından uzun olduğunu belirtmiştir (57) .

Bu bulgulara göre; literatürde /g/ ve /t/ uyarılarının latans değerleri farklılık gösterse de; /m/ uyarısının latansı diğer iki uyarı ile kıyaslandığında daha uzun latanslı elde edilmiştir. Çalışmamızda da kullanılan uyarıların latans değerleri ortalamalarına bakıldığında; /m/ uyarısı için 131,76 ms, /g/ uyarısı için 124,64 ms ve /t/ uyarısı için 124,41 ms olarak elde edilmiştir (Tablo 4.6.). Elde edilen latans ortalamalarına bakıldığında, /m/ uyarı latansının diğer iki uyarının latansına kıyasla daha uzun olduğu görülmektedir. Genellikle, alçak frekans bilgisi taşıyan uyarılar, uzun latanslı kortikal cevaplar üretmektedir. Bunun, uyarının apikal alanlara ulaşma süresinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Daha yüksek frekanslı uyarılar ise basal koklear alanın cevabı olduğundan daha kısa latanslı cevaplar üretilmektedir (3). /m/ uyarısı, alçak frekans bölgesinde yer alan bir uyarı olduğundan, latansının diğer iki uyarıya kıyasla daha uzun olmasının sebebinin literatürde de belirtildiği üzere uyarının apikal alanlara ulaşma süresinin diğer uyarılara oranla daha uzun olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

İşitme engelli bebek ve çocukların işitme cihazı uygulamalarında, en fazla şüphe edilen durum amplifikasyonun yeterli bilgiyi zamanında sağlayıp

sağlamadığıdır. Bu kuşkuyu en kısa sürede gidermek amacıyla, güvenilir ve objektif bir yönteme ihtiyaç vardır. Literatürde, bu amaçla işitme cihazlı kortikal cevapların değerlendirilmesi önerilmektedir. Kortikal potansiyelleri ortaya çıkarmak için kullanılan konuşma yapıları, işitilebilirliğini en çok bilmek istediğimiz yapılar olduğundan, bu potansiyellerin işitme cihazı değerlendirmesinde kullanılması amacıyla klinik kullanıma katkı sağlayacak bulgular elde edilmiştir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, orta/orta ileri derecede işitme kayıplı 20 çocuğun, serbest alan cihazlı davranış eşikleri ile kortikal cevapları arasındaki ilişki incelenmiştir. Çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıda sıralanmıştır:

1. İşitme cihazlı davranış eşikleri ile kortikal cevaplar arasında güçlü bir korelasyon ($r=0.86$) bulunmuştur.
2. Alçak frekans bölgesindeki (250 – 500 Hz) işitme cihazlı eşiklerin 25 dB ve daha iyi olması durumunda, /m/ uyarana 55 dB SPL şiddetinde cevap alınabildiği,
3. Orta frekans bölgesindeki (1000 – 2000 Hz) işitme cihazlı eşiklerin 29 dB ve daha iyi olması durumunda, /g/ uyarana 55 dB SPL şiddetinde cevap alınabildiği,
4. Yüksek frekans bölgesindeki (4000 – 6000 Hz) işitme cihazlı eşiklerin 29 dB ve daha iyi olması durumunda, /t/ uyarana 55 dB SPL şiddetinde cevap alınabildiği bulunmuştur.
5. Bireylerin yaşları ve /m/, /g/ ve /t/ uyarana latans değerleri arasında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır.
6. Bireylerin işitme cihazı kullanım süreleri ve /m/, /g/ ve /t/ uyarana latans değerleri arasında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır.
7. /m/ uyarana latansı diğer iki uyarana kıyasla daha uzun elde edilmiştir.

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar doğrultusunda öneriler aşağıda sıralanmıştır:

1. Klinik uygulamada işitme cihazlı KİUP ölçümlerinin daha fazla yer bulmasını sağlamak adına normatif veri çalışmaları planlanabilir.
2. İşitme cihazlı kortikal cevaplar ile işitme cihazlı serbest alan davranış eşiklerinin normatif verisinin oluşturulabilmesi için daha büyük örneklem grupları ile çalışma planlanabilir.
3. Yaş ve işitme cihazı kullanım süresinin KİUP latansları üzerindeki etkilerini araştırabilmek için yaş dağılımının homojen olduğu gruplarla çalışılabilir.

KAYNAKLAR

1. Mason, S.M. (2004) *Evoked potentials and their clinical application. Current Anaestheisa & Critical Care*, 15, 393-399.
2. Cone-Wesson, B., Wunderlich, J. (2003). Auditory evoked potentials from the cortex: audiology applications. *Current Opinion in Otolaryngoogyl Head Neck Surgery*, 11, 372-377.
3. Katz J.(2002). *Handbook of Clinical Audiology* (5. bs.). A Wolters Kluwer Company, 235-253.
4. Walker, J. (2008). The Maturation of Cortical Auditory Evoked Potentials in Children With Normal Hearing and Hearing Impairment. University of Canterbury, Master Thesis, New Zealand
5. Glista, D., Easwar, V., Purcell, D. W., Scollie, S. (2012). A Pilot Study on Cortical Auditory Evoked Potentials in Children: Aided CAEPs Reflect Improved High Frequency Audibility with Frequency Compression Hearing Aid Technology. *International Journal of Otolaryngology*, 2012, 1-12.
6. Van Dun, B., Carter, L., Dillon, H. (2012). Sensitivity of Cortical Auditory Evoked Potential Detection for Hearing-Impaired Infants in Response to Shotr Speech Sounds. *Audiology research*, 2, 65-76.
7. Gelfand, S. A., (1997). *Essentials of Audiology*. Thime, 345-372.
8. Tunalı, G. (1992). Somatosensöriyel Uyarılmış Potansiyeller. *OMÜ Tıp Dergisi*, 9, 287-298.
9. Akay, A. (2012). Evoked Potentials. *Electrophysiology from Plants to Heart*, 83-108.
10. Hall J.W., Mueller, H.G. (1997). Audiologist' Desk Reference: Diagnostic Audiology Principles And Procedures (*Vol 1*). Singular Publishing Group.
11. Popp, J. A., Deshaies, E. M. (2007). *A Guide to Primary Care of Neurological Disorders*. Thieme, 85-92.
12. Chippa, K. H. (1997). *Evoked Potentials in Clinical Medicine* (3. bs.). Lippincott-Raven, 1-30.
13. Hall, J.W. (2006). *New Handbook of Auditory Evoked Responses* (1 bs.). Pearson.

14. Eswaran, H., Draganova, R., Preissl, H. (2007). Audiotry evoked responses: A tool to assess the fetal neurological activity. *Applied Acoustics*, 68, 270-280.
15. Czarniak, L. J. (2012). Effect of Stimulus Intensity on Cortical Potentials in Cochlear Implant Recipients. Washington University School of Medicine, Doctorate Thesis, Washington.
16. Roeser, R.J., Valente, M., Hosford-Dunn, H. (2007). *Audiology Diagnosis* (1. Bs.). Thieme.
17. Alberstone, C.D., Benzel, E.C., Najm, I.M., Steinmetz, M.P. (2012). Çev.: Y. Sarica. *Nörolojik Tanının Anatomik Temelleri*. Ankara: Güneş Tıp Kitap Evleri.
18. Seikel, J.A., King, D.W., Drumright, D.G. (2005). *Anatomy&Physiology for Speech, Language, and Hearing* (3. bs.). Thompson Delmar Learning.
19. Özdamar, Ö., Muş, N. (1996). *İşitsel Beyin Sapı Cevapları*.
20. Çetin, K. (2012). Tone-Burst Uyarılı İşitsel Beyinsapı Cevapları ve Klinik Uygulamalar. Çukurova Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Adana.
21. Soeta, Y., Nakagawa, S. (2012). Audiotory evoked responses in human audiotory cortex to the variation of sound intesity in an ongoig tone. *Hearing Research*, 67-75.
22. Easwar, V., Glista, D., Purcell, D.W., Scollie, S.D. (2012). The effect of stimulus choice on cortical audiotory evoked potentials (CAEP): consideration of speech segment positioning within naturally produced speech. *International Journal of Audiology*, 51, 926-931.
23. Almeqbel, A. (2013). Speech-evoked cortical audiotory responses in children with normal hearing. *South African Journal of Communication Disorders*, 60, 38-43.
24. Kaashoek, I. (2008) Automatic determination of the optimum stimulation frequencies in an SSVEP based BCI. *Koninklijke Philips Electronics N.V.* (09).
25. Van Dun, B., Carter, L., Dillon H. (2012). The relationship between cortical audiotory evoked potentials (CAEP) detection and audibility assessed behaviorally in infants with sensorineural hearing loss.
26. Madell, J.R., Flexer C.A. (2008). *Pediatric Audiology: Diagnosis, Technology, and Management*. Thieme.
27. Valente, M. (2009). *Pure Tone Audiometry and Masking*. Plural Publishing.
28. Vijayalakshmi E., Glista, D., Purcell, D. W., Scollie, S. D. (2012). Hearing Aid Processing Changes Tone Burst Onset: Effect on Cortical Audiotory Evoked

Potentials in Individuals With Normal Audiometric Thresholds. *American Journal of Audiology*, 21, 82-90.

29. Speaks, C.E. (2005). *Introduction to Sound* (3. bs.). Thomson.

30. Alnaçık, A. (2010). Koklear İmplant Kullanıcılarında Gürültünün P300 ve Eşleşmeyen Negativite Üzerine Etkisi. Marmara Üniversitesi, Doktora Tezi, İstanbul.

31. Ataş, A., Genç, A., Belgin, E. (2003). Odyolojide Kullanılan Temel Kavramlar. İçinde Pediatrik Kulak Burun Boğaz Hastalıkları. Ankara, 2003.

32. Kraus, N., Nicol, T. (2009). Auditory Evoked Potentials. *Encyclopedia Of Neuroscience*, 214-218.

33. Martin, B. A., Tremblay, K. L., Stapells, D. R. (2008). Principles and applications of cortical auditory evoked potentials. *Research and clinical applications IV*, Chapter 23, 310-346.

34. Sharma, A., Dorman, M.F., Spahr, A.J. (2002). A sensitive period for the development of the central auditory system in children with cochlear implants: implications for age of implantation. *Ear & Hearing*, 23, 532-539.

35. Wunderlich, J.L., Cone-Wesson, B.K., Shepherd, R. (2006). Maturation of the cortical auditory evoked potential in infants and young children. *Hearing Research*, 212, 185-202.

36. Eggermont, J.J., Ponton, C.W. (2003). Auditory-evoked Potential Studies of Cortical Maturation in Normal Hearing and Implanted Children: Correlations with Changes in Structure and Speech Perception. *Acta Oto-laryngologica*, 123, 249-252.

37. Billings, C.J., Tremblay, K.L., Souza, P.E., Binns, M.A. (2007). Effects of hearing aid amplification and stimulus intensity on cortical auditory evoked potentials. *Audiology & Neurootology*, 12, 234-246.

38. Purdy, S. C., Kelly, A. S. (2001). Cortical auditory evoked potential testing in infants and young children. *The New Zealand Audiological Society Bulletin*, 11, 16-24.

39. Purdy, S. C., Kelly, A. S., Thorne, P. R. (2001). Auditory Evoked Potentials as Measures of Plasticity in Humans. *Audiology & Neurootology*, 6, 211-215.

40. Billings, C. J., Tremblay, K. L., Miller, C. W. (2011). Aided cortical auditory evoked potentials in response to changes in hearing aid gain. *International Journal of Audiology*, 50, 459-467.

41. Chang, H.W., Dillon, H., Carter, L., van Dun, B., Young, S.T. (2012) The relationship between cortical auditory evoked potential (CAEP) detection and estimated audibility infants with sensorineural hearing loss. *International Journal of Audiology*, 51, 663-670.
42. Ozdek, A., Karacay, M., Saylam, G., Tatar, E., Aygener, N., Korkmaz, M.H. (2010). Comparison of pure tone audiometry and auditory steady-state responses in subject with normal hearing and hearing loss. *Eur Arch Otorhinolaryngol*, 267, 43-49.
43. Hall, J.W., Swanepoel, D.W. (2010). *Objective Assessment of Hearing*. Plural Publishing.
44. Acur, N., Erkan, Y., Bahtiyar, Y. A. (2009). Auditory threshold detection by classifying estimated short latency evoked potentials. Biomedical Engineering Meeting.
45. Bagatto, P. M. (2012). Development and Evaluation of an Audiological Outcome Measure Guideline for Use with Infants, Toddlers, and Preschool Children.
46. Hassaan, M.R. (2011). Aided evoked cortical potential: An objective validation tool for hearing aid benefit. *Egyptian Journal of Ear, Nose, Throat and Allied Sciences*, 12, 155-161.
47. Pearce, W., Golding, M., Dillon, H. (2007). Cortical Auditory Evoked Potentials in the Assessment of Auditory Neuropathy: Two Case Studies. *Journal of the American Academy of Audiology*, 18, 380-390.
48. Wong, L.L., Cheung, C., Wong, E.C. (2008). Comparison of hearing thresholds obtained using pure-tone behavioral audiometry, the Cantonese Hearing in Noise Test (CHINT) and cortical evoked response audiometry. *Acta Otolaryngol*, 128, 654-660.
49. Dorman, M.F., Sharma, A., Gilley, P., Martin, K., Roland, P. (2007). Central auditory development: Evidence from CAEP measurements in children fit with cochlear implants. *Journal of Communication Disorders*, 40, 284-294.
50. Thabet, M.T., Said, N.M. (2012). Cortical auditory evoked potential (P1): A potential objective indicator for auditory rehabilitation outcome. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 76, 1712-1718.

51. Cunnigham, J., Trent N., Zecker, S., Kraus N. (2000). Speech-Evoked Neurophysiologic Responses in Children with Learning Problems: Development and Behavioral Correlates of Perception. *Ear & Hearing*, 21, 554-568.
52. McArthur G., Bishop, D. (2012). Event-related potentials reflect individual differences in age-invariant auditory skills. *Neuroreport*, 13, 1079-1082.
53. Sharma, A., Kraus, N., McGee T.J., Nicol T.G. (1997). Developmental changes in P1 and N1 central auditory responses elicited by consonant vowel syllables. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, 104, 540–545.
54. Kral, A., Hartmann, R., Tillein, J., Heid, S., Klinke, R. (2001). Delayed maturation and sensitive periods in the auditory cortex. *Audiology & Neurootology*, 6, 346-62.
55. Ponton, C.W., Don, M., Eggermont, J.J., Waring, M.D., Kwong, B., Masuda, A. (1996). Auditory system plasticity in children after long periods of complete deafness. *NeuroReport*, 8, 61–65.
56. Golding, M., Purdy, S., Sharma, M., Dillon D. (2006). The Effect of Stimulus Duration and Inter-stimulus Interval on Cortical Responses in Infants. *The Australian and New Zealand Journal of Audiology*, 28, 122-136.
57. Güven, G. (2013). Otomatize İşitsel Kortikal Potansiyel Ölçümünün, İşitme Cihazı Performansını Değerlendirmedeki Yeri. Marmara Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

EKLER

Etik Kurul İzni



HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
GİRİŞİMSSEL OLMAYAN
KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU

06100 Sıhhiye-Ankara
Telefon: 0 (312) 305 1082 • Faks: 0 (312) 310 0580
E-posta: goetik@hacettepe.edu.tr

Sayı: 16969557 - 770

ARAŞTIRMA PROJESİ DEĞERLENDİRME RAPORU

Toplantı Tarihi : 10.07.2013 ÇARŞAMBA
Toplantı No : 2013/13
Proje No : GO 13/373 (Değerlendirme Tarihi 26.06.2013)
Karar No : GO 13/373 - 13

Üniversitemiz Tıp Fakültesi Kulak, Burun ve Boğaz Hastalıkları Anabilim Dalı Odyoloji ve Konuşma Bozuklukları Ünitesi öğretim üyelerinden Prof.Dr.Gonca SENNAROĞLU'nun sorumlu araştırmacı olduğu Mine Baydan AYDEMİR'in tezi olan GO 13/373 kayıt numaralı ve "**İşitme Cihazı Kullanan Çocukların Kortikal Cevaplarıyla Davranış Eşiklerinin İlişkisi**" başlıklı proje önerisi Kurulumuzda değerlendirilmiş olup, etik açıdan uygun bulunmuştur.

1.Prof. Dr. Nurten Akarsu

(Başkan)

9 Prof. Dr. Melahat Görduysus

(Üye)

İZİNLİ

2. Prof. Dr. Nüket Örnek Buken

(Üye)

10. Prof. Dr. Cansın Saçkesen

(Üye)

3. Prof. Dr. Kaldırım Sara

(Üye)

11. Doç. Dr. R. Köksal Özgül

(Üye)

İZİNLİ

4. Prof. Dr. Sevda F. Müftüoğlu

(Üye)

12. Doç. Dr. Ayşe Lale Doğan

(Üye)

5. Prof. Dr. Cenk Sökmensüer

(Üye)

13 Doç. Dr. S. Kutay Demirkan

(Üye)

6. Prof. Dr. Volga Bayrakçı Tunay

(Üye)

14. Doç. Dr Leyla Dinç

(Üye)

İZİNLİ

7. Prof. Dr. Songül Vaizoğlu

(Üye)

14. Yrd. Doç. Dr. H. Hüsrev Turnagöl

(Üye)

İZİNLİ

8. Prof. Dr. Yılmaz Selim Erdal

(Üye)

İZİNLİ

15. Av. Meltem Onurlu

(Üye)

