

T.C.
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**GÜRÜLTÜNÜN SES BAŞLANGIÇ VE AKUSTİK DEĞİŞİMLER İLE OLUŞTURULMUŞ
KORTİKAL CEVAPLAR ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**

Ayşe Nur BALABAN

Odyoloji Programı

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ANKARA

2020

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim ve tez yazım süresince bütün bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşan hiçbir desteği esirgemeyen değerli tez danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Mehmet YARALI'ya;

Yüksek lisans eğitimim boyunca bilgi ve deneyimleri ile bana ışık tutan Prof. Dr. Gonca SENNAROĞLU'na;

Yüksek lisans eğitimim süresince değerli bilgi ve deneyimlerini paylaşan, desteğini yakından hissettiğim Doç. Dr. M. Didem TÜRKYILMAZ'a;

Tezimi yazmakta katkısı olan değerli arkadaşlarıma;

Ve hayatımın her anında en büyük destekçim olan sevgili aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

ÖZET

Balaban, A.N. Gürültünün Ses Başlangıç ve Akustik Değişimler ile Oluşturulmuş Kortikal Cevaplar Üzerindeki Etkisinin Karşılaştırılması. Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Odyoloji Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 2020.

Sessiz ortamla karşılaştırıldığında gürültüde elde edilen kortikal potansiyellerin farklı amplitüd ve latans değerlerine sahip olduğu daha önceki çalışmalarda gösterilmiştir. Bu etki hem ses başlangıç hem de ses değişim cevapları için gözlenmiş, gürültünün etkisi kullanılan uyarana göre farklı olmuştur. Bu çalışma farklı uyaranlar ile uyarılmış ses başlangıç ve ses değişim cevaplarının farklı gürültü tiplerinden nasıl etkilendiğini incelemek için yapılmıştır. Normal işiten 24-33 yaş aralığında 20 yetişkinden (10 kadın, 10 erkek) sessiz ortam, +10 dB sinyal gürültü oranında beyaz gürültü ve konuşma sesi ile şekillendirilmiş gürültüde /ui/ ve /iu/ uyaranları ile oluşturulmuş ses başlangıç ve ses değişim N1 cevapları kaydedilmiştir. Analizlerde /ui/ için ses başlangıç amplitüdü sessiz ortama göre beyaz gürültüde daha düşük, latansları ise her iki gürültü koşulunda daha geç elde edilmiştir. Ses değişim amplitüdü ise sadece konuşma sesi ile şekillendirilmiş gürültüde daha düşük elde edilmiş, latansları gürültüden etkilenmemiştir. /iu/ için ise sadece ses başlangıç latansları her iki gürültüde daha geç elde edilmiştir. Aynı koşulda iki uyaran için oluşan cevaplar karşılaştırıldığında; ses başlangıç latansları sadece sessiz ortamda /ui/ için /iu/'ya göre daha geç elde edilmiş, diğer koşullarda /ui/ ve /iu/ için latans ve amplitüdüleri farklı olarak elde edilmemiştir. /ui/ ve /iu/ için ses değişim cevapları ise sadece gürültü koşullarında latansları bakımından benzer olmuştur. Aynı koşulda ses başlangıç ve ses değişim cevapları karşılaştırıldığında ise bütün koşullarda her iki uyaran için ses değişim amplitüdüleri daha küçük, latansları ise daha geç elde edilmiştir. Sonuç olarak gürültünün etkisi ses başlangıç ve ses değişim cevaplarını oluşturan uyaranlara ve kullanılan gürültü tiplerine göre değişiklik göstermektedir. İleriki çalışmalarda farklı formant geçişleri içeren uyaranlarla ve farklı gürültü tipleriyle kaydedilen ses başlangıç ve ses değişim cevaplarının gürültüden etkilenimlerinin gürültüde konuşmayı ayırt etme problemleri olan bireylerde incelenmesi önerilebilir.

Anahtar kelimeler: İşitsel kortikal N1, gürültü, ses başlangıç cevabı, akustik değişim cevabı

ABSTRACT

Balaban, A.N. Comparison of The Effect of Noise On Cortical Responses Evoked By Sound Onset And Acoustic Changes, Hacettepe University Graduate School of Health Sciences, Master Thesis, Ankara, 2020. It has been shown in previous studies that cortical potentials obtained in noise have different amplitude and latency values compared to the quiet environment. This effect was observed for both the sound onset and acoustic change responses, and the effect of noise was different based on the stimulus. This study was conducted to examine how the sound onset and acoustic change responses evoked by different stimuli are affected by different noise types. Sound onset and acoustic change N1 responses were recorded from 20 adults (10 females, 10 males) with normal hearing in the age range of 24-33, in quiet, in white noise and speech shaped noise at a signal to noise ratio of +10 dB with stimuli /ui/ and /iu/. In the analysis sound onset amplitudes for / ui / were lower in white noise than in the quiet, and latencies were prolonged in both noise conditions. Acoustic change amplitudes were lower only in speech shaped noise, latencies were not affected by noise. For / iu /, only sound onset latencies were prolonged in both noises. When the responses for two stimuli under the same condition were compared; sound onset latencies were prolonged for / ui / than / iu / only in quiet environment, in other conditions latencies and amplitudes for / ui / and / iu / were not different. The acoustic change responses for / ui / and / iu / were similar only in terms of latencies under noise conditions. When the sound onset and acoustic change responses in the same condition were compared, the acoustic change amplitudes were lower latencies were higher for both stimuli in all conditions. In conclusion, the effect of noise varies according to the stimuli evoking sound onset and acoustic change responses and to the type of noise utilized. In future studies, examining the effects of noise on sound onset and acoustic change responses obtained with stimuli containing different formant transitions in different noise types among individuals with speech discrimination problems may be suggested.

Key Words: Auditory cortical N1, noise, sound onset response, acoustic change response

İÇİNDEKİLER

ONAY SAYFASI	iiii
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	xvi
1.GİRİŞ	1
2.GENEL BİLGİLER	3
2.1. Konuşma Algısı	4
2.1.1. Konuşma Algısındaki Akustik İpuçları	4
2.1.2. Konuşmanın Algısal Organizasyonu	5
2.2. İşitsel Uyarılmış Potansiyeller	7
2.2.1. İşitsel Uyarılmış Potansiyellerin Sınıflandırılması	7
2.3. İşitsel Kortikal Uyarılmış Potansiyeller (İKUP)	9
2.3.1. P1 – N1 – P2 Kompleksi	10
2.3.2. Akustik Değişim Kompleksi (ADK)	17
2.3.3. P300	21
2.3.4. Eşleşmeyen Negativite Cevabı (ENC)	24
2.4. Kortikal Potansiyeller ve Gürültü	26
3. GEREÇ VE YÖNTEM	34
3.1. Katılımcılar	34
3.2. Uyarılar	35
3.3. Elektrofizyolojik Testler	35
3.4. Uyarılmış Potansiyellerin Değerlendirilmesi	36
3.5. Dalga Tepe Noktalarının Belirlenmesi	36
3.6. İstatistiksel Değerlendirme	41
4. BULGULAR	42
4.1. Tanımlayıcı İstatistiksel Analizler	42
4.2. Gürültünün Ses Başlangıç ve ADK Cevapları Üzerindeki Etkisi	43
4.2.1. Farklı Koşullarda /ui/ Uyarının Oluşturduğu Kortikal Cevapların Karşılaştırılması	43

4.2.2.	Farklı Koşullarında /iu/ Uyarının Oluşturduğu Kortikal Cevapların Karşılaştırılması	47
4.3.	Aynı Koşulda Farklı Uyarılar Tarafından Oluşturulmuş Kortikal Cevapların Karşılaştırılması	50
4.3.1.	Sessiz Ortamda /ui/ ve /iu/ Uyarıları ile Elde Edilen Ses Başlangıç Cevaplarının Karşılaştırılması	50
4.3.2.	+ 10 dB SGO Beyaz Gürültü Koşulunda /ui/ ve /iu/ Uyarıları İle Elde Edilmiş Ses Başlangıç Cevaplarının Karşılaştırılması	52
4.3.3.	+ 10 dB SGO SSN Koşulunda /ui/ ve /iu/ Uyarıları ile Elde Edilmiş Ses Başlangıç Cevaplarının Karşılaştırılması	54
4.3.4.	Sessiz Ortamda /ui/ ve /iu/ Uyarıları ile Elde Edilen ADK Cevaplarının Karşılaştırılması	55
4.3.5.	+ 10 dB SGO Beyaz Gürültü Koşulunda /ui/ ve /iu/ Uyarıları ile Elde Edilmiş ADK Cevaplarının Karşılaştırılması	57
4.3.6.	+ 10 dB SGO SSN Koşulunda /ui/ ve /iu/ uyarıları ile Elde Edilmiş ADK Cevaplarının Karşılaştırılması	59
4.4.	Aynı Ortam Koşullarında Aynı Tip Uyarılar İle Oluşturulmuş Ses Başlangıç Ve ADK Cevaplarının Karşılaştırılması	60
4.4.1.	Sessiz Koşulda /ui/ Uyarı ile Oluşturulmuş Ses Başlangıç ve ADK Cevapları	60
4.4.2.	+ 10 dB SGO Beyaz Gürültü Koşulunda /ui/ Uyarı ile Oluşturulmuş Ses Başlangıç ve ADK Cevapları	62
4.4.3.	+ 10 dB SGO SSN Koşulunda /ui/ Uyarı ile Oluşturulmuş Ses Başlangıç ve ADK Cevapları	64
4.4.4.	Sessiz Koşulda /iu/ Uyarı ile Oluşturulmuş Ses Başlangıç ve ADK Cevapları	66
4.4.5.	+ 10 dB SGO Beyaz Gürültü Koşulunda /iu/ Uyarı ile Oluşturulmuş Ses Başlangıç ve ADK Cevapları	68
4.4.6.	+ 10 dB SGO SSN Koşulunda /iu/ Uyarı ile Oluşturulmuş Ses Başlangıç ve ADK Cevapları	70
5.	TARTIŞMA	73
6.	SONUÇ VE ÖNERİLER	84
7.	KAYNAKLAR	86
8.	EKLER	
	EK 1	
	EK 2	
	EK 3	
9.	ÖZGEÇMİŞ	

SİMGELER VE KISALTMALAR

ABR	İşitsel Beyin Sapı Cevabının
ADK	Akustik Değişim Kompleksi
dB	Desibel
dB SPL	Ses Basıncı Seviyesi
ENC	Eşleşmeyen Negativite Cevabı
İC	İşitme Cihazı
İNSB	İşitsel Nöropati Spektrum Bozukluğu
İUP	İşitsel Uyarılmış Potansiyeller
İKUP	İşitsel Kortikal Uyarılmış Potansiyeller
Kİ	Koklear İmplantı
KİUP	Konuşma ile Uyarılmış Potansiyel
MEG	Magnetoensefalografi
OLC	Orta-Latanslı Cevaplar
ms	Milisanıye
OİP	Olaya İlişkin Potansiyeller
OKTP	Odyometrik Konuşma Tanıma Puanları
SBZ	Sesletim Başlangıç Zamanının
SGO	Sinyal-Gürültü Oranının
SSN	<i>Speech Shaped Noise</i> (Konuşma ile Şekillendirilmiş Gürültü)

ŞEKİLLER

Şekil		Sayfa
2.3.1	P1 – N1 – P2 kompleksi	12
2.3.2	800 msn süreli / ui / uyarana tek bir kişide Cz elektrodundan elde edilen ortalama cevap	18
3.5.1	Sessiz koşulda elde edilen averajlanmış dalga formu	39
3.5.2	+10 dB SGO beyaz gürültü koşulunda averajlanmış dalga formu	40
3.5.3	+10 dB SGO SSN koşulunda averajlanmış dalga formu	40
4.2.1.1	Ses Başlangıç N1-P2 tepeden tepeye amplitüdüleri	44
4.2.1.2	Ses Başlangıç N1 latansları	45
4.2.1.3	ADK N1-P2 tepeden tepeye amplitüdüleri	46
4.2.1.4	ADK N1 latansları	47
4.2.2.1	Ses Başlangıç N1-P2 Tepeden Tepeye Amplitüdüleri	48
4.2.2.2.	Ses Başlangıç N1 Latansları	48
4.2.2.3	ADK N1-P2 Tepeden Tepeye Amplitüdüleri	49
4.2.2.4	ADK N1 latansları	50
4.3.1.1	Sessiz Ortamda /ui/ ve /iu/ uyarana ile elde edilen ses başlangıç amplitüdülerinin karşılaştırılması	51
4.3.1.2	Sessiz Ortamda /ui/ ve /iu/ uyarana ile elde edilen ses başlangıç latanslarının karşılaştırılması	52
4.3.2.1	+ 10 dB SGO beyaz gürültü koşulunda /ui/ ve /iu/ uyarana ile elde edilmiş ses başlangıç amplitüdülerinin karşılaştırılması	53

4.3.2.2	+ 10 dB SGO beyaz gürültü koşulunda /ui/ ve /iu/ uyaraları ile elde edilmiş ses başlangıç latanslarının karşılaştırılması	53
4.3.3.1	+ 10 dB SGO SSN koşulunda /ui/ ve /iu/ uyaraları ile elde edilmiş ses başlangıç amplitüdlerinin karşılaştırılması	54
4.3.3.2	+ 10 dB SGO SSN koşulunda /ui/ ve /iu/ uyaraları ile elde edilmiş ses başlangıç latanslarının karşılaştırılması	55
4.3.4.1	Sessiz ortamda /ui/ ve /iu/ uyaraları ile elde edilen ADK amplitüdlerinin karşılaştırılması	56
4.3.4.2.	Sessiz ortamda /ui/ ve /iu/ uyaraları ile elde edilen ADK latanslarının karşılaştırılması	57
4.3.5.1	+ 10 dB SGO beyaz gürültü koşulunda /ui/ ve /iu/ uyaraları ile elde edilmiş ADK amplitüdlerinin karşılaştırılması	58
4.3.5.2	+ 10 dB SGO beyaz gürültü koşulunda /ui/ ve /iu/ uyaraları ile elde edilmiş ADK latanslarının karşılaştırılması	58
4.3.6.1	+ 10 dB SGO SSN koşulunda /ui/ ve /iu/ uyaraları ile elde edilmiş ADK amplitüdlerinin karşılaştırılması	59
4.3.6.2	+ 10 dB SGO SSN koşulunda /ui/ ve /iu/ uyaraları ile elde edilmiş ADK latanslarının karşılaştırılması	60
4.4.1.1	Sessiz ortamda /ui/ uyararı ile oluşturulmuş ses başlangıç ve ADK amplitüdlerinin karşılaştırılması	61
4.4.1.2	Sessiz ortamda /ui/ uyararı ile oluşturulmuş ses başlangıç ve ADK latanslarının karşılaştırılması	62

4.4.2.1	+ 10 dB SGO beyaz gürültü koşulunda /ui/ uyaranı ile oluşturulmuş ses başlangıç ve ADK amplitüdlerinin karşılaştırılması	63
4.4.2.2	+ 10 dB SGO beyaz gürültü koşulunda /ui/ uyaranı ile oluşturulmuş ses başlangıç ve ADK latanslarının karşılaştırılması	64
4.4.3.1	+ 10 dB SGO SSN koşulunda /ui/ uyaranı ile oluşturulmuş ses başlangıç ve ADK amplitüdlerinin karşılaştırılması	65
4.4.3.2	+ 10 dB SGO SSN koşulunda /ui/ uyaranı ile oluşturulmuş ses başlangıç ve ADK latanslarının karşılaştırılması	66
4.4.4.1	Sessiz koşulda /iu/ uyaranı ile oluşturulmuş ses başlangıç ve ADK amplitüdlerinin karşılaştırılması	67
4.4.4.2	Sessiz koşulda /iu/ uyaranı ile oluşturulmuş ses başlangıç ve ADK latanslarının karşılaştırılması	68
4.4.5.1	+ 10 dB SGO beyaz gürültü koşulunda /iu/ uyaranı ile oluşturulmuş ses başlangıç ve ADK amplitüdlerinin karşılaştırılması	69
4.4.5.2	+ 10 dB SGO beyaz gürültü koşulunda /iu/ uyaranı ile oluşturulmuş ses başlangıç ve ADK latanslarının karşılaştırılması	70
4.4.6.1	+ 10 dB SGO SSN koşulunda /iu/ uyaranı ile oluşturulmuş ses başlangıç ve ADK amplitüdlerinin karşılaştırılması	71

4.4.6.2	+ 10 dB SGO SSN koşulunda /iu/ uyararı ile oluşturulmuş ses başlangıç ve ADK latanslarının karşılaştırılması	72
---------	---	----

TABLolar

Tablo		Sayfa
3.5.1	/ui/ uyarani için sessiz dinleme ortamında kullanılan pencere genişlikleri	37
3.5.2	/ui/ uyarani için ssn'li dinleme ortamında kullanılan pencere genişlikleri	37
3.5.3	/ui/ uyarani için beyaz gürültülü dinleme ortamında kullanılan pencere genişlikleri	38
3.5.4	/iu/ uyarani için sessiz dinleme ortamında kullanılan pencere genişlikleri	38
3.5.5	/iu/ uyarani için ssn'li dinleme ortamında kullanılan pencere genişlikleri	38
3.5.6	/iu/ uyarani için beyaz gürültülü dinleme ortamında kullanılan pencere genişlikleri	39
4.1	Tanımlayıcı istatistiksel veriler	42

1. GİRİŞ

Günlük hayatta konuşmanın anlaşılabilirliğini güçleştirecek birçok etken (trafik gürültüsü, kalabalık restoranlar, konuşma uyaranlarının zayıflığı vb.) vardır. Konuşma seslerinin spektrumundaki formant tepe noktaları gürültü içerisinde belirsizleşir, bu da gürültüde konuşma seslerinin gürültü içerisinde çıkarılmasını gerektirir. İnsan işitme sistemi gürültü içindeki konuşma uyaranlarını filtreler. Gürültüde konuşmayı anlama becerisi davranışsal olarak değerlendirilebileceği gibi kortikal potansiyellerle de değerlendirilmektedir.

Gürültü varlığı hem ses başlangıçları hem de ses değişimleri ile oluşan kortikal cevapları etkilemektedir. Önceki çalışmalar ses başlangıç cevaplarının uyaranlar gürültüde sunulduğunda amplitüd ve latanslarının sessiz ortama göre farklı olduğunu göstermiştir (1) (2). Buna benzer olarak devam eden bir sesteki değişim (ünlü-ünlü ses grupları) ile ortaya çıkan kortikal cevaplar da uyaranlar gürültü ile sunulduklarında sessiz ortama göre farklı amplitüd ve latans değerleri göstermektedir (3) (4). Gürültünün etkisi kullanılan uyaranlara göre, ses başlangıç ve ses değişim cevapları üzerinde farklı olmaktadır. Daha önceki çalışmalar göstermiştir ki bazen ses başlangıç cevapları gürültüden daha çok etkilenirken(1) (2), bazen de ses değişim cevapları daha çok etkilenmiştir (3) (4). Ünsüz-ünlü heceler ile oluşan ses başlangıç cevapları, ses değişim cevaplarına göre gürültüden daha fazla etkilenirken, ünlü-ünlü ses grupları ile oluşan ses değişim cevapları, ses başlangıç cevaplarına göre gürültüden daha fazla etkilenmektedir. Farklı ünlü-ünlü seslerle oluşan kortikal cevaplarda da gürültünün benzer etkisinin olup olmayacağı ise netlik kazanmamıştır.

Bu amaçla yaptığımız çalışmada, farklı gürültü tiplerinin (+10 dB sinyal gürültü oranında beyaz gürültü ve konuşma ile şekillendirilmiş gürültü) farklı uyaranlarla (/ui/ ve /iu/) oluşturulan ses başlangıç ve ses değişim cevapları üzerindeki etkileri incelenmiştir.

Hipotezler:

H0 : /ui/ ve /iu/ uyarılarının oluşturduğu ses başlangıç ve ses değişim cevapları uyarılar gürültü ile birlikte sunulduklarında amplitüdüleri artacak, latansları kısalmaktadır.

H1 : /ui/ ve /iu/ uyarılarının oluşturduğu ses başlangıç ve ses değişim cevapları uyarılar gürültü ile birlikte sunulduklarında amplitüdüleri azalmak, latansları uzayacaktır.

H0 : Ses başlangıç cevaplarının latanslarındaki uzama ve amplitüdülerindeki azalma ses değişim cevaplarına göre daha fazla olacaktır.

H2 : Ses başlangıç cevaplarının latanslarındaki uzama ve amplitüdülerindeki azalma ses değişim cevaplarına göre daha az olacaktır.

2. GENEL BİLGİLER

Algılama ve biliş sorunu, organizmanın dünyadan kaynaklanan bilgileri duyu verileri şeklinde veya bellekte nasıl dönüştürdüğünü, organize ettiğini, depoladığını ve kullandığını anlamaktır (5). Birçok farklı parametreye sahip olan konuşma; birbirimizle iletişim kurmamızın birincil yoludur, bir konuşmacının zihninden dinleyicinin zihnine düşünce ve duyguların aktarılmasını sağlayan en önemli uyarıcıdır. Konuşmacının ifade etmeyi amaçladığı kavram ve tutumlar dilbilimsel bir çerçevede şekillenir ve fizyolojik süreçler tarafından duyulabilir hale getirilir (6) (7).

Konuşma algısı en çok, ister fonemler, ister difonemler (*Diphone*, bir fonemin ortasında başlayan ve bir sonraki sesin ortasına kadar uzanan bir konuşma ünitesidir. (8)) hece veya kelimeler olsun, oldukça değişken akustik konuşma sinyalinin dilbilimsel bir gösterime kadar algısal eşleme anlamına gelir (9). Konuşma algısının incelenmesindeki temel problem, dinleyicilerin akustik dalga formundan anlam elde etme sürecinin nasıl karakterize edileceğidir. Akustik dalga formunun algılama birimlerine karşılık gelen uzanımları tespit edilebiliyorsa, sesteki anlamı giden yol açık olacaktır (10).

Dinleyiciler, sesli bir mesaj aldıklarında akustik bilgilerden fazlasını kullanırlar. Konuşma durumu ve konuşmacı hakkındaki bilgilerini ve konuşmacının yüzünü ve jestlerini izleyerek elde edilen görsel ipuçlarını kullanırlar. Konuşma algısında kullanılan bu akustik olmayan ipuçları önemlidir. Dinleyiciler genellikle sadece konuşmanın anlamının farkındadır ve mesajda oluşturan bireysel seslerin veya ses kalıplarının çok farkında değildirler. Konuşmayı algılayan bir kişi, onu oluşturan bireysel seslerin veya ses kalıplarının değil, mesajın anlamının farkındadır (11). Bir dinleyici bir mesajı nasıl analiz ederse etsin, onun üzerinde çalıştığı veriler akustik konuşma kalıplarıdır. O halde asıl adım dinleyicinin konuşmayı duymasıdır (11).

Dil fonemin üretileceği konuşma hareket ettikçe vokal kanalın rezonans özellikleri değişir. Hemen hemen aynı zamanda, konuşmayı temsil eden periyodik ses patlaması işitilir. Bu ses, beyin sapındaki karmaşık bir cevap kümesini aktive eder. Bu,

ses başlangıcına işitsel beyin sapı yanıtlarına (ABR) benzer bir yanıt ve daha sonra seslendirmeye cevap olan periyodik bir yanıt (6).

İşitsel beyin sapı konuşmaya verilen yanıtı, konuşma sinyalinin akustik özelliklerini dikkate değer bir doğrulukla taklit eder. Bu, karmaşık uyarıların işitsel işlenmesi ile ilgili önemli teorik ve klinik olarak uygulanabilir bilgilerin ayrılmasını mümkün kılar. (12). İşitme sistemindeki bu işleme kortikal düzeye kadar ve kortikal düzeyde devam eder.

2.1. Konuşma Algısı

Konuşma sırasında konuşmayı oluşturan sesler nadiren izole olarak üretilir. Konuşma sesleri üretimlerinin bir sonucu olarak üst üste biner ve birbirlerini etkiler. Bu durum konuşma seslerinin değişimlerini içermektedir. Algılama için bu, yazılı kelimelerdeki harfler gibi, konuşma sesinin sıklıkla ayırt edilemez ve farklı olmadıkları anlamına gelir. Bu nedenle dinleyici, akustik mesajın kodunu çözmek için mesajın diğer kısımlarındaki ilişkiyi kullanmalıdır. Nitekim dinleyiciler genellikle komşu bölümlerdeki akustik bilgileri kullanarak konuşma seslerini algılar. Algılama için bu, yazılı bir kelimedeki harfler gibi konuşma seslerinin sıklıkla ayrı ve ayrı olmadığı anlamına gelir (13).

2.1.1. Konuşma Algısındaki Akustik İpuçları

Spektrogram çalışmalarından, akustik konuşma modellerinin karmaşık oldukları ve sürekli değiştiği bilinmektedir.

2.1.1.1. Ünlü Sesler

Dinleyiciler genellikle ünlüleri tanımak için sadece birinci ve ikinci formantlara ihtiyaç duyarlar. Ayrıca ön ünlü harflerin tanımlanması için hem f_1 hem de f_2 gerekmesine rağmen, f_1 ve f_2' ye frekansları arasındaki tek bir formant arka ünlü seslerin tanımlanması için yeterli olduğu bulunmuştur (13).

Formant frekanslarının genel modelinin konuşmacılar arasında oldukça benzer olduğu düşünüldüğünde, bazı araştırmacılar dinleyicilerin ünlü sesleri tanımlamak için, ünlü seslerin formant frekans değerlerini ölçeklendirmek veya normalleştirmek için nokta ünlülerini (*point vowels*: [i], [u], [a] ünlüleri dünyada konuşulan neredeyse tüm dillerde nokta ünlüler olarak tanımlanmıştır (14)) referans olarak kullandıklarını öne sürmüşlerdir (13).

2.1.2. Konuşmanın Algısal Organizasyonu

Normal konuşmada, konuşma iletişimi, diğer konuşmacıların konuşmalarının ve rakip çevresel seslerin bir karışımından oluşan zengin bir akustik ortamda gerçekleşir. Bu sorunun klasik örneği, bir dinleyicinin bir kokteyl partisinde karşılaştığı durumdur (15). Partiye geldikten sonra dinleyiciler bir konuşmayı başlatmak ve sürdürmek için konuşma tarafları tarafından üretilen konuşma sinyalini arka plan gürültüsünden algısal olarak izole edebilmelidir. Bu nedenle, belirli bir konuşmacının mesajını takip etmeye çalışan bir dinleyici, konuşmacının ifadesine atfedilen akustik enerjiyi, eşzamanlı olarak ortaya çıkan diğer seslere atfedilebilen akustik enerjiden bir şekilde ayırmalıdır. Bu algısal becerinin başarısı sadece dinleyicinin ses kaynaklarını ayırma becerisine değil, belki de daha da önemlisi, dinleyicinin katıldığı belirli konuşma sinyalini içeren akustik bileşenleri birleştirme becerisine bağlıdır. Belirli bir ifadeyi oluşturan akustik elemanlar, bir şekilde tanımlanabilir algısal bir nesneyle eşleştirilmelidir (10).

2.1.2.1. Algısal Gruplamanın Gestalt İlkeleri

Nygaard L. C. ve Pisoni D. B. (1995)'e göre Julesz ve Hirsch (1972) ve Wertheimer, (1923)'de genel olarak, dinleyicinin akustik enerjiyi uyumlu algısal nesnelere düzenleme becerisini açıklamak için iki tür açıklama önerilmiştir. Birincisi, işitsel algılamaya uygulanan Gestalt organizasyon ilkelerine dayanmaktadır (10).

Bregman (1994), genel işitsel gruplama mekanizmalarının, frekansların ayrı ses kaynaklarından algısal olarak ayırıt edildiğini ve akustik enerjinin aynı ses kaynağından algısal entegrasyonunda yer aldığını öne sürmüştür. Yakınlık

(*proximity*), ortak hareket (*common fate*), simetri (*symmetry*) ve kapanma (*closure*) gibi ilkelerin konuşmadaki algısal tutarlılığın temeli olduğu varsayılmaktadır. Bununla birlikte, bu ilkelerin konuşmada bulunan karmaşık akustik özelliklerin organizasyonunu açıklayıp açıklayamayacağı daha az açıktır (16).

Nygaard L. C. ve Pisoni D. B. (1995)'e göre benzer şekilde, Darwin ve diğ.'nin yaptığı deneylerde konuşma sinyali içindeki başlangıç zamanı ve temel frekans farklılıklarının da akustik / fonetik bileşenleri ayırmada faydalı olabileceği gösterilmiştir (10).

Her ne kadar bu deneyler düşük düzeyli akustik boyutlara dayalı ayırım / gruplama ilkelerinin algısal organizasyon üzerindeki etkisini gösterse de, sonuçlarda uyarıların fonetik bütünlüğü ile ilişkili faktörlerin de etkili olduğunu belirtmek gerekmektedir (10).

Gestalt organizasyon ilkeleri ihlal edildiğinde bile fonetik tutarlılık devam etmektedir. Genellikle, bir konuşma sesinin bileşenleri algısal olarak ayrılmadan önce, akustik bir boyut boyunca nispeten aşırı farklılıklar ve hatta farklılıklar kombinasyonları mevcut olmalıdır (10).

2.1.2.2. Fonetik Organizasyon

Konuşmada algısal organizasyonun alternatif açıklamalarında konuşmada algılanan algısal tutarlılığın, konuşma sinyalinin ses kaynağına yüksek düzeyde spesifik olan karmaşık organizasyon ilkelerine dayandığını öne sürülmüştür. Dinleyicilerin, meydana gelen akustik olay hakkında bilgi sağlayan spektral zamansal değişiklik örüntülerine duyarlı olduğu varsayılmaktadır. Kısacası, bu açıklamalar algısal konuşma organizasyonunun düşük seviyeli işitsel gruplandırma ilkelerine bağlı olmadığını iddia etmektedir. Daha doğrusu, dinleyicilerin "üretilebilir sesin özelliklerine algısal duyarlılık" temelli daha üst düzey organizasyon ilkelerini kullandıkları düşünülmektedir (17).

Yapılan çeşitli deneyler sonucunda elde edilen bulgular, konuşmanın algısal tutarlılığının basit işitsel gruplama dışında bir tür algısal organizasyona dayandığını göstermektedir. Dinleyicilerin, düşük seviyeli akustik boyutlara dayanan gruplama

ilkelerinden ziyade; üst düzey, belki de fonetik algısal organizasyon ilkelerine dayalı işleme yaptıkları düşünülmektedir (10).

2.2. İşitsel Uyarılmış Potansiyeller

Kısa bir işitsel uyarın, bilgisayar averajlama teknikleri kullanılarak hem insanların hem de hayvanlardan kolayca kaydedilebilen yüzlerce milisaniye süren bir dizi potansiyeli oluşturulur. Bu uyarılmış potansiyel bileşenlerinin bazılarını üreten beyin yapıları hakkında bir miktar bilgi vardır ve potansiyelleri etkileyen uyarın, kayıt ve katılımcı değişkenleri hakkında oldukça fazla bir bilgi mevcuttur (18).

Seslerin tam zamanlaması ses lokalizasyonunda önemlidir, çünkü ses lokalizasyonu sesin iki kulağa geliş zamanındaki farkı kullanır. Bu nedenle, işitsel sistem uyarınların zamanlamasına özellikle duyarlıdır ve bu zamanlama sistemin tüm seviyelerinde işitsel yol boyunca bir dereceye kadar korunur. Bu zamansal doğruluk, onu uyarın işitsel uyarına cevap olarak nöral aktivitenin mükemmel zamansal kilitlenmesini sağlar. Sonuç olarak, işitsel uyarılmış potansiyeller (İUP), duyuşal organdan, kokleadan, işitsel sinir ve beyin sapından, talamustan kortekse kadar işitsel yolun tamamının kapsayan bileşenleri içerir. İlgili uyarılmış potansiyeller arasında, uyarın başlangıcından sonraki ilk 10 ms'de kaydedilen işitsel sinir ve ABR'ler; uyarın başlangıcından 10 ila 60 ms sonra tanımlanan işitsel orta-latanslı cevaplar (OLC); ve ses başlangıcından sonra 60 ve 200 ms arasında tanımlanan uzun latanslı bileşenler mevcuttur. Uzun latans bileşenleri önceki duyuşal bileşenlere aittir, ancak latans süresinde P300 gibi İUP'lerin bilişsel bileşenlerinden daha kısadır (19)

2.2.1. İşitsel Uyarılmış Potansiyellerin Sınıflandırılması

Akustik uyarıma yanıt olarak işitsel yoldaki yapılar tarafından üretilen elektriksel aktivite, aşağıdakilere göre en az 3 şekilde sınıflandırılabilir (18):

- (1) uyarım başlangıcından sonra (latans şeması) potansiyeller oluştuğunda
- (2) potansiyel olarak nerede üretildiğinde (anatomik şema)

(3) Potansiyeller ve uyarının geçici özellikleri arasındaki ilişki, yani akustik uyarının geçici veya sürekli özellikleri tarafından uyarılması (zamansal şema)

2.2.1.1. Cevap Latansı (Ne Zaman)

Potansiyel, uyarın başladıktan sonra ortaya çıkma latansına göre isimlendirilir. Picton (1988)'na göre Davis (1976)'in sınıflandırma şemasında, ilk 4 milisaniyede kaydedilen potansiyellere 'ilk'; 2 ila 12 milisaniyede kaydedilen potansiyellere, 'hızlı'; 12 ila 50 milisaniyede kaydedilen potansiyellere, 'orta'; 50 ila 800 milisaniyede kaydedilen potansiyellere, 'yavaş'; ve 250 ila 1000 milisaniyede kaydedilen potansiyellere, 'geç' denir (18).

2.2.1.2. Varsayılan Kaynak (Nerede)

İkinci bir sınıflandırma, 'koklear potansiyeller', 'beyin sapı potansiyelleri' ve 'kortikal potansiyeller' gibi terimler veren anatomik bir üretim yeri şemasıdır. Hayvan çalışmaları sonuçları ve beyinde kapsamlı ardışık işlemin meydana geldiği bilgisi, en erken yanıtların sistemin periferik kısımlarında, yani koklea ve beyin sapında ortaya çıkması gerektiği ve daha sonraki olayların serebral yapıların aktivitesini yansıttığı sonucuna yol açar. Çevresel yapılardan kaynaklanan elektriksel aktivitenin önemli bir süre içinde meydana gelebileceğinin ve cevabın sonraki kısımlarına katkıda bulunabileceğinin vurgulanması gerekmektedir. Ayrıca subkortikal işitsel sistemde paralel ve hatta gecikmeli işleme, kaydedilen potansiyele katkıda bulunabilir (18).

2.2.1.3. Zamansal Özellikler (Geçici veya Sürekli)

Sadece işitsel uyarımın başlangıcı ve / veya bitişi ile ortaya çıkan potansiyeller 'geçici' olarak adlandırılır; sinyal devam ettiği sürece devam eden potansiyele "devam eden" veya "sürekli" denir.

Picton (1988)'da belirttiği üzere Picton ve Fitzgerald (1983) ve Stapells ve diğ. (1983)'ne göre geçici ve sürekli özellikleri birleştiren potansiyelleri kategorize etmek için ek bir sınıflandırma kullanmaktadır. Bu araştırmacılar bu potansiyellere 'kararlı

durum' potansiyeli olarak atıfta bulunurlar ve yüksek bir oranda sunulan düzenli olarak tekrarlanan bir uyaran değişikliği ile uyarılırlar. Ayrıca yine Picton(1988)'da belirttiği üzere Stapells ve diğ. (1983)'ne göre bu kararlı durum potansiyelleri, geleneksel bilgisayar ortalama teknikleri ile değil, aynı zamanda geleneksel ortalama ile karşılaştırılabilir bilgi sağladığı öne sürülen frekans bandı analizi (*Fourier* analizi) ile daha kısa sürede incelenebilir (18).

2.3. İşitsel Kortikal Uyarılmış Potansiyeller (İKUP)

Olaya ilişkin potansiyeller (OİP), fiziksel dünyada ve / veya psikolojik süreçte meydana gelen bir olaydan önce, bu sırada veya sonrasında belirli bir zamanda meydana gelen voltaj değişimleridir (18). OİP'ler, bir olayı ortaya çıkarmakla ilişkili durumlarda meydana gelen beynin elektriksel aktivitesi ve olaya ilişkin olmayan beyin aktivitesinin toplamıdır (18). OİP dalga formu, polarite, amplitüd ve latans bakımından değişen bir dizi pozitif ve negatif tepe noktası olarak görünür. Bununla birlikte, gerçek dalga formu süreklidir, bir tepe noktası ile bir sonraki nokta arasında ani geçişler olmaz ve OİP dalga biçiminin ayrık tepe noktalarına bölünmesi biraz subjektif olur (20).

İşitsel kortikal uyarılmış potansiyeller (İKUP), gelen seslerin algılanması, ayırt edilmesi ve bilişyle ilgili sinirsel aktiviteyi zamanlaması (latans) ve büyüklüğü (amplitüd) açısından primer işitsel korteks ve temporal lobun ilişkili alanlarında gerçekleşen aktiviteyi yansıtır. Araştırmacılar, konuşma uyarılarıyla ortaya çıkan, konuşma ile uyarılmış potansiyeller (KİUP'ler) olarak adlandırılan kortikal uyarılmış potansiyellerle ilgilenmeye başlamışlardır. KİUP'ler, dinleyicinin işitsel kortikal seviyedeki konuşma algısı becerileri hakkında, öncelikle de konuşma sinyalleri içindeki, işitsel / sözlü iletişim için gerekli ipuçlarını çıkarmayı sağlayan özellikler hakkında bilgi sağlayabilir. KİUP'ler, hem normal işiten hem de işitme engelli dinleyicilerin, özellikle bebekler ve tipik davranışsal konuşma algısı değerlendirmeleri kullanılarak güvenilir bir şekilde değerlendirilemeyen yaşlı hastalarda konuşma algısını incelemek için güçlü bir objektif tekniktir; KİUP'ler ayrıca, çeşitli doğal konuşma uyarılarının akustik özelliklerinin her iki popülasyon için uyarılmış nöral cevaplara nasıl yansıdığını araştırmak için bir araç sağlar (21).

İKUP'ler, konuşma işlemenin altında yatan biyolojik süreçler hakkında bilgi sağlar. Bu nedenle OİP'ler bilim insanları ve işitme uzmanları için büyük önem taşımaktadır. İşitsel kortikal OİP'ler P1 – N1 – P2 kompleksi, akustik değişim kompleksi (ADK), eşleşmeyen negativite (ENC) ve P3'ü içerir (22).

2.3.1. P1 – N1 – P2 Kompleksi

P1 – N1 – P2 kompleksi pasif olarak kaydedilebilir; yani, katılımcı uyarılara katılmaz ve tamamlaması gereken bir işitsel görev yoktur. Bunun yerine, bir kişiden bir kitap okuması veya kendi seçtiği altyazılı bir videoyu izlemesi istenebilir (22). İşitsel uyarılara N1-P2 yanıtı, yetişkinlerde ve daha büyük çocuklarda kullanılabilir nesnel bir işitme eşiği tahmin testinin temelini oluşturabilir (23). P1 – N1 – P2 kompleksinin tanımlanabileceği en düşük ses seviyesi belirlenerek işitme eşiğinin fizyolojik bir tahmini oluşturulabilir. (22).

P1 – N1 – P2 kompleksinin kullanımı, ABR'nin keşfinden sonra odyometrik eşikleri tahmin etmek için odyologlar tarafından büyük ölçüde terk edilmiştir. P1 – N1 – P2 kompleksinin aksine, ABR dikkat, uyku ve sedasyondan etkilenmez ve bireysel deneklerde yüksek oranda tekrarlanabilir (24).. P1 – N1 – P2 kompleksi ise, işitsel korteks seviyesinde sesin nöral kodlamasını yansıttığından, bazen yetişkin tazminat davalarında ve adli tıp hastalarında işitme eşiklerini tahmin etmek için tek başına veya ABR ile birlikte kullanılır (23). Bu durumlarda, P1 – N1 – P2 işitsel yolların bütünlüğü ve sesin beyin sapının ötesindeki nöral kodlaması hakkında bilgi sağlar. P1 – N1 – P2 kompleksi için amplitüdlere ABR ile karşılaştırıldığında tipik olarak daha büyüktür, bu da gürültüye bir avantaj sağlar ve özellikle biyolojik gürültüsü fazla olan kişilerde daha fazla cevap saptanabilirliğini sağlayabilir (22).

P1 – N1 – P2 yanıtlarının daha yaygın kullanımlarından biri işitme eşiği tahmini için olsa da, son zamanlarda konuşma algısı gibi eşik üstü işitsel becerileri değerlendirmek için kullanılmaktadır. Normal ve normal olmayan popülasyonlarda konuşma algısını değerlendirmek için P1 – N1 – P2 kompleksini kullanmanın birçok avantajından biri, katılımcının uyarılara dikkat etmesine bakılmaksızın elde edilebilmesi (25) genliğinin nispeten büyük olması, kolay ve güvenilir bir şekilde kaydedilebilmesidir (22). P1 – N1 – P2 kompleksi, işitsel korteks seviyesinde sesin sinirsel işlenmesini işaret eder. Sesin başlangıcına tepki olarak ortaya çıktığında, sesin

davranışsal tespitine izin veren sinyalin akustik özelliklerinin nöral kodlanması hakkında bilgi sağlar, fakat davranışsal ayırt etme kapasitesi konusunda bu ses başlangıç kompleksinden çıkarım yapılamaz (26). Yani, P1 – N1 – P2 algısal olayların altında yatan sesin duyuşsal kodlamasını yansıtır (22).

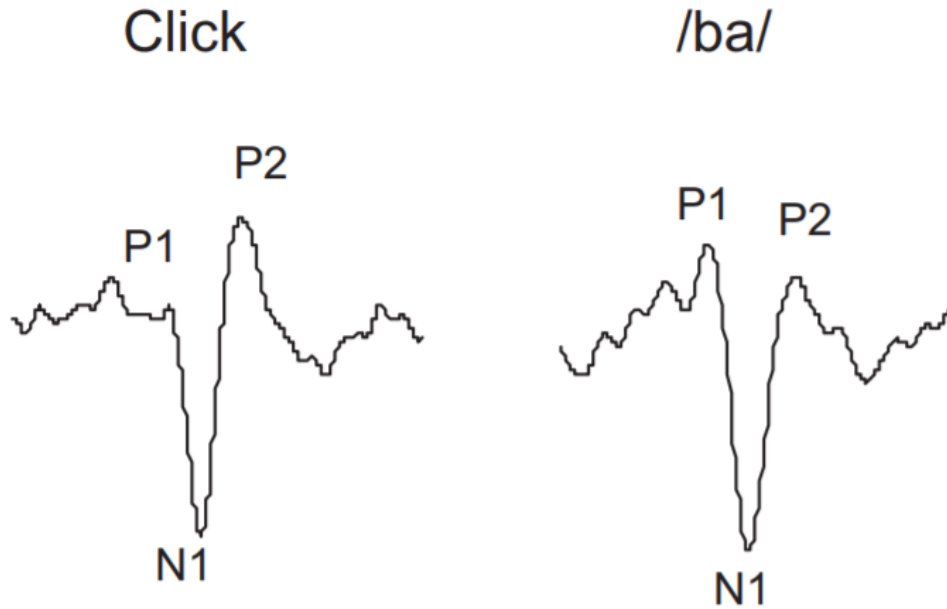
P1-N1-P2 kompleksi sesin fark edilmesi ile ilişkilidir; işitsel kortekste sesin zamansal ve spektral özelliklerinin altında yatan nöral kodlamayı yansıttığı düşünülmektedir. P1 ilk pozitif bileşendir; nöral jeneratörü primer işitsel korteksi (Heschl'in gyrus), hipokampusu, işitsel korteksten sonraki planum temporale'yi ve lateral temporal korteksi içerir. N1 veya N100 ilk negatif bileşendir ve yetişkinlerde P1'e göre büyük bir genlik gösterir. Her ne kadar N1'in kaynakları konusunda devam etmekte olan önemli tartışmalar ortaya çıksa da, jeneratörleri genellikle birincil ve ikincil işitsel korteksler olarak kabul edilmektedir. N1 yanıtını takiben P2, ikinci pozitif tepe noktasıdır. P2'nin başlıca jeneratörleri birincil ve ikincil işitsel kortekslerdir (21).

P1 – N1 – P2 kompleksi tipik olarak kısa bir uyarın tarafından oluşturulur. Gözlemlenebilir olması için (arka plan EEG'sine göre), bir dizi tekrarlı uyarın sunum kullanılarak ortaya çıkarılır ve daha sonra bu sunumlara zamansal kilitli yanıtların ortalaması alınır. Örnek olarak, bir click uyarının ve bir konuşma sesinin 300 sunum tekrarı, Şekil 2.3.1'de görülen pozitif ve negatif tepe serilerini oluşturmuştur (22).

Normal işiten yetişkinlerde P1, N1 ve P2 bileşenleri, uyarının başlamasından sonra sırasıyla yaklaşık 50 ms, 100 ms ve 180 ms'de görülür. P1, olgunlaşmamış merkezi sinir sistemine sahip küçük çocuklarda çok büyük amplitüd gösterir; bununla birlikte, yetişkinlerde P1 genliği daha küçükken, yetişkinlerde N1 ve P2 genliği çocuklardan daha büyüktür. Diğer kortikal otomatik uyarılmış tepkilere kıyasla, P1-N1-P2 kompleksi erken bir fark etme cevabı olarak kabul edilir ve dinleyicinin dikkatini gerektirmeden pasif bir şekilde ölçülebilir. 1960'lı yılların başlarında, P1-N1-P2 kompleksi esas olarak işitme eşiği duyarlılığını tahmin etmek için kullanılmıştır, ancak günümüzde eşik üstü seviyelerde sinir fonksiyonunu değerlendirmek için daha fazla kullanılmaktadır. Ek olarak, konuşma uyarınlarının eşik üstü seviyelerde uygulanması, P1-N1-P2'nin akustik özelliklerin nöral kodlamasını temsil

edebileceğini ve bu KIÜP'lerin konuşma algısının altında yatan sinirsel süreçleri yansıtabildiğini ortaya çıkarmıştır (21).

Şekil 2.3.3 P1 – N1 – P2 kompleksi



Bir klik veya sentezlenmiş bir konuşma uyararı (/ ba /) ile oluşturulduğunda, önce bir pozitif tepe (P1), ardından bir negatif bileşen (N1) ve ardından bir başka pozitif tepe oluşur (P2). Bu dalga formlarının morfolojisi, her birinin üç tepe noktası (P1,N1,P2) içermesi bakımından benzerdir (22).

P1: P1, P1 – N1 – P2 kompleksinin ilk pozitif tepe noktasıdır. İlk olarak, orta latanslı bileşenleri ile birlikte, 1950'lerin sonlarından 1960'ların başına kadar olan sürede tanımlanmıştır (27). Normal işiten yetişkinlerde uyarın başladıktan yaklaşık 50 ms sonra ortaya çıkar. P1'in orta latansının Pb'si ile aynı bileşen olduğu düşünülmektedir. Ancak son çalışmalar, P1 ve Pb'nin farklı bileşenler olduğunu göstermiştir (28).

Yetişkinlerde, P1'in genliği küçüktür ve N1 ve P2 genellikle yanıt hakimdir. Buna karşılık, küçük çocuklar için, uyarınlar yetişkinlerde tipik olarak kullanılanla aynı oranda sunulduğunda, P1 cevaba hakim olur ve bunu yavaş bir negatif dalga (N2) takip eder (29) (30). Bununla birlikte, uyarınlar daha düşük bir hızda sunulduğunda,

yanıtın morfolojisi yetişkin benzeri P1 – N1 – P2 yanıtına daha çok benzemektedir (31).

N1: N1 bileşeni genellikle “başlangıç” yanıtı olarak tanımlanır, çünkü işitsel korteks seviyesinde ses başlangıcının nöral kodlamasını işaret eder (32). Negatif tepe noktası (N1) ilk olarak Davis (1939) tarafından tanımlanmıştır (33). N1, pozitif tepe olan P1’i takip eder ve P2’den önce gelir. Normal işiten yetişkinlerde, negatif tepe bir ses başladıktan yaklaşık 100 ms sonra görünür. Bu nedenle, N1 bazen N100 olarak adlandırılır (22). N-Kompleksi, tüm uyaran koşulları altında yaklaşık 100 ms’de saptanır (34). İşitsel OİP’lerin N100 bileşeninin (uyaran başlangıcından ~100 ms sonra) ortamdaki akustik değişimin algılanmasını işaret ettiği ileri sürülmüştür (35). 100 ms civarında meydana gelen elektriksel cevabın negatif tepe noktası olan N100, işitsel, görsel, somatik, davranışsal ve bilişsel görevleri içeren çeşitli fonksiyonel paradigmalarda elde edilir (36). N1’in birinci bileşeni, superior temporal lobda işitsel kortekste veya yakınında bulunan iki yönlü dikey olarak yönlendirilmiş dipoller tarafından üretilen N1b olarak bilinen frontosentral negatif bir dalgadır. “T-kompleksi” olarak adlandırılan ikinci bileşen, yaklaşık 100 milisaniyede meydana gelen pozitif bir dalga ve ardından yaklaşık 150 milisaniyede meydana gelen bir negatif dalgadır (37). T-kompleksi, üst temporal girusta yerleştirilmiş ikincil işitsel kortekste radyal olarak yönlendirilmiş bir jeneratör tarafından üretilir. Bu nedenle, orta temporal elektrotlar ile ölçüldüğünde en büyük genlikte elde edilir (38). Naatanen ve Picton tarafından tarif edilen üçüncü bileşen, yaklaşık 100 milisaniyede görülen negatif bir dalgadır ve bu da tepe noktasında maksimum olarak kaydedilir. Bu dalganın jeneratörü bilinmemektedir ve işitmeye özgü olmayabilir (37). Daha ziyade, bu bileşen, sağlam bilgilerin verimli bir şekilde işlenmesine yardımcı olan kısa ama kapsamlı bir uyarıyı yansıtabilir. Bu yanıt N1b’den farklıdır, çünkü uzun uyarılar arası süre aralıklarına (örneğin 4 sn) en duyarlıdır (37). Genel olarak, uyaran hızının N1 üzerinde güçlü bir etkisi vardır ve N1 genlikleri, yüksek uyaran hızları için yavaş uyaran hızlarına kıyasla daha küçüktür (39).

P2: P2, N1’i takip eder ve normal işiten yetişkinlerde, bir konuşma uyarısının başlamasından yaklaşık 180 ms sonra ortaya çıkan pozitif bir dalga formudur. P2 morfolojisi genellikle N1 latansı ve amplitüdü ile kovaryans olduğundan, genellikle

yanlış olarak N1 ve P2'nin aynı sinir mekanizmalarını yansıttığı varsayılır. Sonuç olarak, veri yorumlaması genellikle N1 yanıtı ile sınırlıdır (22).

P1-N1-P2 kompleksi birçok çalışmada konuşma seslerinin özelliklerinin kortikal düzeyde nasıl yansıtıldığını incelemek için kullanılmıştır. Örneğin Tremblay ve diğ. (2002)'nin çalışmasında sesletim başlangıç zamanının (SBZ) nöral temsilleri ve algısı incelenmiştir. / ba / - / pa / uyarınları kullanılarak yapılan çalışmanın sonuçları yaşlanmanın işitsel kortikal yanıtların zamansal özelliklerini değiştirdiğini ve bunun sesletim başlangıcında senkronize ateşlemenin gecikmesine neden olduğunu göstermektedir. Ayrıca beyin ve davranışsal değerlendirmelerin sonuçları yaşlı yetişkinler tarafından ifade edilen konuşma anlama zorluklarının bir kısmının bozulmuş zamansal kesinlik ile ilişkili olabileceğini düşündürmektedir (40).

Aynı çalışmada ek olarak, aynı konuşma uyarınları yaşlı erişkinlerde anormal sinirsel tepkiler uyandırmıştır. Yani, genç dinleyicilerle karşılaştırıldığında, yaşlı yetişkinler için N1 ve P2 cevaplarının latansları uzamıştır. Araştırmacılar bu sonuçların yaşlı yetişkinler tarafından tanımlanan konuşma algısı bozukluklarının, uyarıcı ve inhibitör süreçleri düzenleyen yaşa bağlı değişikliklerle ilişkili olabileceğini düşündüğüünü belirtmiştir (40).

Konuşma uyarınlarının zamansal özelliklerine ek olarak spektral özellikleri de insan konuşma algısında kritik bir rol oynar. Digeser ve diğ. (2009) doğal olarak üretilen iki konuşma hecesi, / da / ve / ta / kullanarak spektro-temporal özelliklerin uyarılmış N1 ve P2 cevapları üzerindeki etkisini incelemiştir. Her hece için, ünsüz ünlü hece bütünüün yanı sıra izole ünlünün ve ünsüzünün (yani, / da /, / ta /, / ad /, / at /, / d / ve / t /) sunulduğu iki koşul vardır. Bu koşullarda uyarınları orijinal spektrum ile ve orijinal spektrum ile şekillendirilmiş beyaz gürültü ile sunulmuştur. Böylece, uyarılmış yanıtları ölçmek için 12 uyarın sunulmuştur. Sonuçlar / ta /'nın N1 ve P2 cevaplarının izole sessiz ünsüz / t / 'ye göre önemli ölçüde daha kısa latans ve daha büyük amplitüde sahip olduğunu göstermiştir. Çalışma, konuşmanın spektrot temporal özelliklerindeki küçük farklılıkların bile farklı OİP'leri uyandırabileceğini göstermektedir (41).

Çocukların işitsel OİP'lerine P1 ve N2 zirveleri hakim olurken, N1 dalgası 3-4 yaş arasında ortaya çıkar. 4 yaşından erişkinliğe kadar olan OİP'lerin olgunlaşmasını

incelemek ve 9 yaşındaki çocuklarda ve yetişkinlerde N1 ve N2 cevaplarının kaynaklarını karşılaştırmak için Čeponien ve diğ. (2002) yüksek çözünürlüklü elektroensefalografi kullanmıştır. Kısa (700 ms) ve uzun (ortalama 5 sn) “uyaranların başlangıcı arası süre (SOA)” kullanılarak üç kısmi harmonik ses verilmiş ve 4 yaşındaki katılımcılarda sadece 700 ms SOA kullanılmıştır. Kısa bir SOA ile 4 ve 9 yaşındaki çocuklarda P1 ve N2 cevapları gözlenirken, yetişkinlerde P1, N1, P2 ve N2 dalgalarının hepsi gözlenmiştir. Uzun SOA kullanıldığında 9 yaşındaki çocuklarda da yetişkinlere göre frontal dağılımlı bir N1 tepe noktası elde edilmiştir. Bunun yanı sıra yavaş N2 aktivitesi filtrelendikten sonra N1 dalgası da ortaya çıkmıştır. Sonuçlar, çocukların N1 cevabının yetişkinlerde olduğu gibi farklı bileşenlerden oluştuğunu ve hem çocuklarda hem de yetişkinlerde N1 ve N2'nin anatomik olarak farklı jeneratörler tarafından üretildiğini göstermiştir. Araştırmacılar ayrıca N1'in işitsel duyarlılık ve yönelim ile ilişkilendirilebilirken, P1 ve N2 tepelerinin işitsel duyuşal süreçleri yansıtabileceğini belirtmişlerdir (42).

Normal işiten bir grup genç yetişkinde uyarandaki sessiz boşluklarla uyarılan kortikal cevapları, zamansal boşluk tespitinin psikofiziksel çalışmalarında kullanılanlarla aynı uyarın koşulları kullanarak incelemek amacıyla Lister ve diğ. (2007) kanal içi (spektral olarak aynı uyarınlar) ve kanallar arası (spektral olarak farklı uyarınlar) koşullarında boşluk içeren uyarınlarla ortaya çıkan P1-N1-P2 cevaplarını incelemişlerdir. Bunun için normal işitmeye sahip 12 genç yetişkin (ortalama yaş 26) çalışmaya katılmıştır. Kanal içi ve kanallar arası boşluk fark etme eşikleri adaptif bir psikofiziksel prosedür kullanılarak belirlenmiştir. Daha sonra, kortikal işitsel uyarılmış potansiyeller (P1-N1-P2), psikofiziksel görev için kullanılanlarla aynı olan uyarınlardaki dört boşluk süresiyle ortaya çıkarılmıştır. Bu boşluk süreleri bireysel dinleyicinin boşluk fark etme eşiğı; boşluk fark etme eşiğinin üstünde; boşluk fark etme eşiğinin altında; ve psikofiziksel görevin standart aralığında boşluğa eş değer olan 1 ms'lik bir boşluk şeklinde düzenlenmiştir. Sonuçlarda P2'nin latansının ve P1, N1 ve P2'nin amplitüdünün, boşluk fark etme eşiğinin üzerinde sunulan boşluk süresine sahip uyarının akustik özelliklerinden ve aralığın süresinden önemli ölçüde etkilendiğı gözlenmiştir. Akustik ipuçlarının en belirgin olduğu koşullar için genellikle daha büyük amplitüdlere ve daha kısa latanslara bulunmuştur. Zamansal-mekansal ana bileşen analizi, temporal-parietal ve sağ-frontal bölgeler için 167 ve 183 ms'lik latans

bölgelerinde davranışsal boşluk bölgelerinde boşluk saptama eşiğine eşit boşluk süreleri ile ortaya çıkan nöral aktivite göstermiştir. Sonuç olarak sessiz bir boşluğa kortikal cevapların, normal işiten genç yetişkinlerde spesifik uyaran özellikleri ve boşluk sürelerine özgü olduğu görülmüştür. Spesifik olarak, boşluk fark etme eşiğinin üstündeki uyarılarda boşluk başlangıcı algısal olarak dikkat çekici olduğunda, P1-N1-P2 cevabının genliği nispeten daha büyüktür (43).

Dorman (1974), tarafından yapılan çalışmada üç farklı SBZ'ye sahip iki sentetik hece normal işiteme dinleyicilerine sunulmuştur (0 ve 20 ms / ba / ve 40 ms // pa /). Sonuçlar, KİUP'lerin amplitüd farklarının fonetik kategorideki farklılıkları yansıttığını göstermiştir. SBZ'da belirli bir farklılık için, uyarılmış cevap fonetik kategori içindeki farklı SBZ değerlerine sahip uyarılardan çok, farklı fonetik kategorideki uyarılar için daha büyük olmuştur. Araştırmacılar bu bulgunun N1-P2 genliğinin kategorik algıya katkıda bulunan nöral kodlamayı yansıtabildiğini gösterdiğini belirtmişlerdir. Bu çalışma, uyarılar içindeki akustik özelliklerin kodlanmasını doğrudan değerlendirmese de normal işiten dinleyicilerde, N1-P2 amplitüdünün yeterli dikkat koşulu altında fonetik kategorideki farklılıkları yansıtabildiğini göstermiştir (Han W., 2010'da yer almıştır) (21)

Yukarıda belirtilen çalışmalarda, konuşma uyarılarında içinde sadece nispeten büyük zamansal farklılıklar uyarılmış cevap içinde farklı bileşenler ortaya çıkarmıştır. Ancak daha küçük zamansal farklılıklar da uyarılmış potansiyelleri oluşturmaktadır. Örneğin Tremblay ve diğ. (2001)'nin yaptığı çalışmada N1 ve P2 cevabı, / ba / hecesinin iki sentetik konuşma varyantına yanıt olarak normal işiten 10 genç yetişkinden elde edilmiştir. Çalışmada küçük SBZ farklılıklarını fark etme içerikli bir eğitim programı uygulanmış, tekrarlanan ölçümler kullanılarak, katılımcılar eğitim ile ilgili değişikliklerin olup olmadığını belirlemek için eğitimden önce ve sonra davranışsal ve nörofizyolojik yöntemlerle test edilmiştir. Eğitim programında katılımcılar 220 ve 210 ms'nlik SBZ'ye sahip / ba / hecelerini birbirinden farklı olduklarını ayırt etmeleri amacıyla eğitilmiştir. Eğitim öncesi değerlendirmede katılımcılar hem 220 ms hem de 210 ms'nlik SBZ'li uyarıları / ba / olarak algılamışlardır. Eğitim yoluyla katılımcılar 220 ms'nlik SBZ'li uyarıyı "mba" ve 210 ms'nlik SBZ'li uyarıyı "ba" olarak tanımlamayı öğrenmişlerdir. Katılımcılar, 220 ms ve 210 ms'nlik SBZ'li uyarıların farklarını doğru bir şekilde belirlemeyi öğrendikçe,

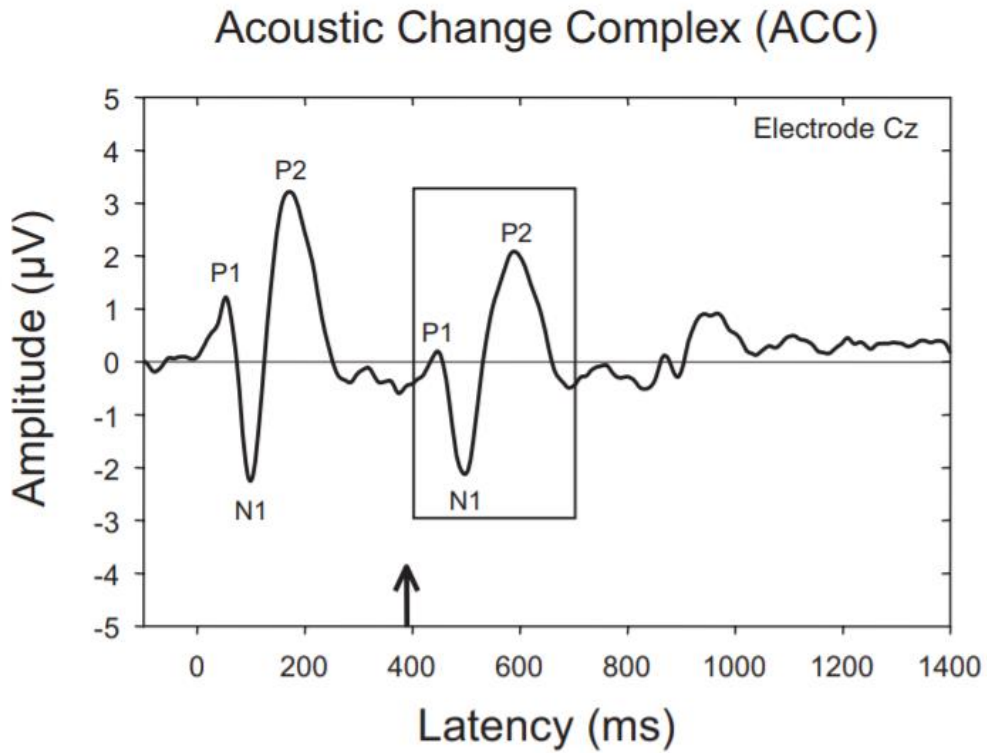
yapılan tekrarlı elektrofizyolojik değerlendirmelerde N1-P2 tepeden tepeye amplitüdlerinde bir artış gözlenmiştir. Sonuç olarak; algı iyileştikçe N1-P2 tepeden tepeye amplitüdüleri artmıştır. Bu bulgular, N1-P2 kompleksinin, konuşma sesi eğitimi ile ilişkili konuşma sesi temsilinin objektif fizyolojik bir karşılığı olarak klinik uygulamada kullanılabileceğini düşündürmektedir (44).

2.3.2. Akustik Değişim Kompleksi (ADK)

Akustik değişim kompleksi (ADK), devam eden bir sesin değişmesine tepki olarak ortaya çıkan kortikal işitsel uyarılmış bir potansiyeldir. Akustik bir uyarının sunulmasını takiben işitsel korteksten kaydedilen P1-N1-P2'nin, bir ses sinyalinin nöral kodlamasını yansıttığına inanılmaktadır, ancak bu, ses ayırt etme hakkında hiçbir bilgi sağlamamaktadır. Bununla birlikte, davranışsal ayırt etme kapasitesinin altında yatan sinirsel işleme, P1-N1-P2'nin kaydedilmesi için kullanılan geleneksel metodoloji değiştirilerek ölçülebilir (45). P1 – N1 – P2 kompleksi tipik olarak uyarın başlangıcı ile ortaya çıkar ve tipik olarak *click* uyarılara, tonlara ve kısa süreli konuşma uyarılarına yanıt olarak kaydedilir. Böyle kısa uyarılarınla uyarıldığında, tek bir başlangıç tespit edilir ve kompleks, tek bir P1 – N1 – P2 modeli olarak görünür. Kısa süreli bir uyarın nedeniyle, uyarılan yanıt genellikle sinyalin başlangıcına verilen yanıt baskındır. Bu nedenle, bir *click* uyarın veya sentezlenmiş konuşma uyarılarının uyardığı yanıt kalıpları birbirinden önemli ölçüde farklı görünmemektedir (Şekil 2.3.1) (22). Devam eden bir ses içindeki akustik değişime yanıt olarak elde edildiğinde ise, sonuçta meydana gelen dalga formuna ADK denir. Ortaya çıkarıldığında, ADK beynin bir ses içinde değişiklikler tespit ettiğini ve bireyin sesleri ayırt etmek için yeterli sinir kapasitesine sahip olduğunu gösterir. Aslında, birkaç çalışmanın sonuçları ADK amplitüdünün şiddet, spektrum ve boşluk süresinde artan akustik değişiklik büyüklüğü ile arttığını göstermiştir. Ek olarak ADK, sadece normal işiten dinleyicilerden değil, aynı zamanda işitme kaybı, işitme cihazı (İC) ve koklear implantı (Kİ) kullanan kişilerden de iyi test-tekrar test güvenilirliği ile güvenilir bir şekilde kaydedilebilir. ADK, dikkat yokluğunda bile elde edilebilir ve iyi bir sinyal / gürültü oranına sahip bir yanıtı kaydetmek için nispeten az sayıda uyarın sunum gerektirir. En önemlisi, ADK davranışsal ölçümler ile kabul edilebilir bir uyum göstermektedir (45).

Şekil 2.3.2, zamansal olarak orta noktasında uyarın değişikliği içeren / ui / uyarını tarafından ortaya çıkarılan bir dalga formunu göstermektedir. Uyarının başlangıcı yaklaşık 100 ms'de bir P1 – N1 – P2 dalga formu paterni ortaya çıkarırken, uyarının ortasındaki akustik değişiklik ikinci bir P1 – N1 – P2'yi (500 ms'de) ortaya çıkarır. Bu ADK'dir (22).

Şekil 2.3.2 800 msn süreli / ui / uyarınma tek bir kişide Cz elektrodundan elde edilen ortalama cevap (22).



Bir P1 – N1 – P2 kompleksi, uyarının başlaması ile ortaya çıkar. İkinci bir P1 – N1 – P2 ise uyarın orta noktasında / u / 'den / i /' ye akustik değişim ile ortaya çıkar. Bu örnekteki / ui / uyarın süresi yaklaşık 800 msn'dir. Uyarın süresi daha kısa olduğunda, uyarının başlamasına, değişmesine ve hatta dengelemesine verilen yanıt ile uyarın bitiş cevabı çakışabilir ve karmaşık bir dalga formu paterni oluşturabilir ve bazen farklı bileşenleri tanımlamak zor olabilir. Bu nedenle ADK, tüm uyarın içinde meydana gelen çoklu akustik değişikliklerin varlığı nedeniyle çakışan P1 – N1 – P2 komplekslerini yansıtabilir (46).

ADK konuşma sinyalindeki akustik özelliklerin ayırt edilmesi hakkında bilgi sağlar. Örneğin Martin ve diğ. (2008)'e göre Kaukoranta ve diğ. (1987) ve Ostroff ve diğ. (1998)' i ilk olarak; ADK'yi, normal konuşma seslerinde bulunanlara benzer frekans, amplitüd ve periyodisite ipuçlarını içeren ünsüz-sesli hecelere yanıt olarak kaydetmiştir (22).

ADK ayrıca konuşma seslerini sıklıkla farklılaştıran izole edilmiş akustik ipuçlarına ve bu akustik ipuçlarının kombinasyonlarına yanıt olarak da görülmüştür. Örneğin, harmonik bir ton kompleksinden aynı spektral zarfa sahip bir gürültü bandı uyarımına geçişte (46) ve bir ünlü ses içindeki genlik ve frekans değişikliklerine cevap olarak (47) kaydedilmiştir. Daha spesifik olarak ADK'nin konuşma sesi içerisindeki F2 değişikliklerinden kaynaklandığı belirtilmiştir (48).

Martin ve diğ., (2008) ADK'nin, P1 – N1 – P2 ile aynı morfolojiyi gösterdiğini ve ses başlangıç cevabındaki P1 – N1 – P2' nin sessizlikten sese akustik değişime bir tepki olabileceğini belirtmiştir. Bununla birlikte, bu yanıtların farklı süreçleri gösterdiğine dair bazı kanıtlar vardır (22). Örneğin, Martin (2008)'e göre Jones ve diğ. (1998)'nde perde veya tında ani bir değişiklikle uyarılan N1'in ses başlangıcı tarafından uyarılan N1'den daha posterior dağılıma sahip olduğu gösterilmiştir (22).

ADK odyologlara konuşma işleminin ilk aşamaları hakkında önemli bilgiler sağlama potansiyeline sahiptir. Ortaya çıkarıldığında ADK, kortikal düzeyde beynin bir konuşma sesi içinde değişiklikleri tespit ettiğini ve hastanın sesleri ayırt etmek için yeterli sinir kapasitesine sahip olduğunu gösterir. Bu nedenle, ADK konuşmayı ayırt etme kapasitesinin bir göstergesi olarak kullanılabilir (22). ADK'nin avantajları, klinik bir ortamda ortaya çıkmanın kolay olması, dikkat olmasa bile elde edilebilmesi ve iyi bir sinyal / gürültü oranına sahip bir yanıtı kaydetmek için nispeten az sayıda uyarım sunum gerektirmesidir. En önemlisi, ADK iyi test-tekrar test güvenilirliğine sahiptir (49). Bu faktörler ADK'nin potansiyel klinik uygulaması için olumludur, çünkü genellikle tek bir seansta çoklu konuşma seslerinin nöral temsilini değerlendirmek mümkündür (22).

Ünsüz-ünlü heceler kullanılarak ADK cevaplarının kaydedildiği bir çalışmada Ostroff ve diğ. (1998) işitsel kortikal uyarılmış potansiyeller N1 ve P2'yi normal işiten sekiz yetişkinde doğal olarak üretilen üç konuşma uyarımı ([sei], [s] ve [ei])

kullanılarak elde etmiştir. Grup ortalama dalga formlarında hem ünsüz hem de izole ünlü seslere net yanıtlar gözlenmiştir. [S] 'e verilen yanıt [ei]' den daha zayıf olmasına rağmen, her ikisinde de ses başlangıcına cevap olan, kortikal başlangıç potansiyellerine uygun latanslı N1 ve P2 bileşenleri gözlemlenmiştir. Tam hece içindeki [ei] 'ye verilen yanıtın, ünsüzden ünlü sese geçişte amplitüd veya spektral değişimin neden olduğu kortikal aktivasyon değişikliklerini yansıttığı gözlemlenmiştir. Hece bağlamında bir başlangıç ve ses değişimi cevabının gözlemlenebilmesi, çevresel mekanizmanın devam eden bir uyarandaki akustik değişim hakkında bilgi aktardığını doğrulamaktadır. Çevresel mekanizmanın akustik değişikliklere cevap verme becerisi, daha yüksek düzeyde konuşma algısı için ön koşullardan biridir. Araştırmacılar N1-P2 akustik değişim kompleksinin prelingual çocukların ve test edilmesi zor olan diğer popülasyonların klinik değerlendirmesinde kullanılabileceğini belirtilmiştir. Sonuç olarak; devam eden bir uyaranda (ünsüz-ünlü ses) ünlü başlangıcında kortikal bir cevap gözlemlenebileceği ortaya çıkarılmıştır. Cevabın morfolojisi ve latansı, ünsüz-ünlü ses geçişinde meydana gelen akustik değişim için bir N1-P2 potansiyeli ortaya çıktığını göstermektedir (48).

P1-N1-P2 kompleksini ortaya çıkarmak için *click* uyarılar, *tone burst* uyarılar ve sentezlenen kısa konuşma gibi çok kısa uyarılar kullanıldığında, dalga formunun bileşenleri net bir morfoloji gösterir. Doğal olarak konuşulan konuşma da dahil olmak üzere daha uzun süreli uyarılar genellikle çift tepeli (veya ikinci tepeye sahip olan) ile dalga formlarını ortaya çıkarır. KİUP morfolojisi, sürekli olarak uyarandaki akustik elemanların zamansal sırası ile ilişkili çoklu N1 tepe noktalarını veya çoklu P1-N1-P2 komplekslerini gösterir (21). Nitekim ADK cevabı da çoklu P1-N1-P2 komplekslerinden oluşur.

Ganapathy ve diğ. (2013)'nin yaptığı çalışma konuşma sesleri ve tonal uyarılar için geçiş öncesi uyarın süresinin ADK üzerindeki etkisini araştırmayı amaçlamıştır. Bunun için geçiş öncesi süreleri farklı olan ünsüz-ünlü hece ve spektral değişiklik içeren tonal kompleks olan uyarılarla kortikal potansiyeller kaydedilmiştir. Sonuçlar ADK elde edilebilmesi için tonal uyaranda minimum 100 ms, ünsüz-ünlü hece için minimum 80 ms'lik geçiş öncesi uyarın süresinin gerekli olduğunu göstermiştir. Devam eden uyarandaki değişime yanıt olan N1 ve P2'nin latansı, geçiş öncesi süredeki artışla artmıştır. Uyarılmış yanıtların amplitüdü geçiş

öncesi süre ile önemli bir değişiklik göstermemiştir. Sonuç olarak; konuşma ve konuşma olmayan uyaranlar için ADK'yı ortaya çıkarmak için gereken minimum geçiş öncesi sürenin aynı olmadığı bulunmuştur. Konuşma uyarını, konuşma olmayan uyarandan daha az ön geçiş süresi gerektirmiştir (50).

Friesen ve Tremblay (2006)' in yaptığı çalışma ADK'nın koklear implant kullanıcılarında güvenilir bir şekilde kaydedilip kaydedilemeyeceğini ve farklı konuşma seslerinin farklı ADK kalıpları oluşturup oluşturmadığını belirlemeyi amaçlamıştır. Bunun için Kİ kullanan sekiz yetişkin, doğal olarak üretilen konuşma sesleri / si / ve / ʃi / (/shi/) kullanılarak test edilmiştir. / ʃi / hecesinin içindeki ünlü sesin başlangıcına cevap olan ADK latansları / si / tarafından uyarılanlardan önemli ölçüde daha erken olmuştur. Sonuç olarak; ADK, CI kullanan bireylerde güvenilir bir şekilde kaydedilebilmiştir. Ayrıca, doğal olarak üretilen konuşma heceleri / si / ve / ʃi / farklı ADK paternlerini oluşturmuştur. Tekrar edilebilirliği ve bireysel Kİ kullanıcılarından kaydedilebilme kolaylığı nedeniyle, ADK, Kİ kullanıcılarında merkezi işitsel işlevi incelerken karmaşık sinyaller (doğal olarak üretilen konuşma heceleri gibi) kullanılarak uyarılabilir (51).

Chen ve Small (2015)'in yaptığı çalışma İngilizce öğrenen 4 aylık bebeklerde uzun süreli konuşma uyaranları ile ADK'nın oluşumunu incelemiştir. Uyaranlar doğal olarak üretilen dental-dental / dada /, dental-labial / daba / ve Hintçe dental-retroflex / daDa / 'dır. Bebeklerde uyarının başlangıcına ve uyarın içindeki / da / 'dan / ba /'ya veya / Da /' ya akustik değişime cevap olan, erişkinlere kıyasla önemli ölçüde uzamış latanslarda yavaş kortikal yanıtlar elde edilmiştir. ADK'lar, süresi daha kısa olan uyaranları kullanan önceki çalışmaların bulgularıyla karşılaştırıldığında, tüm uyaran koşulları için daha iyi morfolojiye sahip ve güvenilir bir şekilde elde edilmiştir. / daba / ve / daDa / 'daki akustik değişimle uyarılan P1 amplitüdüleri, / dada /' ya kıyasla önemli ölçüde daha büyük olmuştur. Araştırmacılara göre bu bulgular ADK'ların ayırt etme becerisinin gösterimi olarak kullanılmasına ilişkin kanıt sunmaktadır (52).

2.3.3. P300

P300 dalgası, olaya ilişkin potansiyelde pozitif bir sapmadır. Bir dinleyici, düzenli bir standart uyaran paterninde seyrek sunulan "hedef" uyarını tespit ettiğinde,

en sık olarak "oddball" paradigmasında ortaya çıkar. P300 yalnızca dinleyici aktif olarak hedefleri tespit etme görevi ile meşgulse ortaya çıkar. Genliği, hedef sesin ortaya çıkma ihtimalinin düşüklüğüne göre değişir. Latansı, hedef uyarını standart uyarılardan ayırmanın zorluğuna göre değişir. Basit bir işitsel ayırt etme görevinde genç bir yetişkinin tipik P300 latansı 300 ms'dir. Bilişsel becerisi azalmış hastalarda P300, normal deneklere göre daha küçük ve daha geçtir. P300 dalgasının intraserebral kaynağı bilinmemektedir ve bilişteki rolü açıkça anlaşılmamıştır. P300'ün birden fazla intraserebral jeneratörü olabilir, hipokampus ve neokorteksin çeşitli bağlantı alanları kafa derisi tarafından kaydedilen potansiyele katkıda bulunur. P300 dalgası, beynin birçok farklı bölgesini içeren bir süreç olan bilginin bilince aktarılmasını temsil edebilir (53).

Polich (1989)'in çalışmasında temel amaç; P300'ün tekrarlanan hedef uyarın sunumları ile amplitüdde bir düşüş gösterip göstermeyeceğini saptamaktır. Bunun için üç deney yapılmış, basit bir işitsel uyarın ayırt etme görevi ile ortaya çıkan P300 (P3)deki habituasyon etkileri değerlendirmiştir. Deney 1'de, ilk 15 bireysel hedef uyarın sunumu için P3'teki olası değişiklikler araştırılmıştır. Hedef uyarının olasılığı % 10, % 30 veya % 50 olduğunda, cevap komponentlerinin amplitüdü veya latansı değişmemiştir. Deney 2'de, 20 hedef uyarın % 20'lik bir hedef olasılığı ile sunulmuştur. P3 amplitüdü, 1. ve 10. sunum blokları arasında önemli ölçüde azalmış ve hedef tespit performansında herhangi bir azalma gözlenmemiştir. P3 latansı tekrarlanan sunumlarla artma eğiliminde olmuştur. Deney 3, Deney 2'ye benzer olarak yapılmıştır, ancak 9. deney bloğundan sonra hedef uyarının perdesi değiştirilmiştir. P3 amplitüdü yine 1. ve 9. deneme blokları arasında azalmıştır, ancak hedef uyarın değiştiği 10. blokta önemli ölçüde artmış ve böylece dishabitüasyon göstermiştir. 15. deneme bloğunda ise amplitüdde ikinci bir azalma meydana gelmiştir. P3 latansı, tekrarlanan sunumlarla artma eğiliminde iken uyarın değişikliği ile azalmıştır. Yani aktif bir ayırt etme görevi ve işitsel uyarınlarla ortaya çıkan P3 bileşeni, yeterli sayıda uyarın sunulduktan sonra habituasyon göstermiştir (54).

Tipik olarak, işitsel nöropati spektrum bozukluğu (İNSB) olan bireyler, otoakustik emisyonların varlığını ve ABR yokluğunu gösterir. İNSB'li bireylerin, eksik veya anormal ABR'lere rağmen, işitsel kortikal potansiyel gösterdiği bildirilmiştir. P300, endojen bir kortikal uyarılmış potansiyeldir ve sese dikkat

edildiğinde kortikal aktivitedeki değişiklikleri yansıtır. Bu, aktif işitsel algılamanın altında yatan karmaşık kortikal duyusal-bilişsel süreci etkili bir şekilde ölçebilir. Bu nedenle, Apeksha ve Kumar (2017)'in çalışmasında, P300 yanıtı kullanılarak İNSB olan bireylerde aktif işitsel ayırt etme becerilerinin kortikal temsillerini araştırmak amaçlanmıştır. İNSB'li 25 katılımcı ve normal işitmeye sahip olan 25 katılımcı ile yapılan çalışmada, İNSB olan bireylerde normal işitme ile orta işitme kaybına kadar değişen odyometrik eşikler gözlemlenmiştir. P300, *oddball* paradigmasında /ba/ - /da/ uyaran kontrastı kullanılarak kaydedilmiştir. Sonuçlar, normal işiten bireylere kıyasla İNSB'li bireylerde ses kontrastlarına zayıf duyarlılık ve daha uzun reaksiyon süresi göstermiştir. İNSB olan bireylerde P300 yanıtlarında latans süresinde uzama ve amplitüdde azalma gözlemlenmiştir. P300 yanıtının hem latansı hem de amplitüdü algısal ölçümlerle ilişkili bulunmuştur (55).

P300 cevabı Kİ kullanıcılarından da elde edilebilir. Örneğin Beynon ve diğ. (2005)'nin çalışmasında, üç farklı konuşma kodlama stratejisi kullanılarak (ACE, CIS, SPK) Kİ kullanıcılarından OİP ölçümleri elde edilmiştir. İlk olarak, sonuçlar normal işiten deneklerle karşılaştırılmıştır. Ayrıca, iki konuşma sesi kontrastı için P300 ölçümleri ile davranışsal ayırt etme arasında bir ilişki olup olmadığı incelenmiştir. Kayıtların çoğunda tekrarlanabilir P300 yanıtları bulunmuştur. Tüm Kİ'li katılımcılarda, üç konuşma stratejisinden (ACE, CIS, SPK) en az ikisiyle ünlü ses kontrastları P300 ortaya çıkarmıştır. Bununla birlikte, ünsüz kontrastları için, on Kİ kullanıcılarından sadece sekizinde bir P300 tanımlanabilmiştir. Kİ kullanıcıları ünlü kontrastları için daha uzun uyaran değerlendirme süresi (*stimulus evaluation time*) ve ünlü kontrastı için kontrol grubundan daha düşük genliğe sahip kortikal cevaplar göstermiştir. Ayrıca P300 verileri, davranışsal ayırt etme becerileri ile kabul edilebilir bir uyum içinde bulunmuştur. P300 farklılıklarına ek olarak, üç kodlama stratejisinin tümünde ünlü ve ünsüz kontrastları için kontrol grubu ile Kİ grubu arasında N1 ve P2 potansiyellerinin latanslarında da bir fark bulunmuştur. Ünsüz ve ünlü kontrastlarının oluşturduğu cevaplar karşılaştırıldığında ise hem Kİ kullanıcılarında hem de kontrol grubunda ünsüz kontrastlarında genel olarak daha düşük amplitüdü ve daha uzun latanslı cevaplar gözlenmiş, araştırmacılar bu bulgunun ünsüz kontrastlarını kortikal düzeyde işlemenin ünlü kontrastlarına göre farklı olduğunu düşündüğüne belirtmişlerdir. Bunun ünsüz ses kontrastlarının ünlü ses kontrastlarından daha küçük bir akustik fark

içermesi ile ilişkili olabileceği belirtilmiştir. Ayrıca bu sonuçlarda ünlülerin ayırt edilmesinin esas olarak frekans bilgisine dayandırılmasının, ünsüz algısının ise zamansal işlemeden faydalanmasının bir rol oynayabileceği vurgulanmıştır (56).

Groenen ve diğ. (2001)'in çalışmasından dört ses kontrastı (500–1000 Hz, / ba / - / da /, / ba / - / pa / ve / i / - / a /) hem normal işitenlere hem de Kİ kullanıcılarına sunulmuştur. N1 ve P2 tüm katılımcılarda tüm durumlar için elde edilmiştir. Kİ grubunda normal işiten kontrol grubuna göre uzamış N1, P2 ve P300 latansları bulunmuştur. Kİ kullanıcıları, tüm konuşma sinyalleri için daha küçük N1 amplitüdüleri ve aynı zamanda ünsüzler için kontrol grubuna göre daha küçük P2 amplitüdüleri göstermiştir. Kİ kullanıcılarının P300 bulguları, konuşma tanıma testinin davranışsal sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Kİ kullanıcılarında 500-1000 Hz ve / i / - / a / kontrastları ile oluşan P300 cevap amplitüdüleri ile davranışsal konuşma tanıma arasında bir ilişki bulunmuştur. Sonuçlar, P300 ölçümlerinin yararlı olduğunu ve Kİ kullanıcılarında konuşma tanıma değerlendirmelerinde değerli olduğunu göstermektedir (57).

2.3.4. Eşleşmeyen Negativite Cevabı (ENC)

Eşleşmeyen negativite cevabı (ENC), tekrarlayan bir akustik düzendeki bir değişiklikte ortaya çıkan, dikkat öncesi işitsel bir olayla ilişkili olan OİP bileşenidir. Sıklıkla "standart" seslerin oluşturduğu yanıtları, frekans, şiddet, süre veya soyut özellik gibi bazı akustik özellikler bakımından standartlardan farklı olan nadir olarak sunulan "aykırı" seslerin oluşturduğu yanıtlardan çıkararak elde edilir. ENC'nin temporal ve frontal loblardaki nöral jeneratörlerle ilişkili olduğu belirtilmektedir (58).

ENC, uyarıların basit özelliklerinden çok uyarı sunum paterninde bir sapma ile oluşturulabilir. Basit bir patern sapması, düzenli olarak değişen iki uyarıdan bir tanesinin öngörülemez tekrar olacaktır. Tekrarlanan uyarı hemen öncekiyle aynı olduğundan, bu aykırı uyarı özellikleri temelinde beklenmedik olacaktır. Bu patern sapmasına cevap olan ENC, kafatası topografisinde basit bir frekans sapmasına cevap olan ENC'den farklılık gösterir, bu da yinelenen işitsel paternleri değerlendiren sistemlerin farklı nöronal popülasyonlar kullandığını gösterir (59).

ENC'nin mekanizmaları ve anlamı tartışılmaya devam etmektedir. ENC için iki baskın açıklama önerilmiştir. "Sinirsel adaptasyon" hipotezine göre, standartların tekrar tekrar sunulması, işitsel korteksteki özellik seçici nöronların yanıtlarını oluşturur ve adaptasyon gerçekleşir. Nadir olan aykırı sesler, sık sunulan standart sesler tarafından uyarılanlardan daha az adaptasyon gösteren nöronları aktive eder ve bu nedenle çıkarma prosedüründen sonra daha büyük bir "zorunlu" cevap ortaya çıkar. Aksine, "duyusal hafıza" hipotezine göre ise, ENC, gelen sesin özellikleri ile nöral 'hafıza izinin' özellikleri arasındaki sapmayı yansıtan 'yeni' (zorunlu olmayan) bir OİP bileşenidir (58).

Pakarinen ve diğ. (2006)'nın çalışmasında ENC paradigması genişletilerek merkezi işitsel işlemenin kapsamlı çok boyutlu bir profilini elde etmek amaçlanmıştır. Normal işiten genç yetişkinlerden çoklu özellikli ENC paradigması (*multi-feature MMN paradigm*) kullanılarak altı farklı sapma büyüklüğüne sahip olan ses süresi, frekans, şiddet ve algılanan ses kaynağı lokasyonundaki aykırılıklara ENC cevapları kaydedilmiştir. 24 ses değişikliğinin tümü belirgin ENC'leri ortaya çıkarmıştır. Uyaran değişikliği arttıkça ENC amplitüdü artmış, latans azalmıştır. ENC latansları, frekans ve lokasyon sapmalarının büyüklüğü ile azalırken, şiddet ve süre sapmalarının büyüklüğü ENC'lerinin latanslarını etkilememiştir (60).

Lonka ve diğ. (2013)'nin çalışmasında 2.5 yıllık Kİ kullanımı sırasında frekans ve süre değişiklikleri ile ortaya çıkan ENC'deki değişiklikleri takip etmek ve ENC sonuçlarını odyometrik konuşma tanıma puanlarıyla (OKTP) karşılaştırmak amacıyla yetişkin Kİ kullanıcılarının Kİ aktivasyonundan 1 ve 2.5 yıl sonra değerlendirmeleri yapılmıştır. Katılımcılara 500, 1000, 2000 veya 4000 Hz frekansında tekrarlayan 100 ms'lik standart sesler sunulmuştur. Standart sesler arasında nadiren meydana gelen aykırı sesler, standart seslerin frekansından % 20 daha düşük veya standart seslerin süresinden % 50 daha kısa olmuştur. Konuşma tanıma becerisi ise OKTP'lar ile takip edilmiştir. Her iki ölçüm zamanında (Kİ aktivasyonundan 1 ve 2.5 yıl sonra) tonların frekans aralığı ENC amplitüdünü önemli ölçüde artırmıştır. Ayrıca, katılımcıların OKTP'ları zamanla önemli ölçüde artmış ve her iki ölçümde de frekans sapması ile ortaya çıkan ENC amplitüdüleri ile korelasyon göstermiştir. Sonuç olarak; 2.5 yıllık bir takip sonucunda Kİ kullanımı ile işitsel perde ayırt etmenin plastisitesi, frekans değişikliklerine cevap olan ENC amplitüdüdeki artış ile gösterilmiştir (61).

Kİ kullanıcılarında tını algısı zayıftır. Rahne ve diğ. (2014) çalışmalarında 15 Kİ kullanıcı ve 15 normal işiten katılımcıda tını ayırt etmenin psikoakustik ve elektrofizyolojik değerlendirmesini yapmıştır. Zamansal zarf modülasyon farklılıkları ve karmaşık seslerin spektral dağılım farklarını fark etme becerisi değerlendirilmiştir. Bireysel katılımcılarda elde edilen davranışsal fark etme değerleri kullanılarak ENC kaydedilmiştir. Davranışsal olarak ayırt edilebilen farklılıklar tüm normal işiten dinleyicilerde ENC cevaplarını oluşturmuştur. Spektral dağılım farklılıklarının ve özellikle temporal zarf modülasyon farklılıklarının ayırt edilmesinin Kİ kullanıcıları için daha zor olduğu saptanmıştır. ENC ise, tını farkı davranışsal olarak ayırt edilebilir belirgin farkların üzerinde olduğunda hem normal işiten bireyler hem de Kİ kullanıcılarında elde edilmiş, fakat davranışsal ayırt edilen değerlerin altında olduğunda ENC elde edilmemiştir. Böylece, 'aykırı' ve 'standart' tonları arasındaki tını farkı, tını değişikliklerinin otomatik olarak algılanmasının bireysel eşiklerini göstermektedir. Araştırmacılar normal işiten bireylerin ve Kİ kullanıcılarının tını algılama becerilerinin, psikoakustik ölçümler ve ENC kayıtları ile değerlendirilebileceği sonucuna varmıştır (62).

2.4. Kortikal Potansiyeller ve Gürültü

Arka plan gürültüsünün KİUP'ler üzerindeki etkileri, işitsel sistemin fizyolojisi hakkında fikir verebilir (2). Billings ve diğ. (2009)'nin yaptığı bir çalışmada insan merkezi sisteminin gürültü içindeki sinyalleri nasıl kodladığını daha iyi anlamak için sinyal seviyesi ve sinyal-gürültü oranının (SGO) uyarılmış cevapların üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bunun için sessiz ortamda ve farklı SGO'larda ve farklı şiddetlerde arka plan gürültüsünde sunulan 1000 Hz uyarısına (uyaran farklı şiddet seviyelerinde sunulmuştur) yanıt olarak normal işiten 15 yetişkinden KİUP'ler kaydedilmiştir. Bu farklı koşullar, sinyal seviyesi ve SGO'nun P1, N1, P2 ve N2 üzerindeki etkilerini belirlemek için kullanılmıştır. Artan SGO ile amplitüdlere artmış ve latanslar kısalmıştır; ayrıca, test edilen iki sinyal seviyesi (60 ve 75 dB SPL) arasında sinyal şiddetinin ana etkisi gözlenmemiştir. P1 – N1 – P2 kompleksinin morfolojisinin, sinyal şiddetinden çok öncelikle SGO'dan etkilendiği araştırmacılar tarafından belirtilmiştir (63).

Shtyrov ve diğ. (1999) tarafından yapılan bir çalışmada normal işiten katılımcılara patlamalı hece /pa/ uyarını bireysel işitme eşliğinin 60 dB üstünde sunulmuş, magnetoensefalografi (MEG) cihazı ile kortikal cevaplar kaydedilmiştir. Uyarılar sessiz ortamda ve SGO'nun 15 ve 10 dB olduğu iki sabit beyaz gürültüde (düşük gürültü ve orta gürültü koşulları) olmak üzere üç durumda sunulmuştur. Sonuçlar gürültü yokluğunda sol ve sağ hemisferlerin cevapları arasında fark olmadığını göstermiştir. Araştırmacılar bu sonucun, ünsüz-ünlü heceleri ile oluşan P1m, N1m ve P2m cevaplarının kendi başlarına konuşma seslerinin beyindeki lateralizasyonunu yansıtmadığını ve konuşma seslerinin işlenmesi ile ilişkili hemisferi belirlemek için kullanılamayacağını düşündüğünü belirtmişlerdir. Çalışmanın ana bulgusu, gürültünün, sol ve sağ serebral hemisferlerde ünsüz-ünlü heceler ile uyarılan çıkan P1m, N1m ve P2m cevaplarını etkilediğidir. Ayrıca gürültü varlığı cevaplardaki değişiklikleri farklı hemisferlerde farklı şekilde etkilemiştir. Sol hemisferde gürültünün P1m ve P2m cevapları üzerindeki baskılayıcı etkisi gözlenirken, sağ hemisferde bu cevaplar gürültüden etkilenmemiştir veya P2m cevabı gürültülü koşullarda daha da güçlü olarak elde edilmiştir. Araştırmacılara göre bu veriler, konuşma sinyalinin gürültü ile maskelenmesi durumunda, sağ hemisferin konuşma işlemlemeye katılması arttıkça, sol (baskın) hemisferin konuşma işlemeye göreceli katılımının azaldığı hipotezini desteklemektedir. Sağ hemisferdeki P1m, N1m ve P2m eşdeğer dipol kaynaklarının konumları, sessiz ortamda, gürültüden farklı olmuştur, ancak sol hemisferde böyle bir etki bulunamamıştır (64).

Billings ve diğ. (2017)'nin yaptığı çalışmanın amacı, hece içinde farklı fonemlerin nöral kodlaması üzerindeki arka plan gürültü etkilerini belirlemektir. Bunun için; 15 genç normal işiten yetişkinden / s /, / a / ve / sa / konuşma sinyallerine yanıt olarak KİUP'ler kaydedilmiştir. Sinyaller değişen SGO'larda sunulmuştur. Her iki fonem için SGO ve bağlamın etkileri (fonemin tek başına veya hece içinde bulunması) incelenmiştir. Her üç uyarı için, SGO iyileştikçe genellikle latanslar azalmış ve amplitüdlere artmıştır. Beklendiği gibi, KİUP'ler artan arka plan gürültüsü ile birlikte zayıflamış; SGO azaldıkça, latansları artmış ve amplitüdlere azalmıştır. En zayıf SGO'larda / s / 'ye nöral cevaplar oluşmamış veya çok zayıf olarak gözlenirken, tüm SGO'larında / a / uyarısına cevaplar oluşmuştur. Araştırmacılar bu sonuçların, arka plan gürültüsüne göre uyarının işitilebilirliği ile tutarlı olduğunu belirtmişlerdir.

Ünlü sesler periyodisite özelliğine sahiptirler, fakat /s/ frikatif sesinde periyodisite yoktur. Bu nedenle / a / uyarana ait cevaplar, aperiodik arka plan gürültüsünde / s / uyarana ait cevaplardan daha belirgin olmuşlardır. Araştırmacılar ayrıca hece içindeki ve izole olan / s / ve / a /'nın nöral düzeyde kodlanmasındaki farklarının uyaraların seviyesi (/s/'nin şiddeti /a/'dan düşüktür) ve zamanlamasından kaynaklanabileceği belirtilmiştir. Örneğin /s/ sesindeki frikasyonun ünlü sese zamansal yakınlığı nedeniyle, ünlü ses başlangıcında birçok nöron, refraktör dönemdedir ve ünlü seslere yanıt veremez. Bu nedenle, hece bağlamında / a / 'nın cevap amplitüdü izole edilmiş / a /'nın cevap amplitüdünden daha düşüktür. Refraktör etkilerin en çok /s/'nin tamamen duyulabilir olduğu sessiz koşulda gerçekleştiği ve /s/ ile /a/ için bir derecede nöral çakışma (aynı nöral toplulukların aktive olması) olduğu belirtilmiştir. Bununla birlikte, arka plan gürültüsünde gürültü seviyesi arttıkça, / s / uyaranı /a/'ya göre daha fazla maskelenir ve daha az nöral çakışma ve daha küçük refraktör etkiler gerçekleşir. Bu durum, değişen SGO'larda /a/ ile oluşan cevapların amplitüdlerinin değişmemesine sebep olmuş olabilir. Sonuç olarak cevaplar artan arka plan gürültüsü ile birlikte zayıflamış; SGO azaldıkça, latanslar artmış ve amplitüdü azalmıştır. En zayıf SGO'larda /s/ uyarana nöral cevaplar elde edilmezken veya çok zayıf elde edilirken, tüm SGO'larda /a/ uyarana cevaplar elde edilmiştir. Sonuçlar, arka plan gürültüsündeki karmaşık konuşma seslerinin sinirsel kodlamasının SGO'dan eşit şekilde etkilenmediğini göstermiştir. Bu sonuçlar, arka plan gürültüsüne göre uyarın duyulabilirliği ile tutarlı bulunmuştur. Ünlüler periyodikken sürtünmeli ünsüzler periyodik değildir. Bu nedenle / a /, aperiodik arka plan gürültüsüne karşı / s / 'den daha belirgin çıkmıştır (2).

Ganapathy ve Manjula (2016)'nın çalışması, ADK kullanılarak devam eden bir uyarın içinde konuşma spektrumu şekilli gürültünün hızla değişen akustik ipuçlarının fark edilmesi üzerindeki etkisini incelemek için yapılmıştır. Bunu anlamak için ADK, spektral ve amplitüd değişikliği içeren konuşma uyarını, amplitüd değişikliği ve spektral değişiklik içeren tonal uyarın kullanılarak konuşma spektrumu ile şekillendirilmiş gürültü içerisinde ve sessiz ortamda kaydedilmiştir. Geniş bant gürültünün /sa/ uyarını ile oluşan kortikal cevaplara etkisini incelemek için ses başlangıç (/s/ ile oluşan) ve ses değişim cevapları (/a/ ile oluşan) sessiz ortamda ve arka plan gürültüsü varlığında kaydedilmiştir (1).

Gürültü seviyelerindeki artış özellikle ünsüz / s / ile oluşan cevapların morfolojisini etkilemiştir. Hatta -5 dB SGO'da saptanabilir ses başlangıç yanıtı gözlemlenmemiştir. Bu durum gürültünün ünlü seslerden önce gelen ünsüzlerin kodlanmasını etkilediğini göstermektedir. Ganapathy ve Manjula (2016)'ya göre bu bulgu, ünsüzlerin tanınmasının arka plan gürültüsü varlığında ünlüler kadar kolay olmadığını bildiren Benkí (2003) tarafından yapılan davranışsal çalışma ile uyumludur. Merkezi işitme sisteminin daha yüksek gürültü seviyelerinde bilgi elde edememesi ünsüz algısında düşüğe neden olabilmektedir (1).

Gürültü seviyelerindeki artış morfolojideki değişikliklere ek olarak, konuşma uyararı ile oluşan ADK için amplitüdün önemli ölçüde azalmasına ve latansların uzamasına neden olmuştur. Bulgular SGO'da azalma ile ses başlangıç ve ADK latanslarının uzamasını göstermiştir. Gürültü, 0 ve -5 dB SGO arasında ses başlangıç ve ses değişim yanıtı için ($N1^1 - P2^1$ /a/ uyararına cevaplar- tepeden tepeye amplitüdü dışında) benzer etkiler göstermiştir. $N1^1-P2^1$ 'in tepeden tepeye amplitüdü ise, 0 ve -5 SGO arasında anlamlı bir fark göstermemiştir (1).

Tonal uyararı ile oluşturulan cevaplarda ise sessiz ve arka plan gürültüsü varlığında amplitüd değişimi içeren tonal uyararı için ses başlangıç cevabı $N1$, $P2$ ve değişim cevabı $N1^1$ ve $P2^1$ gözlemlenmiştir. Arka plan gürültüsündeki artışla birlikte morfoloji, amplitüd ve latans değerlerinde önemli değişiklikler olduğu gözlenmiştir. Hem ses başlangıç hem de ses değişim yanıtları sessiz ve farklı SGO'lerde (+5, 0 & -5 SGO) gözlemlenmiştir. Latans bulguları, arka plan gürültüsünde artış ile sistematik bir uzama göstermiştir. $N1-P2$ ve $N1^1-P2^1$ 'in tepeden tepeye amplitüdü, arka plan gürültüsünde artış ile azalmıştır. Ancak konuşma uyararlarında görüldüğü gibi, $N1^1$ ve $P2^1$ amplitüd değerleri 0 SGO ve -5 SGO arasında önemli bir değişiklik göstermemiştir (1).

Sonuç olarak gürültünün ADK üzerindeki etkisi konuşma uyararlarına benzer olarak tonal uyararlarda da görülmüştür. Morfolojinin bozulması, latansların uzaması ve amplitüdde azalma gözlenmiştir. Hem ses başlangıç hem de ses değişim cevapları -5 dB SGO'da elde edilmiştir. $N1$, $P2$ ve $N1^1$ ve $P2^1$ 'in latansları, gürültü seviyelerinde artış ile önemli ölçüde uzama göstermiştir. $N1-P2$ ve $N1^1-P2^1$ tepeden tepeye amplitüd

sonuçları arka plan gürültüsünde önemli bir azalma göstermiştir. Benzer bir sonuç, konuşma uyararı ve amplitüd değişikliği olan tonal uyararı için de görülmüştür (1).

Genel olarak latans değerlerinde gecikme gözlemlenmiştir, bu da arka plan gürültüsünün daha yavaş zamansal işlemeye yol açtığını göstermektedir. Amplitüd sonuçları gürültünün etkisi için karmaşık bulunmuştur; 0 ve -5 SGO değişimlerinde, amplitüde anlamlı bir değişiklik olmamıştır. Sonuçlar, arka plan gürültüsünün latansta uzama ve amplitüde azalma ile hem ses başlangıç hem de ses değişim cevaplarını etkilediğini ortaya koymuştur (1).

Yaralı (2020)'nin çalışmasında bir ünlü-ünlü ses uyararı (/ ui /) sessiz ortamda ve iki farklı SGO'da sunulmuştur. Gürültünün akustik değişim N1 cevabı ve ses başlangıç N1 cevabı üzerindeki etkisi karşılaştırılmıştır. Çalışmada 21 genç yetişkinden; sessiz ortamda ve beyaz gürültüde (+10 dB ve 0 dB SGO) ses başlangıç ve akustik değişim cevapları kaydedilmiştir. Sessiz ortam ve +10 dB SGO koşullarında, hem ses başlangıçlarına hem de ses değişimlerine N1-P2 yanıtları gözlemlenmiştir. +10 dB SGO koşulunda akustik değişim N1-P2 tepeden tepeye amplitüdüleri azalmış ve N1 latansları sessiz duruma göre uzamıştır. Buna karşın, +10 dB SGO koşulunda ses başlangıç N1 latanslarında ve N1-P2 tepeden tepeye amplitüdülerinde önemli bir değişiklik olmamıştır. 0 dB SGO koşulunda ise ses başlangıç N1-P2 tepeden tepeye amplitüdüleri önemli ölçüde daha düşük, N1 latansları sessiz ve 10 dB SGO koşullarına kıyasla önemli ölçüde daha yüksek bulunmuştur. 0 dB SGO koşulunda ses değişim cevapları gözlenmemiştir (4).

Ses başlangıç ve ses değişim cevapları da her durumda birbiriyle de karşılaştırılmıştır. Ses başlangıç ve ses değişim cevaplarının N1 latansları ve N1-P2 tepeden tepeye amplitüdüleri sessiz durumda önemli ölçüde farklı bulunmamıştır. +10 dB SGO'da ise, akustik değişim N1 latansları ses başlangıç N1 latanslarında daha uzun ve N1-P2 amplitüdüleri ses başlangıç N1-P2 amplitüdülerinden daha düşük elde edilmiştir. Özetlemek gerekirse, 10 dB SGO'da beyaz gürültünün sunulması, akustik değişikliğin oluşturduğu N1-P2 tepeden tepeye amplitüdülerinin azalmasına ve sessiz ortama kıyasla N1 latanslarının uzamasına neden olmuştur. Ses başlangıç N1 cevabı üzerindeki aynı etki yalnızca, akustik değişim N1'in gözlenmediği 0 dB SGO'da gözlemlenmiştir. Sessiz durumda, ses başlangıçlarının ve akustik değişikliklerin

latansları ve amplitüdüleri farklı bulunmamıştır. 10 dB SGO'da ise akustik değişim N1 latansları daha uzun, amplitüdüleri ses başlangıç N1'den daha düşük elde edilmiştir. Sonuç olarak; gürültünün etkisinin, ses başlangıç N1'e kıyasla akustik değişim N1 yanıtı üzerinde daha yüksek olduğu bulunmuştur (4).

Niemzcek ve Werff (2019)'in çalışmasında maskelemenin konuşma bilgilerinin kortikal duyuşal kodlamasını nasıl etkilediği KİUP kullanılarak incelenmiştir. /ui/ hecesindeki ünlü başlangıçına ve formant değişikliğine cevap olan kortikal yanıtlar farklı arka plan gürültü koşulları altında enerjik (konuşma sesi ile şekillendirilmiş gürültü) ve bilgisel (*informational masking*) maskeler (*babble gürültüsü*) kullanılarak kaydedilmiştir. Dört koşulda genç yetişkinlerde /ui/ ile oluşturulan ses başlangıç ve ses değişim cevapları kaydedilmiştir. Bu koşullar sessiz ortam, konuşma sesi ile şekillendirilmiş gürültü, sekiz-konuşmacılı *babble* (8K) ve iki-konuşmacılı (2K) *babble* gürültüsüdür. Tüm gürültü koşulları, ses başlangıç N1 ve P2 genliklerini, ses başlangıç N1-P2 tepeden tepeye genliklerini ve ayrıca hem ses başlangıç hem de ses değişim cevap alanı amplitüdülerini sessiz koşullara kıyasla önemli ölçüde azaltmıştır. Ayrıca, 2K *babble* koşulu için tüm amplitüd ve alan ölçümleri, konuşma sesi ile şekillendirilmiş gürültü ile karşılaştırıldığında önemli ölçüde düşük olarak elde edilmiştir. Bununla birlikte, iki farklı *babble* koşulu arasında ses başlangıç veya ses değişim cevapları için tepe amplitüd veya cevap alanı amplitüdüleri önemli farklılıklar gözlemlenmemiştir. Sessiz koşul ile karşılaştırıldığında, gürültü koşullarında ses başlangıç cevapları için ortalama latanslar gecikmiştir. Bununla birlikte, tepe amplitüdüleri ve alan amplitüdüleri sonuçlarının aksine, konuşma sesi ile şekillendirilmiş gürültü ve *babble* koşulları arasındaki latans farklılıkları istatistiksel olarak anlamlı olmamıştır. Bu sonuçlar, arka plan gürültüsü maskelemenin genellikle amplitüdüleri azalttığı, latansları artırdığı halde, maskeleme türünün önemli bir etkiye sahip olduğu fikrini desteklemektedir. *Babble* maskeleyicilerinin (sekiz konuşmacı ve iki konuşmacı), konuşma sesi ile şekillendirilmiş sürekli maskelere kıyasla ses başlangıç ve ses değişim cevapları üzerinde daha büyük bir etkisi olmuştur. Araştırmacılar ayrıca ses başlangıç ve ses değişim cevaplarının gürültüden farklı etkilendiklerini de gözlemlemiştirlerdir. Gürültü koşullarında ses başlangıç cevapları net olarak gözlenirken, ses değişim cevaplarının morfolojisi oldukça bozulmuş olarak elde edilmiştir (3).

Gürültü varlığı ses başlangıç ve ses değişim cevaplarını etkilemekle birlikte, ENC ve P300 gibi bilişsel kortikal cevapları da etkilemektedir. Örneğin Kozou ve diğ. (2004)'nin çalışmasında farklı gürültülerin konuşma ve konuşma dışı seslerin merkezi işitsel işlenmesi üzerindeki etkisi, ENC ve davranışsal değerlendirmelerle incelenmiştir. Katılımcılara beş arka plan gürültüsü koşulunda (*babble* gürültüsü, endüstriyel gürültü, trafik gürültüsü, geniş bant gürültüsü ve sessiz ortam) yaklaşık eşit kompleksitede konuşma uyarıları ve konuşma dışı uyarılar sunulurken kortikal cevaplar kaydedilmiştir. Uyarı veya gürültünün davranışsal cevaplar üzerinde herhangi bir etkisi olmamakla birlikte, ENC sonuçları konuşma ve konuşma olmayan seslerin hem sessiz hem de gürültülü koşullarda farklı şekilde işlendiğini ortaya koymuştur. Konuşma işleme, tüm gürültü koşullarında konuşma dışı seslerin işlenmesinden daha fazla etkilenmiştir. Bununla birlikte farklı gürültü tiplerinin, dikkat öncesi ayırt etme üzerinde konuşma ve konuşma dışı sesler üzerinde farklı bir etkisi olmuştur. Endüstriyel gürültü, her iki uyarı türü için ENC amplitüdlerini önemli ölçüde azaltırken, trafik gürültüsü sadece konuşma uyarılarını etkilemiştir (65).

Dikkat öncesi süreçleri yansıttığı belirtilen ENC cevabı gibi P300 cevabı da gürültüden etkilenir. Örneğin Salisbury ve diğ. (2002)'nin çalışmasında arka plan gürültüsünün varlığının, hedef uyarılar standart uyarılardan son derece aykırı olsa bile P300 latansının arttırdığı gözlemlenmiştir. Bununla birlikte, arka plan maskeleyen gürültüsünün P300 amplitüdü ve kafatası topografisi üzerindeki etkileri gözlenmemiştir. Katılımcılar, sessiz ortamda ve arka plan gürültüsünde standart *oddball* görevi yapmışlardır. Ayırt etme performansında hassasiyet arka plandaki gürültüden etkilenmemiştir. P300 ise, gürültü olduğunda latans artışları göstermiş, ancak P300 amplitüdü gürültüden etkilenmemiştir. P300 kafatası topografisi her iki durumda da aynı kalmıştır (66).

Özetlemek gerekirse hem bilişsel kortikal cevaplar (P300, ENC gibi) hem de ses başlangıç P1-N1-P2 ve ADK cevapları gürültüden etkilenmektedir. Araştırma konusu olan ses başlangıç ve ADK cevaplarının gürültüden etkilenimleri ise kullanılan uyarıya göre değişiklik göstermektedir. Örneğin ünsüz-ünlü hecelerle oluşan ses başlangıç cevapları gürültüden ses değişim cevaplarına göre (ADK) daha fazla etkilenirken, ünlü-ünlü uyarılarıyla oluşan cevaplarda tersi durum gözlenmiştir. Bunun yanı sıra farklı gürültü türleri de kortikal cevapları farklı şekilde etkilemiştir. Nitekim

mevcut çalışma da, farklı ünlü-ünlü uyaranların oluşturduğu ses başlangıç ve ADK cevaplarının farklı gürültü türlerinden etkilenimlerini incelemeyi amaçlamıştır.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışma Hacettepe Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulundan GO 19/958 karar numaralı 03.12.2019 tarihli etik kurul izni ile Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Odyoloji Anabilim Dalı, Odyoloji Programı kapsamında yüksek lisans tezi olarak yapılmıştır. Etik kurul izin yazısı Ek-1’de sunulmuştur.

3.1. Katılımcılar

Çalışmaya 10 kadın 10 erkek olmak üzere aşağıdaki kriterleri sağlayan 20 katılımcı dahil edilmiştir;

- 24-33 yaş arası olmak
- Nörolojik ve psikiyatrik problemi olmamak, psikiyatrik ilaç kullanmamak,
- Müzisyenlerde gürültüde konuşmayı anlama becerileri müzisyen olmayanlara göre gelişmiş olduğu için eğitim-öğretim programının müzik dersleri dışında sözlü ve/veya enstrümantal müzikle uğraşmamış olmak,
- Geçirilmiş orta kulak problemine sahip olmamak,
- Herhangi bir işitme patolojisine sahip olmamak,
- Gürültüye maruziyeti olmamak

Aşağıdaki özelliklere sahip bireyler çalışmaya dahil edilmemiştir;

- Nörolojik ve psikiyatrik problemi olmak, psikiyatrik ilaç kullanmak,
- Eğitim-öğretim programının müzik dersleri dışında sözlü ve/veya enstrümantal müzikle uğraşmış olmak,
- Geçirilmiş orta kulak problemine sahip olmak,
- Herhangi bir işitme patolojisine sahip olmak,
- Gürültüye maruziyeti olmak

Katılımcıların genç yetişkinlerden seçilmesinin amacı ilerleyen yaşla kortikal cevaplarda gerçekleşen değişiklikleri kontrol altında tutmaktır. Literatürdeki çalışmalarda sıklıkla genç yetişkinler çalışmalara dahil edilmektedir. Katılımcıların sessiz ortamda ve gürültüde ses başlangıç ve ADK cevapları değerlendirmeye alınmıştır.

Katılımcılar 0.25-8 kHz arasındaki frekanslarda 20 dB işitme seviyesi (İS) ve daha iyi işitme eşiklerine (67), %92 ve üstü konuşmayı ayırt etme skoruna sahiptirler. Katılımcıların 500-4000 Hz arasında en az 2 frekansta akustik refleksi elde edilmiş, 500 Hz ve 1000 Hz'de refleks sönümlenmesi gözlenmemiştir. Bütün katılımcılara katılımcı onam formu verilmiş, yazılı izinleri alınmıştır.

3.2. Uyarılar

Uyarıların hazırlanmasında Martin ve Boothroyd (2000)' in çalışmasındaki /ui/ uyarı baz alınmıştır (68). Praat 64-bit programı (69) ile /ui/ ve /iu/ uyarıları 1000 ms'lik durasyonlarla oluşturulmuştur. /ui/ uyarı f1 formant frekansı 300 Hz sabit iken 480 ms sonra f2 formant frekansı 40 ms'lik sürede 900 Hz'den 2400 Hz'e geçiş yapmaktadır, f3 formant frekansı ise 3000 Hz sabit değerdedir. /iu/ uyarı ise f1 formant frekansı 300 Hz sabit iken 480 ms sonra f2 formant frekansı 40 ms'lik sürede 2400 Hz-900 Hz arası geçiş yapmış ve f3 formant frekansı 3000 Hz sabit değerlerde olmuştur. Yine aynı şekilde Praat 64-bit programı kullanılarak beyaz gürültü (69), MatLab (70) programı kullanılarak konuşma sesi ile şekillendirilmiş gürültü (*Speech Shaped Noise –SSN–*) oluşturulmuştur.

3.3. Elektrofizyolojik Testler

Çalışmaya gönüllü olarak katılan her bireye elektrofizyolojik test; faraday kafesli odada, Neuroscan 4.3 EEG sistemi ile 20 kanallı kayıt kullanılarak yapılmıştır. Katılımcıların rahat bir koltukta oturmaları sağlanarak, 20 kanallı EEG kepi yerleştirildikten sonra her iki kulak memesine referans elektrodlar yerleştirilmiştir. İletken EEG jeli kep üzerindeki deliklerden gümüş elektrodlar ile saçlı deri arasına

uygulanmıştır. Bütün elektrodalarda 0-5 ohm impedans değeri elde edildiğinde teste başlanmıştır. Test sırasında katılımcılar alt yazısı olmayan bir film izlemişlerdir.

Bütün koşullarda /ui/ ve /iu/ uyanları sabit olarak 65 dB SPL şiddetinde sunulurken gürültü koşullarında gürültü seviyesi +10 dB SGO'da 55 dB SPL olarak sunulmuştur. Sessiz ortam, +10 dB SGO beyaz gürültü ve +10 dB SSN gürültü koşulları her katılımcıya rastgele olarak bir blok içinde 3 faz olacak şekilde uygulanmıştır. Her fazda /ui/ ve /iu/ uyanları rastgele sırayla, her bir uyan 50 defa olacak şekilde sunulmuştur. Fazların sırası katılımcılar arasında rastgele olacak şekilde düzenlenmiştir. Bu şekilde her bir uyan her bir koşulda 4 blokta toplamda 200 defa sunulmuştur. Fazlar arası kısa süreli (yaklaşık 2 dk), bloklar arası daha uzun süreli (yaklaşık 5 dk) molalar verilmiştir. Test sırasında EEG kayıtları 0.5-70 Hz band geçişli filtre ile filtrelenmiştir. Fpz elektrodu toprak elektrod olarak kullanılmıştır.

3.4. Uyarılmış Potansiyellerin Değerlendirilmesi

EEG analizleri; EEG Lab (71) ve ERP Lab (72) ile gerçekleştirilmiştir. Ham EEG kayıtları zamana kilitli cevapları ortaya çıkarmak için 0.1-30 Hz band geçişli ve 50 Hz çentikli filtre ile filtrelenmiş, -100-1400 ms'lik zamansal pencerede epoklanmıştır. Bu işlemlerden sonra her bir birey için sessiz ortam, +10 dB SGO beyaz gürültü ve +10 dB SGO SSN gürültüsü koşullarında /ui/ ve /iu/ için elde edilen 4 kaydın ayrı ayrı ortalamaları alınmış, her bir koşul ve uyan için dalga formları elde edilmiştir.

3.5. Dalga Tepe Noktalarının Belirlenmesi

Her bireyin farklı arka plan gürültüleri ve farklı uyanlar için averajlanmış dalga formu ERP Lab programı kullanılarak grafik haline getirilmiştir. Araştırma konusu olan ses başlangıç ve ADK N1 cevaplarının her bir katılımcıda tespit edilmesi için ilgili deney koşullarında farklı uyanlar için bütün katılımcılardan Cz elektrodundan elde edilen ortalama dalga formlarındaki N1 tepe noktaları kullanılmıştır. Belirlenmiş bu tepe noktalarının latans değerlerine ± 50 ms eklenerek bireysel pencereler belirlenmiştir. Bu zamansal pencerelerdeki maksimum negatif (N1) ve pozitif (P2)

tepe noktaları ERP programı ile otomatik olarak tespit edilmiş ve komşu elektrodlardaki dalga formları kullanılarak araştırmacılar tarafından doğrulanmıştır. Bazı durumlarda işitsel cevap olmayan tepe noktaları otomatik olarak işaretlendiğinde komşu elektrodlardaki dalga formları kullanılarak araştırmacılar tarafından manuel olarak dalga tepe noktaları işaretlenmiştir. Aşağıdaki tablolarda (tablo 3.5.1, tablo 3.5.2 ve tablo 3.5.3) /ui/ uyaranı için belirlenmiş pencere aralıkları gösterilmiştir.

Tablo 3.5.1: /ui/ Uyaranı için Sessiz Dinleme Ortamında Kullanılan Pencere Genişlikleri

	Ortalama Latans	Taban Değeri	Tavan Değeri
SES BAŞLANGIÇ N1	158 ms	108 ms	208 ms
SES BAŞLANGIÇ P2	228 ms	178 ms	278 ms
ADK N1	662 ms	612 ms	712 ms
ADK P2	732 ms	682 ms	782 ms

Tablo 3.5.2: /ui/ Uyaranı için SSN'li Dinleme Ortamında Kullanılan Pencere Genişlikleri

	Ortalama Latans	Taban Değeri	Tavan Değeri
SES BAŞLANGIÇ N1	172	122	222
SES BAŞLANGIÇ P2	250	200	300
ADK N1	658	608	708
ADK P2	734	684	784

Tablo 3.5.3: /ui/ Uyaranı için Beyaz Gürültülü Dinleme Ortamında Kullanılan Pencere Genişlikleri

	Ortalama Latans	Taban Değeri	Tavan Değeri
SES BAŞLANGIÇ N1	164	114	214
SES BAŞLANGIÇ P2	238	188	288
ADK N1	662	612	712
ADK P2	764	714	814

Yine aynı şekilde ikinci uyarımız olan /iu/ için de yukarıda anlatıldığı şekilde pencere aralıkları belirlenmiştir. Tablo 3.5.4, 3.5.5 ve 3.5.6'da gösterilmiştir.

Tablo 3.5.4: /iu/ Uyaranı için Sessiz Dinleme Ortamında Kullanılan Pencere Genişlikleri

	Ortalama Latans	Taban Değeri	Tavan Değeri
SES BAŞLANGICI N1	152	102	202
SES BAŞLANGICI P2	224	174	274
ADK N1	662	612	712
ADK P2	730	680	780

Tablo 3.5.5: /iu/ Uyaranı için SSN'li Dinleme Ortamında Kullanılan Pencere Genişlikleri

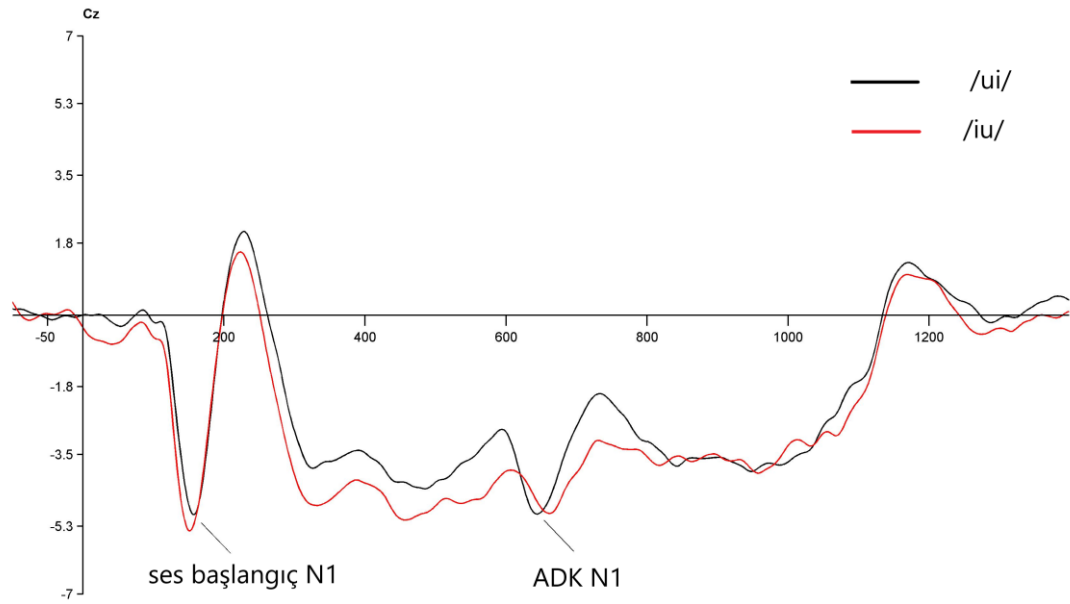
	Ortalama Latans	Taban Değeri	Tavan Değeri
SES BAŞLANGIÇ N1	168	118	218
SES BAŞLANGIÇ P2	240	190	290
ADK N1	668	618	718
ADK P2	760	710	810

Tablo 3.5.6: /iu/ Uyarımı için Beyaz Gürültülü Dinleme Ortamında Kullanılan Pencere Genişlikleri

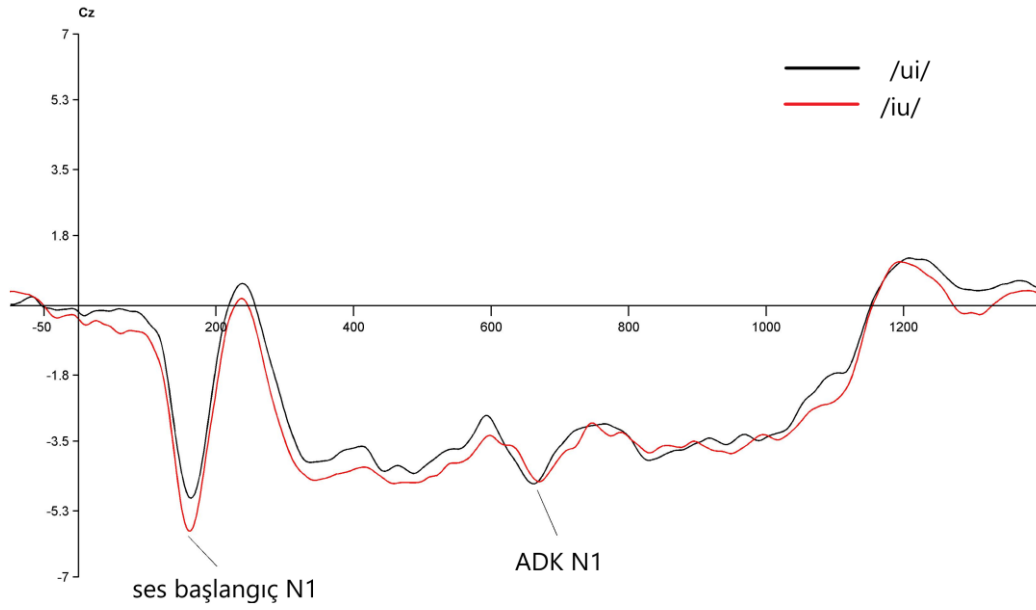
	Ortalama Latans	Taban Değeri	Tavan Değeri
SES BAŞLANGIÇ N1	152	102	202
SES BAŞLANGIÇ P2	236	186	286
ADK N1	670	620	720
ADK P2	746	696	796

Bütün katılımcılardan sessiz ortam, +10 dB SGO beyaz gürültü ve +10 dB SGO SSN koşullarında Cz elektrodundan elde edilen averajlanmış dalga formları sırasıyla şekil 3.5.1, şekil 3.5.2 ve şekil 3.5.3 de gösterilmiştir.

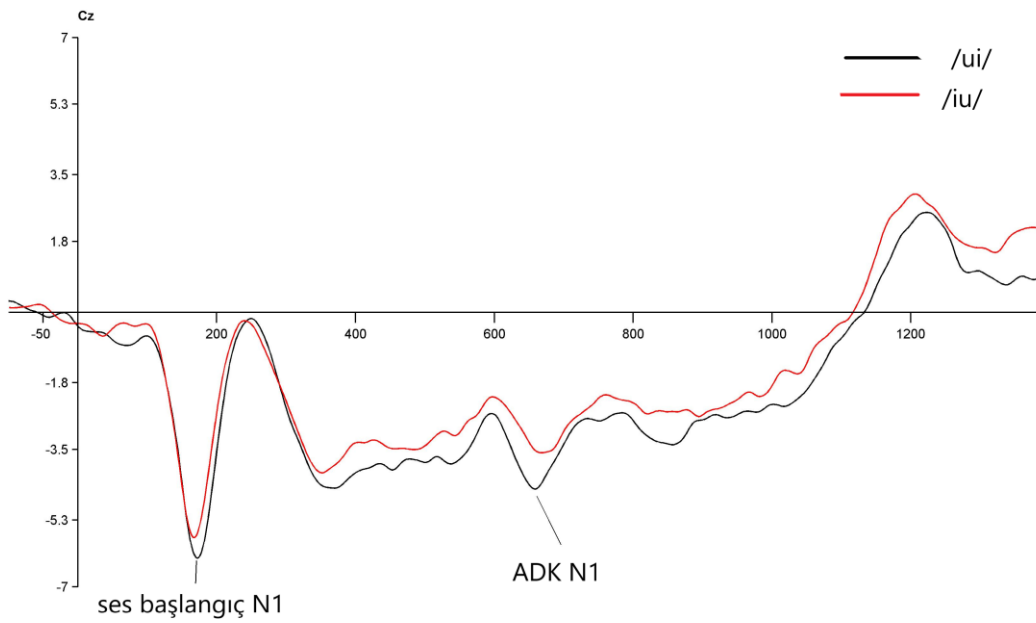
Şekil 3.5.1 Sessiz koşulda elde edilen averajlanmış dalga formu



Şekil 3.5.2 +10 dB SGO beyaz gürültü koşulunda averajlanmış dalga formu



Şekil 3.5.3 +10 dB SGO SSN koşulunda averajlanmış dalga formu



Her bir birey için farklı koşullarda elde edilen ses başlangıç ve ADK N1 cevaplarının latans ve amplitüd değerleri, P2 cevaplarının ise amplitüdü elde edildikten sonra N1 amplitüdülerinden P2 amplitüdü çıkarılarak N1-P2 tepeden

tepeye amplitüdüleri hesaplanmıştır. Ses başlangıç N1 latanslarını ADK N1 latansları ile karşılaştırmak amacıyla her bireyden elde edilen ADK N1 latanslarından ses değişiminin başlangıç öncesi süre olan 480 ms çıkarılmıştır. Sonuç olarak her bir bireyin 3 farklı koşulda ses başlangıç ve ADK N1 latans değerleri ve N1-P2 tepeden tepeye amplitüdüleri elde edilmiştir.

3.6. İstatistiksel Değerlendirme

Veri analizleri IBM SPSS Statistics 23 programı ile yapılmıştır (73). Verilerin normal dağılım gösterip göstermedikleri Shapiro-Wilk Testi ile değerlendirilmiştir. Normal dağılım gösteren ($\alpha > 0,05$) verilerin analizleri eşleştirilmiş örneklem için t-testi; normal dağılım göstermeyen ($\alpha < 0,05$) verilerin analizi ise Wilcoxon eşleştirilmiş iki örnek testi ve Friedman iki yönlü varyans analizi ile yapılmıştır.

4. BULGULAR

4.1 Tanımlayıcı İstatistiksel Analizler

20 katılımcıdan; farklı koşullarda farklı uyaranlarla elde edilen ses başlangıç ve ADK N1 latansları ve N1-P2 tepeden tepeye amplitüdüleri tablo 4.1 'de gösterilmiştir.

Tablo 4.1: Tanımlayıcı istatistiksel veriler

Değişken	Ort/Md	±SS	Minimum	Maksimum	n
sb_amp_ui_s	-8,16	±3,47	-2,17	-16,12	20
sb_amp_ui_b	-6,51	±2,29	-1,98	-10,39	20
sb_amp_ui_ssn	-6,70	±2,35	-2,67	-10,07	20
sb_lat_ui_s	158,700	±11,34	144,000	180,000	20
sb_ui_lat_b	166,100	±10,73	148,000	186,000	20
sb_ui_lat_ssn	172,900	±7,27	162,000	184,000	20
adk_amp_ui_s	-4,00	±1,98	-0,49	-8,02	20
adk_amp_ui_b	-2,93	±1,27	-0,78	-5,34	20
adk_amp_ui_ssn	-3,32	±1,84	-0,63	-7,59	20
adk_ui_lat_s*	167,000*	24,00*	154,000	218,000	20
adk_ui_lat_b	188,200	±21,3	146,000	228,000	20
adk_ui_lat_ssn	186,320	±26,09	154,000	242,000	20
sb_amp_iu_s	-7,81	±3,8	-1,28	-17,73	20
sb_amp_iu_ssn	-6,49	±2,05	-2,32	-10,07	20
sb_amp_iu_b	-6,78	±2,59	-1,27	-11,94	20
sb_iu_lat_s	154,600	±10,30	142,000	180,000	20

sb_iu_lat_ssn	170,500	±11,50	156,000	196,000	20
sb_iu_lat_b*	163,000*	14.00*	152.000	198.000	20
adk_iu_lat_s*	187,000*	16.00*	182,000	282,000	20
adk_iu_lat_ssn	190,500	±27,49	144,000	238,000	20
adk_iu_lat_b	186,900	±17,69	138,000	222,000	20
adk_iu_amp_s*	-2,72*	1.47*	-0,23	-9,51	20
adk_iu_amp_ssn	-2,39	±1,07	-0,69	-4,81	20
adk_iu_amp_b	-2,38	±1,00	-0,06	-4,4	20

sb: ses başlangıç

adk: akutik değişim kompleksi

amp: amplitüd

lat: latans s: sessiz ortam

b: +10 dB SGO beyaz gürültü

ssn: +10 dB SGO SSN

*Normal dağılım göstermeyen ($\alpha < .05$) verilerde ortanca ve çeyrekler arası açıklık (CAA) verilmiştir.

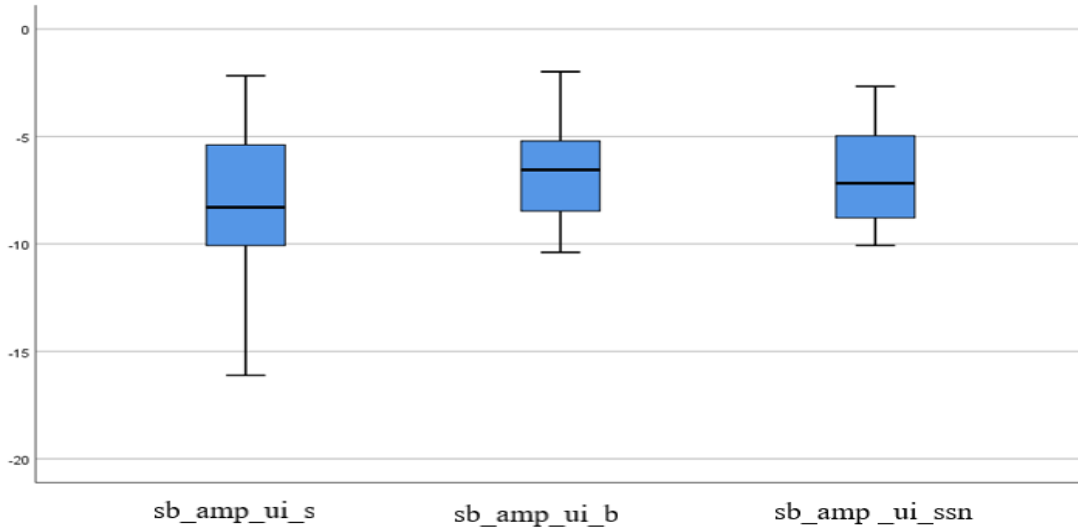
4.2 Gürültünün Ses Başlangıç Ve ADK Cevapları Üzerindeki Etkisi

4.2.1.Farklı Koşullarda /ui/ Uyarının Oluşturduğu Kortikal Cevapların Karşılaştırılması

4.2.1.1 Ses Başlangıç N1-P2 Tepeden Tepeye Amplitüdüleri

Farklı koşulların ses başlangıç N1-P2 tepeden tepeye amplitüdüleri üzerindeki etkisini incelemek için Friedman İki Yönlü Varyans Analizi uygulanmıştır. Değerlendirme sonuçları ses başlangıç N1-P2 tepeden tepeye amplitüdülerinin koşullar arasında farklı olduğunu göstermiştir ($p = .004$). Şekil 4.2.1.1'de ses başlangıç N1-P2 tepeden tepeye amplitüdüleri gösterilmiştir.

Şekil 4.2.1.1 Ses Başlangıç N1-P2 Tepeden Tepeye Amplitüdleri

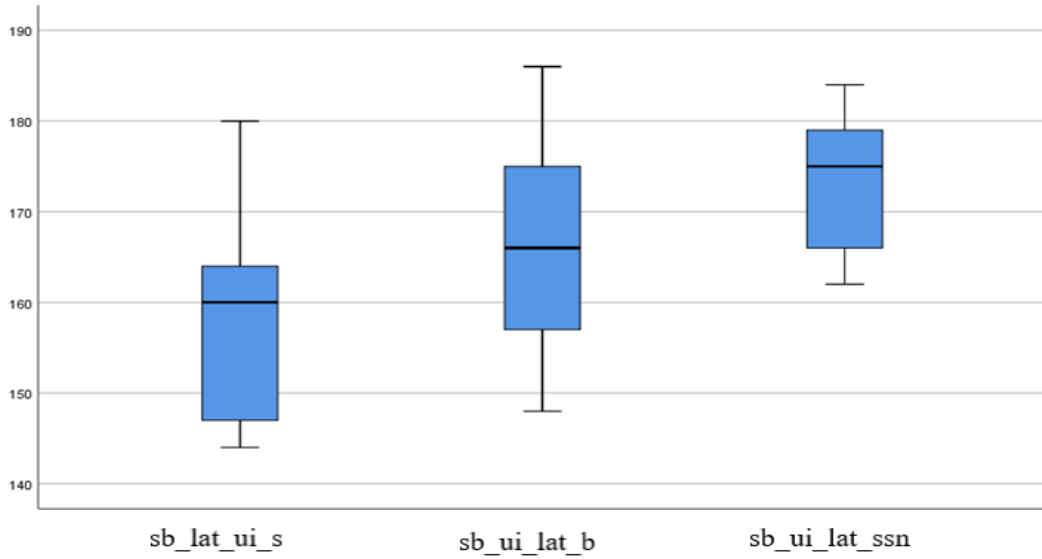


İkili karşılaştırmalar sonucunda ses başlangıç N1-P2 tepeden tepeye amplitüdlerinin sessiz ortamla +10 dB SGO SSN koşulu arasında ve +10 dB SGO SSN koşuluyla +10 dB beyaz gürültü koşulu arasında anlamlı düzeyde farklı olmadığı görülmüştür (sırasıyla $p=0.173$ ve $p=0.464$). Fakat ses başlangıç N1-P2 tepeden tepeye amplitüdleri +10 dB SGO beyaz gürültü koşulunda (Ort. $=-6,51$; SS $=2,29$) sessiz koşula göre (Ort. $=-8,16$; SS $=3,47$) anlamlı düzeyde daha düşük elde edilmiştir ($p=0.003$)

4.2.1.2. Ses Başlangıç N1 Latansları

Farklı koşulların ses başlangıç N1 latansları üzerindeki etkisini incelemek için Friedman İki Yönlü Varyans Analizi uygulanmıştır. Değerlendirme sonuçları ses başlangıç N1 latanslarının koşullar arasında farklı olduğunu göstermiştir ($p=.000$). Şekil 4.2.1.2'de ses başlangıç N1 latansları gösterilmiştir.

Şekil 4.2.1.2 Ses Başlangıç N1 Latansları

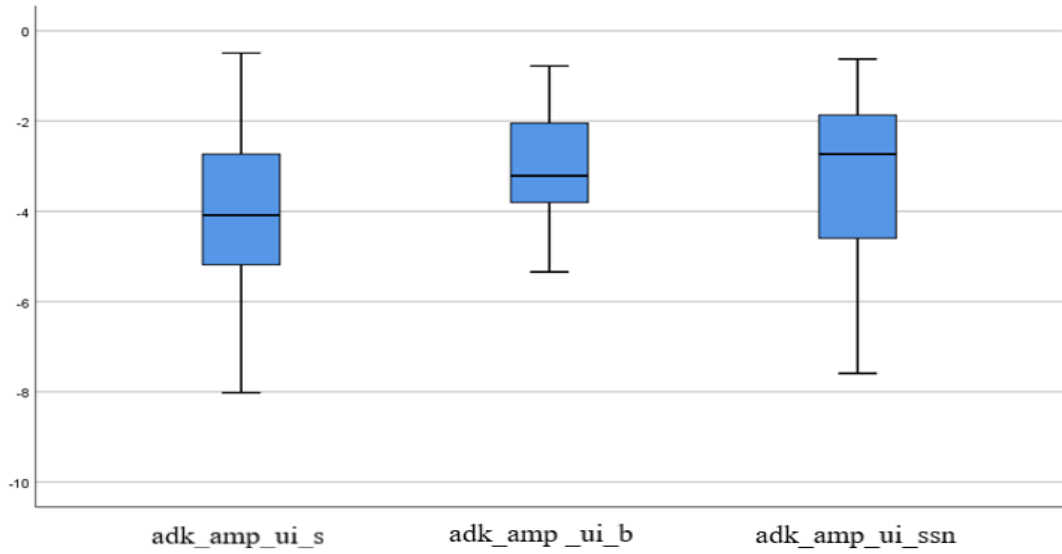


İkili karşılaştırmalar sonucunda ses başlangıç N1 latanslarında sessiz ortamla +10 dB SGO SSN koşulu arasında ve +10 dB beyaz gürültü koşulu arasında anlamlı bir farklılık gözlemlenmiştir (sırasıyla $p=0.008$ ve $p=0.000$). Sessiz ortam latansları (Ort.=158,700; $SS=\pm 11,34$) her iki gürültü tipine göre daha erken elde edilmiştir. Ayrıca ses başlangıç N1 latanslarının +10 dB SGO beyaz gürültü koşuluyla (Ort.=166.100; $SS=\pm 10,73$) +10 dB SGO SSN (Ort.=172.900; $SS=\pm 7,27$) koşulu arasında da anlamlı düzeyde farklı olduğu görülmüştür ($p=0.003$).

4.2.1.3. ADK N1-P2 Tepeden Tepeye Amplitüdüleri

Farklı koşulların ADK N1-P2 tepeden tepeye amplitüdüleri üzerindeki etkisini incelemek için Friedman İki Yönlü Varyans Analizi uygulanmıştır. Değerlendirme sonuçları ADK N1-P2 tepeden tepeye amplitüdülerinin koşullar arasında farklı olduğunu göstermiştir ($p=.018$). Şekil 4.2.1.3'de ADK N1-P2 tepeden tepeye amplitüdüleri gösterilmiştir.

Şekil 4.2.1.3. ADK N1-P2 tepeden tepeye amplitüdüleri

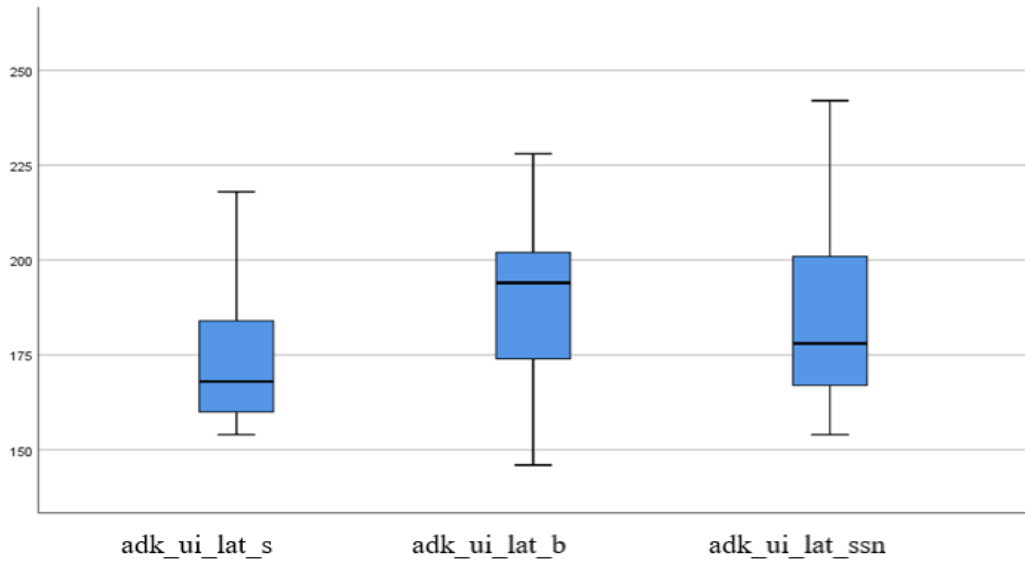


İkili karşılaştırmalar sonucunda ADK N1-P2 tepeden tepeye amplitüdülerinin sessiz ortamla +10 dB SGO SSN koşulu arasında anlamlı düzeyde farklı olduğu görülmüştür ($p=0.028$). +10 dB SGO SSN koşulunda kaydedilen amplitüdüleri daha düşük elde edilmiştir. Fakat ADK N1-P2 tepeden tepeye amplitüdülerinin +10 dB SGO beyaz gürültü koşulu (Ort. $=-2,93$; SS $=1,27$) ile sessiz ortam (Ort. $=-4,00$; SS $=1,98$) ve +10 dB SGO SSN (Ort. $=-3,32$; SS $=184$) koşulu arasında anlamlı düzeyde farklı olmadığı görülmüştür (sırasıyla $p=0.069$ ve $p=1.000$).

4.2.1.4. ADK N1 Latansları

/ui/ uyarınının ADK N1 latansları koşullar arasında karşılaştırıldığında anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir. Gürültünün ADK N1-P2 tepeden tepeye amplitüdüleri üzerindeki etkisinin tersi olarak, ADK N1 latansları üzerinde bir etkisi gözlenmemiştir ($t=5.189$; $p=.075$). Farklı koşullarda ADK N1 latansları Şekil 4.2.1.4'de gösterilmiştir.

Şekil 4.2.1.4. ADK N1 latansları

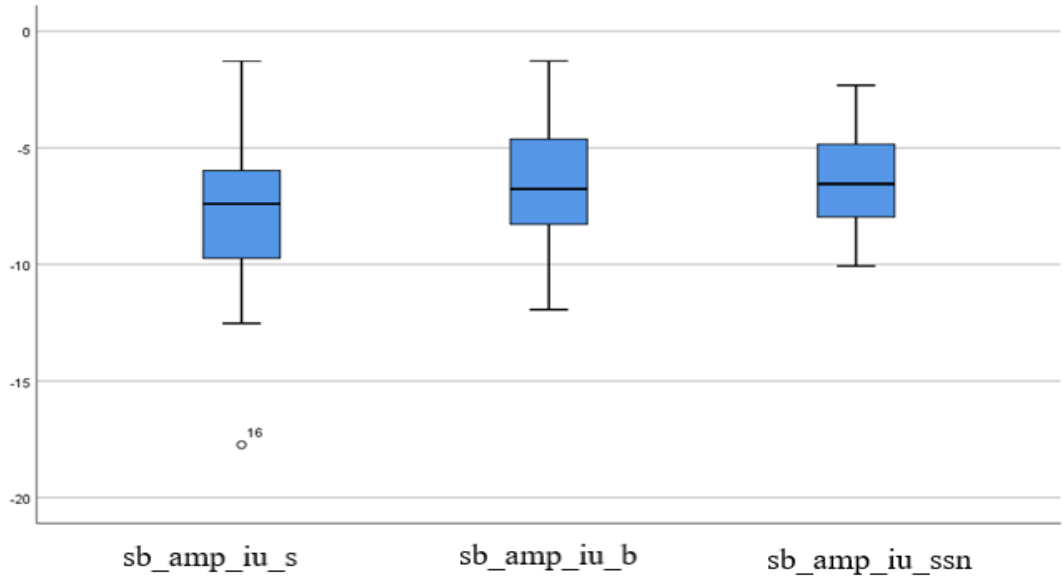


4.2.2. Farklı Koşullarında /iu/ Uyarının Oluşturduğu Kortikal Cevapların Karşılaştırılması

4.2.2.1. Ses Başlangıç N1_P2 Tepeden Tepeye Amplitüdüleri

Farklı koşulların ses başlangıç N1-P2 tepeden tepeye amplitüdüleri üzerindeki etkisini incelemek için Friedman İki Yönlü Varyans Analizi uygulanmıştır. Değerlendirme sonuçları ses başlangıç N1-P2 tepeden tepeye amplitüdülerinin koşullar arasında farklı olmadığını göstermiştir ($p=.091$). Şekil 4.2.2.1'de ses başlangıç N1-P2 tepeden tepeye amplitüdüleri gösterilmiştir.

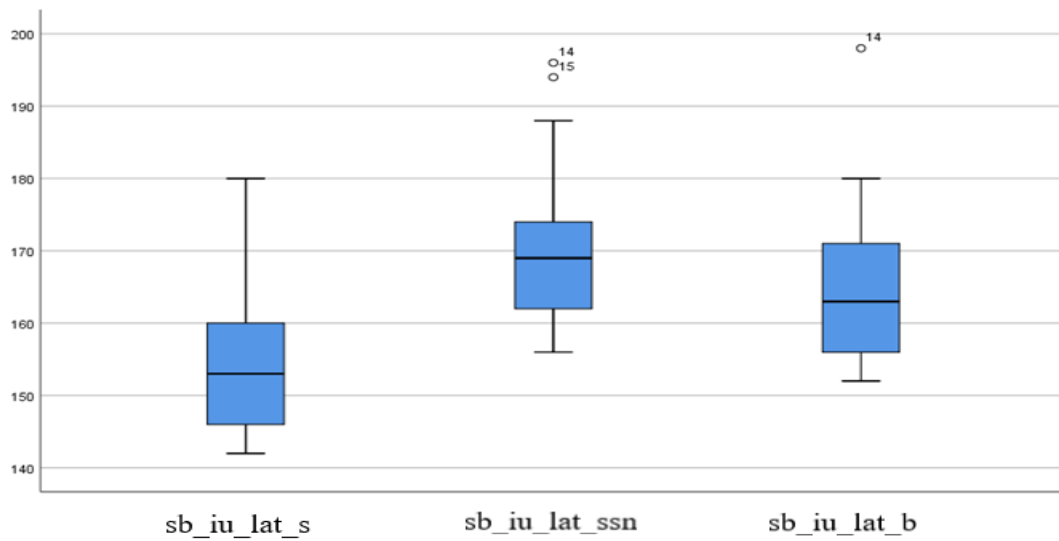
Şekil 4.2.2.1 Ses Başlangıç N1-P2 Tepeden Tepeye Amplitüdleri



4.2.2.2. Ses Başlangıç N1 Latansları

Farklı koşulların ses başlangıç N1 latansları üzerindeki etkisini incelemek için Friedman İki Yönlü Varyans Analizi uygulanmıştır. Değerlendirme sonuçları ses başlangıç N1 latanslarının koşullar arasında farklı olduğunu göstermiştir ($p=.000$). Şekil 4.2.2.2'de ses başlangıç N1 latansları gösterilmiştir.

Şekil 4.2.2.2. Ses Başlangıç N1 Latansları

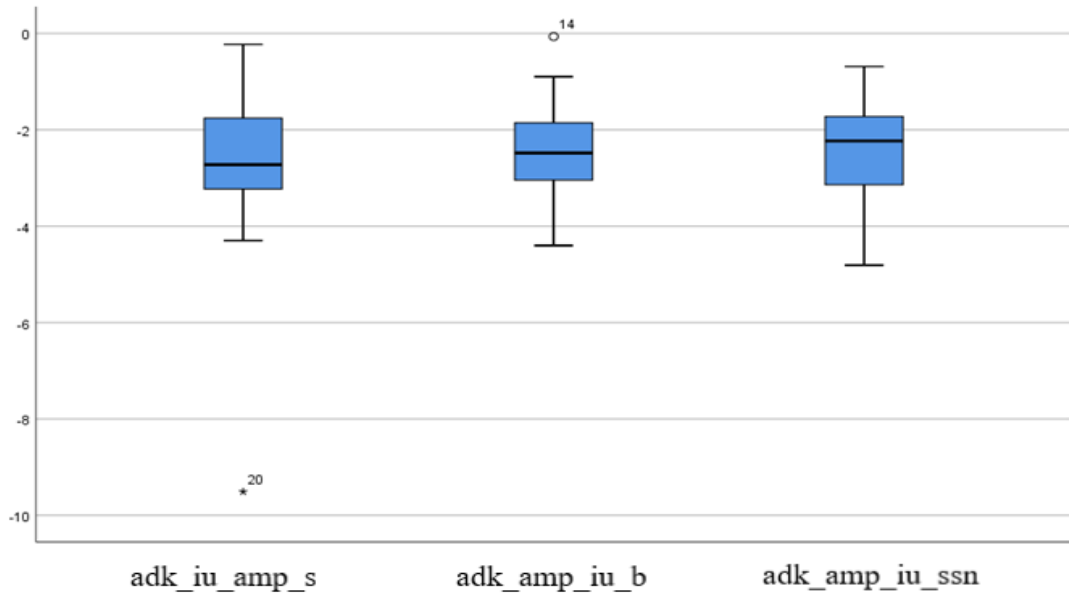


İkili karşılaştırmalar sonucunda ses başlangıç N1 latanslarının sessiz ortamla (Ort.=154.600; SS=10.30) +10 dB SGO SSN koşulu arasında (Ort.=170.500; SS=11.50) ve sessiz ortamla (Ort.=154.600; SS=10.30) +10 dB SGO beyaz gürültü koşulu (Md=163,000; ÇAA=14.00) arasında anlamlı düzeyde farklı olduğu görülmüştür (sırasıyla $p=0.000$ ve $p=0.003$). Sessiz ortamda kaydedilen latansların daha erken oluştuğu gözlemlenmiştir. Ancak latansların +10 dB SGO SSN koşuluyla (Md=170.500; SS=11.50) +10 dB SGO beyaz gürültü (Md=163,000; ÇAA=14.00) koşulu arasında anlamlı düzeyde farklı olmadığı görülmüştür ($p=0.053$).

4.2.2.3. ADK N1-P2 Tepeden Tepeye Amplitüdüleri

Farklı koşulların ADK N1-P2 tepeden tepeye amplitüdüleri üzerindeki etkisini incelemek için Friedman İki Yönlü Varyans Analizi uygulanmıştır. Değerlendirme sonuçları ADK N1-P2 tepeden tepeye amplitüdülerinin koşullar arasında farklı olmadığını göstermiştir ($p=.819$). Şekil 4.2.2.3'de ADK N1-P2 tepeden tepeye amplitüdüleri gösterilmiştir.

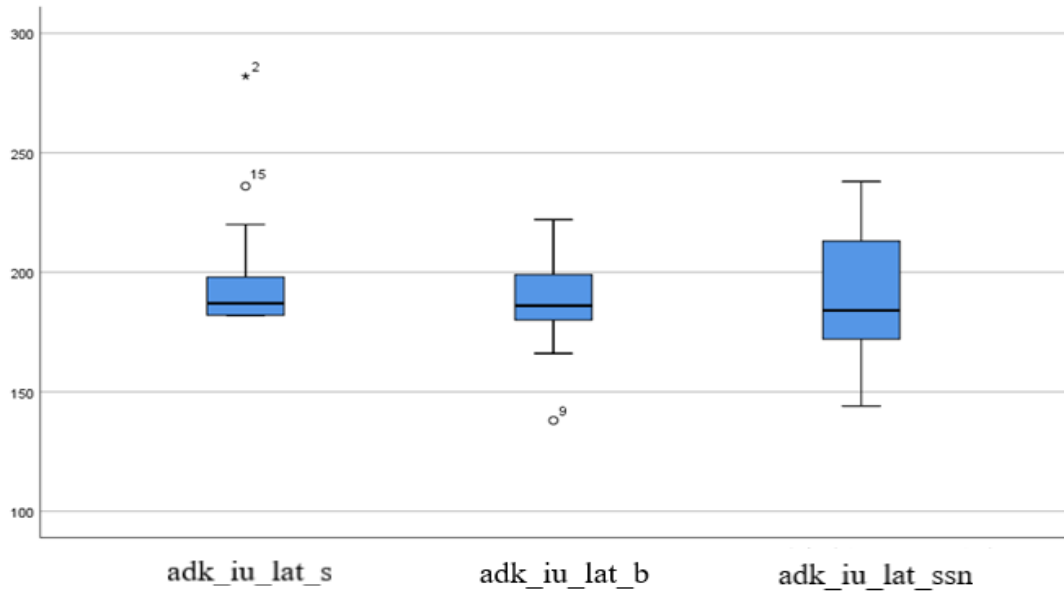
Şekil 4.2.2.3. ADK N1-P2 Tepeden Tepeye Amplitüdüleri



4.2.2.4. ADK N1 Latansları

Farklı koşulların ADK N1 latansları üzerindeki etkisini incelemek için Friedman İki Yönlü Varyans Analizi uygulanmıştır. Değerlendirme sonuçları ADK N1 latanslarının koşullar arasında farklı olmadığını göstermiştir ($p=.555$). Şekil 4.2.2.4'de ADK N1 latansları gösterilmiştir.

Şekil 4.2.2.4. ADK N1 latansları

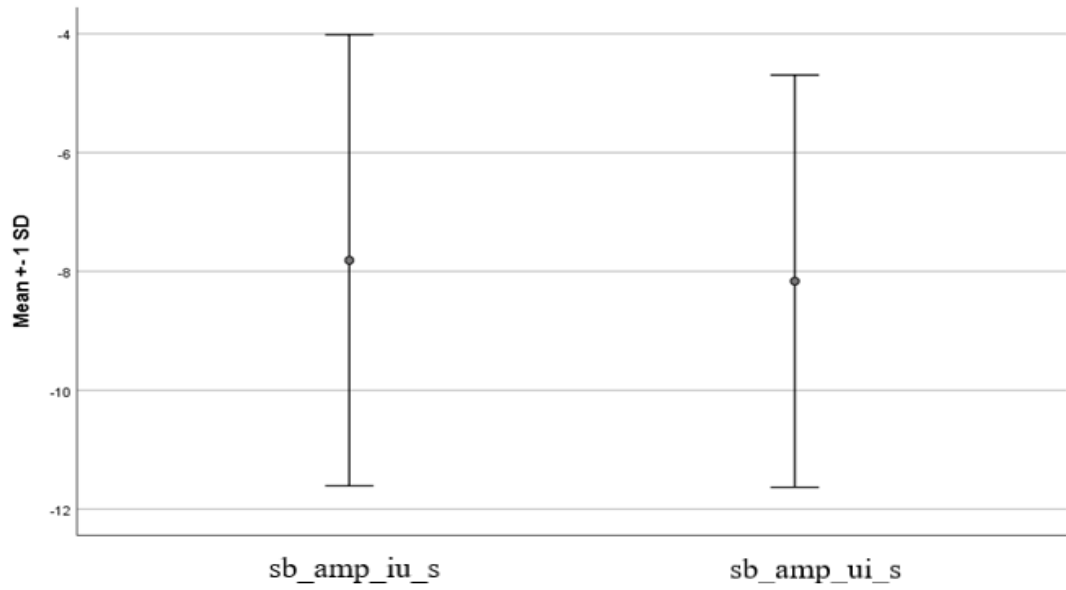


4.3. Aynı Koşulda Farklı Uyanlar Tarafından Oluşturulmuş Kortikal Cevapların Karşılaştırılması

4.3.1. Sessiz Ortamda /ui/ ve /iu/ Uyanları ile Elde Edilen Ses Başlangıç Cevaplarının Karşılaştırılması

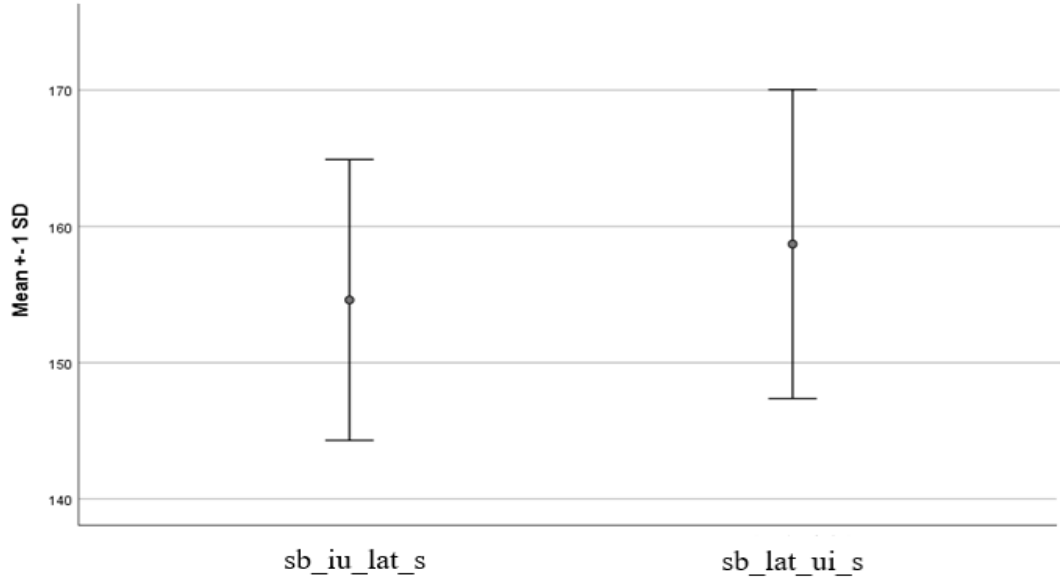
Eşleştirilmiş örneklem için t-testi sonuçları sessiz ortamda /ui/ ve /iu/ ses başlangıç N1-P2 tepeden tepeye amplitüdlerinin farklı olmadığını göstermiştir ($t=.754$; $p=.460$). Şekil 4.3.1.1'de sessiz ortamda /ui/ ve /iu/ uyanları ile elde edilen ses başlangıç amplitüdlerinin karşılaştırılması gösterilmiştir.

Şekil 4.3.1.1 Sessiz Ortamda /ui/ ve /iu/ uyarıları ile elde edilen ses başlangıç amplitüdlerinin karşılaştırılması



Ses başlangıç N1 latansları ise /ui/ için (Ort.=158,700; SS=±11,34) /iu/’ya göre (Ort.=154,600; SS=±10,30) anlamlı düzeyde yüksek elde edilmiştir ($t=-3.794$; $p=0.001$) Şekil 4.3.1.2’de Sessiz Ortamda /ui/ ve /iu/ uyarıları ile elde edilen ses başlangıç latanslarının karşılaştırılması gösterilmiştir.

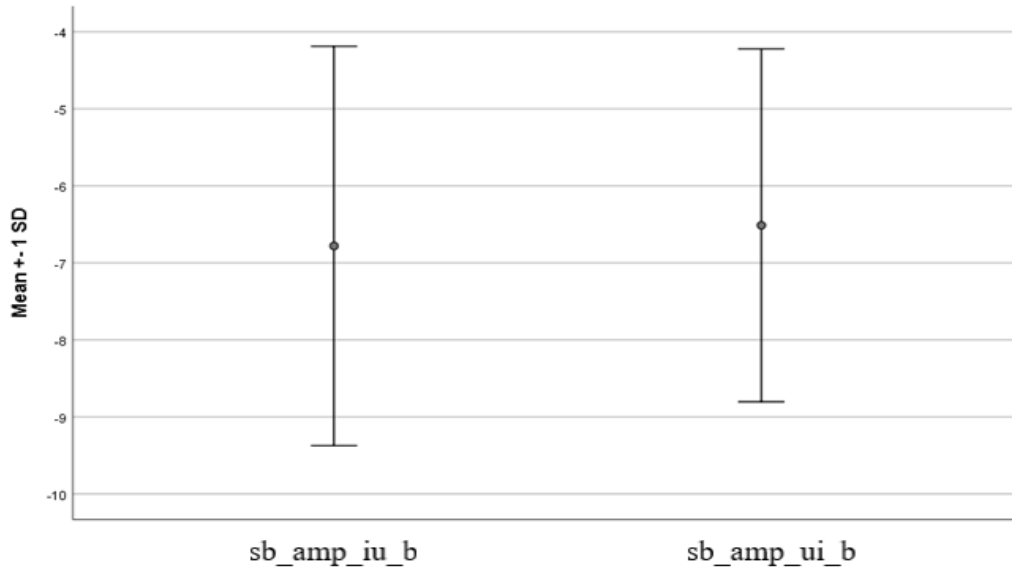
Şekil 4.3.1.2 Sessiz Ortamda /ui/ ve /iu/ uyarınları ile elde edilen ses başlangıç latanslarının karşılaştırılması



4.3.2. + 10 dB SGO Beyaz Gürültü Koşulunda /ui/ ve /iu/ Uyarınları İle Elde Edilmiş Ses Başlangıç Cevaplarının Karşılaştırılması

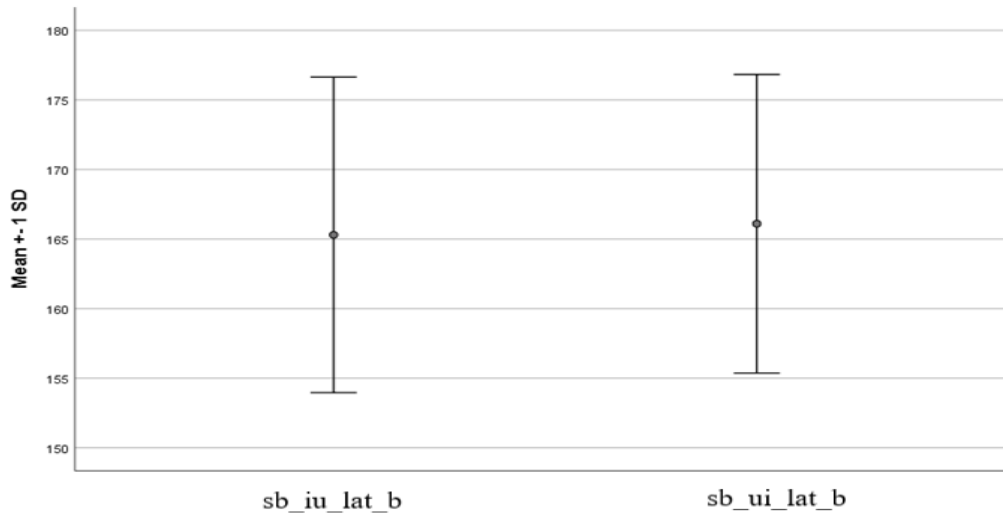
Eşleştirilmiş örneklem için t-testi sonuçları beyaz gürültü varlığında /ui/ ve /iu/ ses başlangıç N1-P2 tepeden tepeye amplitüdlerinin farklı olmadığını göstermiştir ($t = -.668$; $p = .512$). Şekil 4.3.2.1’de + 10 dB SGO beyaz gürültü koşulunda /ui/ ve /iu/ uyarınları ile elde edilmiş ses başlangıç amplitüdlerinin karşılaştırılması gösterilmiştir.

Şekil 4.3.2.1 + 10 dB SGO beyaz gürültü koşulunda /ui/ ve /iu/ uyarılarıyla elde edilmiş ses başlangıç amplitüdlerinin karşılaştırılması



Eşleştirilmiş örneklem için t-testi sonuçları beyaz gürültü varlığında /ui/ ve /iu/ ses başlangıç N1 latanslarının da farklı olmadığını göstermiştir ($t = -.709$; $p = .487$). Şekil 4.3.2.2’de + 10 dB SGO beyaz gürültü koşulunda /ui/ ve /iu/ uyarılarıyla elde edilmiş ses başlangıç latanslarının karşılaştırılması gösterilmiştir.

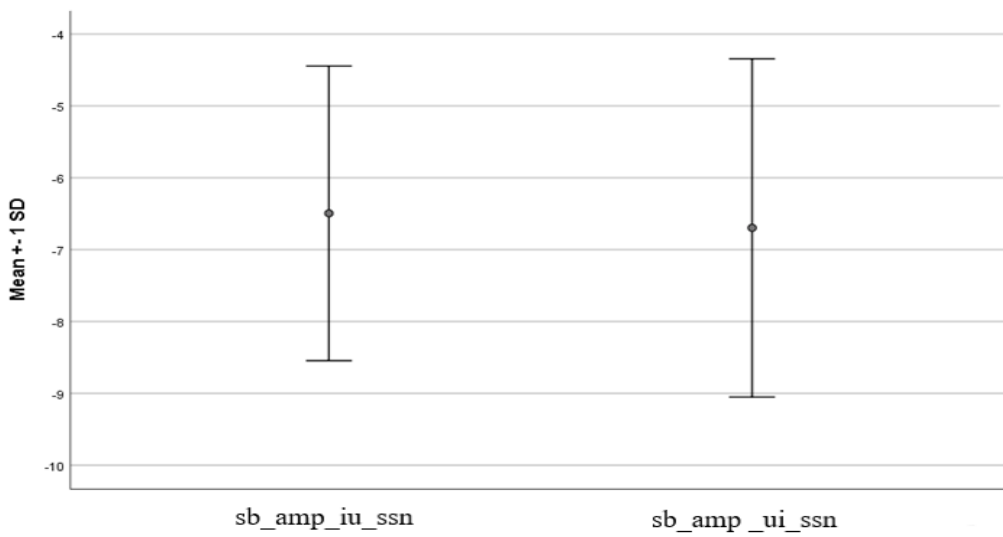
Şekil 4.3.2.2 + 10 dB SGO beyaz gürültü koşulunda /ui/ ve /iu/ uyarılarıyla elde edilmiş ses başlangıç latanslarının karşılaştırılması



4.3.3. + 10 dB SGO SSN Koşulunda /ui/ ve /iu/ Uyaranları ile Elde Edilmiş Ses Başlangıç Cevaplarının Karşılaştırılması

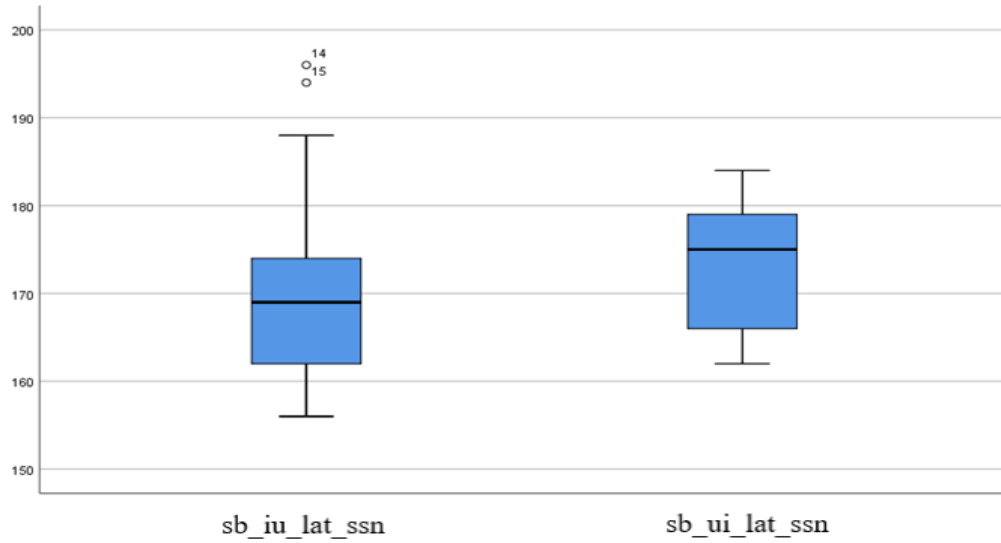
Eşleştirilmiş örneklem için t-testi sonuçları SSN varlığında /ui/ ve /iu/ ses başlangıç N1-P2 tepeden tepeye amplitüdlerinin farklı olmadığını göstermiştir ($t = .752$; $p = .461$). Şekil 4.3.3.1'de + 10 dB SGO SSN koşulunda /ui/ ve /iu/ uyaranları ile elde edilmiş ses başlangıç amplitüdlerinin karşılaştırılması gösterilmiştir.

Şekil 4.3.3.1 + 10 dB SGO SSN koşulunda /ui/ ve /iu/ uyaranları ile elde edilmiş ses başlangıç amplitüdlerinin karşılaştırılması



Wilcoxon eşleştirilmiş iki örnek testine göre SSN varlığında /ui/ ve /iu/ ses başlangıç N1 latanslarının da farklı olmadığı gözlenmiştir ($p = 0.070$). Şekil 4.3.3.2'de + 10 dB SGO SSN koşulunda /ui/ ve /iu/ uyaranları ile elde edilmiş ses başlangıç latanslarının karşılaştırılması gösterilmiştir.

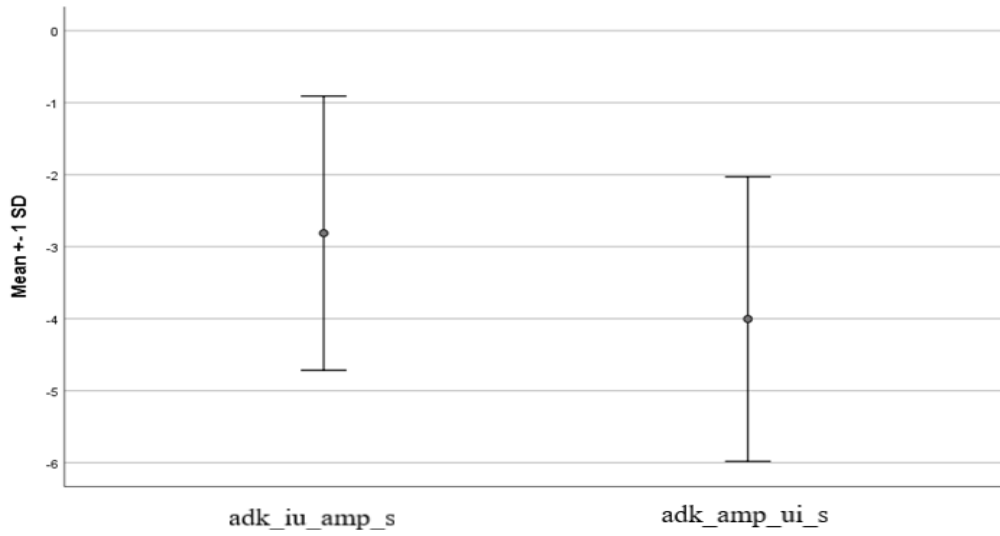
Şekil 4.3.3.2 + 10 dB SGO SSN koşulunda /ui/ ve /iu/ uyarınları ile elde edilmiş ses başlangıç latanslarının karşılaştırılması



4.3.4. Sessiz Ortamda /ui/ ve /iu/ Uyarınları ile Elde Edilen ADK Cevaplarının Karşılaştırılması

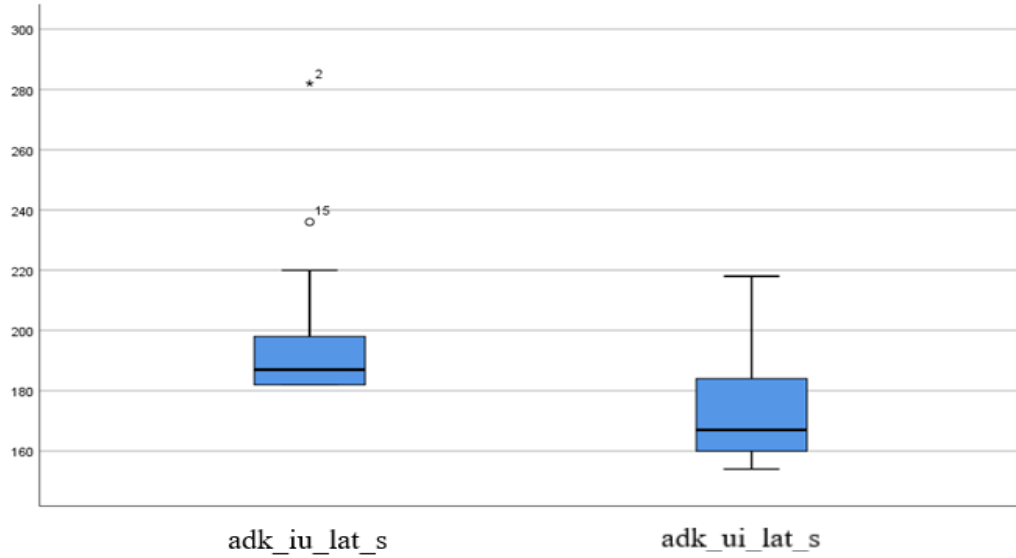
Eşleştirilmiş örneklem için t-testi ile sessiz ortam koşulunda /ui/ ve /iu/ uyarınları ile kaydedilen ADK N1-P2 tepeden tepeye amplitüdleri karşılaştırıldığında /ui/ amplitüdleri (Ort.=-4,00; SS=±1,98) /iu/ amplitüdlere (Md=-2,72; ÇAA=1,47) göre daha büyük bulunmuştur ($t=2.231$; $p=.038$). Şekil 4.3.4.1'de sessiz ortamda /ui/ ve /iu/ uyarınları ile elde edilen ADK amplitüdlерinin karşılaştırılması gösterilmiştir.

Şekil 4.3.4.1 Sessiz ortamda /ui/ ve /iu/ uyarınları ile elde edilen ADK amplitüdlerinin karşılaştırılması



Wilcoxon eşleştirilmiş iki örnek testi ile sessiz ortam koşulunda /ui/ ve /iu/ uyarınları ile kaydedilen N1 latansları karşılaştırıldığında /iu/ latansları (Md=187.000; ÇAA=16,00) /ui/ latanslarına (Md=167.000; ÇAA=24,00) göre daha büyük bulunmuştur ($z=-3.564$; $p=.000$). Şekil 4.3.4.2’de sessiz ortamda /ui/ ve /iu/ uyarınları ile elde edilen ADK latanslarının karşılaştırılması gösterilmiştir.

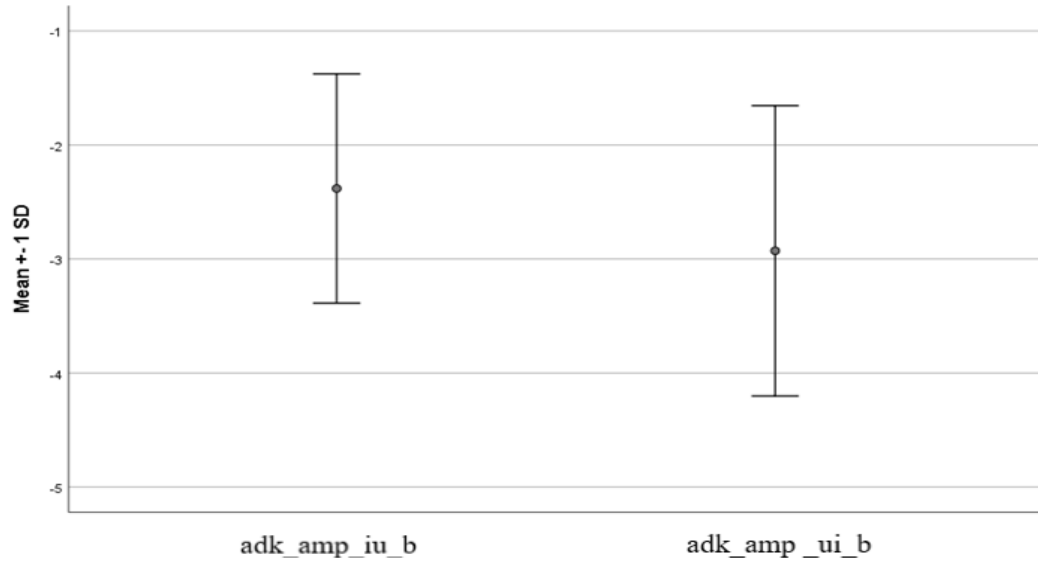
Şekil 4.3.4.2. Sessiz ortamda /ui/ ve /iu/ uyarınları ile elde edilen ADK latanslarının karşılaştırılması-



4.3.5. + 10 dB SGO Beyaz Gürültü Koşulunda /ui/ ve /iu/ Uyarınları ile Elde Edilmiş ADK Cevaplarının Karşılaştırılması

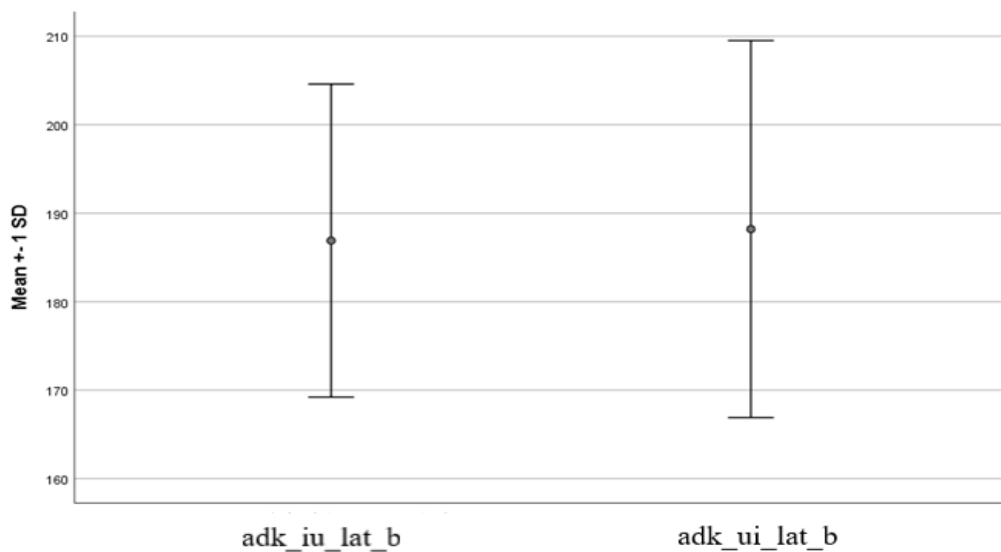
Eşleştirilmiş örneklemeler için t-testi sonuçları + 10 dB SGO beyaz gürültü varlığında /ui/ ve /iu/ ADK N1-P2 tepeden tepeye amplitüdüleri karşılaştırıldığında /ui/ amplitüdülerinin (Ort.=2,93; SS=±1,27) /iu/ amplitüdülerine (Ort.=2,38; SS=±1,00) göre daha büyük olduğu göstermiştir ($t= 2.225$; $p=0.038$). Şekil 4.3.5.1'de + 10 dB SGO beyaz gürültü koşulunda /ui/ ve /iu/ uyarınları ile elde edilmiş ADK amplitüdülerinin karşılaştırılması gösterilmiştir.

Şekil 4.3.5.1 + 10 dB SGO beyaz gürültü koşulunda /ui/ ve /iu/ uyarılarıyla elde edilmiş ADK amplitüdlerinin karşılaştırılması



Eşleştirilmiş örneklem için t-testi sonuçları + 10 dB SGO beyaz gürültü varlığında /ui/ ve /iu/ ADK N1 latansları karşılaştırıldığında bir fark olmadığını göstermiştir ($t = -0.237$; $p = 0,815$). Şekil 4.3.5.2'de + 10 dB SGO beyaz gürültü koşulunda /ui/ ve /iu/ uyarılarıyla elde edilmiş ADK latanslarının karşılaştırılması gösterilmiştir.

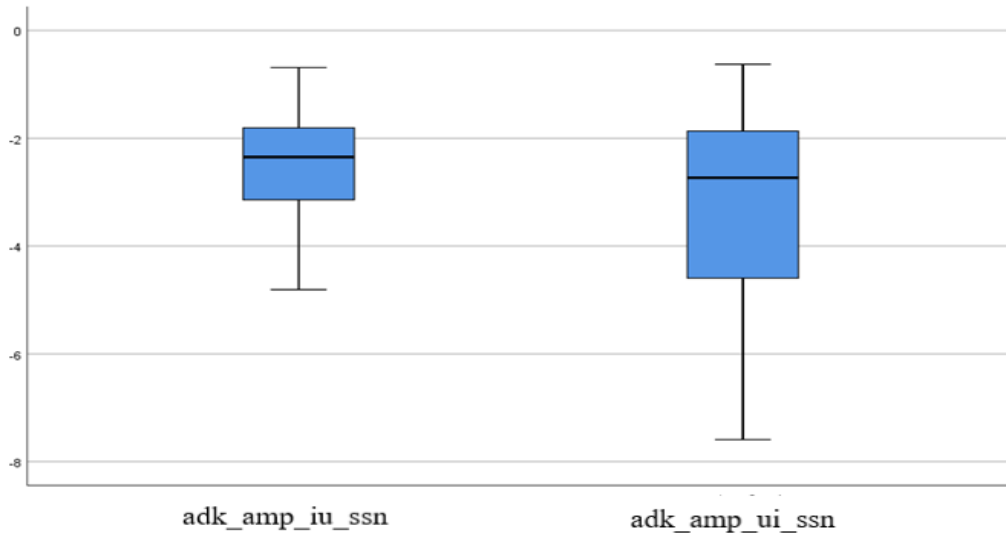
Şekil 4.3.5.2 + 10 dB SGO beyaz gürültü koşulunda /ui/ ve /iu/ uyarılarıyla elde edilmiş ADK latanslarının karşılaştırılması



4.3.6. + 10 dB SGO SSN Koşulunda /ui/ ve /iu/ uyaranları ile Elde Edilmiş ADK Cevaplarının Karşılaştırılması

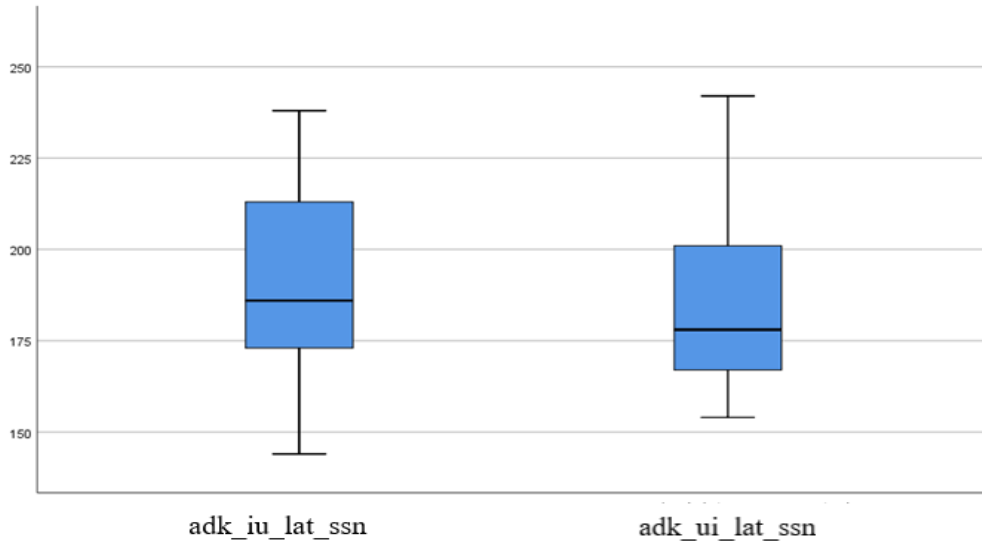
Wilcoxon eşleştirilmiş iki örnek testi ile + 10 dB SGO SSN varlığında /ui/ ve /iu/ uyaranı ile elde edilen ADK N1-P2 tepeden tepeye amplitüdüleri karşılaştırıldığında /ui/ amplitüdüleri (Ort.=-3.32; SS=±1.84) /iu/ amplitüdülerinden (Ort.=-2.39; SS=±1.07) daha yüksek elde edilmiştir ($z=-2.696$; $p=.007$). Şekil 4.3.6.1'de + 10 dB SGO SSN koşulunda /ui/ ve /iu/ uyaranları ile elde edilmiş ADK amplitüdülerinin karşılaştırılması gösterilmiştir.

Şekil 4.3.6.1 + 10 dB SGO SSN koşulunda /ui/ ve /iu/ uyaranları ile elde edilmiş ADK amplitüdülerinin karşılaştırılması



Wilcoxon eşleştirilmiş iki örnek testi ile + 10 dB SGO SSN varlığında /ui/ ve /iu/ uyaranı ile elde edilen ADK cevapları karşılaştırıldığında N1 latanslarının farklı olmadığı gözlemlenmiştir ($z= -1.697$; $p=0.090$). Şekil 4.3.6.2'de + 10 dB SGO SSN koşulunda /ui/ ve /iu/ uyaranları ile elde edilmiş ADK latanslarının karşılaştırılması gösterilmiştir.

Şekil 4.3.6.2 + 10 dB SGO SSN koşulunda /ui/ ve /iu/ uyarıları ile elde edilmiş ADK latanslarının karşılaştırılması



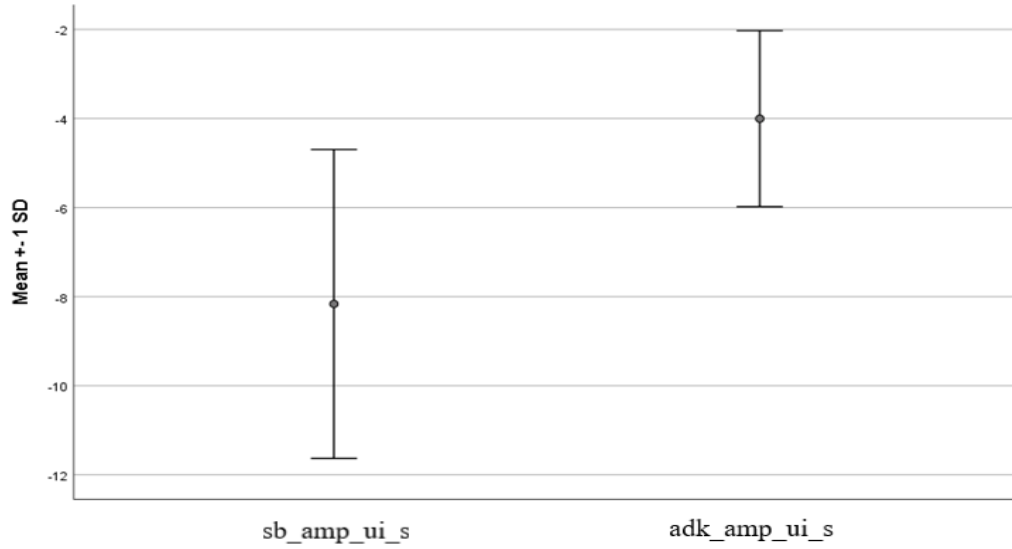
4.4. Aynı Ortam Koşullarında Aynı Tip Uyarılar İle Oluşturulmuş Ses Başlangıç Ve ADK Cevaplarının Karşılaştırılması

4.4.1. Sessiz Koşulda /ui/ Uyararı ile Oluşturulmuş Ses Başlangıç ve ADK Cevapları

4.4.1.1. Amplitüd Değerleri

Eşleştirilmiş örneklem için t-testi sonuçları /ui/ uyararı için sessiz ortamda elde edilen ses başlangıç ve ADK cevapları karşılaştırıldığında ADK N1-P2 tepeden tepeye amplitüdlerinin (Ort.=-4.00; SS=±1.98) ses başlangıç cevap amplitüdlerinden (Ort.=-8.16; SS=±3.47) daha düşük olduğunu göstermiştir ($t=-7.468$; $p=.000$). Şekil 4.4.1.1'de sessiz ortamda /ui/ uyararı ile oluşturulmuş ses başlangıç ve ADK amplitüdlerinin karşılaştırılması gösterilmiştir.

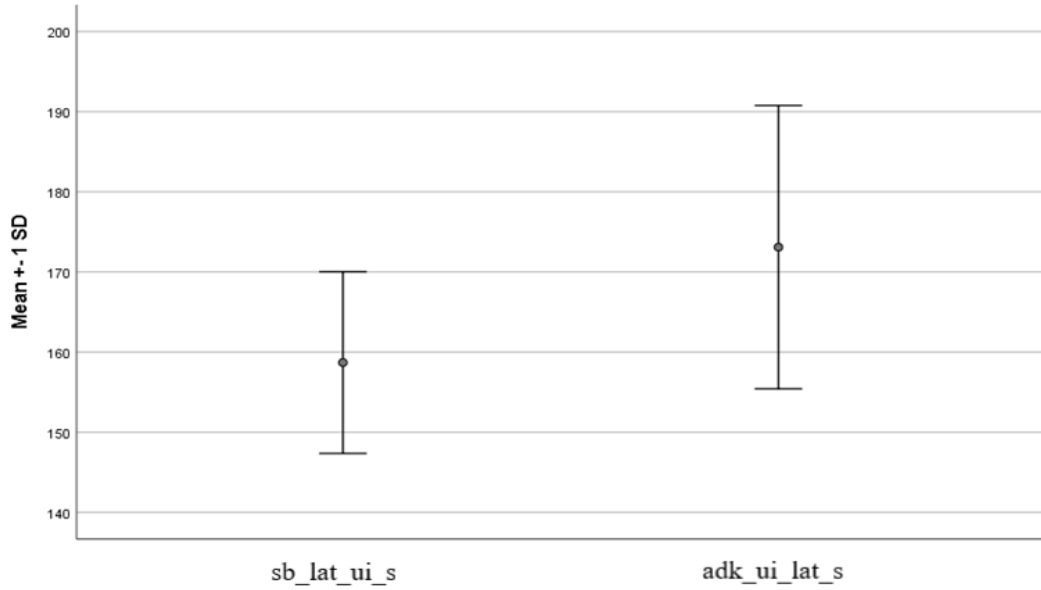
Şekil 4.4.1.1 Sessiz ortamda /ui/ uyararı ile oluşturulmuş ses başlangıç ve ADK amplitüdlerinin karşılaştırılması



4.4.1.2. Latans Değerleri

Eşleştirilmiş örneklem için t-testi sonuçları /ui/ uyararı için sessiz ortamda elde edilmiş ses başlangıç ve ADK N1 latansları karşılaştırıldığında ADK latanslarının (Ort.=173.100; SS=±17.67) ses başlangıç latanslarına göre (Ort.=158.700; SS=±11.337) daha geç oluştuğunu göstermiştir. ($t=-4.431$; $p=.000$). Şekil 4.4.1.2'de Sessiz ortamda /ui/ uyararı ile oluşturulmuş ses başlangıç ve ADK latanslarının karşılaştırılması gösterilmiştir.

Şekil 4.4.1.2 Sessiz ortamda /ui/ uyarani ile oluşturulmuş ses başlangıç ve ADK latanslarının karşılaştırılması

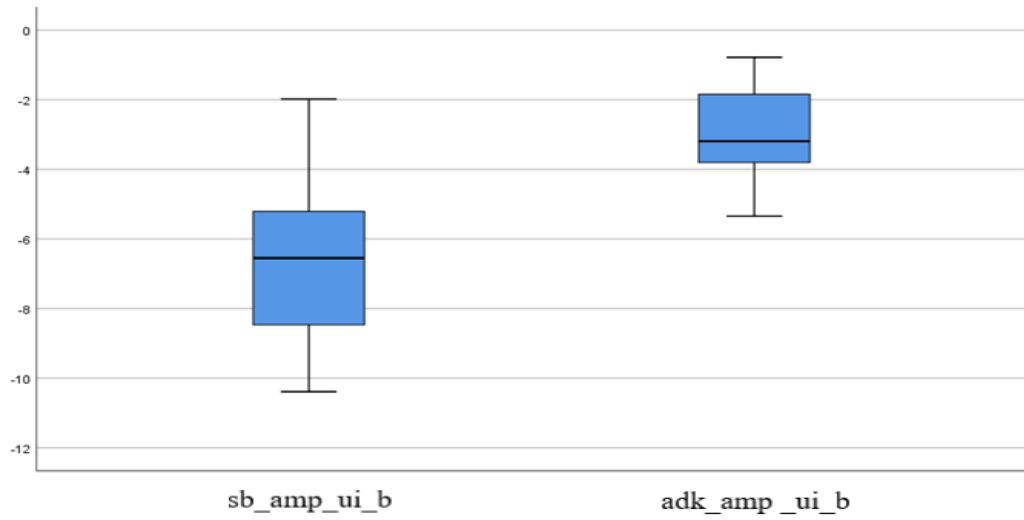


4.4.2. + 10 dB SGO Beyaz Gürültü Koşulunda /ui/ Uyarani ile Oluşturulmuş Ses Başlangıç ve ADK Cevapları

4.4.2.1. Amplitüd Değerleri

Wilcoxon eşleştirilmiş iki örnek testi ile + 10 dB SGO Beyaz Gürültü koşulunda elde edilen /ui/ uyarani için ses başlangıç ve ADK cevapları karşılaştırıldığında ADK N1-P2 tepeden tepeye amplitüdüleri (Md=-3.19; ÇAA=2.04) ses başlangıç amplitüdlerinden (Md=-6.55; ÇAA=3.26) daha düşük elde edilmiştir ($z=-3.883$; $p=.000$). Şekil 4.4.2.1'de + 10 dB SGO beyaz gürültü koşulunda /ui/ uyarani ile oluşturulmuş ses başlangıç ve ADK amplitüdlerinin karşılaştırılması gösterilmiştir.

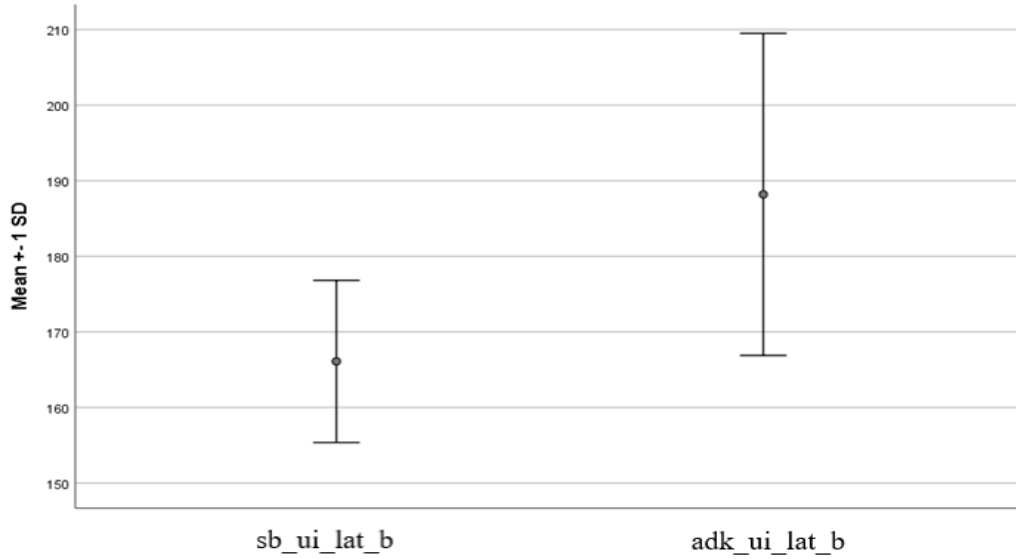
Şekil 4.4.2.1 + 10 dB SGO beyaz gürültü koşulunda /ui/ uyararı ile oluşturulmuş ses başlangıç ve ADK amplitüdlerinin karşılaştırılması



4.4.2.2. Latans Değerleri

Eşleştirilmiş örneklem için t-testi sonuçları /ui/ uyararı için + 10 dB SGO Beyaz Gürültü varlığında elde edilmiş ses başlangıç ve ADK N1 latansları karşılaştırıldığında ADK latanslarının (Ort.=188.200; SS=±21.30) ses başlangıç cevabı latanslarına (Ort.=166.100; SS=±10.73) göre daha geç oluştuğunu göstermiştir. ($t=-6.702$; $p=.000$). Şekil 4.4.2.2'de + 10 dB SGO beyaz gürültü koşulunda /ui/ uyararı ile oluşturulmuş ses başlangıç ve ADK latanslarının karşılaştırılması gösterilmiştir.

Şekil 4.4.2.2 + 10 dB SGO beyaz gürültü koşulunda /ui/ uyararı ile oluşturulmuş ses başlangıç ve ADK latanslarının karşılaştırılması

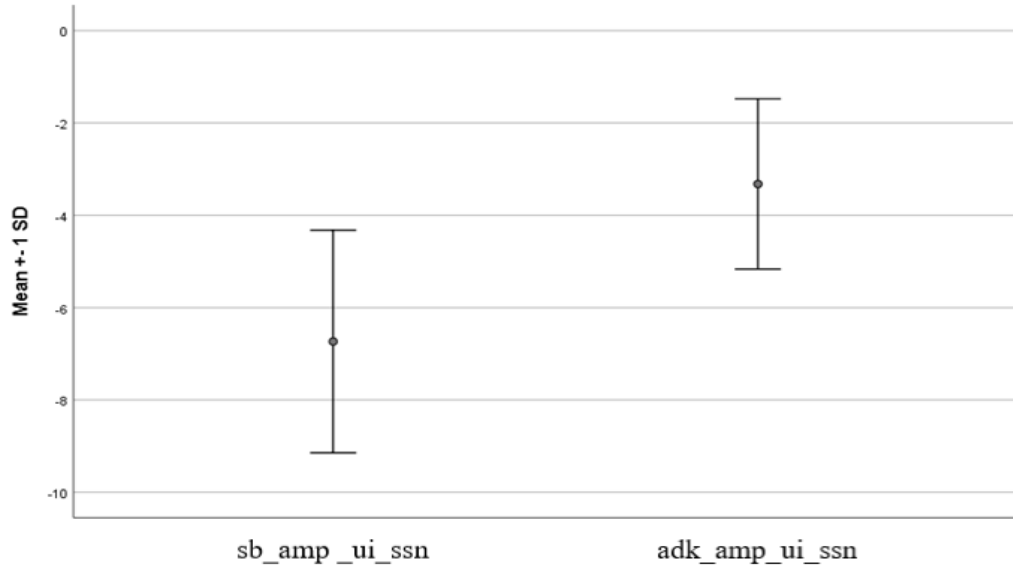


4.4.3. + 10 dB SGO SSN Koşulunda /ui/ Uyararı ile Oluşturulmuş Ses Başlangıç ve ADK Cevapları

4.4.3.1. Amplitüd Değerleri

Eşleştirilmiş örneklem için t-testi sonuçlarında /ui/ uyararı için + 10 dB SGO SSN koşulunda elde edilmiş ses başlangıç ve ADK N1-P2 tepeden tepeye amplitüdüleri karşılaştırıldığında ADK amplitüdüleri (Ort.=3.32; SS=±1.84) ses başlangıç cevap amplitüdülerinden (Ort.=6.70; SS=±2.35) daha düşük elde edilmiştir ($t=-8.872$; $p=.000$). Şekil 4.4.3.1'de + 10 dB SGO SSN koşulunda /ui/ uyararı ile oluşturulmuş ses başlangıç ve ADK amplitüdülerinin karşılaştırılması gösterilmiştir.

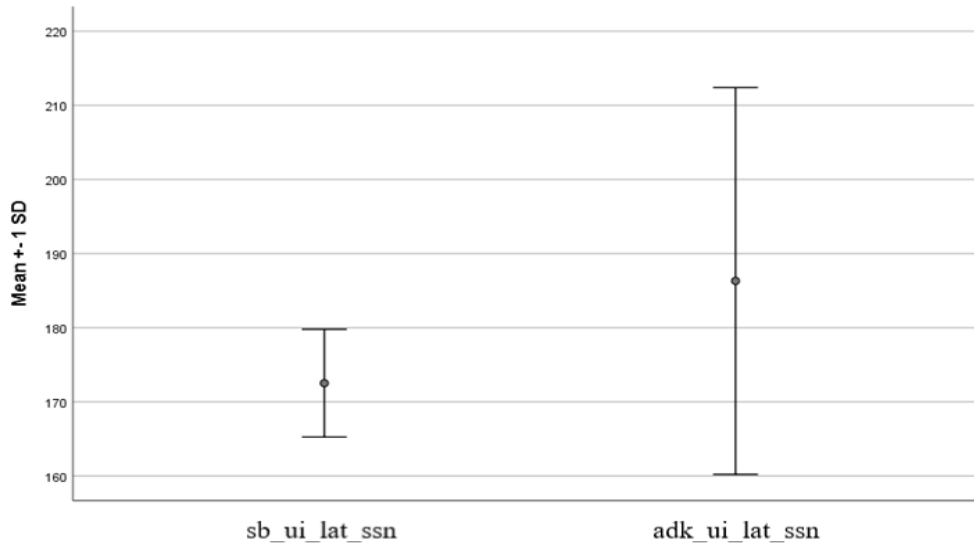
Şekil 4.4.3.1 + 10 dB SGO SSN koşulunda /ui/ uyararı ile oluşturulmuş ses başlangıç ve ADK amplitüdlerinin karşılaştırılması



4.4.3.2. Latans Değerleri

Eşleştirilmiş örneklem için t-testi sonuçları /ui/ uyararı için + 10 dB SGO SSN koşulunda elde edilmiş ses başlangıç ve ADK N1 latansları karşılaştırıldığında ADK cevap latanslarının (Ort.=186.320; SS=±26.09) ses başlangıç cevap latanslarına (Ort.=172.900; SS=±7.27) göre daha geç oluştuğunu göstermiştir. ($t=-2.542$; $p=.020$). Şekil 4.4.3.2'de + 10 dB SGO SSN koşulunda /ui/ uyararı ile oluşturulmuş ses başlangıç ve ADK latanslarının karşılaştırılması gösterilmiştir.

Şekil 4.4.3.2 + 10 dB SGO SSN koşulunda /ui/ uyararı ile oluşturulmuş ses başlangıç ve ADK latanslarının karşılaştırılması

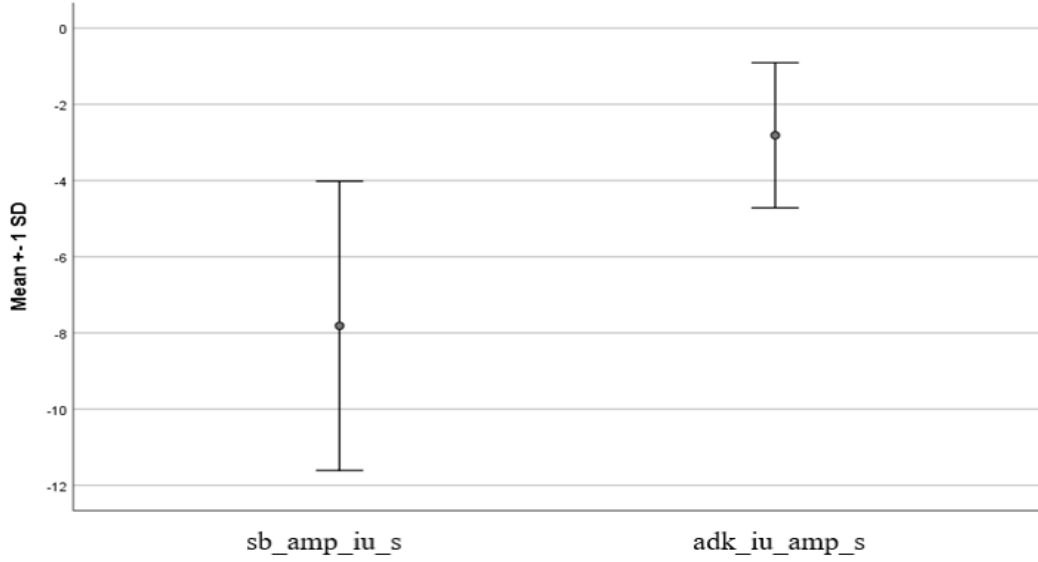


4.4.4. Sessiz Koşulda /iu/ Uyararı ile Oluşturulmuş Ses Başlangıç ve ADK Cevapları

4.4.4.1. Amplitüd Değerleri

Eşleştirilmiş örneklem için t-testi sonuçları /ui/ uyararı için sessiz ortamda elde edilen ses başlangıç ve ADK N1-P2 tepeden tepeye amplitüdüleri karşılaştırıldığında ADK amplitüdlerinin (Ort.=-2.81; SS=±1.90) ses başlangıç amplitüdlerinden (Ort.=-7.81; SS=±3.80) daha düşük olduğunu göstermiştir ($t=-5.248$; $p=.000$). Şekil 4.4.4.1'de Sessiz koşulda /iu/ uyararı ile oluşturulmuş ses başlangıç ve ADK amplitüdlerinin karşılaştırılması gösterilmiştir.

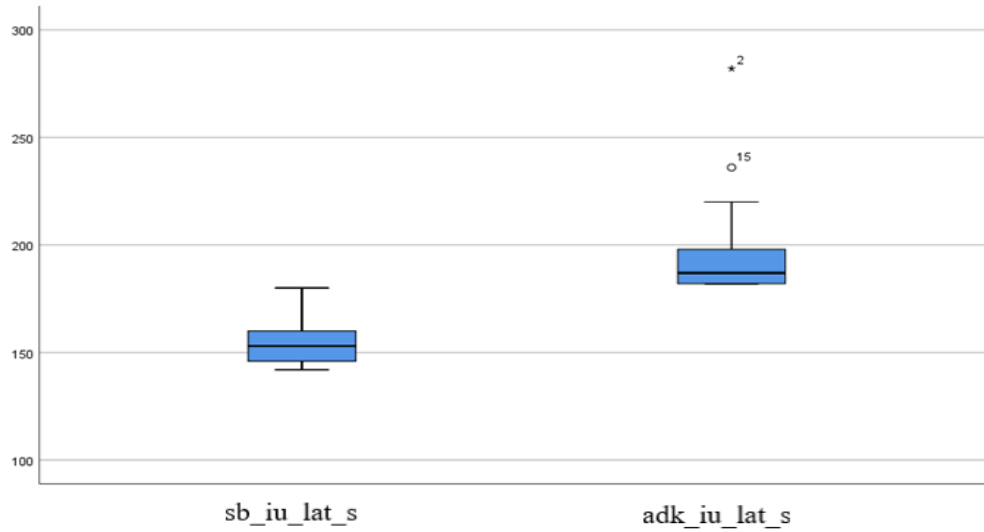
Şekil 4.4.4.1 Sessiz koşulda /iu/ uyarani ile oluşturulmuş ses başlangıç ve ADK amplitüdlerinin karşılaştırılması



4.4.4.2. Latans Değerleri

Wilcoxon eşleştirilmiş iki örnek testi ile /iu/ uyarani için sessiz ortamda elde edilmiş ses başlangıç ve ADK N1 latansları karşılaştırıldığında ADK latanslarının (Md=187.000; ÇAA=16.00) ses başlangıç latanslarından (Ort.=154.600; SS= \pm 10.30) daha geç olduğu gözlemlenmiştir ($z=-3.926$; $p=.000$). Şekil 4.4.4.2'de Sessiz koşulda /iu/ uyarani ile oluşturulmuş ses başlangıç ve ADK latanslarının karşılaştırılması gösterilmiştir.

Şekil 4.4.4.2 Sessiz koşulda /iu/ uyarını ile oluşturulmuş ses başlangıç ve ADK latanslarının karşılaştırılması

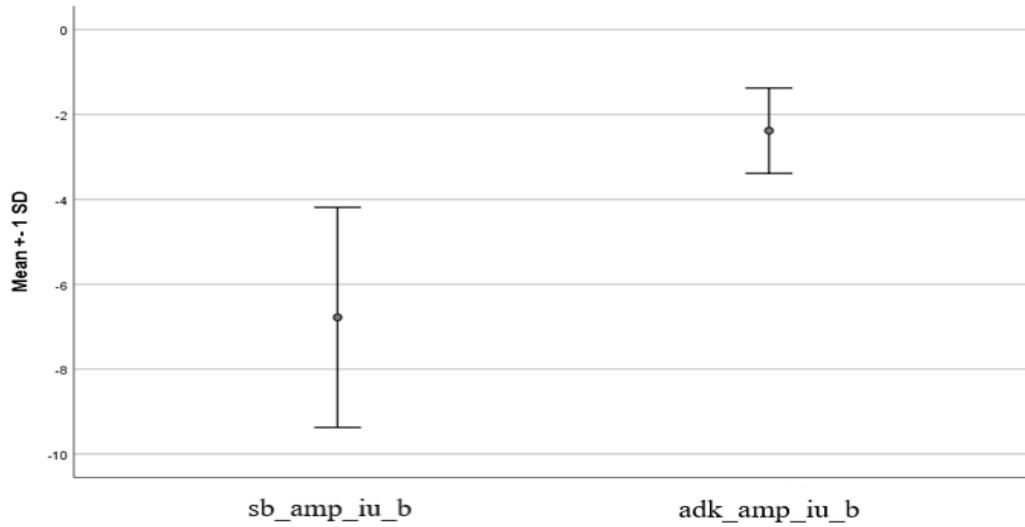


4.4.5. + 10 dB SGO Beyaz Gürültü Koşulunda /iu/ Uyarını ile Oluşturulmuş Ses Başlangıç ve ADK Cevapları

4.4.5.1. Amplitüd Değerleri

Eşleştirilmiş örneklem için t-testi sonuçları /iu/ uyarını için + 10 dB SGO Beyaz Gürültü koşulunda elde edilen ses başlangıç ve ADK N1-P2 tepeden tepeye amplitüdüleri karşılaştırıldığında ADK amplitüdülerinin (Ort.=2.38; SS=±1.00) ses başlangıç cevabı amplitüdülerinden (Ort.=6.78; SS=±2.59) daha düşük olduğunu göstermiştir ($t=-7.728$; $p=.000$). Şekil 4.4.5.1'de + 10 dB SGO beyaz gürültü koşulunda /iu/ uyarını ile oluşturulmuş ses başlangıç ve ADK amplitüdülerinin karşılaştırılması gösterilmiştir.

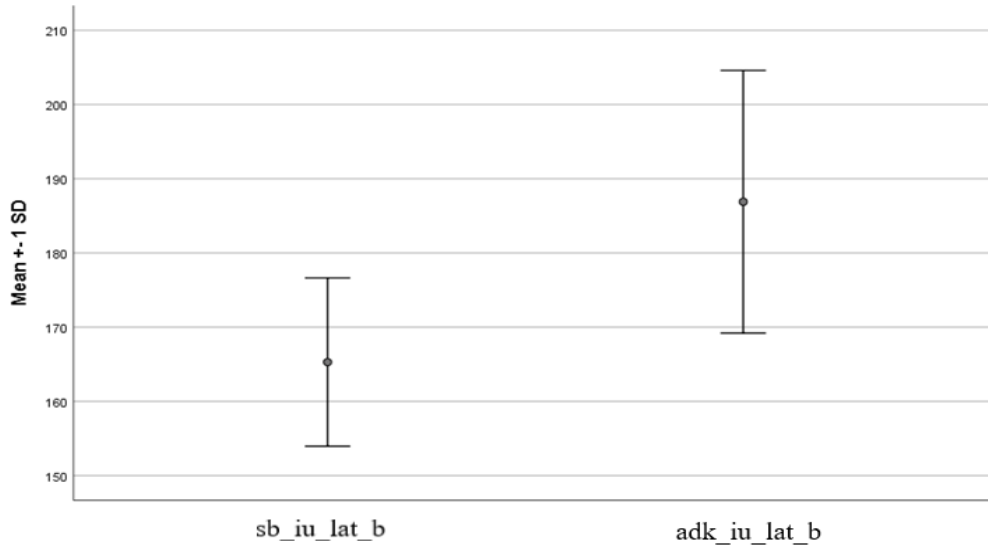
Şekil 4.4.5.1 + 10 dB SGO beyaz gürültü koşulunda /iu/ uyararı ile oluşturulmuş ses başlangıç ve ADK amplitüdlerinin karşılaştırılması



4.4.5.2. Latans Değerleri

Eşleştirilmiş örneklem için t-testi sonuçları /iu/ uyararı için + 10 dB SGO Beyaz Gürültü koşulunda elde edilen ses başlangıç ve ADK N1 latansları karşılaştırıldığında ADK latanslarının (Ort.=186.900; SS=±17,69) ses başlangıç cevabı latanslarına (Md=163.000, ÇAA=14.00) göre daha geç oluştuğunu göstermiştir ($t=-5.128$; $p=.000$). Şekil 4.4.5.2'de + 10 dB SGO beyaz gürültü koşulunda /iu/ uyararı ile oluşturulmuş ses başlangıç ve ADK latanslarının karşılaştırılması gösterilmiştir.

Şekil 4.4.5.2 + 10 dB SGO beyaz gürültü koşulunda /iu/ uyararı ile oluşturulmuş ses başlangıç ve ADK latanslarının karşılaştırılması

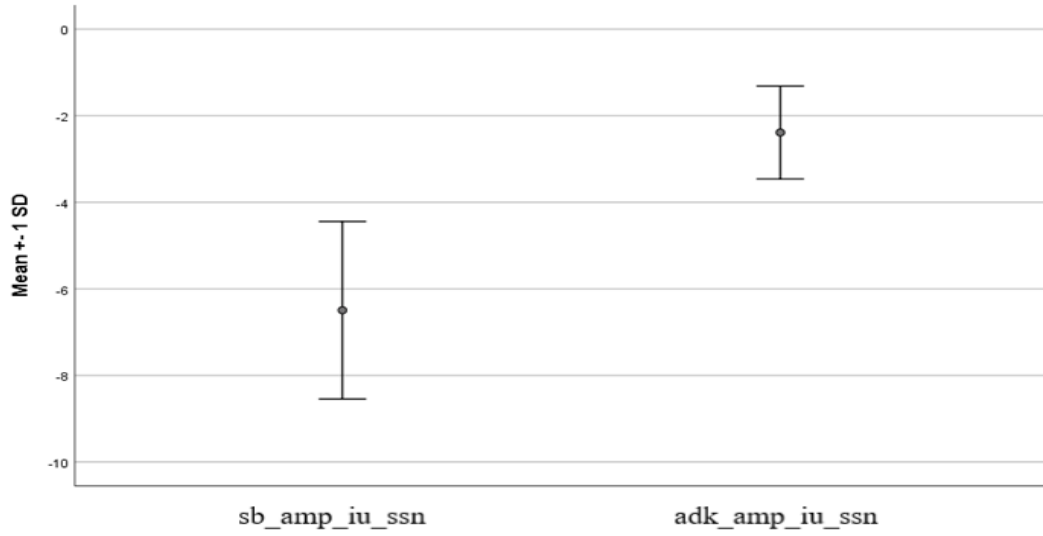


4.4.6. + 10 dB SGO SSN Koşulunda /iu/ Uyararı ile Oluşturulmuş Ses Başlangıç ve ADK Cevapları

4.4.6.1. Amplitüd Değerleri

Eşleştirilmiş örneklem için t-testi sonuçları /iu/ uyararı için + 10 dB SGO SSN koşulunda ses başlangıç ve ADK N1-P2 tepeden tepeye amplitüdüleri karşılaştırıldığında ADK amplitüd değerlerinin (Ort.=-2.39; SS= \pm 1.07) + 10 dB SGO SSN koşulunda elde edilen ses başlangıç cevabı amplitüd değerlerinden (Ort.=-6.49; SS= \pm 2.05) daha düşük olduğunu göstermiştir ($t=-9.573$; $p=.000$). Şekil 4.4.6.1'de + 10 dB SGO SSN koşulunda /iu/ uyararı ile oluşturulmuş ses başlangıç ve ADK amplitüdlerinin karşılaştırılması gösterilmiştir.

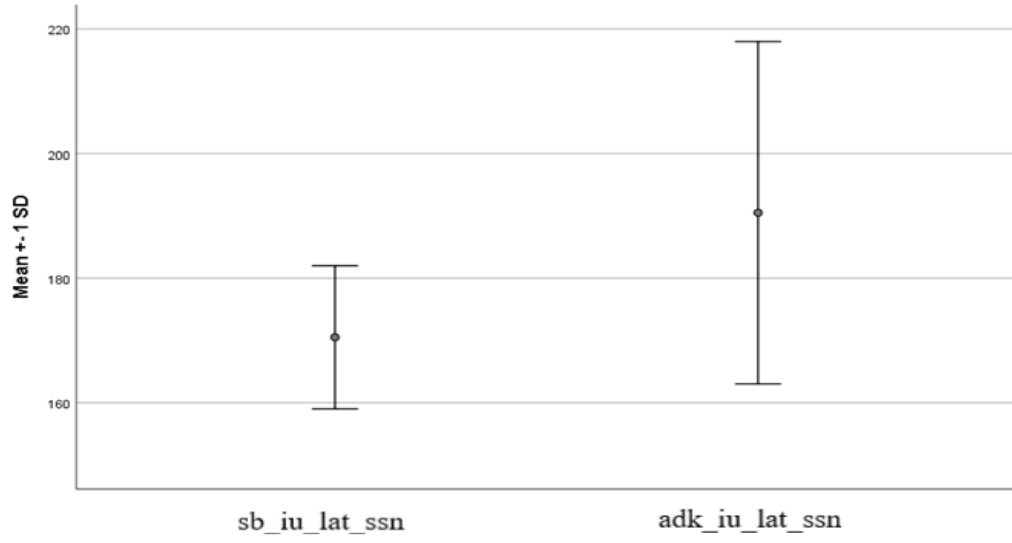
Şekil 4.4.6.1 + 10 dB SGO SSN koşulunda /iu/ uyararı ile oluşturulmuş ses başlangıç ve ADK amplitüdlerinin karşılaştırılması



4.4.6.2. Latans Değerleri

Eşleştirilmiş örneklem için t-testi sonuçları /iu/ uyararı için + 10 dB SGO SSN koşulunda elde edilen ses başlangıç ve ADK cevaplarının N1 latansları karşılaştırıldığında ADK latans değerlerinin (Ort.=190.500; SS=±27.49) ses başlangıç cevabı latans değerlerinden (Ort.=170.500; SS=±11.50) daha geç oluştuğunu göstermiştir. ($t=-3.442$; $p=.003$). Şekil 4.4.6.2'de + 10 dB SGO SSN koşulunda /iu/ uyararı ile oluşturulmuş ses başlangıç ve ADK latanslarının karşılaştırılması gösterilmiştir.

Şekil 4.4.6.2 + 10 dB SGO SSN koşulunda /iu/ uyararı ile oluşturulmuş ses başlangıç ve ADK latanslarının karşılaştırılması



5. TARTIŞMA

Arka plan gürültüsünde konuşmayı anlamadaki zorluk, işitme şikayetleri olan hastalar tarafından sıklıkla dile getirilen bir problemdir. (74). Nitekim bu problem yapılan çalışmalarda da gözlenen bir bulgudur.

Örneğin, Phatak ve diğ. (2019)'nin çalışmasında normal işiten dinleyiciler ve işitme kaybı olan dinleyicilerin gürültü içinde konuşmayı tanıma becerileri çeşitli konuşma ve maskeleme koşullarında dinleme görevlerinden oluşan 12 farklı testten oluşan test bataryası ile değerlendirilmiştir. İşitme kaybı olan dinleyiciler, *babble gürültüsü* varlığında veya tek bir rakip konuşmacının varlığında normal işiten kontrol grubundan önemli ölçüde daha kötü performans göstermiştir. (75).

Yalnızca yetişkinler değil, pediatrik grup da gürültüde konuşmayı anlama konusunda problemlere sahiptir. Anderson ve diğ. (2010)'nin çalışmasında geniş bir aralıkta gürültü içinde konuşma (GİK) algısı skorlarına sahip 32 çocuk gürültüde konuşmayı ayırt etme skorlarına göre alt ve üst gruplara ayrılmış, konuşma hecesi [da] ile oluşturulan kortikal cevaplar sessiz ortamda ve çok konuşmalı *babble* gürültüsü koşulunda kaydedilmiştir. Sonuçlar, üst gruba kıyasla alt grupta gürültünün işitsel işlev üzerindeki olağandışı etkilerini göstermiştir. Üst grubun cevap amplitüdüleri sessiz ve gürültülü koşullar arasında sabit kalırken, alt grupta amplitüdüleri önemli ölçüde artmıştır. Araştırmacılar bu bulgunun, gürültü koşulunda alt grubun daha fazla nöral kaynak kullanması ile ilişkili olabileceğini belirtmişlerdir (76).

Günlük hayatta konuşmanın anlaşılabilirliğini etkileyen birçok etken vardır. Bu etkenlerden en önemlilerinden bir tanesi de hedef konuşmanın çevresel gürültünün içerisinde çıkarılması gerekliliğidir. Çevresel gürültü hedef konuşmacı dışındaki konuşma sesleri (bilgisel maskeleme) ve konuşma sesi olmayan diğer çevresel seslerdir (enerjik maskeleme). İşitme sisteminin görevlerinden bir tanesi de bu gürültülerin içerisinde hedef konuşmaları çıkarabilme becerisidir. Bu bakımdan gürültüde konuşma seslerinin işlenmesi davranışsal yöntemlerin yanı sıra gürültüde kaydedilen İUP'ler ile de incelenmiştir.

Örneğin Billings ve diğ. (2011) tonal ve konuşma uyarılarını dokuz kişiye sessiz ortamda ve üç arka plan gürültüsü türünde sunmuşlardır. Arka planda sürekli

konuşma spektrumu gürültüsü, kesintili konuşma spektrumu gürültüsü ve -3 dB sinyal-gürültü oranında dört konuşmacılı *babble* gürültü sunulmuştur. Gürültü tipinin etkisi incelendiği zaman dört konuşmacılı *babble* gürültü tipi ile elde edilmiş potansiyellerin en uzun latanslara ve en küçük amplitüdlere sahip olduğu ve kesintili konuşma spektrumlu gürültünün en kısa latanslara ve en büyük amplitüdlere, sürekli konuşma spektrumu gürültüsünün sonuçlarının ise genellikle diğer ikisi arasında değerlere sahip olduğu gözlemlenmiştir. İlginç bir şekilde, kesintili ve sürekli konuşma spektrumu gürültüleri arasındaki farklılıklar güçlü bulunmamıştır (77).

Whiting ve diğ. (1998)'in çalışmasında ise normal işiten dinleyicilerde, geniş bantlı gürültü maskeleyici tarafından üretilen azalmış işitilebilirliğin /ba/ ve /da/ ile oluşturulan kortikal OİP'ler N1, N2 ve P3 üzerinde etkileri sistematik olarak araştırılmıştır. On normal işiten yetişkin dinleyici sessiz ortamda ve geniş bant maskeleyici gürültüsü ile sunulan / ba / ve / da / konuşma seslerini bir *oddball* paradigmasında ayırt etmişlerdir. Geniş bant maskeleyici gürültüsü OİP amplitüplerinde ve davranışsal ayırt edilebilirlikte sessiz ortama göre düşüşe sebep olmuştur. Bununla birlikte, maskeleyici şiddeti konuşma uyarısı şiddetine eşit veya daha büyük olana kadar, (yani SGO'lar ≤ 0 dB olana kadar) bu düşüşler gerçekleşmemiştir. Amplitüplerin aksine, OİP latansları daha yüksek SGO'larda önemli düşüşler göstermiştir (78).

Papesh ve diğ. (2015)'nin çalışmasında 16 normal işiten katılımcıda KUIP'ler, sessiz ortamda ve 10 ve 30 dB SGO SSN'de sunulan konuşma hecesi / ba / kullanılarak kaydedilmiştir. Çalışmanın temel bulgusu, hem N1 hem de N2 tepe cevaplarının, sessiz ortamda kaydedilebileceği gibi gürültü varlığında da kaydedilebileceğidir. N1 ve N2 tepelerinin amplitüpleri, sessiz koşullara göre düşük seviyeli arka plan gürültüsü varlığında genellikle önemli ölçüde artarken, P1 ve P2 amplitüpleri gürültüde tutarlı bir şekilde azalmıştır. Çalışma oldukça düşük arka plan gürültü seviyelerinde bile P1 amplitüplerinin azaldığını göstermektedir (79).

Billings ve diğ. (2013)'nin çalışmasında ise normal işiten on beş genç birey, SGO ve sinyal seviyesinin etkilerinin KUIP'lere nasıl etki edeceğini belirlemek için hem elektrofizyolojik hem de davranışsal yöntemler kullanılarak test edilmiştir. KUIP'lerin davranışsal ölçümlerle ilişkisini belirlemek için üç korelasyon / regresyon

yaklaşımı kullanılmıştır. SGO'nun ana etkileri hem elektrofizyoloji hem de konuşma algılama ölçümleri için bulunurken, sinyal seviyesi etkileri genellikle sadece konuşma testi için bulunmuştur. Bu sonuçlar, sinyaller gürültü içinde sunulduğunda kortikal işlemlerin SGO ipuçlarına, sinyal seviyesi ipuçlarından daha hassas olduğunu göstermiştir. Ayrıca elektrofizyolojik ve davranışsal ölçümler arasında güçlü bir korelasyon mevcuttur. Davranışın en iyi fizyolojik belirleyicilerinin N1 latans ve N1 amplitüd ölçümleri olduğu belirtilmiştir. Ek olarak, davranışsal bulgular elektrofizyolojik bulgularla en çok 70 dB sinyal ve 5-dB SGO koşuluyla ilişkili bulunmuştur (80).

Gürültü yalnızca ses başlangıç cevaplarını değil, ses değişimleri ile oluşan kortikal cevapları da etkilemektedir. Örneğin enerjik ve bilgisel maskelemenin gürültüde konuşma seslerinin işlenmesi üzerindeki etkisi İUP'ler kullanılarak incelenmiştir. Niemczak ve Werff (2019)'in çalışmasında /ui/ hecesindeki ünlü başlangıcına ve /u/-/i/ geçişindeki formant değişikliğine cevap olan kortikal yanıtlar farklı arka plan gürültü koşulları altında enerjik (konuşma sesi ile şekillendirilmiş gürültü) ve bilgisel (*informational masking*) maskeler (*babble* gürültüsü) kullanılarak kaydedilmiştir. Dört koşulda genç yetişkinlerde /ui/ ile oluşturulan ses başlangıç ve ses değişim cevapları kaydedilmiştir. Bu koşullar sessiz ortam, konuşma sesi ile şekillendirilmiş gürültü, sekiz-konuşmacılı *babble* (8K) ve iki-konuşmacılı (2K) *babble* gürültüsüdür. Tüm gürültü koşulları, ses başlangıç N1 ve P2 genliklerini, ses başlangıç N1-P2 tepeden tepeye genliklerini ve ayrıca hem ses başlangıç hem de ses değişim cevap alanı amplitüdlarını sessiz koşullara kıyasla önemli ölçüde azaltmıştır. Ayrıca, 2K *babble* koşulu için tüm amplitüd ve alan ölçümleri, konuşma sesi ile şekillendirilmiş gürültü ile karşılaştırıldığında önemli ölçüde düşük olarak elde edilmiştir. Bununla birlikte, iki farklı *babble* koşulu arasında ses başlangıç veya ses değişim cevapları için tepe amplitüd veya cevap alanı amplitüdlarında önemli farklılıklar gözlemlenmemiştir. Sessiz koşul ile karşılaştırıldığında, gürültü koşullarında ses başlangıç cevapları için ortalama latanslar gecikmiştir. Bununla birlikte, tepe amplitüdları ve alan amplitüdları sonuçlarının aksine, konuşma sesi ile şekillendirilmiş gürültü ve *babble* koşulları arasındaki latans farklılıkları istatistiksel olarak anlamlı olmamıştır. Bu sonuçlar, arka plan gürültüsü maskelemenin genellikle amplitüdları azalttığı, latansları artırmasına ek olarak, maskeleme türünün önemli bir

etkiye sahip olduğu fikrini desteklemektedir. *Babble* maskeleyicilerinin (sekiz konuşmacı ve iki konuşmacı), konuşma sesi ile şekillendirilmiş sürekli maskelere kıyasla ses başlangıç ve ses değişim cevapları üzerinde daha büyük bir etkisi olmuştur. Ancak *babble* gürültüsü içerisindeki konuşmacı sayısının artışı cevap amplitüd ve latansları üzerinde değişikliğe sebep olmamıştır. Araştırmacılar ayrıca ses başlangıç ve ses değişim cevaplarının gürültüden farklı etkilendiklerini de gözlemlemiştir. Gürültü koşullarında ses başlangıç cevapları net olarak gözlenirken, ses değişim cevaplarının morfolojisi oldukça bozulmuş olarak elde edilmiştir (3).

Bizim yapmış olduğumuz çalışmada ise üç farklı ortam koşulunda (+10 dB SGO konuşma sesi ile şekillendirilmiş gürültü, +10 dB SGO Beyaz Gürültü ve sessiz ortam) /ui/ ve /iu/ uyarınları kullanılarak kortikal yanıtlar kaydedilmiştir. Önceki çalışmalara benzer olarak hem ses başlangıç hem de ses değişim cevapları gürültüde sessiz ortama göre farklı özelliklerde elde edilmiştir. Örneğin /ui/ uyarını ile elde edilen ses başlangıç N1 amplitüdüleri +10 SGO beyaz gürültüden etkilenirken; ADK N1 amplitüdüleri ise +10 SGO konuşma sesi ile şekillendirilmiş gürültüden etkilenmiştir. Bu sonuç ses değişim ve ses başlangıç cevaplarının farklı gürültülerden etkilendiğini göstermektedir. /ui/ uyarınıdaki fonem geçişlerinin kortikal gösterimleri ancak spektral içeriği konuşma seslerine benzer olan konuşma sesi ile şekillendirilmiş gürültüde maskelenirken, /u/ sesinin kortikal gösterimleri ise nispeten daha düz bir spektral şekle sahip olan beyaz gürültüden etkilenmiştir. Fakat sonuç olarak sessiz ortamda kaydedilen hem ses başlangıç hem de ADK N1 yanıtlarının amplitüd değerlerinin gürültülü ortama göre daha büyük olduğu gözlemlenmiştir. N1 latanslarının gürültüden etkilenmeleri konusunda ise ADK N1 latans değerleri gürültüden etkilenmezken, ses başlangıç N1 yanıtları hem konuşma sesi ile şekillendirilmiş gürültüden hem de beyaz gürültüden etkilenmiş, N1 latansları gürültüde daha yüksek olarak elde edilmiştir. Bunun yanı sıra ses başlangıç N1 latansları gürültü tiplerinden de farklı etkilenmiş, N1 amplitüdlerinin beyaz gürültüden etkilenmesinin tersi olarak N1 latansları +10 dB SGO konuşma sesi ile şekillendirilmiş gürültüde +10 dB SGO beyaz gürültüye göre daha yüksek olarak elde edilmiştir. Sonuç olarak /ui/ ile oluşan ses başlangıç cevaplarının hem latansları hem amplitüdüleri gürültüden etkilenirken ADK cevaplarının yalnızca amplitüdüleri etkilenmiştir. Bu

durum işitme sisteminde gürültü içerisindeki seslerin işlenmesinde yardımcı olabilecek kortikal ve subkortikal süreçler fikrini desteklemektedir (1).

Çalışmamızda ayrıca farklı formant değişikliklerinin gürültüden etkilenimlerini incelemek için kullandığımız /iu/ uyararı ile elde edilen ADK N1 ve ses başlangıç N1 yanıtlarının amplitüd değerleri ise hiçbir gürültü tipinden etkilenmemiştir. /iu/ ses başlangıç N1 amplitüdlерinin gürültüden etkilenmemesi /ui/ için gözlenen gürültü etkisi ile uyumsuz bir bulgudur. Bu bulgu gürültünün etkisinin potansiyelleri oluşturan seslere göre değişiklik gösterdiğini düşündürmektedir. Yüksek frekans içerikli /i/ sesi gürültü içerisinde kolaylıkla fark edilebilir olmuş ve bu sayede güçlü ses başlangıç cevaplarını oluşturmuş olabilir. /iu/ ses değişimleri de /ui/ uyararında olduğu gibi işitme sisteminde yardımcı olabilecek kortikal ve subkortikal süreçlerin yardımıyla gürültü içerisinde fark edilebilir olmuş olabilir. Latans değerleri ise /ui/ uyararı ile kaydedilen değerlerle benzerlik göstererek; ADK N1 yanıtlarında etkilenmezken, ses başlangıç yanıtlarında etkilenmiştir. Hem +10 SGO konuşma sesi ile şekillendirilmiş gürültü koşulunda kaydedilen hem de +10 SGO beyaz gürültü koşulunda kaydedilen ses başlangıç N1 latansları sessiz ortam koşuluna kıyasla daha büyük olarak elde edilmiştir. Sonuç olarak /iu/ uyararı için yalnızca ses başlangıç N1 latansları gürültüden etkilenmiş olup, ses başlangıç N1 amplitüdleri ve ADK N1 latansları ve amplitüdleri gürültüden etkilenmemiştir.

/ui/ ses başlangıç N1 latansları konuşma sesi ile şekillendirilmiş gürültüden daha fazla etkilenirken /iu/ N1 latansları +10 dB SGO beyaz gürültü koşuluyla +10 dB SGO konuşma sesi ile şekillendirilmiş gürültü koşulu arasında anlamlı farklılık göstermemiştir. Bir kortikal cevap üzerinde farklı gürültü tiplerinin anlamlı etkisi yalnızca /ui/ uyararı için ses başlangıç N1 latanslarında gözlenmiş olup, N1 latansları konuşma sesi ile şekillendirilmiş gürültüde beyaz gürültüye göre daha büyük olarak elde edilmiştir. Konuşma sesi ile şekillendirilmiş gürültünün beyaz gürültüye göre bir başka farkı /ui/ ile oluşan ADK N1 amplitüdlерinde de gözlenmiş olup, ADK N1 amplitüdleri sessiz koşula göre yalnızca konuşma sesi ile şekillendirilmiş gürültüde azalma göstermiştir. Konuşma sesi ile şekillendirilmiş gürültü beyaz gürültü ile karşılaştırıldığında bu parametreler üzerindeki etkisi, spektral içeriğinin konuşma seslerine benzemesi, bu bakımdan daha etkili bir gürültü olmasından kaynaklı olabileceği düşünülebilir. Elde ettiğimiz farklı gürültü tiplerinin kortikal cevaplar

üzerindeki farklı derecelerde etkisi daha önce Niemzcak ve Werff (2019) tarafından yapılan çalışmaya benzerdir. Niemzcak ve Werff (2019) *babble* gürültüsünün SSN gürültüsüne göre amplitüdlere daha yüksek derecede azalmaya sebep olduğunu gözlemlemiştir. Bizim çalışmamızda kullanılan gürültülerin arasındaki tek fark spektral içerik olmasına rağmen /ui/ uyarını için SSN beyaz gürültüye göre daha etkili bir gürültü olmuştur (3).

Çalışmamıza benzer daha önce yapılmış bir çalışmada Yaralı (2020) gürültünün akustik değişim N1 cevabı ve ses başlangıç N1 cevabı üzerindeki etkisini karşılaştırmıştır. Sonuçlar +10 dB SGO koşulunda akustik değişim N1-P2 tepeden tepeye amplitüdlерinin azaldığını ve N1 latanslarının sessiz duruma göre uzadığını göstermiştir. Buna karşın, +10 dB SGO koşulunda ses başlangıç N1 latanslarında ve N1-P2 tepeden tepeye amplitüdlерinde önemli bir değişiklik olmamıştır. 0 dB SGO koşulunda ise ses başlangıç N1-P2 tepeden tepeye amplitüdlер önemli ölçüde daha düşük, N1 latansları sessiz ve 10 dB SGO koşullarına kıyasla önemli ölçüde daha yüksek bulunmuştur. 0 dB SGO koşulunda ses değişim cevapları gözlenmemiştir. Ses başlangıç ve ses değişim cevapları da her durumda birbiriyle de karşılaştırılmıştır. Ses başlangıç ve ses değişim cevaplarının N1 latansları ve N1-P2 tepeden tepeye amplitüdleri sessiz durumda önemli ölçüde farklı bulunmamıştır. +10 dB SGO'da ise, akustik değişim N1 latansları ses başlangıç N1 latanslarında daha uzun ve N1-P2 amplitüdleri ses başlangıç N1-P2 amplitüdlерinden daha düşük elde edilmiştir. Özetlemek gerekirse, 10 dB SGO'da beyaz gürültünün sunulması, akustik değişikliğin oluşturduğu N1-P2 tepeden tepeye amplitüdlерinin azalmasına ve sessiz ortama kıyasla N1 latanslarının uzamasına neden olmuştur. Ses başlangıç N1 cevabı üzerindeki aynı etki yalnızca, akustik değişim N1'in gözlenmediği 0 dB SGO'da gözlemlenmiştir. Sessiz durumda, başlangıçların ve değişikliklerin latansları ve amplitüdleri farklı bulunmamıştır. 10 dB SGO'da akustik değişim N1 latansları daha uzun, amplitüdleri başlangıçtaki N1'den daha düşük elde edilmiştir. Sonuç olarak; gürültünün etkisinin, ses başlangıç N1'e kıyasla akustik değişim N1 yanıtı üzerinde daha yüksek olduğu bulunmuştur.

Bizim yaptığımız çalışmada ise iki farklı uyarın (/ui/ ve /iu/) üç farklı dinleme koşulunda (+10 SGO konuşma sesi ile şekillendirilmiş gürültü, +10 SGO beyaz gürültü ve sessiz ortam) normal işiten 20 yetişkine sunulmuştur. Çalışmamızla

karşılaştırıldığında Yaralı (2020)'nin ses değişim cevaplarının gürültüden ses başlangıç cevaplarına göre daha fazla etkilenmesi bulgusu her iki uyaran (/ui/ ve /iu/) için de benzer sonuçları göstermemektedir. Hatta /ui/ ile oluşan ses başlangıç cevaplarının hem latansları hem de amplitüdüleri gürültüden etkilenirken, ADK cevaplarının yalnızca amplitüdüleri gürültüden etkilenmiştir. /iu/ uyarani için ise benzer olarak ADK cevaplarının latans ve amplitüdüleri etkilenmezken yalnızca ses başlangıç cevaplarının latansları gürültüden etkilenmiştir. Bu karşıt bulgular gürültünün ses başlangıç ve ses değişim cevapları üzerindeki farklı etkisinin her durumda aynı yönde (ses değişim cevaplarının ses başlangıçlarından daha fazla etkilenmesi) olmadığını göstermektedir. Ayrıca Yaralı (2020)'nin çalışmasında ses değişim cevaplarının gürültüden daha fazla etkilenmesi çıkarımını en çok destekleyen bulgu 0 dB SGO koşulunda ses değişim cevaplarının elde edilmemesi ve ses başlangıç cevaplarının yalnızca bu SGO koşulunda etkilenmesidir. Aslında çalışmamızda 0 dB SGO koşulu olmamıştır, 0 dB koşulu olması durumunda ses değişim cevaplarının elde edilmemesinin gözlenebileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Bütün koşullarda ADK N1 latansları ses başlangıç N1 latanslarına göre uzun, amplitüdüleri de daha düşük olarak elde edilmesine rağmen ADK cevapları ses başlangıç cevaplarına göre gürültüden korunmuştur. Bu durum ses değişimlerinin gürültü içerisinde işlenmesine destek olabilecek işitsel süreçlerle ilişkili olabilir.

Çalışmamızın bir başka amacı ise farklı formant geçişleri ile oluşan cevapların gürültüden benzer şekilde etkilenip etkilenmeyeceğiydi. Beklentimiz uyaran fark etmeksizin ses değişim cevaplarının gürültüden daha fazla etkilenmeyeceğiydi. Fakat bulgular /ui/ ses başlangıç N1 amplitüd ve latanslarının gürültüden etkilenirken /iu/ için yalnızca ses başlangıç N1 latanslarının etkilendiğini, ADK N1 amplitüdülerinin ise yalnızca /ui/ uyarani için gürültüden etkilendiğini göstermiştir. /iu/ uyarani ile oluşan ADK N1 latans ve amplitüdüleri ise gürültüden etkilenmemiştir. Bu bulgular hem ses başlangıç hem de ses değişim cevaplarının gürültüden etkilenimlerinin kullanılan uyarana göre değişiklik gösterdiğini ve gürültünün etkisi tek yönlü olmadığını göstermektedir.

Çalışmamızda farklı uyaran tipleri ile oluşan cevaplar aynı koşulda birbirleri ile karşılaştırıldığında ses başlangıç cevapları her iki uyaran için de benzer amplitüd ve latans değerleri göstermiş, yalnızca sessiz koşulda ses başlangıç N1 latansları /ui/

uyaranı için daha yüksek elde edilmiştir. Alçak frekanslı sesler ile oluşan N1m cevap latanslarının alçak frekanslara göre daha geç olduğu belirtilmiştir (81). Bu, alçak frekanslı /u/ ile oluşan N1 cevap latansının yüksek frekanslı /i/ ye göre daha geç olmasını açıklayabilir. ADK cevapları ise ses başlangıç cevaplarında gözlenenin tersi olarak her iki uyaran için de farklı koşullarda farklı olarak elde edilmiştir. Yalnızca +10 dB SGO beyaz gürültüde ve +10 dB SGO SSN gürültüsünde ADK N1 latansları /ui/ ve /iu/ için benzer değerlerde olmuştur. Aslında sessiz ortamda /iu/ N1 latansları /ui/’ye göre daha yüksek elde edilirken +10 dB SGO gürültü koşullarında bu iki değer fark göstermemesi /ui/ ADK N1 latanslarının gürültüde uzadığını düşündürebilir. Ses başlangıç cevapları farklı koşullarda /ui/ ve /iu/ uyaranı için benzer bulunurken, ADK cevaplarının kullanılan uyarana ve koşula göre farklı amplitüd ve latans değerleri göstermesi ses değişimlerinin kortikal düzeyde işlenmesinin ses başlangıçlarına göre daha karmaşık süreçlere sahip olabileceğini düşündürebilir.

Gürültünün etkisi /ui/ ve /iu/ uyaranları ile oluşan N1 cevapları üzerinde farklı olmuştur. Örneğin /ui/ ses başlangıç N1 amplitüdü gürültüden etkilenirken, /iu/ cevapları etkilenmemiştir. Fakat hem /ui/ hem de /iu/ için ses başlangıç N1 latansları gürültüden benzer şekilde etkilenmiştir. Bu bulgu, latans değerlendirmelerinin gürültüde kortikal potansiyelleri incelerken daha hassas bir değerlendirme sağlayabileceğini düşündürebilir. ADK N1 cevapları ise amplitüdü konusunda ses başlangıç N1 cevaplarına göre farklı bir patern göstermiştir. /ui/ ADK N1 amplitüdü gürültüden etkilenirken /iu/ ADK N1 amplitüdü gürültüden etkilenmemiştir. Nitekim /iu/ ADK latansları da gürültüden etkilenmemiştir. Bu bulgular yüksek frekanstan (/i/) alçak frekansa (/u/) değişim gösteren F2 formant değişikliğinin gürültü içerisinde kortikal düzeyde fark edilebilirliğinin tersi geçişe göre (/ui/) daha yüksek olduğunu göstermektedir. Bu bulgu arka plan gürültüsünde işitmeyi destekleyebilecek olası kortikal ve subkortikal süreçlerin farklı uyaranlar için farklı olabileceğini düşündürebilir. Gürültünün etkisi ayrıca bir sesin başlangıçta veya ikinci ses olması durumuna göre de farklı etkiler göstermiştir. Örneğin /u/ sesine geçiş cevapları gürültüden korunurken, ilginç bir şekilde /u/ sesi ile oluşan ses başlangıç cevaplarının hem amplitüdü hem de latansları gürültüden etkilenmiştir. Bu uyumsuzluğa benzer olarak /i/ sesi ile oluşan ses başlangıç N1 amplitüdü gürültüden etkilenmezken, /ui/ geçişi ile oluşan ADK amplitüdü gürültüden etkilenmiştir. Bu bulgular ünlü-ünlü ses

gruplarında ses başlangıç ve ses değişim cevaplarının gürültüden etkilenimlerinin her zaman tek yönlü olmadığını, farklı sesler ve farklı sesler arası geçişlerin gürültüden etkilenimlerinin farklı olduğunu göstermektedir. İlerideki çalışmalarda farklı sesler arası geçişler kullanılarak gürültünün KIUP'lar üzerindeki etkisi incelenebilir.

Önceki çalışmalarda da kullanılan uyaranlara bağlı olarak ses başlangıç ve ADK cevaplarının gürültüden farklı derecelerde etkilendiği bulunmuştur. Örneğin Billings ve diğ. (2017)'nin yaptığı çalışmada, / s /, / a / ve / sa / konuşma sinyallerine yanıt olarak KIUP'ler sessiz ortamda ve farklı SGO'larda gürültüde kaydedilmiştir. Araştırma bulguları SGO azaldıkça /sa/ içindeki /s/'nin KIUP amplitüdlerinin azaldığını, en düşük SGO'da cevap elde edilmediğini fakat /a/'nın amplitüdlerinin aynı kaldığını göstermiştir. Bu bakımdan ünsüz-ünlü hece /sa/ için gürültü ses başlangıç cevaplarını ses değişim cevaplarına göre daha fazla etkilemiştir (2).

Benzer bir çalışmada Ganapathy ve Manjula (2016), sessiz ortam ve arka plan gürültüsü varlığında /sa/ uyarını ile oluşan kortikal cevaplar incelenmiştir. Gürültü seviyelerindeki artışın özellikle ünsüz / s / ile oluşan ses başlangıç cevaplarının morfolojisini etkilediği gözlenmiştir. Nitekim +5 dB SGO ve 0 dB SGO'ların her ikisinde de hem ses başlangıç hem de ADK cevapları elde edilirken, -5 dB SGO'da yalnızca ADK cevapları elde edilmiş, bu SGO'da cevap özelliklerinin 0 dB SGO'da elde edilenlerden farklı olmadığı gözlemlenmiştir. Bu çalışma da ünsüz-ünlü /sa/ hecesi için oluşan ses başlangıç cevaplarının ses değişim cevaplarına göre gürültüden daha fazla etkilendiğini göstermektedir (1).

Ünlü-ünlü ses grupları ile uyarılan ses başlangıç ve ses değişim cevaplarının gürültüden etkilenimleri ise ünsüz-ünlü hecelerle oluşan cevapların etkileniminden farklıdır. Örneğin Niemzack ve Werff (2019) /ui/ uyarınındaki ünlü başlangıcına ve /u-/i/ geçişindeki formant değişikliğine cevap olan kortikal yanıtları farklı dinleme koşullarında (sessiz ortam, konuşma sesi ile şekillendirilmiş gürültü, sekiz-konuşmacılı *babble* (8K) ve iki-konuşmacılı (2K) *babble* gürültü) katılımcılara sunmuştur. Sonuçlar sessiz ortam ve tüm gürültü koşullarında ses başlangıç cevaplarının net olarak gözlendiğini, fakat ses değişim cevaplarının gürültüde morfolojisinin oldukça bozulmuş olduğunu göstermiştir (3).

Benzer bir çalışma olan Yaralı (2020)'nin çalışmasında bir ünlü-ünlü ses uyararı (/ ui /) üç farklı dinleme koşulunda (sessiz ortam, +10 dB SGO ve 0 dB SGO) sunulmuştur. +10 dB SGO beyaz gürültü ADK N1-P2 tepeden tepeye amplitüdlerinin azaltıp, N1 latanslarını uzatırken ses başlangıç amplitüd ve latanslarında değişikliğe sebep olmamıştır. Fakat 0 dB SGO'da ses başlangıç amplitüplerinde önemli derecede azalma ve latanslarında uzama gözlenmiş olup, bu SGO'da ADK N1 cevapları elde edilememiştir. Her iki çalışmanın ortak noktası ADK cevaplarının gürültüden daha fazla etkilendiğidir (4).

Bizim çalışmamızda ise /ui/ uyararı için ses başlangıç cevaplarının hem amplitüpleri hem de latansları etkilenirken, ADK cevaplarının yalnızca amplitüpleri etkilenmiştir. /iu/ uyararı için ise ADK cevaplarının hem amplitüpleri hem de latansları gürültüden etkilenmezken, yalnızca ses başlangıç cevaplarının latansları etkilenmiştir. Çalışmamız önceki çalışmaların tersi olarak elde edilen bu bulgular ünlü-ünlü sesler ile uyarılan ADK cevaplarının gürültüden daha az etkilendiğini göstermiştir. Bu durum gürültünün ünlü-ünlü ses geçişleri üzerindeki etkisinin her zaman aynı yönde olmaması ile ilişkili olabilir. Ayrıca beklenen tersine /ui/ ve /iu/ uyararı için gürültünün etkisi tek yönlü olmamıştır; örneğin /ui/ uyararı için ses başlangıç cevaplarının amplitüd ve latansları, ADK cevaplarının ise amplitüpleri gürültüden etkilenirken /iu/ uyararı için yalnızca ses başlangıç latansları gürültüden etkilenmiştir. Yani her durumda ses başlangıç veya ADK cevaplarının hem latanslarının hem de amplitüplerinin gürültüden daha fazla etkilenmesi gibi bir sonuç gözlenmemiştir. Bu da gürültünün farklı formant geçişlerinin ve farklı spektral içeriğe sahip seslerin kortikal gösterimleri üzerinde farklı etkilere sahip olduğunu göstermektedir.

Daha önce belirtildiği üzere ADK aslında ses başlangıç cevapları ile aynı morfolojiye sahip olsa da bu kortikal cevapların farklı süreçlerle ilişkili olup olmadığı netlik kazanmamıştır (82). Nitekim bulgularımız bu iki cevabın farklı işitsel süreçleri içerdiğini düşündürmektedir. Çünkü gürültünün etkisi /ui/ ve /iu/ ses başlangıç ve ses değişim cevapları için farklı yönlerde olmuştur, eğer bu cevaplar benzer süreçlerle ilişkili olsaydı gürültünün etkisinin benzer olması beklenirdi. Ayrıca gürültü etkisi kullanılan uyararı göre de değişiklik göstermiş, /ui/ ses başlangıç cevaplarının hem amplitüd hem de latansları, ADK cevaplarının ise amplitüpleri gürültüden etkilenirken

/iu/ için yalnızca ses başlangıç cevapları gürültüden etkilenmiştir. Bunu yanı sıra her iki uyaran için her koşulda ADK cevapları için 480 ms'lik bir düzeltme faktörü kullanılmasına rağmen bu cevapların latanslarının daha uzun, amplitüdlerinin ise daha küçük olarak elde edilmesi ses başlangıç ve ADK cevaplarının farklı işitsel süreçleri içerdiği fikrini desteklemektedir.

Çalışmamızı önceki çalışma bulgularıyla karşılaştırırken göz önünde bulundurulması gereken bir nokta uyarıların sunum şeklidir. Önceki çalışmalar sıklıkla kulaklık kullanarak uyarıların sunarken bizim çalışmamızda uyarılar günlük dinleme ortamını daha iyi yansıtabileceği göz önünde bulundurularak hoparlörle sunulmuştur. Bu sebeple önceki çalışmalarla bulgularımız karşılaştırılırken bu durum göz önünde bulundurulmalıdır. Bu durum aynı zamanda bir limitasyon olarak da ele alınabilir.

Bu noktada önerimiz ileriki çalışmalarda farklı ünlü-ünlü seslerle uyarılan ses başlangıç ve ses değişim cevaplarının farklı gürültü türlerinden (örneğin bilgisel maskeleye) etkilenimlerinin incelenmesidir. Ayrıca daha zor dinleme koşulları oluşturularak gürültünün bu cevaplar üzerindeki kademeli etkisini incelenebilir. Bunun yanı sıra gürültüde konuşmayı anlama problemi olan bireylerde gürültüde sunulan farklı formant geçişlerine sahip uyarılarla kortikal cevaplar kaydedilip, gürültünün bu cevaplar üzerindeki etkileri incelenerek ünlü seslerin bu bireylerde kortikal gösterimlerinin gürültüden nasıl etkilendiği incelenebilir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

1. /ui/ uyararı ile uyarılan ses başlangıç N1 amplitüdüleri sessiz ortama kıyasla sadece +10 dB SGO Beyaz gürültüden etkilenmiştir. +10 dB SGO SSN ve +10 dB SGO Beyaz gürültü varlığında elde edilen cevaplar arasında ise bir fark gözlemlenmemiştir.
2. /ui/ uyararı ile uyarılan ses başlangıç N1 latansları sessiz koşula göre her iki gürültü varlığında da daha geç elde edilmiştir. İki gürültü koşulu kıyaslandığında ses başlangıç N1 latansları +10 dB SGO SSN varlığında daha uzun elde edilmiştir.
3. /ui/ uyararı ile oluşturulan ADK N1 amplitüdülerinin +10 dB SGO SSN varlığında azaldığı gözlemlenmiştir. +10 dB SGO SSN'in ADK N1 amplitüdülerini etkileyen tek gürültü tipi olduğu bulunmuştur.
4. Yukarıdaki 2. ve 3. maddede sunulan bulgular göz önüne alındığında +10 dB SGO SSN'in beyaz gürültüye göre daha etkili bir maskeleyici olabileceği düşünülebilir.
5. /iu/ uyararı ile uyarılan ADK N1 cevaplarının amplitüd ve latansları ve ses başlangıç N1 amplitüdüleri gürültüden etkilenmemiştir.
6. /iu/ uyararı ile uyarılan kortikal cevaplarda yalnızca ses başlangıç N1 cevapları sessiz ortama kıyasla gürültü varlığından etkilenmiştir. Sessiz ortamda elde edilen latansların daha erken oluştuğu bulunmuştur. +10 dB SGO SSN varlığında ve +10 dB SGO beyaz gürültü varlığında kaydedilen ses başlangıç N1 latansları arasında ise herhangi bir fark gözlemlenmemiştir.
7. 6. maddede belirtildiği üzere /ui/ ses başlangıç cevaplarının SSN gürültüsünden daha fazla etkilenmesinin aksine /iu/ ses başlangıç N1 latanslarında +10 dB SGO SSN ve +10 dB SGO beyaz gürültü benzer etkiler göstermiştir. Bu bulgu farklı uyaranların farklı gürültüden etkilenimlerinin farklı olabileceğini göstermektedir.
8. /ui/ ve /iu/ uyaranları ile uyarılmış kortikal cevaplar karşılaştırıldığında ses başlangıç cevaplarının amplitüd ve latanslarından yalnızca sessiz koşulda - kaydedilen cevapların latanslarının /ui/ ve /iu/ için farklı olduğu görülürken

başka hiçbir fark gözlemlenmemiştir. Sessiz koşulda /ui/ N1 latansları /iu/ N1 latanslarından daha geç elde edilmiştir.

9. Bunun aksine ADK cevapları /ui/ ve /iu/ arasında karşılaştırıldığında yalnızca gürültü koşullarında /ui/ ve /iu/ N1 latansları benzer bulunmuş, diğer bütün koşullarda amplitüd ve latanslar farklı olarak elde edilmiştir.
10. 8. ve 9. maddede belirtildiği üzere farklı koşullarda ses başlangıç cevapları sıklıkla /ui/ ve /iu/ için benzer amplitüd ve latans değerlerinde elde edilirken ADK cevaplarının /ui/ ve /iu/ için sıklıkla farklı amplitüd ve latans değerlerinde elde edildiği gözlenmektedir. Bu bulgular ADK cevaplarının ses başlangıç cevaplarına göre daha karmaşık süreçleri içerdiğini düşündürülebilir.
11. Ses başlangıç ve ADK cevapları kıyaslandığında bütün dinleme koşullarında her iki uyaran ile uyarılmış ADK amplitüdü daha küçük, latansları ise daha uzun elde edilmiştir. Bu da bir uyarandaki akustik değişimin kortikal düzeyde fark edilmesini o uyarının başlangıcının fark edilmesinden daha karmaşık süreçleri içerdiğini düşündürmektedir.
12. Sonuç olarak gürültünün ses başlangıç ve ADK N1 cevapları üzerindeki etkisinin tek yönlü olmadığı düşünülebilir. Gürültünün etkisi ses başlangıç ve ses değişim cevaplarını oluşturan uyaranlara ve kullanılan gürültü tiplerine göre değişiklik göstermektedir.
13. İlerideki çalışmalarda gürültünün ses başlangıç ve ADK cevapları üzerindeki etkisi farklı gürültü tipleri (örneğin bilgisel maskeleme içerikli *babble* gürültüsü) ve farklı ünlü-ünlü geçişleri kullanılarak değerlendirilebilir.
14. Daha küçük formant farklılıkları içeren ünlü-ünlü uyaranlar kullanılarak gürültünün bu uyaranlarla uyarılan ADK cevapları üzerindeki etkisi karşılaştırılabilir.
15. Ayrıca daha zor dinleme koşulları oluşturarak gürültünün bu cevaplar üzerindeki kademeli etkisini incelenebilir. Bunun yanı sıra gürültüde konuşmayı anlama problemi olan bireylerde gürültüde sunulan farklı formant geçişlerine sahip uyaranlarla kortikal cevaplar kaydedilip, gürültünün bu cevaplar üzerindeki etkileri incelenerek ünlü seslerin bu bireylerde kortikal gösterimlerinin gürültüden nasıl etkilendiği incelenebilir.

7. KAYNAKLAR

1. Ganapathy M, Manjula P. Effect of noise on acoustic change complex. *Int J Health Sci Res.* 2016;6:356-70.
2. Billings CJ, Grush LD, Maamor N. Acoustic change complex in background noise: phoneme level and timing effects. *Physiol Rep.* 2017;5(20).
3. Niemczak CE, Vander Werff KR. Informational Masking Effects on Neural Encoding of Stimulus Onset and Acoustic Change. *Ear Hearing.* 2019;40(1):156-67.
4. 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.
5. Carterette EC, Friedman MP. *Handbook of Perception.* Vol. 101978.
6. Picton TW. *Human auditory evoked potentials: Plural Publishing;* 2010.
7. Lawrence J., Borden G., K. H. *Hearing: The Gateway to Speech Perception. Speech Science Primer: Physiology, Acoustics, and Perception of Speech.* 6th ed. London: Lippincott Williams & Wilkins; 2011. p. 187-97.
8. El-Bakry HM. Design of High Speed Neural Networks for Fast Pattern Detection by using Cross Correlation and Matrix Decomposition. *Artificial Neural Networks - Application.* 2011:269-300.
9. Holt LL, Lotto AJ. Speech perception as categorization. *Atten Percept Psychophys.* 2010;72(5):1218-27.
10. Nygaard LC, Pisoni DB. *Speech perception: New directions in research and theory.* 1995.
11. Lawrence J, Borden G, Harris K. *Speech Science Primer: Physiology, Acoustics, and Perception of Speech,* 6th edn, 334 pp. Lippincott Williams & Wilkins; 2011.
12. Johnson KL, Nicol TG, Kraus N. Brain stem response to speech: a biological marker of auditory processing. *Ear Hear.* 2005;26(5):424-34.
13. Lawrence J. Raphael GJB, Katherine S. Harris *The Acoustic Cues. Speech Science Primer Physiology, Acoustics, and Perception of Speech.* 6th Edition ed. London: Lippincott Williams & Wilkins; 2011 Chapter 10. p. 199-219.
14. Kuhl PK, Andruski JE, Chistovich IA, Chistovich LA, Kozhevnikova EV, Ryskina VL, et al. Cross-language analysis of phonetic units in language addressed to infants. *Science.* 1997;277(5326):684-6.
15. Cherry EC. Some Experiments on the Recognition of Speech, with One and with 2 Ears. *Journal of the Acoustical Society of America.* 1953;25(5):975-9.
16. Bregman AS. *Auditory scene analysis: The perceptual organization of sound: MIT press;* 1994.
17. Remez RE, Rubin PE, Berns SM, Pardo JS, Lang JM. On the perceptual organization of speech. *Psychol Rev.* 1994;101(1):129-56.
18. Picton T, Hillyard S. *Handbook of electroencephalography and clinical neurophysiology. The Neural Basics of Event-Related Potentials.* 1988;3:45-96.
19. Luck SJ, Kappenman ES. *The Oxford handbook of event-related potential components: Oxford university press;* 2011.
20. Hoffman DD, Richards WA. Parts of recognition. *Cognition.* 1984;18(1-3):65-96.
21. Han W. P1-N1-P2 complex and acoustic change complex elicited by speech sounds: current research and applications. *Audiology.* 2010;6(2):121-7.
22. Martin BA, Tremblay KL, Korczak P. *Speech Evoked Potentials: From the Laboratory to the Clinic (vol 28, pg 285, 2008). Ear Hearing.* 2008;29(6):979-.

23. Hyde M, Alberti P, Matsumoto N, Li YL. Auditory evoked potentials in audiometric assessment of compensation and medicolegal patients. *Ann Otol Rhinol Laryngol.* 1986;95(5 Pt 1):514-9.
24. Stapells D, Picton T, Durieux-Smith A. Electrophysiologic measures of frequency-specific auditory function. *Principles and applications in auditory evoked potentials.* 1994:251-83.
25. Osterhammel PA, Davis H, Wier CC, Hirsh SK. Adult auditory evoked vertex potentials in sleep. *Audiology.* 1973;12(2):116-28.
26. Kutas M, Hillyard SA. Event-related brain potentials to grammatical errors and semantic anomalies. *Mem Cognit.* 1983;11(5):539-50.
27. Geisler C, Frishkopf L, Rosenblith W. Extracranial responses to acoustic clicks in man. *Science.* 1958;128(3333):1210-1.
28. Ponton C, Eggermont JJ, Khosla D, Kwong B, Don M. Maturation of human central auditory system activity: separating auditory evoked potentials by dipole source modeling. *Clin Neurophysiol.* 2002;113(3):407-20.
29. Ponton CW, Don M, Eggermont JJ, Waring MD, Kwong B, Masuda A. Auditory system plasticity in children after long periods of complete deafness. *Neuroreport.* 1996;8(1):61-5.
30. 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.
31. Wunderlich JL, Cone-Wesson BK. Maturation of CAEP in infants and children: a review. *Hear Res.* 2006;212(1-2):212-23.
32. Steinschneider M, Dunn M. Electrophysiology in developmental neuropsychology. *Handbook of neuropsychology.* 2002;8(1):91-146.
33. Davis PA. Effects of acoustic stimuli on the waking human brain. *Journal of neurophysiology.* 1939;2(6):494-9.
34. Pratt H, Starr A, Michalewski HJ, Bleich N, Mittelman N. The N1 complex to gaps in noise: effects of preceding noise duration and intensity. *Clin Neurophysiol.* 2007;118(5):1078-87.
35. Hyde M. The N1 response and its applications. *Audiology and Neurotology.* 1997;2(5):281-307.
36. Woods DL. The component structure of the N 1 wave of the human auditory evoked potential. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology-Supplements Only.* 1995;44:102-9.
37. Näätänen R, Picton T. The N1 wave of the human electric and magnetic response to sound: a review and an analysis of the component structure. *Psychophysiology.* 1987;24(4):375-425.
38. Tonnquist-Uhlen I, Ponton CW, Eggermont JJ, Kwong B, Don M. Maturation of human central auditory system activity: the T-complex. *Clin Neurophysiol.* 2003;114(4):685-701.
39. Stapells DR. Cortical event-related potentials to auditory stimuli. *Handbook of clinical audiology.* 2002;5:378-406.
40. Tremblay KL, Piskosz M, Souza P. Aging alters the neural representation of speech cues. *Neuroreport.* 2002;13(15):1865-70.
41. Digeser FM, Wohlberedt T, Hoppe U. Contribution of spectrotemporal features on auditory event-related potentials elicited by consonant-vowel syllables. *Ear Hear.* 2009;30(6):704-12.
42. Ceponiene R, Rinne T, Naatanen R. Maturation of cortical sound processing as indexed by event-related potentials. *Clin Neurophysiol.* 2002;113(6):870-82.
43. Lister JJ, Maxfield ND, Pitt GJ. Cortical evoked response to gaps in noise: within-channel and across-channel conditions. *Ear Hear.* 2007;28(6):862-78.

44. Tremblay K, Kraus N, McGee T, Ponton C, Otis B. Central auditory plasticity: changes in the N1-P2 complex after speech-sound training. *Ear Hear.* 2001;22(2):79-90.
45. Kim JR. Acoustic Change Complex: Clinical Implications. *J Audiol Otol.* 2015;19(3):120-4.
46. Martin BA, Boothroyd A. Cortical, auditory, event-related potentials in response to periodic and aperiodic stimuli with the same spectral envelope. *Ear Hear.* 1999;20(1):33-44.
47. Martin BA, Boothroyd A. Cortical, auditory, evoked potentials in response to changes of spectrum and amplitude. *J Acoust Soc Am.* 2000;107(4):2155-61.
48. Ostroff JM, Martin BA, Boothroyd A. Cortical evoked response to acoustic change within a syllable. *Ear Hear.* 1998;19(4):290-7.
49. 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.
50. Ganapathy MK, Narne VK, Kalaiyah MK, Manjula P. Effect of pre-transition stimulus duration on acoustic change complex. *Int J Audiol.* 2013;52(5):350-9.
51. Friesen LM, Tremblay KL. Acoustic change complexes recorded in adult cochlear implant listeners. *Ear Hear.* 2006;27(6):678-85.
52. Chen KH, Small SA. Elicitation of the Acoustic Change Complex to Long-Duration Speech Stimuli in Four-Month-Old Infants. *Int J Otolaryngol.* 2015;2015:562030.
53. Picton TW. The P300 wave of the human event-related potential. *J Clin Neurophysiol.* 1992;9(4):456-79.
54. Polich J. P300 from a passive auditory paradigm. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol.* 1989;74(4):312-20.
55. Apeksha K, Kumar AU. Speech Perception in Quiet and in Noise Condition in Individuals with Auditory Neuropathy Spectrum Disorder. *J Int Adv Otol.* 2017;13(1):83-7.
56. Beynon AJ, Snik AF, Stegeman DF, van den Broek P. Discrimination of speech sound contrasts determined with behavioral tests and event-related potentials in cochlear implant recipients. *J Am Acad Audiol.* 2005;16(1):42-53.
57. Groenen PA, Beynon AJ, Snik AF, van den Broek P. Speech-evoked cortical potentials and speech recognition in cochlear implant users. *Scand Audiol.* 2001;30(1):31-40.
58. Fishman YI. The mechanisms and meaning of the mismatch negativity. *Brain Topogr.* 2014;27(4):500-26.
59. Picton TW. *Human Auditory Evoked Potentials: Plural Pub.*; 2011.
60. Pakarinen S, Takegata R, Rinne T, Huotilainen M, Naatanen R. Measurement of extensive auditory discrimination profiles using the mismatch negativity (MMN) of the auditory event-related potential (ERP). *Clin Neurophysiol.* 2007;118(1):177-85.
61. Lonka E, Relander-Syrjanen K, Johansson R, Naatanen R, Alho K, Kujala T. The mismatch negativity (MMN) brain response to sound frequency changes in adult cochlear implant recipients: a follow-up study. *Acta Otolaryngol.* 2013;133(8):853-7.
62. Rahne T, Plontke SK, Wagner L. Mismatch negativity (MMN) objectively reflects timbre discrimination thresholds in normal-hearing listeners and cochlear implant users. *Brain Res.* 2014;1586:143-51.
63. Billings CJ, Tremblay KL, Stecker GC, Tolin WM. Human evoked cortical activity to signal-to-noise ratio and absolute signal level. *Hear Res.* 2009;254(1-2):15-24.
64. Shtyrov Y, Kujala T, Ilmoniemi RJ, Naatanen R. Noise affects speech-signal processing differently in the cerebral hemispheres. *Neuroreport.* 1999;10(10):2189-92.
65. Ilvonen T, Kujala T, Kozou H, Kiesilainen A, Salonen O, Alku P, et al. The processing of speech and non-speech sounds in aphasic patients as reflected by the mismatch negativity (MMN). *Neurosci Lett.* 2004;366(3):235-40.
66. Salisbury DF, Desantis MA, Shenton ME, McCarley RW. The effect of background noise on P300 to suprathreshold stimuli. *Psychophysiology.* 2002;39(1):111-5.

67. Wilbur J, Muller G. Audiologists' Desk Reference: Diagnostic audiology Principles, Procedures, and Practices [Internet]. San Diego, London; 1996 Sep.[citado 2016 May 19].
68. Martin BA, Boothroyd A. Cortical, auditory, evoked potentials in response to changes of spectrum and amplitude. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2000;107(4):2155-61.
69. Boersma P, Weenink D. Praat: doing phonetics by computer [Computer program]. Version 6.0. 37. URL <http://www.praat.org/> Retrieved March. 2018;14:2018.
70. Mathworks I. MATLAB: R2014a. Mathworks Inc, Natick. 2014.
71. 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.
72. Lopez-Calderon J, Luck SJ. ERPLAB: an open-source toolbox for the analysis of event-related potentials. *Frontiers in human neuroscience*. 2014;8:213.
73. George D, Mallery P. Descriptive statistics. IBM SPSS statistics 23 step by step: Routledge; 2016. p. 126-34.
74. Kochkin S. MarkeTrak V: "Why my hearing aids are in the drawer" The consumers' perspective. *The Hearing Journal*. 2000;53(2):34-6.
75. Phatak SA, Brungart DS, Zion DJ, Grant KW. Clinical Assessment of Functional Hearing Deficits: Speech-in-Noise Performance. *Ear Hear*. 2019;40(2):426-36.
76. Anderson S, Chandrasekaran B, Yi HG, Kraus N. Cortical-evoked potentials reflect speech-in-noise perception in children. *Eur J Neurosci*. 2010;32(8):1407-13.
77. Billings CJ, Bennett KO, Molis MR, Leek MR. Cortical encoding of signals in noise: effects of stimulus type and recording paradigm. *Ear Hear*. 2011;32(1):53-60.
78. Whiting KA, Martin BA, Stapells DR. The effects of broadband noise masking on cortical event-related potentials to speech sounds/ba/and/da. *Ear Hearing*. 1998;19(3):218-31.
79. Papesh MA, Billings CJ, Baltzell LS. Background noise can enhance cortical auditory evoked potentials under certain conditions. *Clin Neurophysiol*. 2015;126(7):1319-30.
80. Billings CJ, McMillan GP, Penman TM, Gille SM. Predicting perception in noise using cortical auditory evoked potentials. *Journal of the Association for Research in Otolaryngology*. 2013;14(6):891-903.
81. Jacobson GP, Lombardi DM, Gibbens ND, Ahmad B, Newman CW. The effects of stimulus frequency and recording site on the amplitude and latency of multichannel cortical auditory evoked potential (CAEP) component N1. *Ear Hearing*. 1992;13(5):300-6.
82. Martin BA, Tremblay KL, Korczak P. Speech evoked potentials: from the laboratory to the clinic. *Ear Hear*. 2008;29(3):285-313.