

**T.C.**  
**HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ**  
**SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ÜNLÜ-ÜNLÜ SES GEÇİŞLERİ İLE OLUŞAN**  
**KORTİKAL N1 CEVABINI OLUŞTURAN AKUSTİK**  
**OLAYLARIN İNCELENMESİ**

**SALİH SENCER AÇIKGÖZ**

**Odyoloji Programı**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ANKARA**

**2023**



**T.C.**  
**HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ**  
**SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ÜNLÜ-ÜNLÜ SES GEÇİŞLERİ İLE OLUŞAN**  
**KORTİKAL N1 CEVABINI OLUŞTURAN AKUSTİK**  
**OLAYLARIN İNCELENMESİ**

**SALİH SENCER AÇIKGÖZ**

**Odyoloji Programı**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ANKARA**

**2023**

HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Ünlü-Ünlü Ses Geçişleri ile Oluşan Kortikal N1 Cevabını Oluşturan Akustik  
Olayların İncelenmesi  
Salih Sencer AÇIKGÖZ

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Mehmet YARALI

Bu tez çalışması 14.06.2023 tarihinde jürimiz tarafından "Odyoloji Programı"nda yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

**Jüri Başkanı:** Prof. Dr. Gonca SENNAROĞLU  
(Hacettepe Üniversitesi)

**Tez Danışmanı:** Dr. Öğr. Üyesi, Mehmet YARALI  
(Hacettepe Üniversitesi)

**Üye:** Doç. Dr. Meral Didem TÜRKYILMAZ  
(Hacettepe Üniversitesi)

**Üye:** Doç. Dr. Betül ÇİÇEK ÇINAR  
(Hacettepe Üniversitesi)

**Üye:** Doç. Dr. Şule ÇEKİÇ  
(Yıldırım Beyazıt Üniversitesi)

Bu tez Hacettepe Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca yukarıdaki jüri tarafından uygun bulunmuştur.

22 Haziran 2023

Prof. Dr. Müge YEMİŞÇİ ÖZKAN

Enstitü Müdürü

## YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin/raporumun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kağıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma iznini Hacettepe Üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alınarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayınlanan **“Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge”** kapsamında tezim aşağıda belirtilen koşullar haricince YÖK Ulusal Tez Merkezi / H.Ü. Kütüphaneleri Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

- Enstitü / Fakülte yönetim kurulu kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren 2 yıl ertelenmiştir. <sup>(1)</sup>
- Enstitü / Fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren 6 ay ertelenmiştir. <sup>(2)</sup>
- Tezimle ilgili gizlilik kararı verilmiştir. <sup>(3)</sup>

/ /

Salih Sencer AÇIKGÖZ

<sup>1</sup>“Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge”

(1) Madde 6. 1. Lisansüstü teze ilgili patent başvurusu yapılması veya patent alma sürecinin devam etmesi durumunda, tez **danışmanının** önerisi ve **enstitü anabilim dalının** uygun görüşü üzerine **enstitü** veya **fakülte yönetim kurulu** iki yıl süre ile tezin erişime açılmasının ertelenmesine karar verebilir.

(2) Madde 6. 2. Yeni teknik, materyal ve metotların kullanıldığı, henüz makaleye dönüşmemiş veya patent gibi yöntemlerle korunmamış ve internetten paylaşılması durumunda 3. şahıslara veya kurumlara haksız kazanç imkanı oluşturabilecek bilgi ve bulguları içeren tezler hakkında tez **danışmanının** önerisi ve **enstitü anabilim dalının** uygun görüşü üzerine **enstitü** veya **fakülte yönetim kurulunun** gerekçeli kararı ile altı ayı aşmamak üzere tezin erişime açılması engellenebilir.

(3) Madde 7. 1. Ulusal çıkarları veya güvenliği ilgilendiren, emniyet, istihbarat, savunma ve güvenlik, sağlık vb. konulara ilişkin lisansüstü tezlerle ilgili gizlilik kararı, **tezin yapıldığı kurum** tarafından verilir \*. Kurum ve kuruluşlarla yapılan işbirliği protokolü çerçevesinde hazırlanan lisansüstü tezlere ilişkin gizlilik kararı ise, **ilgili kurum ve kuruluşun önerisi** ile **enstitü** veya **fakültenin** uygun görüşü üzerine **üniversite yönetim kurulu** tarafından verilir. Gizlilik kararı verilen tezler Yükseköğretim Kuruluna bildirilir.

Madde 7.2. Gizlilik kararı verilen tezler gizlilik süresince enstitü veya fakülte tarafından gizlilik kuralları çerçevesinde muhafaza edilir, gizlilik kararının kaldırılması halinde Tez Otomasyon Sistemine yüklenir

\* Tez **danışmanının** önerisi ve **enstitü anabilim dalının** uygun görüşü üzerine **enstitü** veya **fakülte yönetim kurulu** tarafından karar verilir.

## ETİK BEYAN

Bu çalışmadaki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, kullandığım verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı, yararlandığım kaynaklara bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu, tezimin kaynak gösterilen durumlar dışında özgün olduğunu, Dr. Öğr. Üyesi Mehmet YARALI danışmanlığında tarafımdan üretildiğini ve Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Yönergesine göre yazıldığını beyan ederim.

Salih Sencer AÇIKGÖZ

## TEŞEKKÜR

Tez süresi boyunca yardımlarını hiç esirgemeyen, bana yol gösteren, bilgisini ve deneyimini benimle her daim paylaşan ve ben her duraksadığımda beni motive eden kıymetli tez danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Mehmet YARALI'ya;

Lisans ve yüksek lisans dönemi boyunca bana aktardıkları bilgi birikimleri ile tezi yazmamda emeği olan tüm hocalarıma;

Tez süresi boyunca beni her yönden destekleyen tezimin son aşamasına kadar bana yardım edip tezime katkı sağlayan tüm arkadaşlarıma

Ve beni maddi manevi her anlamda destekleyen sevgili aileme teşekkürlerimi sunarım.

## ÖZET

**Açıkgöz, S.S. Ünlü-Ünlü Ses Geçişleri ile Oluşan Kortikal N1 Cevabını Oluşturan Akustik Olayların İncelenmesi. Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Odyoloji Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 2023.** F2 formant frekansı değişim gösteren ünlü-ünlü hecelerdeki ses geçişlerinin akustik değişim kompleksi (ADK) adlı bir cevap oluşturduğu yapılan çalışmalarla kanıtlanmıştır. /ui/ uyarını ile oluşturulan ADK cevabı dikkate alındığında bu cevaba uyarandaki akustik değişimi sağlayan /i/ uyarınının başlangıcının ve/veya /u/ sesinden /i/ sesine geçişte gerçekleşen f2 frekans rampasının toplam cevaba olan katkısı yapılan çalışmalarda incelenmemiştir. Yapılan bu çalışmada, “standart /ui/” uyarını ile bu uyarandan /i/ sesinin tamamen çıkarıldığı /u rampa/ ve /i/ sesinin 0.05 ve 0.1 ms'n'lik kısımlarının oluşturduğu /ui/ uyarıları olmak üzere toplam 4 uyarın, 18-30 yaş arası 20 bireye 70 dB SPL şiddetinde sunulmuştur. Analizlerde /ui/ uyarını ile elde edilen ADK N1 amplitüdüleri (Md=-1.647), /u rampa/ uyarını ile elde edilen ADK amplitüdülerinden (Md=-2.957) anlamlı derecede daha düşük çıkmış (p=0.029), /i/ sesi uyarana dahil oldukça ADK N1 amplitüdülerinde anlamlılık seviyesine ulaşmasa da kademeli düşüş olmuştur. ADK N1 latansları açısından karşılaştırıldığında ise /u rampa/ uyarını en kısa ortanca latans değerine (Md=652) sahip olmuştur. /u rampa/ uyarınının en büyük amplitüd ve en kısa latans değerine sahip olması f2 formant frekans rampasının toplam değişim cevabına azımsanmayacak derecede katkısı olduğunu göstermektedir. İleriki çalışmalarda farklı f2 formant frekans değişikliklerinin olduğu rampa uyarınları da kullanılarak f2 rampasının işitsel ayırt etme sürecine olan katkısının incelenmesi ve koklear implant ve işitme cihazı kullanan bireylerde rampa cevabının toplam akustik değişim cevabına ne derecede etki ettiğinin araştırılması önerilebilir.

**Anahtar kelimeler:** İşitsel kortikal N1 cevabı, ünlü-ünlü heceler, akustik değişim cevabı, frekans rampası



## ABSTRACT

**Açıkgöz, S.S. Investigation Of The Acoustic Events That Create The Cortical N1 Response Evoked By Vowel-Vowel Transitions. Hacettepe University Graduate School of Health Sciences, Master Thesis, Ankara, 2020.** It has been proven by studies that the sound transitions in vowel-vowel syllables with a change in F2 formant frequency evoke a response called acoustic change complex (ACC). Considering the ACC response evoked by the /ui/ stimulus, the contribution of the onset of /i/, which provides the acoustic change in the stimulus, and/or the contribution of the f2 frequency ramp occurring during the transition from /u/ to /i/ to the total response has not been examined previously. In this study, a total of 4 stimuli, including the "standard /ui/" stimulus, and the /u ramp/ stimulus where the /i/ sound is completely removed, and the /ui/ stimulus formed by 0.05 and 0.1 msec parts of the /i/ sound were utilized. The stimuli was presented at an intensity of 70 dB SPL to 20 participants. The results showed that the ACC N1 amplitudes evoked by the /ui/ stimulus (Md=-1.647) were significantly lower ( $p=0.029$ ) than the amplitudes evoked by the /u ramp/ stimulus (Md=-2.957). As the /i/ sound was included in the stimulus, the ACC N1 amplitudes gradually decreased, although not reaching significance. When compared in terms of ADK N1 latency, the /u ramp/ stimulus had the shortest median latency (Md=652). The fact that the /u ramp/ stimulus has the largest amplitude and the shortest latency value shows that the f2 formant frequency ramp has a substantial contribution to the total change response. In future studies, using ramp stimuli with different f2 formant frequency changes, and examining the contribution of the f2 ramp to the auditory discrimination process may be suggested. Besides, the extent to which the ramp response affects the total acoustic change response in individuals using cochlear implants and hearing aids can be studied.

**Key Words:** Auditory cortical N1 response, vowel-vowel syllables, acoustic change response, frequency ramp

## İÇİNDEKİLER

ONAY SAYFASI	iii
YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI	iv
ETİK BEYAN	v
TEŞEKKÜR	vi
ÖZET	vii
ABSTRACT	viii
İÇİNDEKİLER	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR	xi
ŞEKİLLER	xii
TABLolar	xiii
<b>1. GİRİŞ</b>	1
<b>2. GENEL BİLGİLER</b>	4
2.1. İşitsel Uyarılmış Potansiyeller (İUP) ve Sınıflandırılması	4
2.2. İşitsel Uyarılmış Kortikal Potansiyeller	7
2.2.1 P1- N1- P2 Kompleksi	7
2.2.2 Akustik Değişim Kompleksi (ADK)	10
2.2.3 Eşleşmeyen Negativite Cevabı (ENC)	14
2.2.4 P300 Dalgası	16
<b>3. GEREÇ VE YÖNTEM</b>	19
3.1. Katılımcılar	19
3.2. Uyarılar	20

3.3. Elektrofizyolojik Ölçüm	22
3.4. Uyarılmış Potansiyellerin Analizi	22
3.5. Dalga Tepe Noktalarının Saptanması	23
3.6. İstatistiksel Değerlendirme	24
<b>4. BULGULAR</b>	25
4.1. Tanımlayıcı İstatistiksel Analizler	25
4.2. Farklı Uyaranların Oluşturduğu ADK N1-P2 Tepeden Tepeye Amplitüdlerinin Karşılaştırılması	26
4.3. Farklı Uyaranların Oluşturduğu ADK N1 Latanslarının Karşılaştırılması	27
<b>5. TARTIŞMA</b>	29
<b>6. SONUÇ VE ÖNERİLER</b>	37
<b>7. KAYNAKLAR</b>	39
<b>8. EKLER</b>	
EK 1. Etik Kurul Onayı	
EK 2. Orijinallik Ekran Çıktısı	
EK 3. Dijital Makbuz	
<b>9. ÖZGEÇMİŞ</b>	

**SİMGELER VE KISALTMALAR**

<b>ABR</b>	İşitsel Beyin Sapı Cevabı
<b>ADK</b>	Akustik Değişim Kompleksi
<b>dB</b>	Desibel
<b>dB SPL</b>	Ses Basınç Seviyesi
<b>ECochG</b>	Elektrokokleografi
<b>EEG</b>	Elektroensefalografi
<b>ENC</b>	Eşleşmeyen Negativite Cevabı
<b>İNSB</b>	İşitsel Nöropati Spektrum Bozukluğu
<b>İUP</b>	İşitsel Uyarılmış Potansiyeller
<b>İUKP</b>	İşitsel Uyarılmış Kortikal Potansiyeller
<b>MEG</b>	Magnetoensefalografi
<b>ms</b>	Milisaniye
<b>OİP</b>	Olaya İlişkin Potansiyeller
<b>SBZ</b>	Sesletim Başlangıç Zamanı
<b>SGO</b>	Sinyal Gürültü Oranı
<b>SPSS</b>	Statistical Package for the Social Science
<b>SS</b>	Standart Sapma

## ŞEKİLLER

### Şekil

- 2.1. İşitsel Uyarılmış Potansiyeller.
- 2.2. P1-N1-P2 Kompleksi ve ADK dalga formu.
- 2.3 Fz elektrodundan kaydedilen Eşleşmeyen Negativite Cevabı.
- 3.2. Uyaranların f2 formant frekans rampalarının doğrusal gösterimi.
- 3.4. Cz elektrodundan elde edilen ses başlangıç ve ADK N1 cevapları.
- 4.2. Farklı uyaranların oluşturduğu ADK N1-P2 tepeden tepeye amplitüdlerinin kutu-çizgi grafiğinde gösterimi(mikrovolt).
- 4.3. Farklı uyaranların oluşturduğu ADK N1 latanslarının kutu-çizgi grafiğinde gösterimi(milisaniye).
- 4.3. Uyaranlar arası N1 latanslarının ikili karşılaştırması.

## TABLolar

### Tablo

- 2.1. İşitsel Uyarılmış Potansiyellerin Zamansal Sınıflandırılması.
- 3.1. Katılımcıların demografik özellikleri.
- 3.2 Farklı /ui/ Uyararı ile elde edilen ADK N1 Cevaplarının belirlendiği Pencere Aralıkları.
- 3.3. 4 Farklı /ui/ Uyararı ile elde edilen ADK P2 Cevaplarının belirlendiği Pencere Aralıkları.
- 4.1. Uyarılara ilişkin tanımlayıcı istatistiksel veriler.

## GİRİŞ

Konuşma, insanların birbirleriyle iletişim kurmasının birinci yoludur. İşitme kaybı başta olmak üzere birçok faktör, bireylerin konuşmayı algılama kapasitesini etkilemektedir(1). Bireylerde oluşan bu etkilenimi önceden tespit etmek için sağlık alanında farklı meslek uzmanları tarafından birtakım testler uygulanmaktadır. Özellikle son yıllarda teknolojinin de gelişmesiyle beraber beyindeki elektrofizyolojik olaylar takip edilebilmekte ve ses uyarısına tepki olarak ortaya çıkan dalga formları görüntülenebilmektedir. Bu dalga formları işitsel uyarılmış kortikal potansiyeller olarak adlandırılmaktadır.

Bir sensör ve/veya bilişsel olay meydana gelmeden önce, olay anında veya sonrasında meydana gelen voltaj değişimleri olaya ilişkin potansiyeller (OİP) olarak adlandırılmaktadır(2). Beyindeki elektriksel aktiviteyi yansıtan OİP'ler latans, amplitüd ve polarite yönünden değişen bir dizi negatif ve pozitif tepe noktaları yapan dalga formlarıdır. İşitsel uyarılmış kortikal potansiyeller (İUKP) ise primer işitsel korteks ve temporal lob ile ilgili alanlardaki sinirsel aktiviteyi temsil eder. Son yıllarda İUKP'lerin konuşmayı anlama, ayırt etme ve algılama yönünden önemli ipuçları sağladığına inanılmaktadır(3). İUKP'ler; P1-N1-P2 kompleksi, akustik değişim kompleksi (ADK), eşleşmeyen negativite cevabı (ENC) ve P3 dalgası olup; latans, amplitüd ve polarite yönünden farklı dalga formlarını meydana getirmektedir(4). P1-N1-P2 kompleksi, sesin başlangıcına tepki olarak ortaya çıkar, sesin davranışsal olarak fark edildiği yönünde ipuçları sağlar. Fakat sesin davranışsal ayırt edilmesi hakkında bu ses başlangıç kompleksi bilgi vermez. (5). Sesin başlangıcından çok daha sonra, sesin içindeki akustik özelliklerinin değişmesi ile meydana gelen dalga formu ise Akustik değişim kompleksi (ADK) olarak adlandırılır. ADK devam eden bir uyarının, şiddet, frekans süre gibi akustik özelliklerinin değişimi ile meydana gelmektedir. Ses başlangıç P1-N1-P2 kompleksinin dalga formuna benzer bir dalga formu ile meydana gelen ADK'nın aynı kaynakları paylaşıp paylaşmadıkları netlik kazanmamıştır. ADK'nın, davranışsal işitsel ayırt etmenin altında yatan nöral işleme bir temsili olduğu düşünülmektedir(1). İşitsel ayırt etmeyi değerlendirmek için ADK'nın dışında kullanılan işitsel uyarılmış potansiyeller arasında eşleşmeyen negativite cevabı (ENC) ve P300 de bulunmaktadır. ENC 1978'de Näätänen ve diğerleri tarafından

keşfedilmiştir(6). ENC, *oddball* paradigması kullanılarak bir dizi standart uyaran içerisinde aykırı sesin gelmesi durumunda ortaya çıkan bir dalga formudur. Bu dalga formu belirli bir kuralı izleyen bir dizi uyaranın içindeki uyumsuz uyaranın dikkat öncesi ayırımının gösterimini sağlar. ENC, pasif dinleme sırasında elde edildiğinden davranışsal yöntemlerle test edilmesi zor olan bireylerin işitsel ayırt etme yeteneklerini belirlemek için kullanılabilir. Fakat ENC'nin küçük dalga amplitüdüleri, belirsiz latans ölçümleri ve nispeten düşük güvenilirlik oranlarına sahip olması gibi bazı limitasyonları bulunmaktadır(7). P300 ise ilk olarak Sutton ve diğ. tarafından tanımlanmış, uyarandan yaklaşık 300 ms sonra oluşan bir dalga formudur(8). Test yapılan kişiye sık sunulan standart uyarılardan oluşan bir dizide aykırı uyarıları sayması istenir. İşitsel ayırt etmenin klinik değerlendirmesinde ve bilişsel işlemlemeyi değerlendirme açısından kullanışlıdır fakat bireyin teste aktif katılımını gerektirdiğinden dolayı kooperasyonu zayıf olan hastalarda bu potansiyeli kaydetmek zordur(9). ENC ve P300'ün limitasyonları nedeniyle ADK, işitsel ayırt etmeyi araştırmak için bir başka yöntem olarak büyük ilgi görmüştür. ADK'nın sensörinöral işitme kayıplı (Martin ve diğ, 2008) koklear implantlı (Friesen ve diğ, 2006) ve işitsel nöropati spektrum bozukluğu (He ve diğ, 2015) olan bireylerden dahi elde edilebilmesi, işitsel ayırt etme alanında üzerinde en çok çalışma yapılan işitsel uyarılmış kortikal potansiyel olmasını sağlamıştır(10).

Martin ve Boothroyd (1999)'un ADK ile yaptığı çalışmada f2 formant frekansı 900 Hz'den 2400 Hz'ye değişim gösteren, diğer formantları uyaran boyunca sabit kalan /ui/ uyarandaki akustik değişikliğin ADK oluşturduğu gözlemlenmiştir. Daha sonrasında aynı veya benzer akustik değişiklikler içeren uyarılarla yapılan çalışmalar dikkate alındığında uyarının akustik özelliklerindeki değişikliklerin kortikal düzeyde cevaplar meydana getirdiği ve uyarının spektral içeriğindeki değişimlerin ADK olarak adlandırılan spesifik bir dalga meydana getirdiği görülmüştür. /ui/ uyarını ile oluşturulan ADK cevabı göz önünde bulundurulduğunda bu cevaba uyarandaki akustik değişimi sağlayan /i/ uyarınının başlangıcının ve/veya /u/ sesinden /i/ sesine geçişte gerçekleşen f2 frekans rampasının katkısı yapılan çalışmalarda incelenmemiştir. Yapılan bu çalışmada /ui/ uyarını baz alınarak 4 farklı uyaran oluşturulmuş ve bu uyarılardaki farklı akustik değişikliklerin (/u/ sesinin ardından gelen, /i/ sesi olmaksızın tek başına f2 formant



frekans rampası, ve yine /u/ sesinin ardından gelen f2 formant frekans rampası ve farklı sürelerde /i/ sesi) oluşturduğu N1 cevapları amplitüd ve latans yönü ile incelenmiş ve birbirleriyle karşılaştırılmıştır.

### 1. Hipotez

H0: “standart /ui/ uyarani” ile yapılan ölçümde ADK N1 cevabi yoktur.

H1: “standart /ui/ uyarani” ile yapılan ölçümde ADK N1 cevabi vardir.

### 2. Hipotez

H0: “/i/ sesinin olmadigi /u rampa/ uyarani” kullanildiginda ADK N1 cevabi yok olmayacaktır.

H2: “/i/ sesinin olmadigi /u rampa/ uyarani” kullanildiginda ADK N1 cevabi yok olacaktır.

### 3. Hipotez

H0: “standart /ui/ uyarani” ile “/u/ sesi f2 formant frekans rampası ve /i/ sesinin 0.05 ve 0.1 msn’lik kısımlarının oluşturduğu /ui/ uyarani” arasında ADK N1 cevabi amplitüdü ve latansı açısından fark yoktur.

H3: “standart /ui/ uyarani” ile “/u/ sesi f2 formant frekans rampası ve /i/ sesinin 0.05 ve 0.1 msn’lik kısımlarının oluşturduğu /ui/ uyarani” arasında ADK N1 cevabi amplitüdü ve latansı açısından fark vardir.

## 2. GENEL BİLGİLER

Bir olaya zamansal olarak kilitli olan ve kafa derisi tarafından kaydedilen voltaj dalgalanmaları olaya ilişkin potansiyeller (OİP) olarak adlandırılmaktadır. OİP'ler duyularla ilgili hiyerarşik nöron ağlarında, bilişsel kontrol ağlarında ve beynin hafıza ve duygusal sistemlerindeki bilgi işleme aşamalarını yansıtır(11).

OİP, nöral aktivitenin elektroansefalografi (EEG) ölçümünden türetilir. OİP, belirli görsel, işitsel veya diğer duyuşsal uyarıların başlangıcını takip eden (veya ondan önce gelen) beyindeki voltaj değışikliklerini ve ayrıca motor hazırlığı, motor yürütmeyi veya gizli zihinsel süreçleri işaret eden nöral gösterimleri ölçer. OİP, devam eden EEG'den ilgilenilen olayı tanımlayan birden fazla zamansal segmentin çıkarılması ve daha sonra ortalamasının alınması ile elde edilir. Ortaya çıkan pozitif ve negatif sapmaların genliğı, gecikmesi ve topografyası, altta yatan zihinsel operasyonları endekslemek için incelenir. OİP'ler algı, dikkat, duygu, eylem, hafıza ve daha fazlasındaki bilişsel süreçleri aydınlatır(12).

İşitsel bir uyarının gönderilmesiyle elde edilen nöral aktivite ise, işitsel uyarılmış potansiyeller (İUP) olarak isimlendirilir(7). İUP, gelen akustik uyarana işitme sistemi tarafından verilen elektrofizyolojik yanıtın bir yansımasıdır. Saf ses, *tone burst*, *click* ve konuşma uyarıların sunularak bu potansiyeller elde edilebilir. Elde edilen nöral aktivite 1 saniyeden daha kısa süren bir dalga formunda oluşur(13). Oluşan dalga formunun latansı milisaniye(ms), dalga tepesinin büyüklüğü amplitüd( $\mu$ V) cinsinden ifade edilir.

### 2.1. İşitsel Uyarılmış Potansiyeller (İUP) ve Sınıflandırılması

İşitsel uyarılmış potansiyeller, üretildiğı kaynak (anatomik orijin), oluşma zamanı(latans), ve uyarının özellikleri (endojen veya eksojen) temel alınarak sınıflandırılmaktadır.

İlk temel sınıflandırma Picton'a göre Hallowell Davis (1976) tarafından latans, yani uyarının başlangıç zamanı ve cevabın oluşumu arasındaki süre olarak yapılmıştır. Hızlı ve ilk oluşan cevaplar erken, yavaş ve sonradan oluşan cevaplar

geç latanslı olarak adlandırılmıştır. Örneğin kokleadan elde edilen bir kayıt erken latanslı olup elektrokokleografi (ECochg) olarak isimlendirilirken beyin sapından elde edilen bir kayıt işitsel beyinsapı cevabı (*Auditory brainstem response(ABR)*) olarak isimlendirilir. İşitsel beyin sapı cevabından sonra elde edilen cevaplar işitsel orta latans(*Auditory middle latency response-AMLR*) ve işitsel geç latans (*Auditory late response-ALR*) olarak adlandırılmaktadır(14). Zamansal sınıflandırma tablo 2.1’de gösterilmiştir. Bir diğer sınıflandırma, uyaran elde edilirken kullanılan kayıt tekniğidir. İşitsel uyarılmış potansiyeller, en iyi, referans elektrodun mastoid veya boyunda olduğu verteks üzerinden alınan kayıtlardan elde edilmektedir(7).

**Tablo 2.1.** İşitsel Uyarılmış Potansiyellerin Zamansal Sınıflandırılması(7).

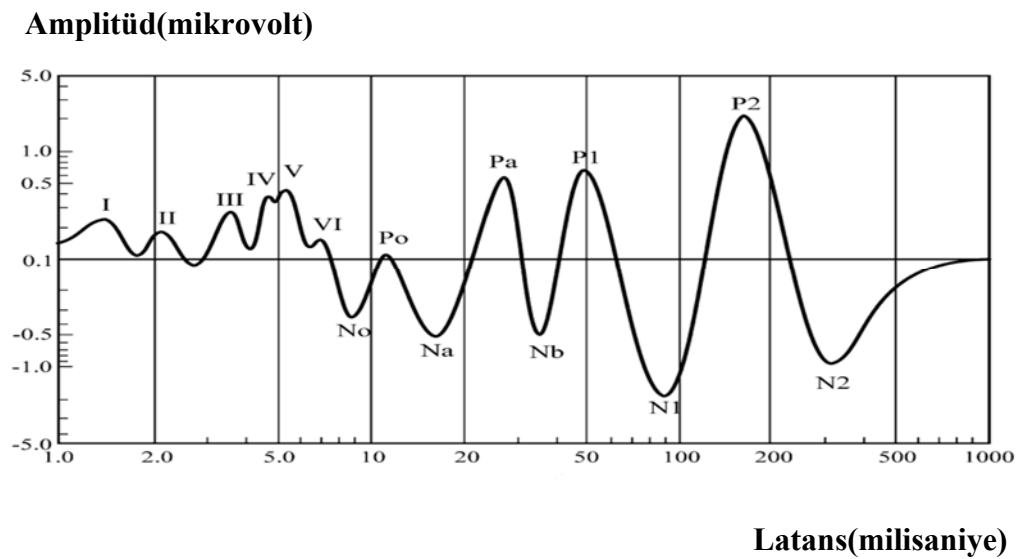
Latans(Latency)	Geçici(Transient)	Devamlı Durumda(Steady-state)	Süreklili(sustained)
İlk (0-5 msn)	Koklear Aksiyon Potansiyeli (CAP: N1,N2)	Koklear Mikrofonik (KM)	Sumasyon Potansiyeli (SP)
Hızlı (1-15 msn)	İşitsel beyin sapı Cevabı(ABR: I-VII)	Potansiyeli Takip Eden Frekans(FFR) Hızlı(>70 Hz) İşitsel Devamlı Durum Cevabı(ASSR)	Potansiyeli takip eden frekans kaidesi
Orta (10-50 msn)	Orta Latans Cevabı (MLR: Na,Pa,Nb)	40-Hz Potansiyeli	
Yavaş (30-500 msn)	Kortikal Potansiyel (P1,N1,P2,N2)	Yavaş(<30 Hz) İşitsel Devamlı Durum Cevabı(ASSR)	Kortikal Sürekli Potansiyeli(SP)
Geç (200-1000 msn)	Eşleşmeyen Negativite Cevabı (MMN);Geç Pozitif Dalgalar(P3 yada P300)		Koşullu Negatif Varyasyon(CNV)

Elektrokokleografi (*Ecochg*), 0-5 milisaniye içerisinde meydana gelen, iç kulak ve işitme sinirinden kaynak alan işitsel potansiyelin ölçülmesidir. Koklear potansiyelleri (sumasyon potansiyeli ve koklear mikrofonik) ve bileşik aksiyon potansiyelini içerir. Kayıt timpanik membrana yakın yerleşimli ya da cerrahi yöntemle promontoryuma yerleştirilen elektrotlar aracılığı ile yapılır.

İşitsel Beyin Sapı Cevabı (*Auditory Brainstem Response*), uyarının gönderilmesiyle beraber ilk 15 milisaniye içerisinde beyin sapı seviyesinde meydana gelen senkronize nöral aktivitedir. İşitme eşiklerinin tayini, işitsel nöropati spektrum bozukluğu ve diğer işitme sınırı ile alakalı işitme problemlerinde kullanılan test bataryasında yer alır.

Orta Latans Cevaplar (*Middle Latency Response*), 10-50 milisaniye arasında kaydedilen potansiyellerdir. Bir pozitif tepe (Pa) ve bir negatif tepeden (Nb) oluşur. Kaynaklarının talamus, orta beyin, ve primer işitsel korteks olduğu düşünülmektedir(15).

Geç Latanslı Cevaplar (*Late Latency Response*) ise, 50-200 milisaniye civarında elde edilen P1-N1-P2 kompleksi, 100-250 milisaniye aralığında elde edilen Eşleşmeyen Negativite Cevabı (*Mismatch Negativity*) ve 300 milisaniye civarında elde edilen P300 potansiyellerini içermektedir (15). İşitsel uyarılmış potansiyellerin dalga formları şekil 2.1'de gösterilmiştir.



**Şekil 2.1.** İşitsel Uyarılmış Potansiyeller (7).

## 2.2 İşitsel Uyarılmış Kortikal Potansiyeller

İşitsel uyarılmış kortikal potansiyeller, diğer bir deyişle geç latanslı cevaplar, akustik uyarana karşı işitsel korteks ya da temporal lob ile ilişkili alanlardan kaynak aldığı düşünülen elektrofizyolojik yanıtlardır. İşitme sisteminin gelen akustik uyarını kodladığına dair ipuçları sağlayan işitsel uyarılmış kortikal potansiyeller işitme kaybı ve konuşmayı anlama becerilerinin değerlendirilmesi açısından objektif veri sağlar. 1 saniyeden daha kısa süre içerisinde gerçekleşen nöral aktivite, kafa derisi üzerine yerleştirilen elektrotlar aracılığı ile kayıt altına alınır(13).

İşitsel uyarana karşı verilen elektrofizyolojik yanıt, kafa derisi üzerinde voltaj farklılıkları oluşturur ve kafa derisi üzerine yerleştirilen elektrotlar aracılığı ile bu voltaj farklılıkları kaydedilir. Sinyal ortalama teknikleri ile ortaya çıkarılan işitsel uyarılmış kortikal potansiyeller, belirli bir amplitüdü ( $\mu\text{V}$ ) olan dalga formları olarak gözlenir(16).

İşitsel uyarılmış kortikal potansiyeller, P1-N1-P2 kompleksi, akustik değişim kompleksi, eşleşmeyen negativite cevabı (ENC) ve P300 gibi ayırt edici potansiyelleri içermektedir(17).

### 2.2.1 P1- N1- P2 Kompleksi

P1-N1-P2 kompleksi, dikkatten bağımsız olarak kaydedilen geç latanslı işitsel uyarılmış kortikal potansiyeldir. 50-250 ms aralığında meydana gelir ve uyarının akustik özelliklerine bağlı olarak oluşur. Uyarının başlaması ile aynı anda oluştuğu için ses başlangıç (*onset*) cevabı olarak da bilinir. P1-N1-P2 kompleksini ayrı ayrı kaydetmek mümkün olsa da işitsel sistemin bütünlüğünü test etmede hepsi tek bir kayıta elde edilir. Normal işitmeye sahip yetişkin bireylerde uyarın verildikten yaklaşık 50 ms sonra pozitif tepe yapan P1, 100 ms sonra negatif tepe yapan N1 ve 180 ms sonra pozitif bir tepe yapan P2 görülür. P1'in primer işitsel korteks, subkortikal bölgeler ve hipokampüsten kaynak aldığı düşünülmektedir. Küçük çocuklarda P1 cevap amplitüdü yetişkinlere kıyasla daha büyük olmakla beraber N1 ve P2 cevap amplitüdü, normal işiten yetişkinlerde daha büyüktür(17). N1 yanıtı 100

msn civarlarında olduğu için N100 olarak da isimlendirilmektedir. İşitsel kortekste ses başlangıcını nöral olarak temsil ettiği için “başlangıç” cevabı olarak tanımlanır(18). N1 yanıtının birincil ve ikincil işitsel kortekste birden fazla kaynağı vardır(19). P2 cevabı, uyarının başlangıcından yaklaşık 175-180 ms sonra meydana gelen pozitif bir dalga formudur. P2 cevabının oluşumunda primer işitsel korteksi de kapsayan birden fazla kaynağın rol aldığı belirtilmektedir(9). P1-N1-P2 kompleksi kişinin nöral maturasyon ve uyanıklık durumundan etkilenmekte olup 6 yaşın üzerindeki çocuklarda uyanık durumda elde edilebilmektedir(20). Test esnasında uyku durumunda amplitüdlerin düşmesini engellemek için bir film gösterilerek kişinin bilişsel olarak meşgul olması sağlanır(16).

P1-N1-P2 kompleksi yaşın artmasıyla beraber değişime uğrar. P1 dalgası bebeklik ve çocukluk döneminde belirgin olarak gözlenirken yaşın artmasıyla beraber N1 dalgası ve P2 dalgası da belirginleşmeye başlar. Maturasyon ile beraber dalga latansları azalırken 12 yaş civarlarına gelindiğinde yetişkin formunu alır(21). Cinsiyet etkisine bakıldığında kadınlarda N1 cevap amplitüdünün erkeklere oranla daha büyük olduğu saptanmıştır(22).

1960’lı yılların başında P1-N1-P2 kompleksi işitme eşiklerini belirlemek için kullanılmaktaydı(23). Günümüzde ise eşik üstü işitmede nöral fonksiyonu değerlendirmek amacıyla kullanılmaktadır. Özellikle konuşma uyarılarının eşik üstü işitme testlerine eklenmesiyle beraber P1-N1-P2 kompleksinin konuşma algısını işitsel kortekste, sesin akustik özelliklerinin nöral olarak işlenmesini temsil ettiği düşünülmektedir(24). P1-N1-P2 kompleksinin kullanımı, işitsel beyin sapı yanıtının (ABR) keşfinden sonra odyometrik eşikleri tahmin etmek için odyologlar tarafından büyük ölçüde terk edilmiştir. P1-N1-P2 kompleksinden farklı olarak, ABR dikkat, uyku ve sedasyondan etkilenmez ve bireysel deneklerde yüksek oranda tekrarlanabilir (Stapells ve diğerleri, 1994, 1995). Bu nedenlerle, ABR hızla, araştırma odağı haline gelmiştir ve günümüzde, bebekleri ve küçük çocukları uyanık veya uykudayken değerlendirmek için yaygın olarak kullanılmaktadır. P1-N1-P2 kompleksi ise, işitsel korteks düzeyinde sesin nöral kodlamasını yansıttığından, yetişkin tazminat davalarında ve adli tıp hastalarında işitme eşiklerini tahmin etmek için bazen tek başına veya ABR ile kullanılır. P1-N1-P2 kompleksi, işitsel korteks düzeyinde sesin sinirsel olarak işlenmesini temsil eder. Sesin başlangıcına yanıt

olarak ortaya çıkarıldığında, sesin davranışsal olarak algılanmasını sağlayan sinyalin akustik özelliklerinin nöral kodlaması hakkında bilgi verir. Fakat bu ses başlangıç cevabı davranışsal ayırt etme kapasitesi hakkında bilgi vermez(25).

Uyaran sunum hızı ve yaşın P1-N1-P2 kompleksine olan etkisinin araştırıldığı bir araştırmada normal işiten on genç ve on yaşlı yetişkinde uyaran karmaşıklığı ve uyaran sunum hızının etkileri incelenmiştir. Ses başlangıç cevabını ortaya çıkarmak için konuşma uyarınının yanı sıra çalışmada, 1 kHz *tone burst* uyaran kullanılmıştır. Uyaranlar 510, 910 ve 1510 msn'lik 3 farklı uyaran arası boşluk kullanılarak (*interstimulus interval* (ISI)) gönderildiğinde *tone burst* uyaranda yaşlı ve genç grup arasında bir fark gözlenmezken, 910 msn ISI'da yaşlı grubun konuşma uyarısına verdiği yanıtta uzama gözlenmiştir. Aynı konuşma uyarını 1510 msn'lik ISI'da gönderildiğinde ise iki grup arasında belirgin bir fark ortaya çıkmamıştır. Bu çalışmanın sonuçları, özellikle konuşma gibi karmaşık uyarılarda, bir uyaran içinde veya uyarılar arasında hızla meydana gelen uyaran başlangıçlarının, yaşlı erişkinlerde uzun latanslı N1 ve P2 yanıtlarıyla sonuçlandığını göstermektedir. Çalışmada yaş etkisinin bir başka olası açıklaması olarak da işitsel sistemde yaşa bağlı olarak oluşan refraktör farklılıklar vurgulanmıştır. Refraktör sorunların, zamanla değişen kritik konuşma ipuçlarının algılanmasının altında yatan senkronize nöral aktiviteyi etkileyebileceği ve yaşlı insanların konuşmayı anlamada yaşadıkları zorlukların bazılarını kısmen açıklayabileceği belirtilmiştir(26).

1970'lerde Dorman tarafından yapılan bir çalışmada, N1-P2 yanıtının genliklerindeki farklılıkların sesletim başlangıç zamanındaki (SBZ) akustik ve fonetik farklılıkları yansıtıp yansıtmayacağını gözlemlemek için sentetik konuşma uyarıları kullanılmıştır. Normal işiten dinleyicilere 0 ve 20 ms /ba/ ve 40 ms /pa/ şeklinde üç farklı SBZ değerine sahip iki sentetik hece sunulmuştur. Üç uyaran, dinleyicilerin dikkati açısından çeşitli sıralarda ve çeşitli koşullar altında (0'a karşı 20 ms SBZ) ve (20'ye karşı 40 ms SBZ) fonetik kategorisindeki hecelerin eşleştirilmesini içeren çeşitli desenlerde verilmiştir. Sonuçlar, konuşma ile uyarılan potansiyellerin genliklerindeki farklılıkların fonetik kategorideki farklılıkları yansıttığını göstermiştir. SBZ'deki belirli bir fark için, uyarılmış cevap fonetik kategori içinde durumuyla karşılaştırıldığında fonetik kategori dışında sunulan uyarılar için daha büyük olmuş, N1-P2 genliğinin kategorik algılamaya katkıda

bulunan nöral kodlamayı yansıtabileceği belirtilmiştir. (Han W. 2010'da yer almıştır)(27).

Konuşma uyarılarının spektral özellikleri de insanların konuşmayı algılamasında önemli bir rol oynar. Digeser ve diğ. (2009) doğal olarak üretilen iki konuşma hecesi olan /da/ ve /ta/ ve bu hecelerin bileşenlerini kullanarak uyarılmış N1 ve P2 yanıtları üzerindeki spektro-zamansal özelliklerine etkisini araştırmışlardır. Her hece için, bütün ünsüz-ünlü hecenin yanı sıra izole ünlü ve ünsüzler (/da/, /ad/,/ta/, /at/, /d/ ve /t/) iki koşul altında sunulmuştur. 1. koşul orijinal spektrumla sunulurken 2. koşulda orijinal spektrum ile şekillendirilmiş beyaz gürültü kullanılmıştır. Böylelikle, uyarılmış cevapları ölçmek için 12 uyarın kullanılmıştır. Sonuçlar, /ta/ hecesinin N1 ve P2 yanıtlarının, izole ünsüz /t/'ye kıyasla daha kısa latansa ve daha büyük genliğe sahip olduğunu göstermiştir. Ötümlü seslere verilen yanıtlar, /ad/ ve /at/, uyarılmış yanıtlar açısından farklılık göstermemiştir. Orijinal spektruma beyaz gürültü eşlik ettiğinde, sesli ve sessiz ünsüzlerle ilişkili uyarınlar arasında N1 ve P2 gecikmesinde veya N1-P2 genliğinde önemli bir fark gözlenmemiştir. Yazarlar, uyarınların benzer veya aynı geniş bant zarflara sahip olmalarına rağmen, kısa vadeli spektro-zamansal içerikteki küçük değişikliklerin bile uyarılmış tepkileri değiştirebileceği sonucuna varmıştır(28).

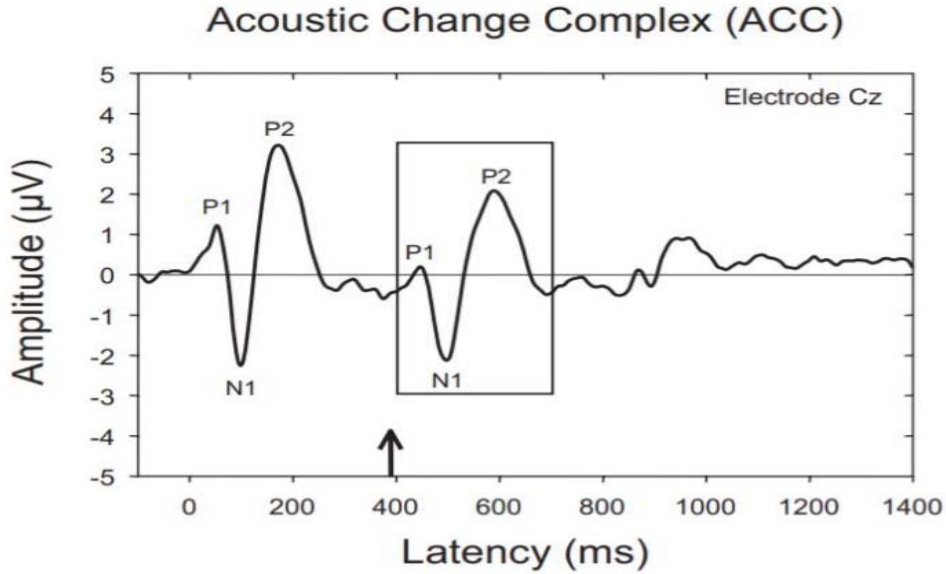
### 2.2.2. Akustik Değişim Kompleksi(ADK)

Tipik olarak *click*, *tone burst* ve kısa süreli konuşma uyarılarına yanıt olarak meydana gelen P1-N1-P2 kompleksi şiddet ve frekans modülasyonları gibi sesin içerisinde meydana gelen akustik değişimler ile de ortaya çıkabilmektedir. P1-N1-P2 modeli olarak ortaya çıkan bu dalga formu akustik değişim kompleksi olarak adlandırılmaktadır(14). ADK, beynin sesin içerisinde meydana gelen akustik değişimleri fark ettiğinin bir göstergesidir. Sadece normal işiten bireylerden değil aynı zamanda işitme kaybı olan ve işitme cihazı kullanan bireylerden de ADK cevabı elde edilebilmektedir. ADK cevabının elde edilebilmesi için farklı sayıda birçok uyarın kullanılabilir. Ünlü-ünlü, ünsüz-ünlü heceler ve tonal uyarınlar ile elde edilen ses başlangıç cevabına ek olarak ses geçişlerinde ADK dalga formu da meydana gelmektedir. Fakat konuşma uyarınları ile tonal uyarınların meydana



getirdiği ADK cevaplarında farklılıklar gözlenmiştir. Örneğin konuşma uyarılarının ADK cevabı oluşturması için gereken akustik geçiş öncesi sürenin tonal uyarılara kıyasla daha az olduğu bulunmuştur(5). Yapılan başka bir çalışmada ise gürültü varlığında /s/, /a/ ve /sa/ konuşma uyarılarının sessiz ortam ve gürültü varlığında oluşturduğu ses başlangıç ve ADK cevapları incelenmiş, /a/ konuşma uyarısının düşük sinyal gürültü oranı varlığında bile amplitüdünün korunduğu gözlemlenmiştir(29).

Martin ve Boothroyd (1999)'un yaptığı çalışmada, F2 formant frekansı 900 Hz'den 2400 Hz'ye değişim gösteren /ui/ uyarısının akustik değişim cevabı oluşturduğu gözlemlenmiştir. Uyarının verilmesiyle beraber yaklaşık 100 milisaniyede ses başlangıç cevabı olan P1-N1-P2 modeli meydana gelirken 400 msn kadar sonrasında ses başlangıç cevabıyla benzer morfolojide bir dalga modeli daha meydana gelir. Akustik değişim cevabı olarak adlandırılan bu dalga modeli, akustik değişimin gerçekleştiği zamana bağlı olarak değişmekle birlikte uyarının verilmesinden yaklaşık 500 msn sonra oluşur(30). Şekil 2.2.2 Cz elektrodundan kaydedilen 800 msn'lik /ui/ uyarısının verilmesiyle meydana gelen ADK dalga formunu göstermektedir(9).



**Şekil 2.2.** P1-N1-P2 Kompleksi ve ADK dalga formu(9).

ADK işitsel işleme ilk aşamalarında konuşmayı işleme hakkında önemli veriler sağlamaktadır. ADK dalga formunun meydana gelmesi kortikal

seviyede kişinin konuşma sesleri içerisindeki değişiklikleri fark ettiğini ve bu sesleri birbirinden ayırt etmek için yeterli nöral kapasitede olduğunu gösterir(31). ADK elde etmek için kişinin sese dikkat etmesi gerekmez ve az sayıda uyaran gönderilse dahi ADK klinik ortamda rahat bir şekilde elde edilebilir(31). ADK ayrıca iyi bir test-tekrar test güvenilirliğine sahiptir. ADK'nin güvenilirliği bir dizi çalışmada bildirilmiştir(32-33). Örneğin normal işiten yedi dinleyicide akustik ipuçlarının nöral tespitini ölçmek için doğal olarak üretilen dört konuşma sesi (/bi/, /pi/, /i/ ve /si/) kullanılmıştır. /bi/ uyararı tarafından oluşturulan ADK yanıtı, /pi/ uyararı tarafından ortaya çıkarılan yanıtta daha büyük bir genliğe ve /i/ sesine verilen yanıt, /si/ sesine verilen yanıtta daha kısa bir latans süresine sahip olmuştur. Yani, farklı akustik ipuçlarını temsil eden uyaranlar, farklı nöral paternleri oluşturmuştur. Ek olarak, bireylerden elde edilen her uyaran için ADK yanıtları, denemeler arasında stabil olmuştur. Dolayısıyla, bu sonuçlar ADK'nin dikkate değer bir test-tekrar test güvenilirliği olduğunu göstermiştir(32).

Son yıllarda çocuklarda ve bebeklerde işitme cihazı ve koklear implant kullanımının artmasıyla beraber odyoloji alanında objektif ölçümlere olan ihtiyaç da artış göstermiştir. Bu nedenle, bebeklerde ve diğer çocuklarda işitsel ayırt etmeyi yansıttığı varsayılan ADK'yi ölçebilmek hem müdahale hem de sonuçları takip açısından ve gerekli programları oluşturmak için de önem arz etmektedir. Bazı çalışmalar da ADK'nin bebeklerde ve çocuklarda kaydedilip kaydedilemeyeceğini araştırmıştır. Örneğin /u/, /i/ ve /a/ sesleri kullanılarak yapılan bir çalışmada 5 normal işiten ve 5 işitme kaybı olan çocukta /u/'dan /i/'ye ve /u/'dan /a/'ya yapılan ses geçişlerinde ADK cevabı incelenmiş, sonuçlar işitme kaybı olan çocuklarda da ADK cevabının gözlemlendiğini göstermiştir(34).

Bugüne kadar, çeşitli çalışmalar ADK ile işitsel ayırt etme ve davranışsal ölçümler arasındaki ilişkiyi araştırmıştır. Martin ve Boothroyd(1999), diğer psikofiziksel çalışmalardan elde edilenlerle karşılaştırıldığında, bir şiddet değişikliğinin oluşturduğu ADK cevap eşiklerinin davranışsal eşiklerle uyumlu olduğu sonucunu bulmuşlardır(4). He ve diğ.(2012) ise normal işiten bireylerde ADK ile çeşitli uyaran boyutlarında (zamansal, spektral ve şiddet boyutu) işitsel ayırt etmenin davranışsal ölçümleri arasındaki ilişkiyi sistematik olarak araştırmıştır. Boşluk tespiti (*gap detection*), frekans ayırt etme ve şiddet ayırt etme için

psikofiziksel eşikleri ADK eşikleriyle bireysel olarak karşılaştırmışlardır. Frekans ve şiddet ayırt etme için ADK ve davranışsal ölçümlerin önemli ölçüde ilişkili olduğunu bulmuşlardır(35).

Bazı araştırmacılar işitsel nöropati spektrum bozukluğu (İNSB) olan bireylerde ADK ile davranışsal ölçümler arasındaki ilişkiyi de incelemiştir(36-37-38). İNSB, koklear mikrofonik ve/veya otoakustik emisyonların korunduğu fakat ciddi derecede anormal işitsel beyin sapı yanıtı ile karakterize bir durumdur(39). Bu bulgu, dış tüy hücrelerinin sağlam kaldığını, ancak iç tüy hücrelerinin veya işitsel sinirlerin işlevinin bozulduğunu gösterir. İNSB'nin patofizyolojik mekanizması, temporal işleme için sağlayan nöral senkronizasyonun bozulmasıdır(40). Başka bir deyişle İNSB, konuşmayı anlamak için gerekli olan geçici (*transient*) işitsel ipuçlarının işlenmesini etkileyen bir işitme bozukluğudur. Hem normal işiten hem de İNSB olan bireylerde temporal işleme için gürültüdeki boşluklar tarafından uyarılan ADK'yi inceleyen bir çalışma, ADK'nin İNSB grubunda normal işitenlere göre daha uzun bir boşluk (*gap*) süresi ile ortaya çıktığını ortaya koymuştur. Çalışma hem normal hem de İNSB gruplarında psikofiziksel ve elektrofizyolojik olarak ölçülen boşluk fark etme eşikleri arasında yakın bir ilişki olduğunu da göstermiştir(36). Çocuklarda yapılan başka bir çalışmada da İNSB'li çocuklarda zamansal boşlukların uyardığı ADK incelenmiştir(38). Elde edilen ADK ile boşluk fark etme eşikleri ve konuşma algısı arasındaki ilişki gözlemlenmiştir. Sonuçlar uzun süreli boşluk algılama eşikleri olan çocukların daha düşük konuşma performansı sergilediğini göstermiştir. Bu nedenle, yazarlar ADK'nin İNSB'li çocuklarda kötü performans gösterenleri ve potansiyel koklear implant adaylarını belirlemek için nesnel bir araç olarak kullanılabileceğini öne sürmüşlerdir(38).

ADK, sadece konuşma uyarıları ve tonal uyarılar gibi bir sesteki diğerine geçişte değil, aynı zamanda frekans değişim rampaları ile de ortaya çıkmaktadır. Bir frekans rampası sabit giden bir frekanstaki sesin veya ses kompleksinin frekans değerinin tedrici olarak değişmesi olarak tanımlanabilir. Örneğin Weise ve diğ. (2012) sürekli devam eden seslerde sabit frekanstan yükselen frekansın oluşturduğu rampa ile alçalan frekanstan sabit frekansa geçiş rampalarının işlenmesi arasındaki farkı 3 farklı değişim hızında (10, 20, 40 Hz) işitsel uyarılmış potansiyeller kullanarak incelemişlerdir. Saf ses ve kompleks tonlar kullanarak ürettikleri

uyaranlarda sabit frekanstan yüksek frekansa geçiş rampalarında frekans rampalarına zamansal olarak kilitli P1-N1-P2 dalga formu elde etmişlerdir. Bunun yanı sıra rampalardaki frekans değişim hızları geçiş cevaplarını etkilemiş, geçiş hızı arttıkça dalga amplitüdüleri ve tepeden tepeye dalga amplitüdüleri yükselmiştir. Kompleks seslerdeki geçişlerde elde edilen dalga formlarının amplitüdüleri saf sesteki geçişlere göre daha büyük elde edilmiştir. Sadece kompleks ton kullanılarak yüksek frekanstan sabit bir frekansa geçildiğinde ise daha düşük amplitüdü P1-N1-P2 dalga formları elde edilmiş, yüksek frekanstan sabit frekansa geçiş durumlarında dalga formu oluştuğu fakat daha az nöral değişim dedektörünün devreye girdiği sonucu çıkarılmıştır(41).

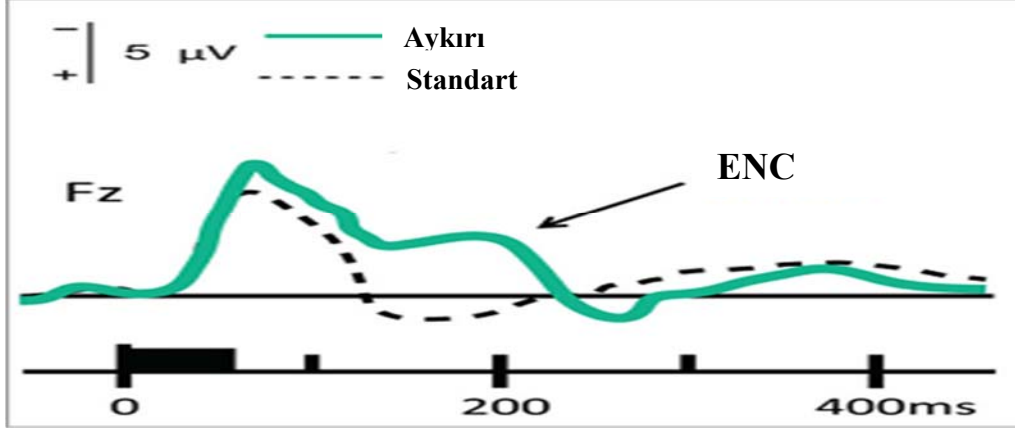
### 2.2.3. Eşleşmeyen Negativite Cevabı (ENC)

Eşleşmeyen negativite cevabı tekrarlayan işitsel uyarıdaki düzensizlikle ortaya çıkan olayla ilgili potansiyellerin (OİP) bir bileşenidir(42). Böyle bir düzensizlik, bir tonun frekansı, şiddeti veya mekânsal konumu gibi birinci dereceden özellikte standart bir sesteki sapma ile oluşabilir. Aynı zamanda, tonal dizilerdeki bir aykırı (düzensiz) özelliğin ortaya çıkması veya düzenli öğelerin düzensiz olarak tersine çevrilmeleri gibi daha yüksek dereceli özelliklerdeki sapmadan da oluşabilir. ENC ilk olarak Naatanen, Gaillard ve Mantysalo (1978) tarafından tanımlanmış, o zamandan itibaren, normal ve klinik popülasyonlarda merkezi işitsel işlemin çeşitli yönlerini incelemek için birçok deneyde bilişsel sinirbilim dalında bir araç olarak kullanılmıştır(43).

OİP kayıtlarının psikolojik ve fizyolojik düzeyler hakkında bilgi sağlama, invaziv (cerrahi) olmama, elektrofizyolojik beyin aktivitesini doğrudan yansıtma gibi faydalarına ek olarak ENC, bireyler işitsel uyarana dikkat etmediğinde bile ölçülebildiği için özel bir çalışma alanıdır. Bir başka deyişle işitsel uyarana davranışsal olarak yanıt veremeyen bireylerde de kullanılabilir. İşitsel bozukluğu olan hastalarda ENC'den yararlanmak ve farklı klinik gruplarda kortikal işitsel işlevi değerlendirmek için girişimlerde bulunulmuştur(44).

Standart sese verilen kortikal cevap, aykırı sese verilen cevaptan çıkarılırsa, frontosentral kafa derisi üzerinde, tipik olarak 100 ile 200 msn arasında zirve yapan bir negatif fark dalga formu gözlemlenebilir, bu fark dalgası ENC olarak adlandırılır (Şekil 2.2.3). Magnetoensefalografi (MEG) kayıtlarından elde edilen bulgular, farklılık tepkisinin büyük bir bölümünün işitsel kortekste üretildiğini öne sürerken (Alho, 1995; Hari ve diğerleri, 1984), son zamanlarda yapılan çalışmalar (Alho, 1995; Opitz, Rinne, Mecklinger, von Cramon, & Schröger, 2002; Rinne, Alho, Ilmoniemi, Virtanen, & Näätänen, 2000) frontal korteks jeneratörlerinin de aktivasyona katıldığını göstermektedir (Winkler, I. 2007'de yer almıştır) (45).

ENC ve işitsel ayırt etme arasındaki ilişkiyi inceleyen bir çalışmada, sol hemisfer felci ve afazisi olan 8 bireye ENC ve konuşmayı anlama testi yapılmıştır. Ton süresi ve frekans değişiklikleri (500, 1000 ve 1500 Hz) ile elde edilen 1700 uyarın, sağ ve sol kulağa inme başlangıcından 4 gün (3 ila 5 gün; ortalama, 3.6 gün), 10 gün (9 ila 10 gün; ortalama, 9.8 gün), 3 ay (60 ila 101 gün; ortalama 90.5 gün) ve 6 ay sonra (165 ila 207 gün; ortalama 182 gün) olmak üzere 4 farklı seansta sunulmuştur. ENC kayıtları sırasında bireylere sessiz bir video izlemeleri ve seslere dikkat etmemeleri talimatı verilmiştir. Felç geçirildikten yaklaşık 4 gün sonra, sağ kulak ENC amplitüdü önemli derecede düşmüş, 3 ay sonra ise normal seviyelerine gelmiştir. Sol kulak frekans değişikliği için ENC amplitüdü 6. ayda 3. aya göre önemli ölçüde daha büyük çıkmış, sol kulak uyarımının öncelikle sağ hemisferi harekete geçirdiği göz önüne alınarak, sağ hemisferde 3 ila 6 ay arasında değişim olduğu sonucuna varılmıştır. Konuşmayı anlama testindeki skorlar özellikle 10 günden 3. ve 6. aylara kadar önemli bir artış göstermiştir. 3 aya kadar olan ENC amplitüdündeki artış ve konuşmayı anlama testi(kelimeyi ayırt etme) skorlarındaki artış arasında güçlü bir korelasyon saptanmış, ENC'nin işitsel ayırt etme için kullanılabilecek önemli bir olaya ilişkin potansiyel olduğu sonucuna varılmıştır(46).



Şekil 2.3. Fz elektrodundan kaydedilen Eşleşmeyen Negativite Cevabı(47).

#### 2.2.4. P300 Dalgası

P300 dalgası, dinleyicinin verilen uyarın dizisindeki düzenliliklerin bozulmasına dikkat etmesiyle ortaya çıkan parietosantral bir pozitifliktir. Normal işitmeye sahip bir bireyin sunulan uyarınlar arasında, düzeni bozan (aykırı) uyarana dikkat etmesiyle uyarının verilmesinden yaklaşık 300 ms sonra pozitif bir dalga meydana geldiği için P300 adını almıştır. İşitsel uyarılmış geç potansiyellerdeki üçüncü ana pozitif tepe noktası olduğu için “P3” dalgası olarak da adlandırılır(48).

İlk olarak Sutton ve diğ. P300 dalgasını tanımlamışlardır(8). Sunulan uyarınlar arasında meydana gelme sıklığı daha düşük olan aykırı uyarının katılımcı tarafından tespit edilmesi ile elde edilen bir bileşendir. ENC 'de olduğu üzere *Odd-ball* paradigması kullanılarak oluşturulan P3 yanıtı, uyarana dikkat gerektiği için ENC'den ayrılır. İşitsel ayırt etmede problem yaşayan ya da bilişsel becerileri zayıflamış bireylerde P300 dalgasının latansı uzar ve genliği düşer. P300 dalgasının intra-serebral jeneratörü bilinmemekle beraber neokorteks ve hipokampus birleşme noktalarının potansiyeli oluşturduğu varsayılmaktadır(48). Uyarının fiziksel özelliklerinden etkilenmediği için endojen bir potansiyeldir ve bilişsel düzeyde bir işlemeyi gösterdiği için eşik üstü işitsel ayırt etmeyi yansıtır. P300 dalgasının nöral jeneratörleri henüz tam olarak anlaşılmamış olsa da en sık beyin ve bilişsel işlev bozukluklarında araştırılmıştır(49). Bu nedenle bilişsel problemi olan bireylerde(örn; şizofreni, alzheimer) P300 dalgasının elde edilmesi beklenmez. P300 dalgasının

genliği, topografik olarak frontalden parietale doğru uzanan Fz, Cz ve Pz elektrotlarından alınan dalga formlarıyla elde edilmektedir.

Musiek ve diğ. (2005) geleneksel davranışsal test yöntemlerine yanıt veremeyen popölasyonlarda işitme eşik seviyesinin bir göstergesi olarak P300 yanıtının kullanılıp kullanılamayacağını araştırmışlardır. Çalışmada normal işiten 16 bireyin davranışsal eşikleri, P300 (P3) eşikleri ve eşik üstü ölçümleri elde edilmiştir. Bireyler, uyarın olarak 1000 Hz (daha sık) ve 2000 Hz (daha az) tonlarını kullanan klasik bir *oddball* paradigmasını takip etmiş; P3, 16 bireyin tümü için davranış eşik seviyelerinde veya 5 dB üzerinde elde edilirken bu eşiklerin davranışsal eşiklerle uyumu N1 ve P2 ye göre daha fazla olmuştur. P3 ayrıca eşik ve eşik üstü seviyelerde amplitüd ve latans açısından N1 ve P2 ile karşılaştırılmış; çalışmanın sonuçları, *oddball* paradigmasına verilen P3 yanıtının eşik seviyelerinde bile güçlü bir potansiyel olduğunu göstermiştir. Eşik seviyelerinde P3 cevabı, N1 veya P2 işitsel uyarılmış cevabından çok daha büyük amplitüdle ortaya çıkmıştır. Çalışmada P3'ün, tek sayı paradigmasının basit sayma görevini yerine getirebilen ancak daha geleneksel odyometrik yöntemlere tutarlı bir şekilde yanıt veremeyen her yaştaki hastada eşik belirlemeleri için geç kortikal potansiyeller arasında kullanılabilcek en iyi seçenek olduğu sonucuna varılmıştır. Bu durumun, koklear implant adayı olan ileri derecede işitme kayıplı bireyler ve bilişsel olarak zorlanan bireyleri de kapsayacağı, fakat odaklanma ve göreve dikkat etmenin P3'ün klinik kullanımı açısından önemli bir limitasyon olduğu belirtilmiştir(50).

Genel itibari ile işitsel uyarılmış kortikal potansiyeller işitsel uyarınların farklı kortikal bölgelerdeki oluşturduğu etkiyi temsil etmektedir ve bu etki sesi fark etmekten sesi ayırt etmeye kadar uzanan bir düzeyde farklı işitsel işlemlerin işitsel korteksteki karşılıklarına denk gelmektedir. ADK da bahsedildiği üzere uyarındaki değişimin fark edilmesinin bir gösterimidir. Konuşma sesleri ve tonal uyarınların başlamasından yaklaşık 100-200 ms sonra meydana gelen P1-N1-P2 bileşenleri ses başlangıcına verilen bir cevapken bu uyarınların frekans, amplitüd gibi özelliklerinin değişimi ile de aynı morfolojiye sahip, bu değişimlere zamansal olarak kilitli P1-N1-P2 dalga formları meydana gelmektedir. ADK da ses başlangıç P1-N1-P2 kompleksi ile benzer morfolojiye sahip olmasına rağmen en büyük farkı ADK'nın bir akustik

değişim ile meydana gelmesidir ve bu değişimi sağlayan bileşen ise formant frekans değişimidir(4). Örneğin ADK cevaplarını toplamak için sıklıkla kullanılan /ui/ sesinde; /u/ sesinden /i/ sesine geçişte f1 ve f3 formant frekansları sabit olup f2 formant frekansı önce sabit (/u/ sesinde) sonra bir frekans rampası oluşturacak şekilde yükselen ardından yeni ulaştığı değerde (/i/ sesi) sabit devam eden bir özelliğe sahiptir. Bu noktada /ui/ uyarını ile oluşan ADK cevabının geçiş sırasında gerçekleşen F2 frekans rampasından ve/veya rampa sonrası ortaya çıkan /i/ sesi ile oluştuğu düşünülebilir. Nitekim daha önceki çalışmalarda gösterildiği üzere frekans rampaları da frekans değişimine bağlı P1-N1-P2 cevapları oluşturmaktadır (41). Bu bakımdan mevcut araştırmada da kullanılan /ui/ uyarını ile oluşan ADK cevabının /u/ sesinden sonra gerçekleşen F2 formant frekans rampasının mı, rampadan sonra gerçekleşen /i/ sesinin mi, yoksa frekans rampası ve /i/ sesinin toplam bir cevabı mı olduğu henüz bilinmemektedir. İşitsel uyarılmış kortikal potansiyeller üzerinde yapılan çalışmalarda kullanılan frekans rampaları da tek başlarına bir değişim cevabı (P1-N1-P2) oluşturmak için yeterli görünmektedir(41-51). Fakat bu çalışmalarda, bizim değişim cevabı olarak nitelendirdiğimiz ADK'yı elde edebilmek için frekans rampası ve rampadan sonra gelen sesin ayrı olarak sunulup, bu akustik değişikliklerin oluşturduğu cevaplar karşılaştırılmamıştır. Nitekim bu çalışmada, uyarandaki değişikliği fark etme hakkında önemli bilgiler sağlayan ADK cevabının tam olarak hangi değişimle ilişkili olduğunu, formant frekans değişiminin (F2 frekans rampası) ve ardından gelen /i/ sesinin bu cevabın oluşmasına nasıl katkıda bulunduğunu belirlemek amaçlı inceleme yapılmıştır.



### 3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışma Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Odyoloji Anabilim Dalı Odyoloji Programı kapsamında yüksek lisans tezi olarak yapılmıştır. Hacettepe Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'ndan GO22/574 kayıt numarası ile 7 Haziran 2022 tarihinde izin alınmıştır (Ek-1). Çalışmaya katılım gönüllülük esasına dayalı olup çalışmaya katılan bireylerden yazılı izinleri alınmıştır.

#### 3.1. Katılımcılar

Çalışmaya 18-30 yaş arası 11 erkek 10 kadın katılmış olup toplam 21 birey çalışmaya alınmıştır. Çalışmaya katılım gönüllülük esasına dayalı olmuş, bütün katılımcılardan yazılı izin alınmıştır. Çalışmaya katılan 1 erkek katılımcının verileri EEG kayıtlarındaki aşırı artefakt sebebi ile analize dâhil edilmemiştir. Bireylerin yaş ortalaması  $25,35 \pm 3,09$  yıl olup demografik bilgileri Tablo 3.1'de sunulmuştur.

**Tablo 3.1** Katılımcıların demografik özellikleri.

Cinsiyet		Örneklem(N)	Ort±ss
	Erkek	10	25,35±3,09
Kadın	10		
Yaş	En küçük	18	
	En büyük	30	

Aşağıdaki kriterleri sağlayan bireyler çalışmaya dahil edilmiştir.

- 1) Herhangi bir nörolojik ve psikiyatrik problemi olmamak,
- 2) Eğitim-öğretim programının müzik dersleri haricinde amatör /veya profesyonel olarak sözlü veya enstrümantal müzikle uğraşmamış olmak,
- 3) İşitme kaybı veya herhangi bir işitme patolojisine sahip olmamak,
- 4) Geçirilmiş herhangi bir orta kulak problemine sahip olmamak,
- 5) Psikiyatrik ilaç kullanmamış olmak

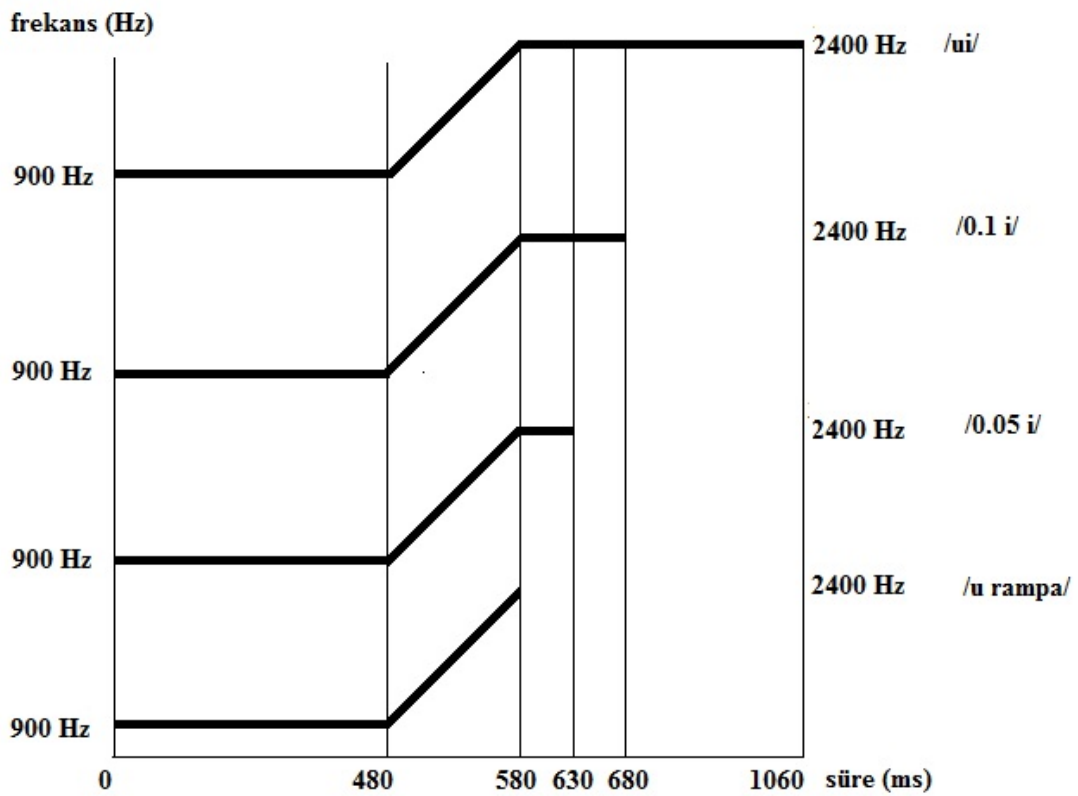
Aşağıdaki kriterlerden en az birine sahip olan bireyler çalışmaya dahil edilmemiştir.

- 1) Nörolojik veya psikolojik bir probleme sahip olmak,
- 2) Eğitim-öğretim programının müzik dersleri haricinde amatör ve/veya profesyonel olarak sözlü veya enstrümantal müzikle uğraşmış olmak,
- 3) İşitme kaybı veya herhangi bir işitme patolojisine sahip olmak,
- 4) Geçirilmiş herhangi bir orta kulak problemine sahip olmak,
- 5) Psikiyatrik ilaç kullanmış olmak

### 3.2. Uyarılar

Uyaranların hazırlanmasında Martin ve Boothroyd (2000)'in çalışmasındaki /ui/ uyarı baz alınmıştır. Praat 64-bit programı (52) ile 1060 ms süreli /ui/ uyarı oluşturulmuştur. “standart /ui/” uyarı, f1 formant frekansı 300 Hz’de sabit kalırken, f2 formant frekansı başlangıçtan 480 ms sonra 100 msn’lik bir sürede 900 Hz’den 2400 Hz’e geçiş yapmaktadır, f3 formant frekansı ise 3000 Hz değerinde sabit kalmaktadır. Sonrasında “standart /ui/” uyarı manipüle edilerek (f1 ve f3 formantları standart /ui/ uyarı ile aynı olmak üzere) üç farklı uyarı daha oluşturulmuştur. Bunlar /u/ sesi ile /u-i/ f2 formant frekans rampasının olduğu 580

ms'lik "u rampa" uyarını, /u/ sesinin, frekans rampasının ve /i/ sesinin bir kısmının çıkarıldığı 680 ms süren "0.1 i" uyarını ve /i/ sesinin çok az bir kısmının olduğu 630 ms'lik "0.05 i" olarak adlandırılmak üzere üç uyarandır. Uyarıların F2 formant frekans rampaları şekil 3.2.'de gösterilmiştir. Her bir katılımcıya bir oturumda, 4 uyarının her biri rastgele gelecek bir şekilde 70 dB SPL şiddetinde 25 defa sunulmuş olup toplam 8 oturum gerçekleştirilmiştir. Oturumlar arası katılımcının dinlenmesi için kısa molalar verilmiştir.



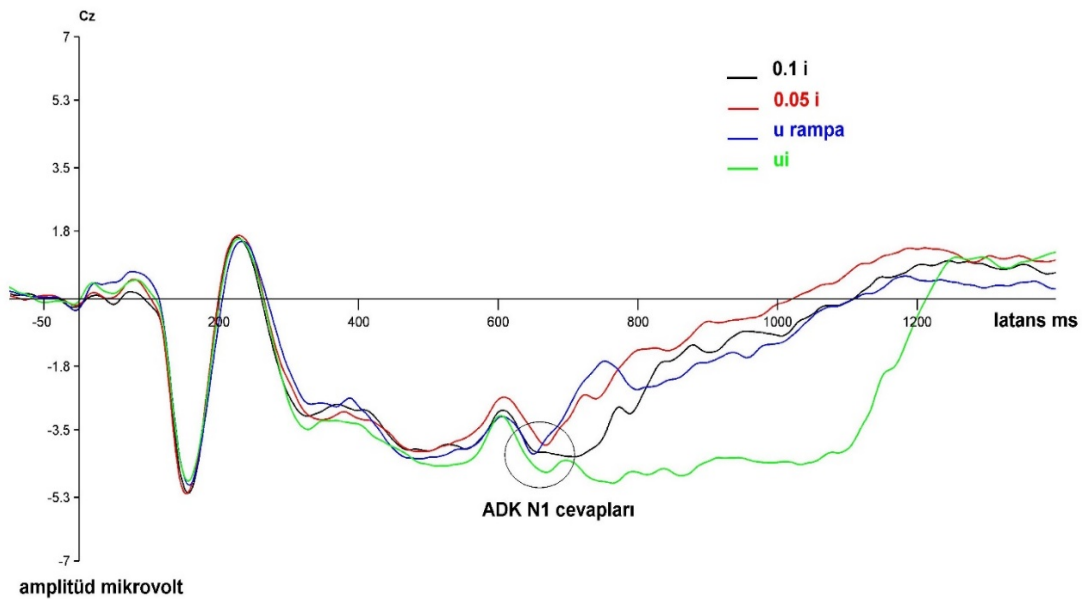
Şekil 3.2. Uyarıların f2 formant frekans rampalarının doğrusal gösterimi.

### 3.3. Elektrofizyolojik Ölçüm

Elektrofizyolojik değerlendirme, faraday kafesli odada, Neuroscan 4.3 EEG sistemi ile 20 kanallı kayıt kullanılarak yapılmıştır. Katılımcılar, rahat bir koltuğa oturtularak baş üzerine üstüne 20 kanallı EEG kepi, her iki kulak memesine de referans elektrodlar yerleştirilmiştir. Kep üzerindeki deliklerden gümüş elektrodlar aracılığı ile saçlı deri arasına iletken EEG jeli, küt uçlu şırınga yardımı ile aktarılmıştır. Tüm elektrodlarda impedans değeri 0-5 ohm arasında bir değere ulaştığında teste başlanmıştır. Test esnasında katılımcılara 0° azimutta baş hizasından 1 metre uzaklığa yerleştirilmiş bir hoparlör arayıcılığıyla uyarılar sunulurken katılımcılar alt yazısı olmayan sessiz bir film izlemişlerdir.

### 3.4. Uyarılmış Potansiyellerin Analizi

EEG analizleri EEG Lab (53) ve ERP Lab (54) ile gerçekleştirilmiştir. EEG kayıtlarında zamana kilitli yanıtları elde etmek için 0.1-30 Hz band geçişli filtre ve 50 Hz çentikli filtre kullanılmış, -100-1400 ms arasında bir zamansal pencerede uyarılmış potansiyeller çıkarılmıştır. Her katılımcı ve her uyarı için ortalanan dalga formları elde edilmiştir. Bütün katılımcılardan her dört uyarı ile Cz elektrodundan elde edilen ortalanan dalga formları şekil 3.4.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.4. Cz elektrodundan elde edilen ses başlangıç ve ADK N1 cevapları.

### 3.5. Dalga Tepe Noktalarının Saptanması

Bütün katılımcıların Cz elektrodundan elde edilen farklı uyaranlar için averajlanmış dalga formlarından uyarılmış potansiyel grafikleri oluşturulmuş, ADK N1 ve P2 tepe noktaları işaretlenmiştir. Her bir uyaran için bütün katılımcılardan elde edilen averajlanmış dalga formlarında işaretlenen bu N1 ve P2 tepe noktalarının latans değerleri baz alınarak  $\pm 50$  ms'n'lik bir zamansal pencere oluşturulmuş, her katılımcının bireysel dalga formlarında bu zamansal pencereler içerisindeki maksimum pozitif (P2) ve negatif (N1) tepe noktaları otomatik olarak ERP Lab programı ile belirlenmiştir. Cz elektroduna yakın olan elektrotlardaki (Fz ve Pz) dalga formları da göz önüne alınarak bu tepe noktalarının doğrulukları araştırmacılar tarafından teyit edilmiştir. Zamansal pencerelerde ERP programı tarafından otomatik olarak işaretlenen fakat aslında işitsel uyarılmış cevap olmayan dalga tepe noktaları tespit edilip gerçek cevabın olduğu tepe noktaları, araştırmacılar tarafından manuel olarak işaretlenmiştir. Aşağıda 4 farklı /ui/ uyaranı için oluşturulan pencere aralıkları tablolar (tablo 3.5.1, tablo 3.5.2) halinde sunulmuştur.

**Tablo 3.2. 4 Farklı /ui/ Uyaranı ile elde edilen ADK N1 Cevaplarının belirlendiği Pencere Aralıkları.**

		Üst Değer	Ortalama Latans	Alt Değer
/ui/	uyaranı	718 ms	668 ms	618 ms
/0.1 i/	uyaranı	760 ms	710 ms	660 ms
/0.05 i/	uyaranı	718 ms	668 ms	618 ms
/u rampa/	uyaranı	700 ms	650 ms	600 ms

**Tablo 3.3. 4 Farklı /ui/ Uyararı ile elde edilen ADK P2 Cevaplarının belirlendiği Pencere Aralıkları.**

		Üst Değer	Ortalama Latans	Alt Değer
/ui/	uyararı	746 ms	696 ms	646 ms
/0.1 i/	uyararı	824 ms	774 ms	724 ms
/0.05 i/	uyararı	774 ms	724 ms	694 ms
/u rampa/	uyararı	802 ms	752 ms	702 ms

Çalışmaya katılan her katılımcı için kaydedilen ADK N1 yanıtlarının amplitüd ve latans değerleri, P2 yanıtlarının da amplitüdüleri elde edildikten sonra N1 amplitüdülerinden P2 amplitüdüleri çıkarılarak N1-P2 tepeden tepeye amplitüd değerleri elde edilmiştir. Sonuç olarak her 4 uyararı için her katılımcıdan ADK N1-P2 tepeden tepeye amplitüdüleri ve ADK N1 latansları elde edilmiştir.

### 3.6. İstatistiksel Değerlendirme

Veriler IBM SPSS Statistics 23.0 programı kullanılarak analiz edilmiştir. 4 uyararı arasında N1-P2 tepeden tepeye amplitüd değerleri ve N1 latansları açısından anlamlı bir farklılık olup olmadığı bağımlı örneklemlerde Friedman çift yönlü varyans analizi ile incelenmiş, ikili karşılaştırmalarda ise bonferroni post-hoc düzeltilmesi ile inceleme yapılmıştır. Analiz edilen istatistiksel değerlendirmeler  $p < 0.05$  anlamlılık düzeyinde karşılaştırılmıştır.

## 4. BULGULAR

### 4.1. Tanımlayıcı İstatistiksel Analizler

Çalışmaya katılan 20 bireyden 4 farklı uyaran ile elde edilen ADK N1-P2 tepeden tepeye amplitüdüleri ve N1 latanslarının ortanca, maksimum ve minimum değerleri tablo 4.1’de verilmiştir.

**Tablo 4.1.** Uyarılara ilişkin tanımlayıcı istatistiksel veriler.

Uyaran	Uyaran parametresi	N	Ortanca	Maksimum	Minimum
Standart /ui/	adk_amp_ui	20	-1,647 $\mu$ V	-0,235 $\mu$ V	-5,853 $\mu$ V
	adk_lat_ui	20	666 ms	760 ms	632 ms
/0.1 i/	adk_amp_0.1_i	20	-2,378 $\mu$ V	-1,279 $\mu$ V	-5,853 $\mu$ V
	adk_lat_0.1_i	20	681 ms	736 ms	638 ms
/0.05 i/	adk_amp_0.05_i	20	-2,573 $\mu$ V	-0,258 $\mu$ V	-5,230 $\mu$ V
	adk_lat_0.05_i	20	670 ms	706 ms	630 ms
/u rampa/	adk_amp_u_rampa	20	-2,957 $\mu$ V	-7.011 $\mu$ V	-0,882 $\mu$ V
	adk_lat_u_rampa	20	652 ms	690 ms	612 ms

adk amp: Akustik değişim cevabının N1-P2 tepeden tepeye amplitüdü

adk lat: Akustik değişim cevabının meydana gelme süresi

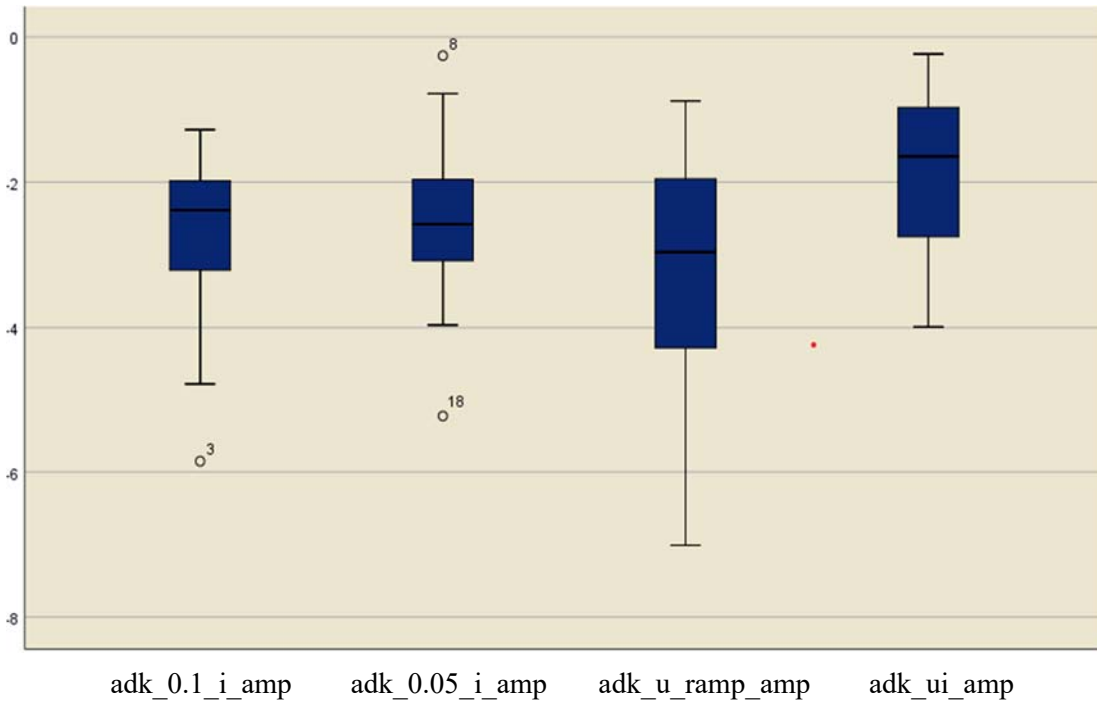
$\mu$ V: mikrovolt

ms: milisaniye

\*Normal dağılım göstermeyen ( $\alpha < .05$ ) verilerde ortanca değer verilmiştir.

#### 4.2. Farklı Uyarıların Oluşturduğu ADK N1-P2 Tepeden Tepeye Amplitüdlerinin Karşılaştırılması

Farklı uyarıların N1-P2 tepeden tepeye amplitüdlerinin karşılaştırılması için uygulanan Friedman Bağımlı Örneklerde Çift Yönlü Varyans Analizi sonuçları, amplitüdlerin 4 uyarı arasında farklı olduğunu göstermiştir ( $p=0.032$ ). Sonrasında, Bonferroni düzeltmesi ile yapılan ikili karşılaştırmalarda “u\_ramp” uyarısının oluşturduğu N1-P2 tepeden tepeye amplitüdünün ( $Md=-2.957$ ), “standart ui” uyarısına göre ( $Md=-1.647$ ) anlamlı seviyede daha yüksek olduğu gözlenmiştir ( $p=0.029$ ). Diğer ikili karşılaştırmalarda istatistiksel açıdan anlamlı farklılık gözlenmemiştir ( $p>0.05$ ). Uyarılar arası N1-P2 tepeden tepeye amplitüd karşılaştırmaları şekil 4.2.’de gösterilmiştir.

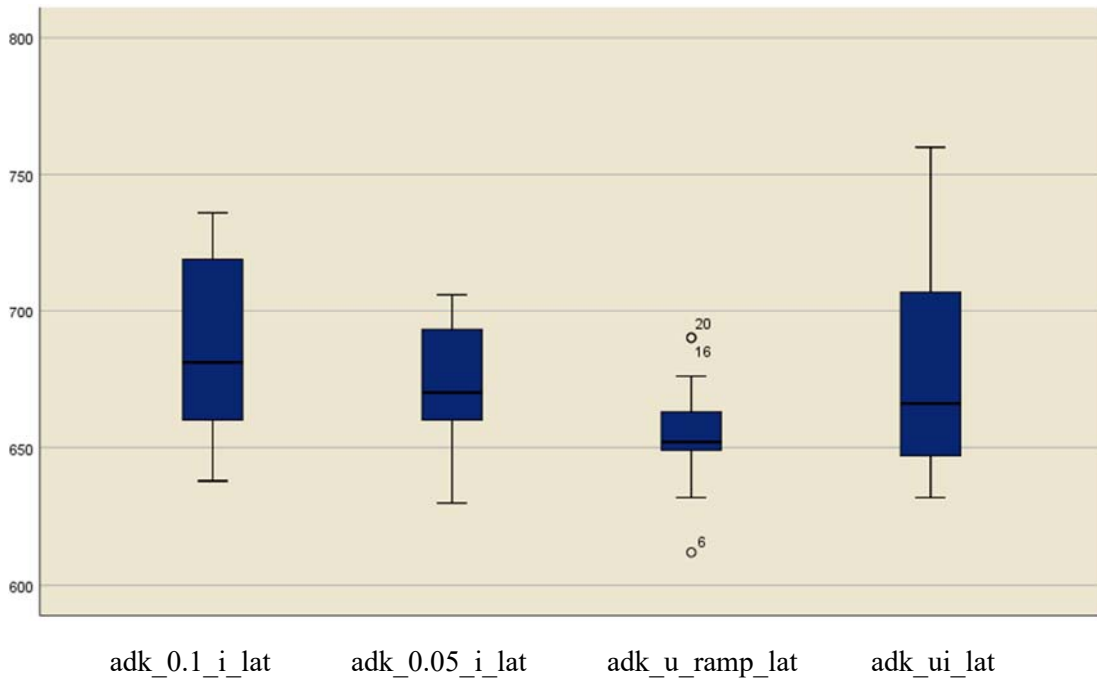


**Şekil 4.2.** Farklı uyarıların oluşturduğu ADK N1-P2 tepeden tepeye amplitüdlerinin kutu-çizgi grafiğinde gösterimi(mikrovolt).



### 4.3. Farklı Uyaranların Oluşturduğu ADK N1 Latanslarının Karşılaştırılması

Farklı uyaranların oluşturduğu ADK N1 latanslarının karşılaştırılması için uygulanan Friedman Bağımlı Örneklerde Çift yönlü varyans analizi sonuçları, 4 uyaran arasında latans ortancaları bakımından istatistiksel açıdan anlamlı bir fark olduğunu göstermiştir ( $p=0.002$ ). Bonferroni post-hoc düzeltmesi ile yapılan ikili karşılaştırmalarda “u\_rampa” uyaranının oluşturduğu ADK N1 latansının ( $Md=652$ ), “0.1\_i” uyaranına göre ( $Md=681$ ) anlamlı seviyede daha kısa olduğu gözlenmiştir ( $p=0,001$ ). Diğer ikili karşılaştırmalarda istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir ( $p>0.05$ ). Uyaranlar arası ADK N1 latans karşılaştırmaları şekil 4.3.’de gösterilmiştir.



**Şekil 4.3.** Farklı uyaranların oluşturduğu ADK N1 latanslarının kutu-çizgi grafiğinde gösterimi(milisaniye).

## 5. TARTIŞMA

Günlük yaşantımızda iletişim kurarken birçok görsel ve işitsel ipucundan faydalanırız. Biz farkında olmasak da arka planda işitsel sistemimiz gelen karmaşık uyarınları birbirinden ayırır, gereksiz olanları ayıklar ve gerekli bilgiyi aralarından bir filtreleme işlemine tabi tutarak mesajın anlamlandırılmasını sağlar. Beynimiz, işitsel bir görev esnasında, gelen konuşma sinyalini duymanın da ötesinde sesler arasındaki enerji geçişlerinden faydalanarak yani işitsel ayırt etme yaparak sinyali anlamlandırma sürecine katkı sağlar. Yaşlı bireylerde daha sık rastlanılan “duyuyorum fakat ne söylendiğini anlamıyorum” şikâyeti işitme sisteminde iç kulaktan daha üst bölgelerde, beyne giden sinyalin işlenmesinde meydana gelen sorunlardan kaynaklanmaktadır(56). İşitme kaybı, yaşlanma ve gürültü işitsel ayırt etmeyi etkileyen en önemli faktörlerdendir. Gönderici ve alıcı arasında sağlıklı bir iletişim için seslerin ayırt edilmesi, gelen mesajın doğru algılanabilmesi adına önem arz etmekte, ayırt etmede yukarıda belirtilen faktörlerden herhangi birinde sorun olması durumunda, bireylerde bir daha iletişime geçmeme, içine kapanık bir ruh haline sahip olma ve kalabalık ortamlardan kaçınmak gibi psikolojik çıktıları olabilmektedir. İşitme cihazı, koklear implant, yardımcı dinleme cihazları ve işitsel işleme ile ilgili yapılan rehabilitatif yaklaşımlar işitsel ayırt etme becerisinde yaşanan sıkıntıyı gidermek için günümüzde kullanılan alternatif çözümlerin başında gelmektedir. Fakat işitsel ayırt etme becerisini değerlendirmek için oluşturulmuş bir standart bulunmamaktadır. Geleneksel işitme testlerinde kullanılan konuşmayı ayırt etme testleri yeterli veri sağlayamamakta, işitsel uyarılmış kortikal potansiyeller(İUKP), işitsel yolda daha üst bölgeler hakkında işitsel ayırt etmeyi değerlendirme açısından daha net bilgiler verebilmektedir.

İşitsel uyarılmış kortikal potansiyeller arasında akustik değişim kompleksi (ADK) konuşma veya müzik gibi karmaşık işitsel uyarınlara işlenmesini yansıtır ve akustik uyarandaki değişimin saptanması ve değerlendirilmesinde rol alan işitsel süreçlerle ilişkilidir. Genel olarak ADK, beynin karmaşık işitsel uyarınlara nasıl işlediğini anlamak için yararlı olan ve işitsel algı, dikkat ve hafızanın altında yatan mekanizmalar hakkında bilgi sağlayabilen önemli bir İUKP bileşenidir. Hem tonal

hem de konuşma uyarıları kullanılarak işitsel ayırt etme hakkında veri sağlamakta beraber konuşma uyarılarının ADK oluşumunda azımsanmayacak derecede rol oynadığı düşünülmektedir. Örneğin hem tonal hem de konuşma uyarılarının kullanıldığı bir çalışmada ADK cevabı oluşurken formant frekansları değişim gösteren rampalarda geçiş öncesi süreler karşılaştırılmış; tonal uyaranda minimum geçiş öncesi süre 100 ms iken konuşma uyarısında 80 ms, ADK cevabının oluşumu için yeterli olmuştur(5).

ADK'nın, devam eden bir sesteki akustik değişimden kaynaklı meydana gelen bir dalga kompleksi (P1-N1-P2) olduğu için nöral işlemlenin altında yatan davranışsal ayırt etme kapasitesinin bir göstergesi olduğu ve işitme cihazı, koklear implant kullanan bireylerden dahi elde edilmesinin diğer test bataryalarına göre ona avantaj sağladığı belirtilmektedir(3). Bu bakımdan özellikle geleneksel ayırt etme testlerine kooperatör olamayan bireyler ve çocuklar için klinikte avantaj sağlayan alternatif bir çözüm olabilir. Nitekim ADK cevabı ile işitsel davranışsal test sonuçları arasında ilişki mevcuttur. Örneğin He ve diğ. (2012) 26 genç yetişkin üzerinde frekans ve şiddet ayırt etme ile ilgili elektrofizyolojik ve psikofiziksel ölçümler yapmışlardır. Elektrofizyolojik ölçümlerde frekans ve şiddet artışı ve boşluklar içeren uyarılarla ADK'yı kaydetmişlerdir. Yapılan çalışmada elektrofizyolojik test sonuçları ile davranışsal ölçümler arasında korelasyon bulunmuş, özellikle şiddet ayırt etme testindeki eşik seviyeleri, frekans ayırt etme ve boşluğu fark etme testlerindeki eşiklerden daha yüksek bulunmuştur(35). Bir başka çalışmada ise 60 postlingual koklear implant kullanıcısı ile ADK ve psikoakustik ayırt etme testleri arasındaki korelasyon incelenmiştir. Çalışmada bireylerden ADK elde edilmesine rağmen psikoakustik işitsel ayırt etme testiyle uyumlu bir sonuç bulunmamıştır. Bunun sebebinin farklı elektrotlardan gelen gürlük algısının ADK ölçümüne katkıda bulunmasından kaynaklı farklı sonuç vermiş olabileceği yönündedir. Bu bireylerden ADK elde edilmesine ek olarak daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulduğu belirtilmiştir(57). Tek taraflı koklear implant kullanan 28 yetişkin birey ile yapılan başka bir çalışmada ise /ui/ uyarıları kullanılarak ses başlangıç ve ADK cevapları elde edilmiş, davranışsal test olarak da akustik değişimi fark etme testi yapılmıştır. ADK ve davranışsal ölçümün karşılaştırıldığı bu çalışmada bireyler arasında anlamlı korelasyon bulunamamıştır. Bireyler davranışsal akustik değişim fark etme testi

sonuçlarına göre iki kümeye ayrılmış, kümelerin ortalama ADK amplitüdüleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuş, ortalama ADK N1 latans bulguları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmemiştir. Bu durum araştırmacılara ADK amplitüdünün işitsel ayırt etmede ADK latansından daha iyi bir öngörücü olabileceğini düşündürmüştür(58).

Konuşma uyarıları ve tonal uyarılar kullanılarak ADK elde edilirken değişim cevabının gürültüden etkilenip etkilenmediği de incelenmiştir. Bir çalışmada /s/, /a/ ve /sa/ uyarıları kullanılarak sessiz ortam ve gürültülü ortamda ses başlangıç ve ADK cevapları incelenmiş, /sa/ uyarısı içerisindeki /a/ uyarısının sinyalin azalıp gürültünün arttığı durumda dahi ADK cevabını oluşturması, gürültü ortam varlığında bile ADK'nın elde edilebileceğini, uyarandaki periyodisite özelliğinin gürültü içerisinde bile nöral gösterimlerin güçlü olmasını sağladığını göstermiştir(29).

ADK cevabının hangi gürültüden ne derecede etkilendiği konusu ise Niemczak ve Werff (2019) tarafından incelenmiştir. Araştırmacılar ses başlangıç ve ADK cevaplarını farklı gürültü koşullarında kaydetmiştir. Sessiz ortam, iki konuşmacılı *babble* gürültüsü, sekiz konuşmacılı *babble* gürültüsü ve konuşma uyarısı ile şekillendirilmiş gürültü olmak üzere toplam 4 farklı durumda /ui/ uyarısı kullanılarak ses başlangıç ve ADK cevapları incelenmiş, sessiz ortamda alınan kayıtlara göre tüm gürültü koşullarında ADK ve ses başlangıç cevabı alan amplitüdüleri, ses başlangıç N1 ve P2 amplitüdüleri ve N1-P2 tepeden tepeye amplitüdüleri önemli derecede azalmıştır. Konuşma uyarısı ile şekillendirilmiş gürültüye göre *babble* gürültüsünde tüm amplitüd değerleri anlamlı derecede azalma göstermiştir. Yine aynı şekilde ses başlangıç cevabında sessiz ortama göre tüm gürültü koşullarında latanslarda uzamalar görülmüştür. Sonuçlar arka plan gürültülerinin ADK ve ses başlangıç cevaplarında amplitüdüleri azaltıp latanslarda uzamalara sebep olduğu fikrini desteklemiş buna ek olarak gürültü tipinin de önemli etkisi olduğu vurgulanmıştır. Özellikle iki konuşmacılı *babble* gürültüsü ve sekiz konuşmacılı *babble* gürültüsünün konuşma uyarısı ile şekillendirilmiş gürültü koşuluna göre amplitüdüleri üzerinde daha fazla etkileri olmuştur. Bununla beraber ADK cevapları ses başlangıç cevaplarına kıyasla gürültü koşullarından daha fazla etkilenmiş, ses başlangıç cevapları gürültü koşullarında belirgin olarak kaydedilirken

ADK cevaplarının dalga morfolojilerinde önemli derecede bozulmalar meydana gelmiştir(59).

ADK ve ses başlangıç cevapları gürültü varlığında Yaralı (2020)'nin çalışmasında da incelenmiş ve yukarıdaki çalışmayı destekler nitelikte sonuçlar bulunmuştur. +10 dB ve 0 dB sinyal-gürültü oranında (SGO) beyaz gürültü ve sessiz ortam koşulunda 1000 milisaniye süren /ui/ uyararı kullanılarak, normal işiten 21 genç yetişkinden ses başlangıç ve ADK işitsel kortikal N1-P2 yanıtları elde edilmiştir. +10 dB SGO koşulunda akustik değişim N1-P2 tepeden tepeye amplitüdüleri azalmış ve N1 latansları sessiz duruma göre uzamıştır. +10 dB SGO koşulunda ses başlangıç N1 latanslarında ve N1-P2 tepeden tepeye amplitüdülerde anlamlı bir değişiklik olmamıştır. 0 dB SGO koşulunda ADK yanıtları gözlenmemiş, ancak ses başlangıç N1-P2 tepeden tepeye amplitüdüleri önemli ölçüde azalmış ve ses başlangıç N1 latansları, sessiz ortam ve +10 dB SGO koşullarına kıyasla önemli ölçüde uzamıştır. Ses başlangıç ve ADK N1 latansları ve N1-P2 tepeden tepeye amplitüdüleri sessiz durumda önemli ölçüde fark göstermezken, +10 dB SGO'da ise ADK N1 latansları ses başlangıç latanslarından daha uzun ve N1-P2 tepeden tepeye amplitüdüleri ses başlangıç cevap amplitüdülerinden daha düşük çıkmıştır. Sonuç olarak beyaz gürültünün +10 dB SGO'da sunulması, sessiz ortama kıyasla ADK N1-P2 tepeden tepeye amplitüdülerinin azalmasına ve N1 latanslarının uzamasına neden olurken aynı seviyede gürültü ses başlangıç cevaplarında anlamlı değişikliğe sebep olmamıştır. Bu sonuçlar bakımından gürültünün ADK cevabı üzerindeki etkisi ses başlangıç cevabına kıyasla daha fazla bulunmuştur. Bu durumun, kullanılan gürültünün ve uyararların spektral özellikleriyle, ses başlangıç cevabının ve ADK'nın kaynak aldığı akustik özelliklerdeki olası farklılıklarla veya akustik değişimlerin ve ses başlangıçlarının fark edilmesinde rol alan işitsel mekanizmalardaki olası farklılıklarla ilgili olabileceği sonucuna varılmıştır(60).

Beynin işitsel ayırt etme kapasitesini gösteren ADK konuşma sesleriyle ilk olarak sürtünmeli(*fricative*) sestem ünlü sese geçişte yanıt olarak elde edilmiştir(1). Bu geçiş en az üç tür değişikliği içermektedir. Bunlar amplitüd, periyodisite ve formant frekans değişimidir. Sonraki çalışmalarda, ADK'nin tek başına formant

frekans değişimi veya yalnızca periyodisite değişikliğiyle elde edilebileceği gösterilmiştir(4). Bu bulgular, ADK yanıtının konuşma seslerini ayırt etmede önemli olan akustik ipuçlarını algılama kapasitesinin bir indeksi olarak kullanılabilceği olasılığını da artırmaktadır. Çalışmamızda 18-30 yaş arasındaki normal işitmeye sahip genç bireyler teste alınarak akustik değişim cevapları kaydedilmiştir. Özellikle genç bireylerin çalışmaya dahil edilmesinin amacı işitsel becerilerin ilerleyen yaş ile azalabilmesini kontrol altında tutmaktır. Çalışmada f2 formant frekans değişimi içeren sentetik olarak üretilen /ui/ uyararı ile ADK yanıtları incelenmiştir. Oluşturmuş olduğumuz standart 1060 msn süren /ui/ uyararı üzerinde praat programı ile düzenlemeler yapılarak /u/ sesi ve /u/ sesinden /i/ sesine geçerken ortaya çıkan frekans rampası; /u/ sesi, frekans rampası ve farklı sürelerde /i/ sesinden oluşan toplamda 4 uyararı oluşturulmuştur. Oluşturulan 4 uyararı da ADK yanıtları elde edilmiştir.

Önceki çalışmalarda görüldüğü üzere mevcut çalışmada da /ui/ uyararı ADK cevabını oluşturmaktadır. Fakat /i/ sesinin olmadığı, yalnızca /u/ sesi ve f2 frekans rampasının olduğu /u rampa/ uyararı da ADK cevabını oluşturmada yeterli bulunmuştur. Bu bakımdan aslında tek başına f2 formant geçişinin de ADK cevabı oluşturabildiği, bu sebeple akustik değişimin bir ADK cevabı oluşturması için /ui/ sesindeki /i/ sesinin mutlaka olmasına gerek olmadığı düşünülebilir. Bu durum daha önceki çalışmalardaki bulgular ışığında şekillenen beklentimize karşıt bir bulgu olmuştur. Zira önceki çalışmalarda frekans rampalarının da ADK cevapları oluşturduğu gözlenirse de bir bütün olan /ui/ uyararı içerisindeki f2 formant frekans rampasının tek başına ADK cevabı oluşturması beklenmemektedir. Bunun sebebi ise önceki çalışmalarda elde edilen bulgular ışığında ADK cevabını oluşturan esas akustik olayın, f2 formant değişim rampasının katkısı olsa da daha büyük bir akustik değişiklik olan /i/ sesinin başlangıcı olabileceği düşüncesiydi. Fakat bunun tersi olarak /u rampa/ uyararı hem cevap oluşturmuş hem de bu cevabın amplitüdü standart /ui/ uyararına göre daha büyük elde edilmiştir. Bu bulgunun nöral toplulukların frekans rampasının oluşturduğu akustik değişim ile aktivasyona başladıktan sonra ikinci bir akustik değişime (/i/ sesinin başlangıcı) rampa uyararına olduğu kadar büyük bir cevap verememesinden kaynaklanabileceği düşünülebilir. Çalışmada göze çarpan bir başka sonuç ise standart /ui/ uyararının diğer 3 uyararı

arasında en düşük ADK N1-P2 tepeden tepeye ortanca amplitüd değerine sahip olmasıdır. Benzer bir başka bulgu ise /i/ uyarani dahil oldukça ADK N1-P2 tepeden tepeye amplitüdünün azalmasıdır. En büyük ortanca tepeden tepeye amplitüd değeri sırasıyla /u rampa/, “0.05\_i”, “0.1\_i” ve standart /ui/ uyaranıdır. Bu bulguların hepsi, ADK yanıtı rampa cevabı ile oluşmaya başladığı anda işitsel uyarana tepki veren senkronize aktive olan nöron gruplarının ilk akustik olaya tepki verip ikinci bir akustik olaya yani /i/ uyarınının başlangıcına aynı senkronizasyonu gösterememesinden kaynaklı olabilir. Latans değerleri incelendiğinde ise çalışmada, ADK N1 latansları açısından en düşük ortanca latans değeri /u rampa/ uyarana aittir. Bu bulgumuzda da /u rampa/ uyarınının en büyük ortanca amplitüd değerine sahip olmasındaki benzer mekanizmaların rol oynayabileceği düşünülebilir.

Ses başlangıç cevabı ve ADK cevabı aynı dalga formuna sahip olmalarına ve aslında her ikisinin de akustik ortamdaki değişim (sessizlikten sese geçiş ve sesin akustik özelliğindeki değişiklik) ile ilişkili cevaplar olmalarına rağmen farklı mekanizmalarla ilişkili olabilecekleri belirtilmelidir. Örnek vermek gerekirse daha önce bahsedilen bazı çalışmalarda gürültünün bu iki cevap üzerindeki etkisi farklı olduğu bulunmuştur (59,60). Bu noktada kullandığımız /ui/ uyarani ele alınırsa ses başlangıç cevabı /u/ sesinin başlangıcı ile ortaya çıkarken ADK cevabının ise F2 frekans rampası ve /i/ sesinin başlangıcından ortaya çıktığı düşünülebilir. Nitekim mevcut çalışmada bu iki akustik olayın ADK cevabı olarak adlandırılan cevaba katkıları incelenmiş olup, yalnızca f2 formant frekans rampasının da bir ADK cevabı oluşturabildiği, hatta bu cevabın amplitüdünün standart /ui/ uyarandaki f2 formant frekans rampası ve /i/ sesinin başlangıcı ile oluşan ADK cevabından daha büyük olduğu gözlenmiştir. Bunun yanı sıra, anlamlılık seviyesine ulaşmasa da /i/ sesi uyarana dahil oldukça amplitüdlere azalma gözlenmiştir. Sonuç olarak bulgular ışığında, /ui/ uyarani ile oluşturulan ADK cevabında f2 formant frekans rampasının azımsanmayacak bir katkısı olduğu sonucuna varılabilir. Bu noktada çalışma hakkında bir eleştiri, içerisinde f2 frekans rampasının yer almadığı /ui/ uyarınının kullanılmaması, bu sebeple f2 rampası olmadan yalnızca /i/ sesinin başlangıcının oluşturduğu cevabın diğer uyaraniarla elde edilen cevaplarla karşılaştırılmaması olabilir. Bu bakımdan aslında mevcut çalışmada iki akustik olayın cevaba ayrı ayrı

katkılarının tam kontrollü olarak incelenmediği düşünülebilir. Fakat içerisinde f2 rampası olmadan /u/ sesi ardına eklenen bir /i/ sesi akustik bozulmaya ve çok kısa süreli gürültüye sebep olacaktır, elde edilen ADK cevabının bu gürültüden mi yoksa /i/ sesinden mi kaynaklandığının belirlenmesi olası görülmemektedir.

Mevcut çalışmada kullanılan uyarlardan /u rampa/ uyararı aslında sabit devam eden bir sesteki diğerine geçişi sağlayan f2 formant frekans değişimidir. Daha önce de belirtildiği üzere koklear implant veya işitme cihazı kullanıcılarında ADK cevapları elde edilmiştir. Bu toplam cevabın bireylerde /i/ sesinin başlangıcı ile mi, f2 formant frekans rampası ile mi yoksa her ikisinin de katkısıyla mı oluştuğunun incelenmesi, bireylerde bu iki farklı akustik olayın fark edilme süreçlerini açığa çıkarma konusunda faydalı olabilir. Örneğin bir koklear implant kullanıcısında /ui/ uyararı ile bir ADK cevabı elde edilmesi akustik değişikliği nöral düzeyde fark ettiği olarak yorumlanırken, belki de bu cevap yalnızca /i/ sesinin başlangıcı ile ilişkili olabilir. Bu durumda formant frekans rampası aslında sistem tarafından fark edilmemiş olabilir. Nitekim frekans rampalarının da nöral düzeyde fark edilmesi işitsel sistemin incelikli becerilerinden biridir. Örneğin Arlinger (1977), yapmış olduğu çalışmada saf ses uyarısından doğrusal frekans rampaları oluşturarak normal işiten, koklear lezyonu ve retrokoklear lezyonu olan bireyler arasında bu frekans rampaları ile oluşan akustik değişim cevaplarını kıyaslamıştır. Kısa frekans rampasında(50 Hz) koklear lezyonu olan bireylerdeki ADK N1 latansı normal işiten gruba göre uzarken daha geniş frekans rampasında(200 Hz) koklear lezyonu olan bireylerin ADK N1 latansları normal işiten gruba göre daha kısa çıkmıştır. Arlinger, bu durumu koklear lezyonu olan bireylerde frekans değişiminde rekrutment fenomeninin varlığına işaret etmiştir. Retrokoklear işitme kaybına sahip bireylerde ise diğer iki gruptan çok farklı cevaplar elde edilmiştir. 20 msn durasyonlu 50 Hz'lik frekans rampasında 150 ms civarlarında normal işiten ve koklear lezyonu olan grupta değişim cevabı elde edilirken, retrokoklear lezyonu olan grupta sadece bir kişide 200 msn'de değişim cevabı elde edilmiş, diğer bireylerin çoğunda cevap ortaya çıkmamıştır. 200 Hz'lik geniş rampa uyararında ise normal işiten bireyler ve koklear lezyonu olan grupta 100-150 msn arası cevap ortaya çıkmış, retrokoklear lezyonu olan 6 bireyin yarısında 100-150 msn diğer yarısında 150-200 msn arasında değişim cevabı gözlenmiştir. Bu sonuçlar eşliğinde Arlinger, frekans rampaları ile



oluşan kortikal cevapların farklı işitsel lezyonu olan gruplarda psikoakustik yöntemlere gerek duymadan işitsel ayırt etme kapasitelerinin ölçülebileceği bir değerlendirme yöntemi olabileceğine vurgu yapmıştır(61). Bu bakımdan ileride yapılacak çalışmalarda, mevcut çalışmada kullanılan uyaranlarla koklear implant kullanıcılarında ve işitme cihazı kullanıcılarında ADK cevapları incelenebilir. Aynı zamanda frekans rampalarına koklear ve retkoklear işitme kaybına sahip olan bireylerin verdikleri akustik değişim cevapları farklı olduğu için sensörinöral işitme kayıplı bireylerin ayırıcı tanısında /u rampa/ uyaranı kullanılabilir.

Çalışmamızın sonuçları değerlendirilirken bulguların /ui/ uyarana spesifik olduğu göz önünde bulundurulmalı, farklı yöndeki f2 formant frekans rampalarının ve buna bağlı olarak farklı ünlü-ünlü ses geçişlerinin farklı sonuçlar çıkarabileceği belirtilmelidir. Örneğin Weise ve diğ. ENC(eşleşmeyen negativite cevabı) üzerinde yaptıkları çalışmada saf ses ve kompleks tonlar kullanarak önce alçalan sonra sabit giden frekans rampalarında da akustik değişimden kaynaklı cevaplar elde etmişlerdir(55). Bu bulgular ışığında bizim çalışmamızda kullandığımız /ui/ uyarana ek olarak bu uyaranın tersi f2 formant frekans rampasına sahip /iu/ uyarani ve mevcut çalışmadaki türevleri oluşturularak bu uyaranlarla ADK cevabı incelenebilir. Nitekim önceki çalışmalarda, genellikle benzer akustik değişiklikler ile oluşan ADK cevapların incelenmesi, toplam uyaran içerisinde sadece f2 formant frekans rampasının değişim cevabına olan katkısının incelendiği çalışmaların olmaması, bu alanda daha fazla çalışma yapılması gerektiğini ortaya koymaktadır. Bu faktörler gelecekteki çalışmalarda farklı ünlü-ünlü geçişleri ile elde edilen ADK cevaplarına formant frekans rampalarının ve uyarandaki ikinci sesin katkısının farklı parametreler de göz önünde bulundurularak incelenmesi fikrini güçlendirmektedir.

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

1. Çalışmadaki bütün uyarılar ADK cevabı oluşturmuştur. Standart /ui/ uyararı ile elde edilen ADK N1-P2 tepeden tepeye amplitüdüleri, /u rampa/ uyararı ile elde edilen ADK N1-P2 tepeden tepeye amplitüdülerinden anlamlı derecede daha düşük çıkmış, /i/ sesinin uyarana dahil oldukça ADK N1 amplitüdülerinde anlamlılık seviyesine ulaşmasa da kademeli düşüş olmuştur.

2. 1. Maddede belirtilen /u rampa/ uyararının en büyük amplitüd değerine sahip olmasına benzer olarak /u rampa/ uyararı ile elde edilen ADK N1 latansı en kısa ortanca latans değerine sahip olmuştur

3. /u rampa/ uyararının tek başına cevap oluşturmakla kalmayıp amplitüd değerinin standart /ui/ uyararına göre anlamlı derecede büyük olması, latans değerinin ise /0.1 i/ uyararına göre düşük elde edilmesi, ayrıca en büyük amplitüd ve en küçük latans değerine sahip olması, f2 formant frekans rampasına verilen ADK cevabının toplam ADK cevabına ve bu bakımdan işitsel ayırt etme sürecine azımsanmayacak katkı sağladığını göstermektedir.

4. /u rampa/ uyararının en büyük ortanca amplitüde, ve standart /ui/ uyararına göre anlamlı derecede büyük amplitüde sahip olması, /i/ uyararı toplam uyarana eklendikçe ADK N1-P2 tepeden tepeye amplitüdülerin azalması, rampanın başladığı yerde değişim cevabının oluşmaya başladığı anda işitsel uyarana tepki veren senkronize aktive olan nöron gruplarının ilk olaya büyük tepki verip ikinci bir akustik olaya yani /i/ uyararının dahil olmasına aynı senkronizasyonu gösterememesinden kaynaklı olabilir. /u rampa/ uyararının en kısa latans değerine sahip olmasının da benzer mekanizmalardan kaynaklandığı düşünülebilir.

5. Frekans rampalarının fark edilmesinin işitsel sistem açısından önemi göz önünde bulundurulduğunda koklear implant veya işitme cihazı kullanan bireylerde /u rampa/ ve /ui/ uyararı ile elde ADK cevapları incelenip uyarılar arası karşılaştırılabilir. Davranışsal akustik değişiklik fark etme becerileriyle ilişkilendirilebilir.

6. Farklı dinleme koşullarında /ui/, /0.1\_i/, /0.05\_i/ ve /u rampa/ uyararı ile elde edilen ADK cevapları incelenebilir, gürültü varlığında ADK açısından hangi akustik değişikliğin fark edilmesinin daha fazla etkilendiği incelenebilir.

7. /u rampa/ uyararı, koklear ve retrokoklear işitme kayıplı bireylerin ayırıcı tanısında objektif bir test yöntemi olarak kullanılabilir, davranışsal test yöntemlerine uyum sağlayamayan popülasyonlarda işitsel ayırt etme kapasitesini göstermesi açısından alternatif bir çözüm sunabilir.

8. Farklı ünlü-ünlü ses geçişlerinde (örneğin /iu/) standart uyararın mevcut çalışmadaki gibi türevleri üretilip bu uyararla oluşturulan ADK cevabı incelenebilir.

## 7. KAYNAKLAR

1. Ostroff, Jodi M.; Martin, Brett A.; Boothroyd, Arthur Cortical Evoked Response To Acoustic Change Within A Syllable, *Ear and Hearing*: August 1998 - Volume 19 - Issue 4 - p 290-297
2. Hillyard, S. A., & Picton, T. W. (1978). On and off components in the auditory evoked potential. *Perception & Psychophysics*, 24(5), 391-398.
3. Kim, J. R. (2015). Acoustic change complex: clinical implications. *Journal of Audiology & Otology*, 19(3), 120.
4. Martin, B. A., & Boothroyd, A. (1999). Cortical, auditory, event-related potentials in response to periodic and aperiodic stimuli with the same spectral envelope. *Ear and Hearing*, 20(1), 33-44.
5. Ganapathy MK, Narne VK, Kalaiah MK, Manjula P. Effect of pre-transition stimulus duration on acoustic change complex. *Int J Audiol*. 2013;52(5):350-9.
6. Näätänen R, Gaillard AW, Mäntysalo S. Early selective-attention effect on evoked potential reinterpreted. *Acta Psychol (Amst)* 1978; 42:313-29.
7. Picton, T. W. (2010). *Human auditory evoked potentials*. Plural Publishing.
8. Sutton S, Braren M, Zubin J, John ER. Evoked-potential correlates of stimulus uncertainty. *Science* 1965;150:1187-8.
9. Martin BA, Tremblay KL, Korczak P. Speech evoked potentials: from the laboratory to the clinic. *Ear and hearing*. 2008;29(3):285-313.
10. He, S., Grose, J. H., & Buchman, C. A. (2012). Auditory discrimination: the relationship between psychophysical and electrophysiological measures. *International journal of audiology*, 51(10), 771-782.
11. Kropotov, J. (2016). *Functional neuromarkers for psychiatry: Applications for diagnosis and treatment*. Academic Press.
12. Bradley, M. M., & Keil, A. (2012). *Event-Related Potentials (ERPs)*. *Encyclopedia of Human Behavior*, 79–85. doi:10.1016/b978-0-12-375000-6.00154-3
13. Hall, J. W. (2007). *New Handbook for Auditory Evoked Responses*. Boston: Pearson Education, Inc.
14. Martin BA, Boothroyd A, Ali D, Leach-Berth T. Stimulus presentation strategies for eliciting the acoustic change complex: increasing efficiency. *Ear and hearing*. 2010;31(3):356.1

15. Tremblay, K., & Clinard, C. (2015). Cortical Auditory- Evoked Potentials. İçinde K. Katz, J., Chasin, M., English, K., Hood, L. and Tillery (Ed.), *Handbook of Clinical Audiology* (Seventh, ss. 337– 355). New York: Wolters Kluwer.
16. White, L., & Atcherson, S. R. (2012). Cortical Event- Related Potentials. İçinde S. R. Atcherson & T. M. Stoodly (Ed.), *Auditory Electrophysiology: A Clinical Guide* (ss. 137– 161). New York: Thieme Medical Publishers.
17. Ponton CW, Don M, Eggermont JJ, Waring MD, Masuda A. Maturation of human cortical auditory function: differences between normal-hearing children and children with cochlear implants. *Ear Hear.* 1996;17(5):430-7.
18. Steinschneider M, Dunn M. Electrophysiology in developmental neuropsychology. *Handbook of neuropsychology.* 2002;8(1):91-146.
19. Näätänen R, Picton TJP. The N1 wave of the human electric and magnetic response to sound: a review and an analysis of the component structure. *1987;24(4):375-425.*
20. Stapells DRJHoca. Cortical event-related potentials to auditory stimuli. *2002;5:378-406.*
21. Sharma, A., Nash, A. A., & Dorman, M. (2009). Cortical development, plasticity and re-organization in children with cochlear implants. *Journal of communication disorders, 42(4), 272–9.*
22. Mills KR. *Oxford textbook of clinical neurophysiology: Oxford University Press; 2016.*
23. Davis, H., Hirsh, S. K., Shelnutt, J., & Bowers, C. (1967). Further validation of evoked response audiometry (ERA). *Journal of Speech and Hearing Research, 10(4), 717-732.*
24. Sharma, A., Marsh, C. M., & Dorman, M. F. (2000). Relationship between N 1 evoked potential morphology and the perception of voicing. *The Journal of the Acoustical Society of America, 108(6), 3030-3035.*
25. Kutas M, Hillyard SA. Event-related brain potentials to grammatical errors and semantic anomalies. *Mem Cognit.* 1983;11(5):539-50.
26. Tremblay, K. L., Billings, C., & Rohila, N. (2004). Speech evoked cortical potentials: effects of age and stimulus presentation rate. *Journal of the American Academy of Audiology, 15(03), 226-237.*
27. Han W. P1-N1-P2 complex and acoustic change complex elicited by speech sounds: current research and applications. *Audiology.* 2010;6(2):121-7.
28. Digeser FM, Wohlberedt T, Hoppe U. Contribution of spectrotempo- ral features on auditory event-related potentials elicited by consonant- vowel syllables. *Ear Hear.* 2009;30:704-712

29. Billings CJ, Grush LD, Maamor N. Acoustic change complex in background noise: phoneme level and timing effects. *Physiol Rep*. 2017;5(20).
30. Martin BA, Tremblay K, Stapells D. Principles and applications of cortical auditory evoked potentials. 2007. p. 482-507.
31. Kim JR. Acoustic Change Complex: Clinical Implications. *J Audiol Otol*. 2015 Dec;19(3):120-4.
32. Tremblay K, Friesen L, Martin B, Wright R. Test-retest reliability of cortical evoked potentials using naturally produced speech sounds. *Ear Hearing*. 2003;24(3):225-32.
33. Friesen LM, Tremblay KL. Acoustic change complexes recorded in adult cochlear implant listeners. *Ear Hear* 2006;27:678-85.
34. Martinez AS, Eisenberg LS, Boothroyd A. The Acoustic Change Complex in Young Children with Hearing Loss: A Preliminary Study. *Semin Hear* 2013;34:278-87.
35. He S, Grose JH, Buchman CA. Auditory discrimination: the relationship between psychophysical and electrophysiological measures. *Int J Audiol* 2012;51:771-82.
36. Michalewski HJ, Starr A, Nguyen TT, Kong YY, Zeng FG. Auditory temporal processes in normal-hearing individuals and in patients with auditory neuropathy. *Clin Neurophysiol* 2005;116:669-80.
37. Dimitrijevic A, Starr A, Bhatt S, Michalewski HJ, Zeng FG, Pratt H. Auditory cortical N100 in pre- and post-synaptic auditory neuropathy to frequency or intensity changes of continuous tones. *Clin Neurophysiol* 2011;122:594-604.
38. He S, Grose JH, Teagle HF, Woodard J, Park LR, Hatch DR, et al. Acoustically evoked auditory change complex in children with auditory neuropathy spectrum disorder: a potential objective tool for identifying cochlear implant candidates. *Ear Hear* 2015;36:289-301.
39. Starr A, Picton TW, Sininger Y, Hood LJ, Berlin CI. Auditory neuropathy. *Brain* 1996;119(Pt 3):741-53.
40. Dorman MF. Auditory evoked potential correlates of speech sound discrimination. *Percept Psychophys*. 1974;15:215-220.
41. Weise, A., Schröger, E., Fehér, B., Folyi, T., & Horváth, J. (2012). Auditory event-related potentials reflect dedicated change detection activity for higher-order acoustic transitions. *Biological psychology*, 91(1), 142-149.
42. Naatanen, R., & Näätänen, R. (1992). *Attention and brain function*. Psychology Press.

43. NAATANEN, R., & KRAUS, N. (Eds.) (1995). Mismatch negativity as an index of central auditory processing [Special issue]. *Ear & Hearing*, 16 (I).
44. Picton, T. W. (1995). The neurophysiological evaluation of auditory discrimination. *Ear and hearing*, 16(1), 1-5.
45. Winkler, I. (2007). Interpreting the mismatch negativity. *Journal of psychophysiology*, 21(3-4), 147-163.
46. Ilvonen, T. M., Kujala, T., Kiesiläinen, A., Salonen, O., Kozou, H., Pekkonen, E., ... & Näätänen, R. (2003). Auditory discrimination after left-hemisphere stroke: a mismatch negativity follow-up study. *Stroke*, 34(7), 1746-1751.
47. Grimaldi, M., Miglietta, S., Sigona, F., & Calabrese, A. (2016). On integrating different methodologies in phonological research: Acoustic, articulatory, behavioral and neurophysiological evidence in the study of a metaphony system. *Approaches to Metaphony in the Languages of Italy*, 20, 195.
48. Picton, T. W. (1992). The P300 wave of the human event-related potential. *Journal of clinical neurophysiology*, 9(4), 456-479.
49. McCarthy G, Wood C, Williamson P, Spencer D. (1989) Task dependent field potentials in human hippocampal formation. *J Neurosci* 9:4253–4268.
50. Musiek, F. E., Froke, R., & Weihing, J. (2005). *The Auditory P300 at or near Threshold*. *Journal of the American Academy of Audiology*, 16(9), 698–707. doi:10.3766/jaaa.16.9.7
51. Weise, A., Bendixen, A., Müller, D., & Schröger, E. (2012). Which kind of transition is important for sound representation? An event-related potential study. *Brain research*, 1464, 30-42.
52. Borsama P, Weenink D. Praat: doing phonetics by computer [Computer program]. Version 6.0. 37. URL <http://www.praat.org/> Retrieved March. 2018;14:2018.
53. Delorme A, Makeig S. EEGLAB: an open source toolbox for analysis of single-trial EEG dynamics including independent component analysis. *J Neurosci Meth*. 2004;134(1):9-21.
54. Lopez-Calderon J, Luck SJ. ERPLAB: an open-source toolbox for the analysis of event-related potentials. *Frontiers in human neuroscience*. 2014;8:213

55. Boboshko, M. Y., Zhilinskaia, E. V., Golovanova, L. E., Legostaeva, T. V., Di Berardino, F., & Cesarani, A. (2017). The use of speech audiometry in the practice of the geriatric center. *Advances in Gerontology*, 7, 166-169.
57. Hoppe, U., Wohlberedt, T., Danilkina, G., & Hessel, H. (2010). Acoustic change complex in cochlear implant subjects in comparison with psychoacoustic measures. *Cochlear implants international*, 11(sup1), 426-430.
58. Saraç Kaya, E., Türkyılmaz, M. D., & Yaralı, M. (2022). The evaluation of cochlear implant users' acoustic change detection ability. *Hearing, Balance and Communication*, 1-9.
59. Niemczak, C. E., & Vander Werff, K. R. (2019). Informational masking effects on neural encoding of stimulus onset and acoustic change. *Ear and hearing*, 40(1), 156-167.
60. Yaralı M. Varying effect of noise on sound onset and acoustic change evoked auditory cortical N1 responses evoked by a vowel-vowel stimulus. *International Journal of Psychophysiology*. 2020.
61. Arlinger, S. (1977). Auditory processing of frequency ramps. *Audiology*, 16(6), 480-486.



## 8. EKLER

## EK 1. Etik Kurul Onayı



**T.C.**  
**HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ**  
Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu

Sayı : 16969557- 1110

Konu : ARAŞTIRMA PROJESİ DEĞERLENDİRME RAPORU

**Toplantı Tarihi** : 07 HAZİRAN 2022 SALI  
**Toplantı No** : 2022/10  
**Proje No** : GO 22/574 (Değerlendirme Tarihi: 07.06.2022)  
**Karar No** : 2022/10-10

Üniversitemiz Sağlık Bilimleri Fakültesi Odyoloji Bölümü öğretim üyelerinden Dr. Öğr. Üyesi Mehmet YARALI'nın sorumlu araştırmacı olduğu, Ody. Salih Sencer AÇIKGÖZ'ün yüksek lisans tezi olan, GO 22/574 kayıt numaralı "Ünlü-Ünlü Ses Geçişleri İle Oluşan Kortikal N1 Cevabını Oluşturan Akustik Olayların İncelenmesi" başlıklı proje önerisi araştırmanın gerekçe, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş olup, 08 Haziran 2022 – 08 Aralık 2023 tarihleri arasında geçerli olmak üzere etik açıdan **uygun bulunmuştur**. Çalışma tamamlandığında sonuçlarını içeren bir rapor örneğinin Etik Kurulumuza gönderilmesi gerekmektedir.

1. Prof. Dr. G. Burça AYDIN	(Başkan)	8. Doç. Dr. Betül Çelebi SALTIK	(Üye)
2. Prof. Dr. M. Özgür UYANIK	(Üye)	9. Doç. Dr. Hande Güney DENİZ	(Üye)
3. Prof. Dr. Ayşe Kin İŞLER	(Üye)	10. Doç. Dr. Merve BATUK	(Üye)
4. Prof. Dr. Sibel PEHLİVAN	(Üye)	11. Doç. Dr. Gülten KOÇ	(Üye)
5. Prof. Dr. Nüket Paksoy ERBAYDAR	(Üye)	12. Dr. Öğr. Üyesi Müge DEMİR	(Üye)
6. Prof. Dr. Tolga YILDIRIM	(Üye)	İZİNLİ	
		13. Av. Buket ÇINAR	(Üye)
İZİNLİ			
7. Doç. Dr. H. Tuna Çak ESEN	V (Üye)		

## EK 2. Orijinallik Ekran Çıktısı

## Ünlü-Ünlü Ses Geçişleri İle Oluşan Kortikal N1 Cevabını Oluşturan Akustik Olayların İncelenmesi

### ORJİNALLİK RAPORU

% <b>10</b>	% <b>9</b>	% <b>1</b>	% <b>7</b>
BENZERLİK ENDEKSİ	İNTERNET KAYNAKLARI	YAYINLAR	ÖĞRENCİ ÖDEVLERİ

### BİRİNCİL KAYNAKLAR

<b>1</b>	<b>Submitted to Hacettepe University</b> Öğrenci Ödevi	% <b>6</b>
<b>2</b>	<b>www.openaccess.hacettepe.edu.tr:8080</b> İnternet Kaynağı	% <b>2</b>
<b>3</b>	<b>openaccess.hacettepe.edu.tr:8080</b> İnternet Kaynağı	% <b>1</b>
<b>4</b>	<b>acikbilim.yok.gov.tr</b> İnternet Kaynağı	<% <b>1</b>
<b>5</b>	<b>dergipark.org.tr</b> İnternet Kaynağı	<% <b>1</b>
<b>6</b>	<b>István Winkler. "Interpreting the Mismatch Negativity", Journal of Psychophysiology, 2007</b> Yayın	<% <b>1</b>
<b>7</b>	<b>Submitted to Marmara University</b> Öğrenci Ödevi	<% <b>1</b>
<b>8</b>	<b>Submitted to The Scientific &amp; Technological Research Council of Turkey (TUBITAK)</b> Öğrenci Ödevi	<% <b>1</b>

### EK 3. Dijital Makbuz

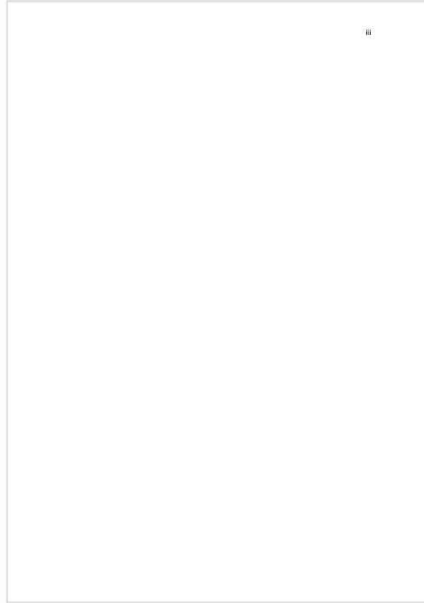


## Dijital Makbuz

Bu makbuz ödevinizin Turnitin'e ulaştığını bildirmektedir. Gönderiminize dair bilgiler şöyledir:

Gönderinizin ilk sayfası aşağıda gönderilmektedir.

Gönderen: Salih Sencer Açığöz  
Ödev başlığı: Salih Sencer Açığöz Yüksek Lisans Tez  
Gönderi Başlığı: Ünlü-Ünlü Ses Geçişleri İle Oluşan Kortikal N1 Cevabını Oluş...  
Dosya adı: Salih\_Sencer\_A\_kg\_z\_odyoloji\_y\_ksek\_lisans\_tezi.docx  
Dosya boyutu: 531.53K  
Sayfa sayısı: 41  
Kelime sayısı: 8,726  
Karakter sayısı: 59,912  
Gönderim Tarihi: 22-Haz-2023 11:48ÖÖ (UTC+0300)  
Gönderim Numarası: 2120788816



## 9. ÖZGEÇMİŞ