T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ-CERRAHPAŞA
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS
TEZİ

DİKKATİN PERİFERİK İŞİTME SİSTEMİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

ŞEBNEM DÜNDAR

DANIŞMAN
DOÇ. DR. ZAHRA POLAT

ODYOLOJİ ANABİLİM DALI
ODYOLOJİ, DİL VE KONUŞMA BOZUKLUKLARI
PROGRAMI

İSTANBUL-2019

Bu çalışma 25.06.2019 Tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Odyoloji Anabilim Dalı, Odyoloji, Dil ve Konuşma Bozuklukları Tezli Yüksek Lisans Programı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

TEZ JÜRİSİ

Doç. Dr. Zahra POLAT
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Sağlık Bilimleri Fakültesi

Prof. Dr. Ahmet ATAŞ
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Tıp Fakültesi

Doç. Dr. Sezer KÜLEKÇİ
İstanbul Aydın Üniversitesi
Sağlık Bilimleri Fakültesi

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığı beyan ederim.

Şebnem DÜNDAR



İTHAF

Hayatım boyunca beni koşulsuz bir şekilde seven ve destekleyen anneme ve babama, biricik kardeşim Fırat'a, bana öğrenmeyi sevdirerek entelektüel hayatımın temellerini atan ve anılarıyla çocukluğumu özleten Soner dayıma, dostum Büşra Belkıs'a ve Ozan'a ithaf ediyorum.

TEŞEKKÜR

İstanbul Cerrahpaşa Üniversitesi Odyoloji Bölümünde ve Marmara Üniversitesi Odyoloji Bölümünde geçirdiğim yüksek eğitim ve çalışma hayatım boyunca fikirlerime değer veren, çabalarımı destekleyen, bana anlayış gösteren ve beni geleceğe dair umutlandıran; hocalarım, büyüklerim ve çalışma arkadaşlarıma sonsuz teşekkür ediyorum.

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAYI ..... İİ
BEYAN ..... İİİ
İTHAF ..... İV
TEŞEKKÜR V
İÇİNDEKİLER ..... Vİ
TABLOLAR LİSTESİ ..... İX
ŞEKİLLER LİSTESİ X
SEMBOLLER / KISALTMALAR LİSTESİ ..... Xİ
ÖZET ..... XİV
ABSTRACT XV
1. GİRİŞ VE AMAÇ 1
2. GENEL BİLGİLER 3
2.1. Efferent İşitme Sistemi 3
2.1.1. Olivokoklear Sistem ve Koklea 6
2.1.1.1. Olivokoklear Sistem Anatomisi 7
2.1.1.2. Olivokoklear Sistemin Fizyolojisi 9
2.1.2. Medial Olivokoklear Efferentler 11
2.1.2.1. Fonksiyonları 11
2.1.2.2. Değerlendirilmesi 11
2.2. Otoakustik Emisyonlar 12
2.2.1. OAE Sınıflandırması 12
2.2.2. Distorsiyon Ürünü Otoakustik Emisyonlar (DPOAE) 13
2.2.2.1. DPOAE bileşenleri 14
2.2.2.2. DPOAE Ölçümü 14
2.2.2.3. DPOAE Ölçümündeki Parametrelerin Optimizasyonu 15
2.2.2.4. Otoakustik Emisyonların Kontralateral Supresyonu 16
2.3. Dikkat 17
2.3.1. Dikkat Teorileri 17
2.3.2. Aşağıdan Yukarıya ve Yukarıdan Aşağıya Dikkat 18
2.3.3. Dikkatin İşlemlemeye Etkisi 18
2.3.4. Dikkatin İşitsel İşlemlemeye Etkisi ve Seçici Filtreleme Modeli 19

2.3.5. Dikkatin Periferik İşitme Sistemi Üzerindeki Etkisi.....19
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....21
3.1. Katılımcılar.....21
3.2. Odyolojik Değerlendirme.....21
3.2.1. İmmitansmetrik Ölçümler.....21
3.2.2. Saf Ses Odyometrisi.....22
3.2.3. Tarama Amaçlı DPOAE Ölçümleri.....22
3.3. Çalışma Prosedürü.....22
3.3.1. Uyaranların Oluşturulması.....22
3.3.1.1. İşitsel Uyaranlar.....22
3.3.1.2. Görsel Uyaranlar.....24
3.3.1.3. Uyaranların Sunulması.....24
3.3.2. DPOAE Ölçümleri.....25
3.3.3. Deney Düzeneği.....29
3.4. Analiz Edilecek Parametrelerin Hesaplanması.....30
3.4.1. Supresyon Miktarının Hesaplanması.....30
3.4.2. Görev Performansının Hesaplanması.....31
3.5. İstatistiksel Analizler.....31
4. BULGULAR.....32
4.1. Katılımcıların Demografik Bilgileri.....32
4.2. DPOAE ölçümlerinin SNR değerleri.....32
4.3. Temel Ölçümlerin DP Amplitüdü ve Gürültü Tabanı (NF) Değerleri.....34
4.4. Pasif ve Aktif Ölçümlerin DP Amplitüdü ve Gürültü Tabanı (NF) Değerleri.....35
4.5. Supresyon Parametresinin Analizi.....40
4.5.1. Pasif Ölçümlerdeki Supresyon.....40
4.5.2. Pasif Ölçümlerin Supresyon Karşılaştırması.....40
4.5.3. Aktif Ölçümlerdeki Supresyon.....43
4.5.4. Pasif ve Aktif Ölçümlerin Supresyon Karşılaştırması.....43
4.6. Görev Performansının Analizi.....45
5. TARTIŞMA.....49
KAYNAKLAR.....62
FORMLAR.....77
ETİK KURUL KARARI.....79

İNTİHAL RAPORU İLK SAYFASI.....80
ÖZGEÇMİŞ.....81

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 3-1: DPOAE ölçümlerinde kullanılmak üzere hazırlanan kontralateral akustik uyaranların özellikleri. 24
Tablo 4-1: Demografik bilgiler 32
Tablo 4-2: Temel ölçümlere ait ortalama SNR düzeyleri 33
Tablo 4-3: Pasif ölçümlere ait ortalama SNR düzeyleri 33
Tablo 4-4: Aktif ölçümlere ait ortalama SNR düzeyleri 34
Tablo 4-5: Temel ölçümlere ait ortalama DP amplitüdü değerleri 34
Tablo 4-6: Temel ölçümlere ait ortalama gürültü tabanı (NF) değerleri 35
Tablo 4-7: Pasif ölçümlere ait DP amplitüdü değerleri. 35
Tablo 4-8: Aktif ölçümlere ait DP amplitüdü değerleri. 36
Tablo 4-9: Pasif ölçümlere ait NF değerleri. 36
Tablo 4-10: Aktif ölçümlere ait NF değerleri. 37
Tablo 4-11: Temel ölçümler ile pasif ve aktif ölçümlere ait DP amplitüdü değerleri arasındaki ikili karşılaştırmalardan elde edilen p değerleri. 38
Tablo 4-12: Aktif ve pasif ölçüm durumlarına ait NF düzeylerinin ikili karşılaştırmasından elde edilen p değerleri. 39
Tablo 4-13: Pasif ölçümlere ait supresyon miktarları. 40
Tablo 4-14: Pasif supresyon değerlerinin sağ ve sol kulak analizlerinden elde edilen p değerleri 41
Tablo 4-15: Aktif ölçümlere ait supresyon miktarlarının ortalama ve standart sapmaları 43
Tablo 4-16: Aktif ve pasif ölçümlere ait supresyon değerlerinin ikili karşılaştırılmalarından elde edilen p değerleri 44
Tablo 4-17: Zor ve kolay görevlere ait performansların ortalama ve standart sapma değerleri 46
Tablo 4-18: Sağ ve sol kulak ölçümleri sırasındaki total performans doğruluğu; sağ ve sol kulak performans karşılaştırması. 47
Tablo 4-19: Her deney durumu için sağ ve sol kulak ölçümlerinde gösterilen performans doğruluğunun karşılaştırmasından elde edilen p değerleri. 48

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2-1: İşitme sisteminin şematik gösterimi. 4
Şekil 2-2: Yukarı çıkan (afferent) ve aşağı inen (efferent) yollar. 5
Şekil 2-3: Korti organının kesiti. 8
Şekil 2-4: Süperior oliver kompleksten kaynak alan medial ve lateral olivokoklear efferentlerin dış tüy hücreleri ile kurduğu ipsilateral ve kontralateral bağlantılar. 9
Şekil 2-5: Sol süperior oliver kompleksteki medial olivokoklear efferentlerin dahil olduğu ipsilateral ve kontralateral medial olivokoklear refleks arkları. 10
Şekil 2-6: Otoakustik emisyonların oluşum mekanizmalarına göre sınıflandırılması. (Shera ve Guinan, 2009) 13
Şekil 2-7: DPOAE ölçüm düzeneği. (Marcrum, 2017) 15
Şekil 3-1: Sırasıyla kolay görsel ve zor görsel görevlerde kullanılan uyaran örnekleri. 24
Şekil 3-2: Otoakustik emisyon ölçüm ucunun parçaları. 25
Şekil 3-3: Probe uyaranın şiddet-zaman grafiği. 26
Şekil 3-4: Probe uyaranın şiddet-frekans grafiği. 26
Şekil 3-5: DP-gram sonucu ve DP-gram parametrelerinin değerleri. 27
Şekil 3-6: Sağ kulakta gerçekleştirilen ölçümler için kullanılan ölçüm sırası. 30
Şekil 4-1: 30 katılımcının sırası ile temel ölçüm (B1), pasif gürültü, pasif SNR(0) ve pasif SNR(-10) durumlarındaki sağ kulak ölçümlerine ait DP amplitüdü değerleri. 42
Şekil 4-2: 30 katılımcının sırası ile temel ölçüm (B1), pasif gürültü, pasif SNR(0) ve pasif SNR(-10) durumlarındaki sol kulak ölçümlerine ait DP amplitüdü değerleri. 42
Şekil 4-3: Sağ kulak ölçümlerinde farklı deney durumlarındaki performansların ortalama doğruluk yüzdeleri. 45
Şekil 4-4: Sol kulak ölçümlerinde farklı deney durumlarındaki performansların ortalama doğruluk yüzdeleri. 45

SEMBOLLER / KISALTMALAR LİSTESİ

ACh	:	Asetilkolin
ANOVA	:	Varyans Analizi
ANSI	:	National Standards Institute
B1	:	Birinci Temel Ölçüm
B2	:	İkinci Temel Ölçüm
B3	:	Üçüncü Temel Ölçüm
B4	:	Dördüncü Temel Ölçüm
C#	:	C Sharp Programlama Dili
cc	:	cubic sentimeter
cm	:	santimetre
daPa	:	decibel pascal
dB	:	decibel
dB HL	:	decibel hearing level
dB SPL	:	decibel sound pressure level
DP-gram	:	DP Amplitüdü - Frekans Grafiği
DPOAE	:	Distorsiyon Ürünü Otoakustik Emisyon
DP	:	Distorsiyon Ürünü
DTH	:	Dış Tüy Hücreleri
dyc	:	Dinorfin
EEG	:	Elektroensefalografi
ekc	:	Enkefalin
f1	:	Alçak Frekanslı Primer Uyaranın Frekansı
f2	:	Yüksek Frekanslı Primer Uyaranın Frekansı
f2/f1	:	Primer Uyaranların Frekans Oranı
Hz	:	hertz
İTH	:	İç Tüy Hücreleri
K-G	:	Kolay Görsel
kHz	:	kilohertz
K-İ1	:	Kolay İşitsel I

K-İ2	:	Kolay İşitsel II
KN	:	Koklear Nükleus
L1	:	f1 Frekanslı Primer Uyaranın Şiddet Düzeyi
L2	:	f2 Frekanslı Primer Uyaranın Şiddet Düzeyi
LOK	:	Lateral Olivokoklear
MGC	:	Medial Genikulat Cisim
ml	:	mililitre
MOK	:	Medial Olivokoklear
MOKR	:	Medial Olivokoklear Refleks
n	:	Örneklem Sayısı
NF	:	Gürültü Tabanı
OAE	:	Otoakustik Emisyon
ort	:	ortalama
p	:	istatistiksel anlamlılık değeri
Sup-pasif-gürültü	:	Pasif Gürültü Ölçümündeki Supresyon Miktarı
Sup-pasif-SNR(0)	:	Pasif SNR(0) Ölçümündeki Supresyon Miktarı
Sup-pasif-SNR(-10)	:	Pasif SNR(-10) Ölçümündeki Supresyon Miktarı
RMS	:	root mean square
s	:	saniye
SNR	:	sinyal gürültü oranı
SOAE	:	Spontan Otoakustik Emisyon
SOK	:	Süperior Oliver Kompleks
SPL	:	sound pressure level
ss	:	standart sapma
Sup-K-G	:	Kolay Görsel Görev Sırasındaki Supresyon Miktarı
Sup-K-İ1	:	Kolay İşitsel I Görevi Sırasındaki Supresyon Miktarı
Sup-K-İ2	:	Kolay İşitsel II Görevi Sırasındaki Supresyon Miktarı
Sup-Z-G	:	Zor Görsel Görev Sırasındaki Supresyon Miktarı
Sup-Z-İ1	:	Zor İşitsel I Görevi Sırasındaki Supresyon Miktarı
Sup-Z-İ2	:	Kolay İşitsel II Görevi Sırasındaki Supresyon Miktarı

Z-G	:	Zor Görsel
Z-İ1	:	Zor İşitsel I
Z-İ2	:	Zor İşitsel II
%	:	yüzde

ÖZET

Dündar, Ş. (2019). Dikkatin Periferik İşitme Sistemi Üzerindeki Etkisinin Araştırılması. İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Odyoloji ABD. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul.

İşitme sisteminin büyük bir kısmı efferent işitsel yollardan oluşmaktadır. Efferent işitsel yolların seçici dikkate aracılık ederek subkortikal yapılar ve periferik işitsel yapılardaki işitsel işlemleme süreçlerini şekillendirdiği öne sürülmektedir. Çalışmamızın amacı dikkatin efferent işitsel yolları dış tüy hücrelerine bağlayan medial olivokoklear efferentlerin aktivitesini değiştirerek koklear kazanç üzerinde oluşturması öngörülen etkiyi incelemektir.

Çalışmamıza normal işiten ve yaşları 22-25 arasında değişen (ort. 22.8±1.15) 30 genç yetişkin dahil edilmiştir. Deneklerin pasif ya da aktif halde olmasını gerektiren deney durumları sırasında yapılan DPOAE ölçümlerindeki kontralateral supresyon miktarları karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmalar akustik koşulları birbiri ile eşleştirilen aktif ve pasif deney durumları arasında yapılmıştır. Sağ ve sol kulak verileri ayrı ayrı analiz edilmiştir.

Çalışmamızın sonuçlarına göre sol kulak analizlerinde pasif ve aktif ölçümler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmazken ($p>0.05$) sağ kulak analizlerinde kolay görsel görevde ve zor dinleme koşullarında yapılan işitsel görevlerin her ikisinde dikkatin kontralateral supresyonu anlamlı düzeyde artırdığı gözlenmiştir ($p<0.05$).

Sonuçlarımız görsel ve işitsel dikkatin medial olivokoklear efferent aktivitesini ve dolayısı ile periferik işitsel fonksiyonu etkileyebildiğini, işitsel dikkat etkisinin dinleme koşullarının özelliklerine bağlı olarak kulaklar arasında asimetrik bir şekilde ortaya çıktığını göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Dikkat, Distorsiyon Ürünü Otoakustik Emisyon(DPOAE), Kontralateral Supresyon, Olivokoklear Efferent, Periferik İşitme Sistemi

ABSTRACT

Dundar, S. (2019). Attentional Effects on Peripheral Auditory System. İstanbul University-Cerrahpasa, Institute of Graduate Studies, Audiology. Master's Thesis. İstanbul.

Efferent auditory pathways are proposed to mediate selective attention by modulating auditory processing in subcortical and peripheral auditory structures. The aim of our study is to investigate the proposed effect of attention on peripheral auditory function which is mediated by medial olivocochlear efferents connecting efferent auditory pathways to outer hair cells.

30 normal hearing participants aged between 22-25 years (mean 22.8±1.15) were recruited in our study. DPOAE measurements were performed to monitor outer hair cell and medial olivocochlear efferent activity in all participants. DP amplitude suppression measurements were compared between active measurements requiring participants' active engagement in a visual or an auditory task and passive measurements requiring participants to be in a passive state. Comparisons were made between active and passive measurements held in similar acoustic conditions. Right and left ear results were analyzed separately.

No significant difference was found in analysis of left ear measurements ($p>0.05$). However significant differences were found in analysis of right ear measurements. Contralateral suppression amounts measured in conditions in which participants are engaged in easy visual task or auditory tasks in adverse acoustic conditions were found to be significantly higher than those measured in passive conditions ($p<0.05$).

Our results show that attention has an effect on medial olivocochlear efferent activity, therefore on peripheral auditory function, which becomes apparent in DPOAE contralateral suppression measurements depending on the measurement context.

Key Words: Attention, Contralateral Suppression, Distortion Product Otoacoustic Emissions (DPOAE) , Olivocochlear Efferent, Peripheral Auditory System

1. GİRİŞ VE AMAÇ

İşitme sistemi geleneksel olarak bilindiği üzere sadece periferik işitsel yapılardan işitsel kortikal alanlara doğru bilgi taşıyan, 'afferent' olarak adlandırılan nöronlardan oluşmamaktadır. İşitsel kortikal alanlar ve işitsel beyin sapındaki çekirdeklerden periferik işitsel yapılara doğru bilgi taşıyan ve işitme sisteminin yaklaşık üçte ikisini oluşturan 'efferent' olarak adlandırılan nöronları da içermektedir. İşitsel sinir yollarının büyük bir kısmı efferent nöronlardan oluşmasına rağmen efferent işitme sistemi ile ilgili literatür bilgisi oldukça azdır.

Efferent işitme sistemi, santral işitsel yollardaki çekirdekleri üst merkez ya da merkezlerden gelen geri besleme sinyallerini alacak şekilde birbirine bağlayan devrelerden oluşmaktadır. Bu devreler periferik işitsel yapılara doğru takip edildiğinde tüm efferent işitsel fibrilleri periferik işitme sistemine bağlayan olivokoklear fibriller gözlenmektedir (Suga, 2012).

Koklear nükleustan gelen afferent girdiler ile aktive olan olivokoklear fiberler kokleadaki dış ve iç tüy hücrelerini etkileyerek koklear amplifikasyon özelliklerini yani periferik işitsel fonksiyonu modüle ederler. İşitsel yoldaki geribesleme devrelerine dahil olarak üst işitsel merkezlerden aldığı efferent girdiler düşünüldüğünde, olivokoklear sistemin santral etkiye açık bir sistem olduğu görülmektedir (Malmierca & Ryugo, 2010).

Olivokoklear sistemin kokleadaki dış tüy hücreleri ile bağlantısını medial olivokoklear efferentler sağlamaktadır. Medial efferentler aktive olduğunda dış tüy hücreleri hiperpolarize olmakta ve kokleanın kompresif amplifikasyon özelliği azalmaktadır. Bu mekanizmanın gürültüde konuşmayı anlama, işitsel lokalizasyon ve işitme sistemini gürültüden koruma gibi fonksiyonlarda rolü olduğu düşünülmektedir. Bu fonksiyonlar dışında üst merkezlerden gelen girdilere açık olması temel alınarak seçici dikkatte de rolü olduğu düşünülmektedir (Lopez-Poveda, 2018).

Medial olivokoklear efferentlerin periferik işitsel fonksiyon üzerindeki etkisi insanlarda noninvaziv bir şekilde, kontralateral supresyon paradigması kullanılarak yapılan otoakustik emisyon ölçümleri ile değerlendirilebilmektedir. Medial olivokoklear efferentlerin seçici dikkatteki rolünü incelemeyi hedefleyen çalışmalar yapılmıştır ve bu çalışmalarda dikkat görevleri sırasında yapılan otoakustik emisyon (OAE) ölçümleri ile

denek pasif halde iken yapılan OAE ölçümleri karşılaştırılmaktadır (Froehlich ve ark., 1990; de Boer ve Thornton, 2007; Harkrider ve Bowers, 2009).

Çalışmamızda da medial olivokoklear efferentlerin seçici dikkatte rol oynadığı görüşü benimsenerek otoakustik emisyon ölçümleri sırasında deneğin dikkat durumundaki değişikliklerin medial olivokoklear efferent aktivitesini ve dolayısı ile OAE amplitüdlerini etkileyeceği öngörülmüştür. Çalışmamızda katılımcının aktif olduğu yani işitsel ya da görsel görevi yerine getirdiği durumlarda yapılan OAE ölçümlerinin kontralateral supresyon miktarları arasında farklılık olacağı ve bu farklılığın görevlerin zorluğuna bağlı olacağı hipotez olarak öne sürülmektedir. Ayrıca bu farklılığın kulaklar arasındaki paternini incelemek amacı ile tüm katılımcıların her iki kulağı da aynı deney durumları kullanılarak değerlendirilecek ve değerlendirme sonuçları sağ ve sol kulak verileri gruplanarak analiz edilecektir.

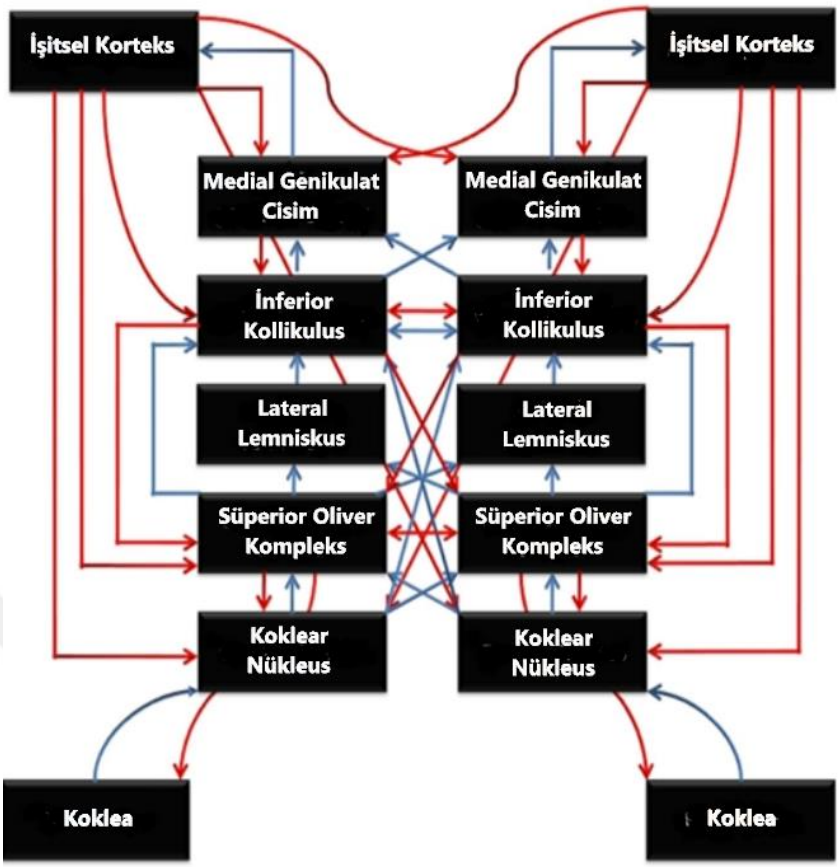
2. GENEL BİLGİLER

Santral işitme sistemi, birbirine paralel seyreden ve sistemin çeşitli düzeylerinde kesişen ya da birleşen sinir yollarından oluşmaktadır (Pickles, 2015). Morfolojik ve fizyolojik farklılıklar gösteren hücreleri içeren santral işitsel yapılardan oluşan işitme sistemi dinamik bir işleyişe sahiptir. Sanıldığının aksine santral işitme sistemindeki bilgi akışının belirli bir başlangıç noktası bulunmamaktadır. Kortikal merkezlere ulaşan bilgiler etkileşime girer ve periferik duyu organlarından gelen bilgileri anlık gereksinimlere bağlı olarak şekillendirirler (Ryugo ve ark., 2011). İşitsel yapıların yanıt özellikleri üst merkezlerin efferent işitsel bağlantıları aracılığı ile devamlı olarak şekillendirilmektedir (Suga ve ark., 2000).

Duyu reseptörlerinden başlayarak işitsel kortekse kadar uzanan afferent sinir fibrillerine ek olarak, tüm duyu sistemlerinde olduğu gibi, işitsel korteksten duyu reseptörleri yönünde uzanan efferent sinir fibrillerinden oluşan geniş bir nöron ağı bulunmaktadır. Efferent fibrillerin oluşturduğu nöron ağı afferent fibrillerin oluşturduğu ağdan çok daha geniş olmasına karşın efferent fibrillerin sensör işlemleme sürecindeki görevlerine dair literatür bilgisi çok azdır (Bajo ve King, 2012).

2.1. Efferent İşitme Sistemi

Şekil 2.1'de görüldüğü üzere işitsel sistemin her düzeyi ile bağlantı kuran ve sensör işlemleme sürecinin çeşitli aşamalarını etkileme potansiyeli olan efferent fibriller bulunmaktadır. Efferent fibriller işitsel korteksten medial genikulat cisim (MGC) ve inferior kollikulus yapılarına inen yol, inferior kollikulustan süperior oliver kompleks (SOK) ve koklear nükleus (KN) yapılarına inen yol, süperior oliver kompleksten kokleaya inen yol olmak üzere üç ana yola ayrılabilmektedir (Huffman & Henson, 1990). Süperior oliver kompleksten kokleaya inen efferent yol medial ve lateral olivokoklear fibriller olmak üzere iki fibril demetinden oluşmaktadır ve her iki kokleadaki dış tüy hücreleri ile bağlantı kurmaktadır (Guinan, 2006).



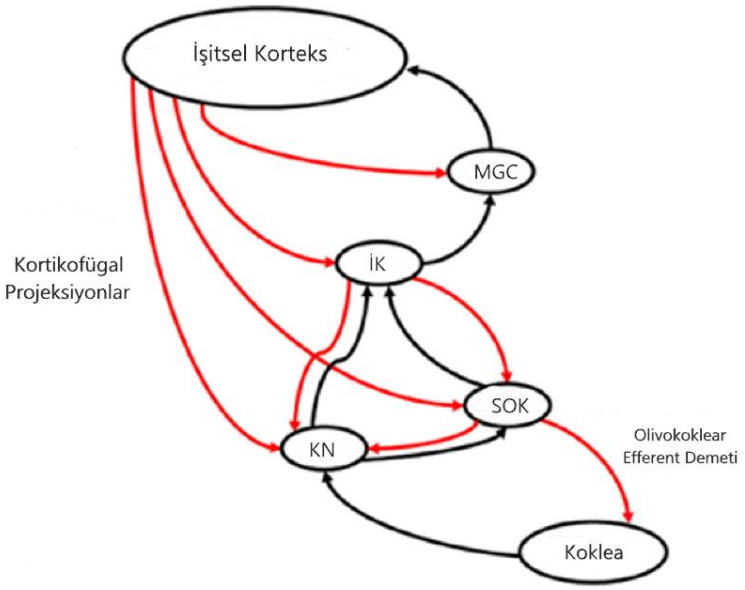
Şekil 2-1: İşitme sisteminin şematik gösterimi.

Mavi oklar afferent sinir yollarını, kırmızı oklar efferent sinir yollarını göstermektedir (Chandrasekaran ve Kraus, 2010).

İşitsel korteksten inen nöronların doğrudan hedef aldığı yapılar arasında süperior oliver kompleks ve koklear nükleus yapıları bulunmaktadır. SOK ve KN yapıları ile doğrudan bağlantı kuran kortikofügal nöronların sayısı kortikokolliküler bağlantıların yaklaşık %10'u kadardır (Nunez ve Malmierca, 2007). Weedman & Ryugo (1996a ;1996b) tarafından sıçanlar üzerinde yapılan iki çalışmada primer işitsel korteksin V. katmanından kaynak alarak koklear nükleuslar ile doğrudan bağlantı kuran projeksiyonların varlığına dair ve bu projeksiyonların spesifik özelliklerine dair bulgular elde edilmiştir. Doucet ve ark. (2002) tarafından yapılan çalışmada ise primer ve sekonder işitsel korteksin V. katmanında yer alan piramidal hücreler ile süperior oliver kompleksler arasında doğrudan bağlantı kuran efferent projeksiyonların var olduğuna dair bulgular mevcuttur.

İşitsel korteksi SOK, KN ve medial olivokoklear (MOK) efferentler ile dolaylı olarak bağlayan geribesleme devrelerinin varlığını gösteren çalışmalar da bulunmaktadır. Schofield ve Caut (1999) tarafından yapılan hayvan çalışmasında koklear nükleuslar ile efferent bağlantılar kuran SOK nöronlarının işitsel korteks efferentleri tarafından innerve edildikleri gözlenmiştir. Schofield ve Coomes (2005) tarafından yapılan çalışmada ise dorsal ve ventral koklear nükleuslardan çıkıp inferior kollikuluslar ile doğrudan bağlantı kuran afferent sinir hücreleri ile her iki işitsel korteksten inen efferent sinir hücrelerinin aksonları arasında bağlantı olduğu gözlenmiştir. Schofield ve Coomes (2006) tarafından yapılan başka bir çalışmada gina piglerin inferior kollikulus ve süperior oliver kompleks yapılarından koklear nükleuslara inen efferent nöronların kortikal efferent nöronlar ile bağlantı kurduğu gösterilmiştir. Bu kortikal efferent bağlantıların hedefindeki inferior kollikulus hücrelerinin koklear nükleuslara ipsilateral ve kontralateral dallar gönderdiği, süperior oliver kompleks hücrelerinin ise koklear nükleuslara ipsilateral, kontralateral ve bilateral dallar gönderdiği gözlenmiştir.

Bu çalışmalar genel olarak değerlendirildiğinde koklear nükleus ve süperior oliver kompleks yapılarının işitsel korteksten doğrudan ya da subkortikal yapılar ile korteks arasındaki yapılar aracılığı ile dolaylı olarak efferent projeksiyon aldığı anlaşılmaktadır.



Şekil 2-2: Yukarı çıkan (afferent) ve aşağı inen (efferent) yollar.

Afferent yollar siyah renk ile efferent yollar kırmızı renk ile gösterilmiştir (Terreros ve Delano, 2015). MGC: medial genikulat cisim ; İK: inferior kollikulus; SOK: süperior oliver kompleks; KN: koklear nükleus.

Süperior oliver kompleksten çıkan ve kokleadaki tüy hücreleri ile bağlantı kuran olivokoklear efferent fibriller ile işitsel korteks arasında doğrudan ve dolaylı efferent bağlantıların olduğuna dair çalışmalar mevcuttur. Mulders ve Robertson (2000) tarafından yapılan çalışmada süperior oliver kompleksteki ventral trapezoid cismin kortikofügal terminalleri ile medial olivokoklear efferentler arasında bağlantı olduğu gözlenmiştir. Bu bağlantılar işitsel korteksin olivokoklear efferentler üzerinde doğrudan etkili olabildiğini düşündürmektedir. Thompson ve Thompson (1993), Vetter ve ark. (1993) tarafından yapılan çalışmalarda ise kolliküler efferent aksonlar ile olivokoklear efferent nöronları arasında doğrudan bağlantılar olduğu gözlenmiştir. Bu bağlantılar ise işitsel korteksin inferior kollikulus aracılığı ile olivokoklear efferent nöronları üzerinde dolaylı bir şekilde etkili olabileceğini düşündürmektedir.

2.1.1. Olivokoklear Sistem ve Koklea

Memelilerin kokleasındaki duyu hücreleri dış ve iç tüy hücreleri olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Bu duyu hücreleri korti organı adı verilen duyu epiteline yerleşmiştir. İç tüy hücreleri işitsel sinir fibrilleri ile kurdukları sinapslar yolu ile akustik sinyallere dair bilgileri asıl ileten yapılar iken dış tüy hücreleri akustik sinyallerin oluşturduğu mekanik titreşimleri yükseltmek ile görevli yapılardır. Dış tüy hücrelerinin (DTH) hücre gövdeleri elektromekanik bir dönüştürücü gibi çalışmaktadır. Prestin olarak adlandırılan bir motor protein sayesinde DTH'ler, membran potansiyelinde oluşan değişime bağlı olarak milisaniyeler içerisinde uzayıp kısalabilmektedir. Dış tüy hücrelerinin bu özelliğine *elektromotilite* adı verilmektedir. Uzayıp kısalma şeklinde gerçekleşen hücre hareketleri baziler membran hareketini ivmelendirerek baziler membranın alçak şiddetteki seslere hassasiyetini artırmakta ve alçak şiddetteki seslerin amplifiye edilmesini sağlamaktadır. Kokleanın sıradışı hassasiyeti, frekans seçiciliği ve dinamik ranjı DTH'lerin bu özelliklerinden kaynaklanmaktadır (Lonsbury-Martin ve Martin, 2008).

Dış tüy hücrelerinin sağladığı aktif mekanik amplifikasyon, dış tüy hücrelerini doğrudan innerve eden ve medial olivokoklear efferent sistem olarak adlandırılan bir nöron demeti yolu ile santral sinir sistemi tarafından kontrol edilmektedir (Lonsbury-Martin ve Martin, 2008). MOK sistem ve DTH'ler arasındaki sinapslarda salgılanan başlıca nörotransmitter asetilkolindir. Kolinerjik MOK sistemin dış tüy hücreleri ile

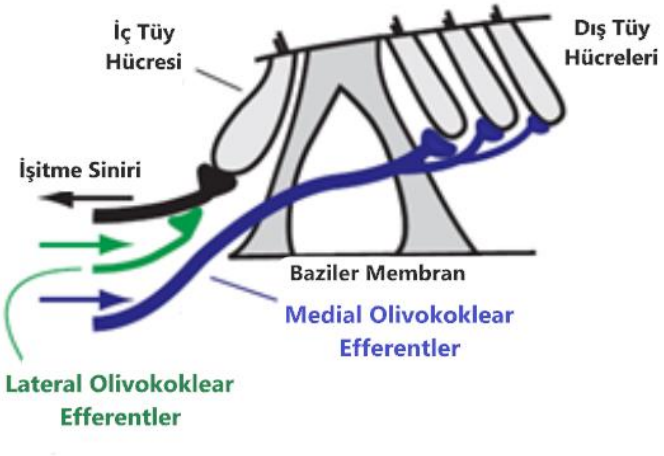
kurduğu sinapslara asetikolin salınması sonucunda dış tüy hücreleri uyarılarak hiperpolarize olmaktadır.

MOK sistem aktive edildiği zaman DTH sinapslarına asetilkolin (ACh) salınır ve DTH'ler üzerindeki nikotinik reseptörler uyarılır. Reseptörlerin uyarılması ile kalsiyum kanalları açılır ve hücre içerisine kalsiyum akışı gerçekleşir. Kalsiyum iyonlarının hücre içerisine akması ile kalsiyum iyonlarının tetiklediği potasyum kanalları açılır. Potasyum kanallarının açılması ile gerçekleşen potasyum iyonu akışı ise DTH'lerin hiperpolarize olmasına neden olmaktadır. DTH'lerin hiperpolarize olması DTH'lerin elektromotilitesini yani membran potansiyelindeki değişimlere bağlı hareketliliğini azaltacaktır. DTH'lerin hareketliliğinin azalması, baziler membranın mekanik titreşimlere verdiği yanıtları dolayısı ile koklear amplifikasyonu azaltmaktadır (Elgoyhen ve Katz, 2012).

2.1.1.1. Olivokoklear Sistem Anatomisi

Beyinsapında yer alan ve süperior oliver kompleksten kaynak alan işitsel efferent sistemin bağlantıları ilk olarak Rasmussen tarafından 1946 yılında tanımlanmıştır (Rasmussen, 1946). İlk defa Rasmussen tarafından tanımlanan bu bağlantılar çaprazlaşan olivokoklear efferentlerdir. Rasmussen (1960) tarafından yapılan sonraki bir çalışmada ise çaprazlaşmayan olivokoklear efferentler keşfedilmiştir. Fakat 1979 yılında olivokoklear efferentlerin süperior oliver kompleksteki farklı yapılardan kaynak almalarına bağlı olarak lateral ve medial demetler olmak üzere iki farklı gruba ayrıldığı bulunmuştur (Warr ve Guinan, 1979).

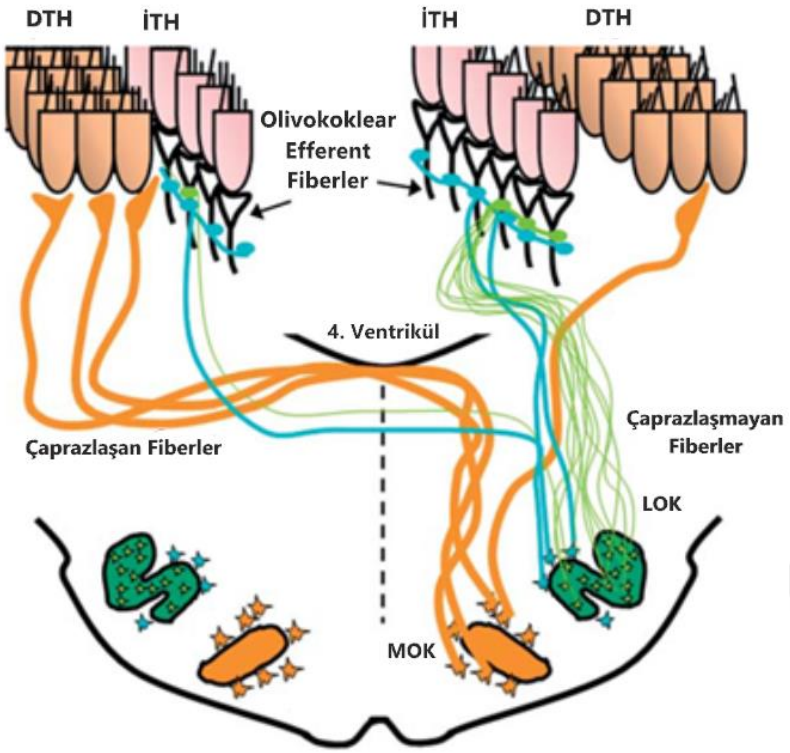
Şekil 2.3'te gösterildiği gibi medial ve lateral olmak üzere iki grup olivokoklear efferent fibril demeti bulunmaktadır. Medial olivokoklear efferentler süperior oliver kompleksin medial kısmından kaynak alıp vestibüler sinir yolu ile kokleaya girerek dış tüy hücrelerini innerve etmektedir. Lateral olivokoklear fiberler ise süperior oliver kompleksin lateralinden kaynak alıp VIII. sinir yolu ile kokleaya girerek iç tüy hücrelerine bağlı işitsel sinir fibrillerini innerve etmektedir. MOK efferentler kalın ve miyelinlidir. LOK efferentler ise ince ve miyelinsizdir. Miyelinli efferentlerin aktivitesini kaydetmek miyelinsiz efferentlerin aktivitesini kaydetmekten daha kolay olduğu için MOK efferentler hakkındaki literatür bilgisi daha fazladır (Flint ve ark., 2014).



Şekil 2-3: Korti organının kesiti.

Mavi renkli fiberler dış tüy hücreleri ile doğrudan bağlantı kuran MOK efferentleri, yeşil renkli fiberler ise iç tüy hücrelerine bağlı işitsel sinir fibrillerinin dendritleri ile bağlantı kuran LOK efferentleri göstermektedir (Guinan, 2006).

Deney hayvanlarında yapılan çalışmalarda MOK efferent aksonlarının yaklaşık üçte ikisinin beyin sapındaki orta hattı geçerek kontralateral kokleayı innerve ettiği, yaklaşık üçte birinin ise ipsilateral kokleayı innerve ettiği gözlenmiştir (Şekil 2.4). İnsanlarda ise çaprazlaşan ve çaprazlaşmayan MOK efferentlerin oranı bilinmemektedir. Süperior oliver kompleksteki MOK efferent nöronlar her iki koklear nükleustan afferent girdi almaktadır. Fakat bu girdiler arasında kontralateral koklear nükleustan gelen girdilerin baskın olduğu bilinmektedir. Kokleaya inerken çaprazlaşan MOK efferentler öncelikli olarak kontralateral kulaktan gelen KN girdileri ile aktive olmaktadır. Çaprazlaşan MOK efferentler ipsilateral MOK reflekse, çaprazlaşmayan MOK efferentler ise kontralateral MOK reflekse dahil olmaktadır (Guinan, 2018). İpsilateral ve kontralateral refleks arklarına dahil olan MOK efferentlerin dış tüy hücreleri ile bağlantılarında farklılık olmamakla birlikte bu bağlantıların kokleaya dağılımında farklılık bulunmaktadır. Kontralateral reflekse dahil olan efferentler kokleanın daha geniş bir alanına dağılarak apikal kısımları daha yoğun bir şekilde innerve etmektedir (Brown, 2014).



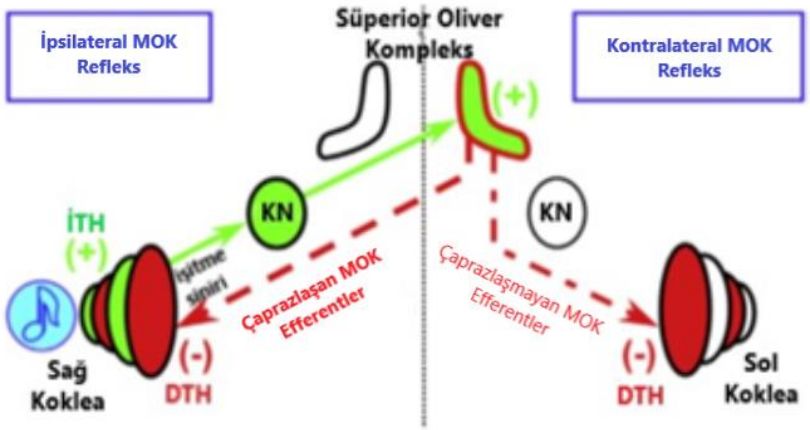
Şekil 2-4: Süperior oliver kompleksten kaynak alan medial ve lateral olivokoklear efferentlerin dış tüy hücreleri ile kurduğu ipsilateral ve kontralateral bağlantılar.

DTH: dış tüy hücreleri; İTH: iç tüy hücreleri; MOK: medial olivokoklear effrentler; LOK: lateral olivokoklear efferentler (Basbaum, 2008).

2.1.1.2. Olivokoklear Sistemin Fizyolojisi

Ses uyaranları periferik işitsel yapılardan başlayarak koklea ve işitme sinirini uyarır. Daha sonra koklear nükleuslar ve süperior oliver kompleksteki olivokoklear efferent fibriller uyarılır. Uyarılan olivokoklear efferentler ise periferik işitsel yapıları etkiler. Olivokoklear efferent sistem refleksif bir şekilde aktive olmaktadır. Medial olivokoklear efferentlerin akustik ya da elektriksel uyarım sonucunda aktive olarak kokleadaki dış tüy hücrelerinin fonksiyonunu etkilemesi medial olivokoklear refleks olarak bilinmektedir. Her bir koklea için tanımlanmış, akustik ya da elektriksel uyarım ile aktive edilebilen iki farklı medial olivokoklear refleks arkı bulunmaktadır. Bu refleks arklarından bir tanesi kontralateral uyarım ile aktive olurken diğeri ipsilateral uyarım ile aktive olmaktadır (Basbaum, 2008).

MOK refleks arkı afferent işitsel sinir fibrilleri, posteroventral koklear nükleus nöronları, MOK efferentler ve kokleadaki dış tüy hücrelerinden oluşmaktadır (De Venecia ve ark., 2005). Sağ kulak için tanımlanan ipsilateral ve kontralateral MOK refleks arkları Şekil 2.5'te gösterilmektedir.



Şekil 2-5: Sol süperior oliver kompleksteki medial olivokoklear efferentlerin dahil olduğu ipsilateral ve kontralateral medial olivokoklear refleks arkları.

(+): afferent girdi; (-) efferent girdi; DTH: dış tüy hücreleri; İTH: iç tüy hücreleri; KN: koklear nükleus; MOK: medial olivokoklear

(Perrot ve Collet, 2014)

Kulaklardan bir tanesine ait ipsilateral ve kontralateral MOK refleks arkları şu şekildedir. Sağ kulağa ait ipsilateral MOK refleks arkında sağ kulağa ulaşan ses uyaranı sağ kokleadaki iç tüy hücreleri ile bağlantı kuran afferent işitsel sinir fibrillerini uyarır. Sağ koklear nükleusun posteroventral kısmındaki refleks ara nöronları uyarılan afferent işitsel sinir fibrilleri tarafından innerve edilmektedir. Sol süperior oliver kompleksteki medial olivokoklear efferent fibriller ise sağ koklear nükleustaki refleks ara nöronları tarafından innerve edilmektedir. Sol süperior oliver kompleksteki medial olivokoklear efferentler beyin sapının orta hattını geçerek sağ kokleadaki dış tüy hücrelerini innerve etmektedir. Anlatıldığı üzere ipsilateral MOK refleks arkı beyin sapının orta hattını iki defa kesmektedir. İpsilateral refleks arkında ses uyaranının ulaştığı kulağın kontralateralindeki süperior oliver kompleksten çıkan MOK efferentler aktive olarak ve ses uyaranının ulaştığı kulağın kokleasındaki dış tüy hücre yanıtlarını etkilemektedir. Sağ

kulağa ait kontralateral MOK refleks arkı ise sol kulağa ulaşan ses uyaranları ile aktive olmaktadır. Sol kulağa ulaşan ses uyaranları sol periferik işitsel yapılar, sol işitme siniri ve koklear nükleusu uyarır. Sol koklear nükleusun uyarılması ile sağ koklea ve sağ süperior oliver kompleks arasında bağlantı kuran MOK efferentler aktive olup sağ kokleadaki dış tüy hücrelerinin fonksiyonunu etkilemektedir (Guinan, 2006). Sağ ve sol kulağa ait MOK refleks arkları beyin sapının orta hattına göre simetriktir.

Sonuç olarak medial olivokoklear sistem her iki kokleayı innerve etmektedir. Herhangi bir kulağa ulaşan ses uyaranları medial olivokoklear refleks (MOKR) arklarını aktive ederek her iki kokleadaki dış tüy hücrelerinin fonksiyonunu etkileyebilmektedir. İpsilateral MOKR arklarını değerlendirmek için ses gönderilen kulak üzerinde oluşan etki incelenirken kontralateral MOKR arklarını değerlendirmek için ses gönderilen kulağın karşısındaki kulak üzerinde oluşan etki incelenmelidir.

2.1.2. Medial Olivokoklear Efferentler

2.1.2.1. Fonksiyonları

Medial olivokoklear efferent sistemin fonksiyonuna dair öne sürülen hipotezler bulunmaktadır. Bu hipotezlerden bir tanesi, koklear kazancın MOK sistem tarafından kontrol edilerek işitmenin dinamik alanının genişletildiğini öne sürmektedir. Diğer bir hipotez ise işitme sinirinin devamlı arka plan gürültüsüne verdiği yanıtların MOK sistem tarafından azaltılarak arkaplan gürültüsünün maskeleme etkisinin azaltıldığını öne sürmektedir. Üçüncü bir hipotez ise seçici dikkate aracılık etmesi yani görsel bir uyarana ya da kompleks bir işitsel uyaranın sadece bir kısmına dikkat verilmek istendiğinde işitsel girdilerin suprese edilmesini sağlamasıdır. Ayrıca bu sistemin iç kulağı yüksek şiddetteki seslerden koruduğu da düşünülmektedir (Smith ve Keil, 2015).

2.1.2.2. Değerlendirilmesi

İnsanlardaki MOK efferent etkisini incelemek amacı ile, hayvan çalışmalarında yapıldığı gibi, medial olivokoklear demetin kesilmesi ya da dördüncü ventrikül tabanının elektriksel şok yolu ile uyarılması gibi doğrudan yöntemler kullanılamadığı için dolaylı yöntemler kullanılmaktadır. Otoakustik emisyon ölçümü ya da psikofiziksel ölçümler MOK etkisini incelemek için kullanılan dolaylı yöntemlerdendir.

2.2. Otoakustik Emisyonlar

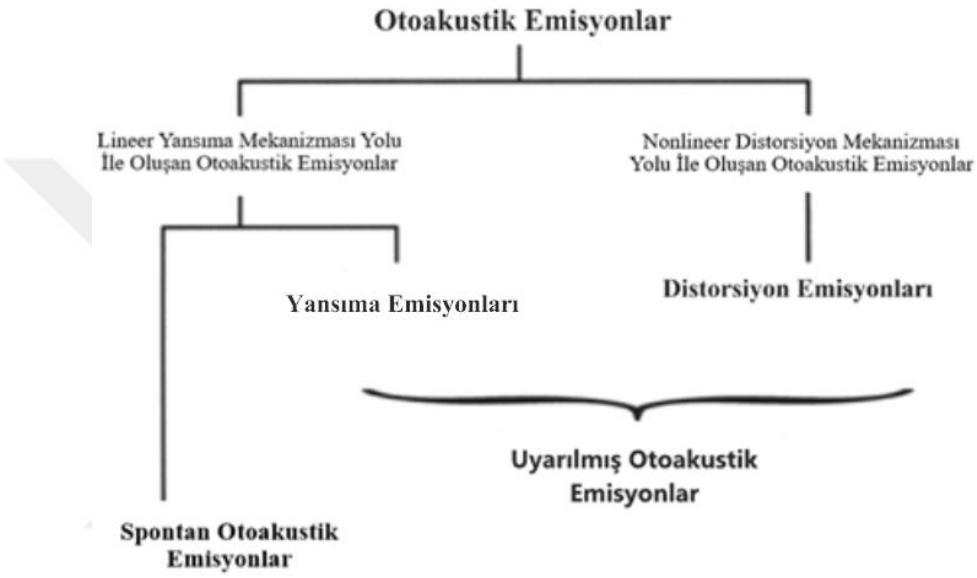
Kokleanın pasif bir filtre olarak çalıştığı fikrine karşılık Thomas Gold kokleada sisteme enerji katan bir tür aktif geribesleme mekanizmasının olması gerektiğini ifade etmiştir. Bu fikrini incelemek için Gold, kendi kulağına yüksek şiddette uyaran göndererek çınlama oluşturmuş ve bu çınlamayı kulağına yerleştirdiği bir mikrofon yardımı ile kaydedebileceğini düşünmüştür. Fakat o zamanın mikrofon teknolojisinin yetersizliği nedeni ile bir sonuç elde edememiş ve bu fikrinin doğru olmadığı kanısına varmıştır (Gold, 1948). David Kemp'in 1978 iç kulağın ürettiği seslerin varlığını kanıtlaması ile Gold tarafından ortaya atılan ve çürütülen, aktif bir mekanizmanın varlığına dair fikir tekrar gündeme gelmiştir. Kemp, hoparlör ve mikrofondan oluşan bir ölçüm aparatını kulak kanalına yerleştirerek spontan ya da kulak kanalına gönderdiği ses uyaranına yanıt olarak dış kulak kanalında ortaya çıkan düşük şiddette sesler kaydetmiştir (Kemp, 1978). Bu seslere ilk olarak "Kemp'in yankıları (ekoları)" ve daha sonra "otoakustik emisyon" adı verilmiştir. Otoakustik emisyonlar, koklear amplifikatör olarak bilinen ve temelini dış tüy hücrelerinin oluşturduğu hassas bir koklear mekanizmanın yan ürünü olarak ortaya çıkan titreşimlerdir. Timpanik membranın çok düşük şiddetteki titreşimleri sonucu ortaya çıkmaktadırlar. Örneğin bir hidrojen atomunun çapı kadarlık membran titreşimi 1 ml hacmindeki kulak kanalında 34 dB SPL kadar yüksek şiddette emisyonlar oluşmaktadır. Yaygın olarak bilinenin aksine otoakustik emisyonlar orta kulak boşluğu yolu ile dış kulağa iletilen sesler değildir. İç kulaktaki aktif koklear mekanizmanın oluşturduğu baziler membran titreşimleri, ters yönde hareket ederek orta kulak kemikçiklerini ve timpanik membrani titreştirmekte ve dolayısı ile dış kulak kanalında otoakustik emisyon olarak adlandırılan ve kaydedilebilen yeni titreşimler oluşturmaktadır. OAE oluşumu sırasında oval ve yuvarlak pencerelerin hareketleri ihmal edilebilecek kadar az ses basıncı oluşturmaktadır. Çünkü oval ve yuvarlak pencerelerin yüzey alanı çok dardır ve hareketleri birbirine zıttır (Kemp, 2002).

2.2.1. OAE Sınıflandırması

Otoakustik emisyonlar, oluşum mekanizmalarına ya da OAE ölçümünde kullanılan uyaran türüne göre sınıflandırılmaktadır. Uyarana yanıt olarak ya da herhangi bir uyaran ile tetiklenmeden oluşabilirler. Uyarana yanıt olarak oluşan OAE'ler uyarılmış

OAE'ler olarak, oluşumu için uyarana gerek olmayan OAE'ler ise spontan otoakustik emisyonlar olarak adlandırılmaktadır.

Uyarılmış ve spontan otoakustik emisyonların oluşum mekanizmalarına göre sınıflandırılması Şekil 2.6'da gösterilmektedir. Lineer yansıma ve nonlineer distorsiyon olmak üzere iki farklı mekanizma yolu ile oluşabilirler (Shera ve Guinan, 2009).



Şekil 2-6: Otoakustik emisyonların oluşum mekanizmalarına göre sınıflandırılması.

(Shera ve Guinan, 2009)

2.2.2. Distorsiyon Ürünü Otoakustik Emisyonlar (DPOAE)

Koklea nonlineer bir sistemdir. Nonlineer sistemler sisteme giren uyaranların frekansları ile aynı frekanslarda yanıtlar verir. Bu yanıtlara ek olarak uyaranların sisteme girdikten sonra etkileşmesi nedeni ile uyaranların frekanslarından farklı frekanslarda da yanıtlar ortaya çıkmaktadır. Uyaran frekansları ile yanıt frekansları arasında matematiksel bir ilişki bulunmaktadır. Böylece sisteme giren uyaranların frekansları bilindiği zaman oluşacak yanıtların frekansları matematiksel formüller kullanılarak öngörülebilmektedir. Kokleaya f1 ve f2 olarak adlandırılan iki farklı frekansta saf ses uyaran gönderildiği zaman f_{dp} olarak adlandırılan ve $f_{dp} = f_1 + (-1)[f_2 - f_1]$ formülü ile öngörülebilen

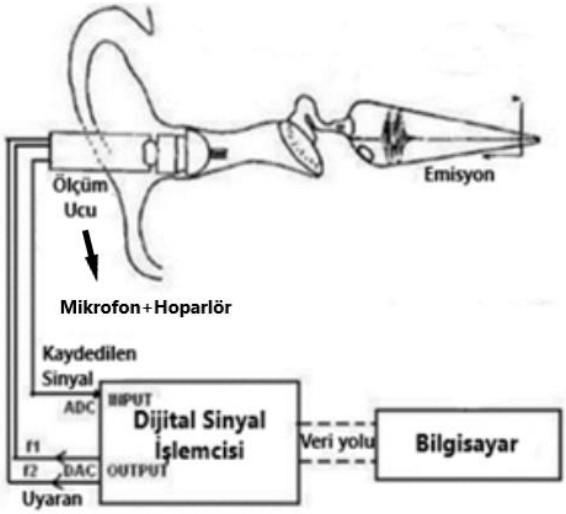
frekanslarda; distorsiyon ürünü (DP) olarak adlandırılan yanıtlar oluşur. Amplitüdü en yüksek olan distorsiyon bileşeni ise 2f1-f2 frekansında oluşur (Kemp, 2002).

2.2.2.1. DPOAE bileşenleri

DPOAE sinyalinin en az iki farklı bileşenden meydana geldiği düşünülmektedir. Bu iki bileşenden biri nonlineer bileşen (distorsiyon bileşeni) diğeri ise yansıma bileşeni olarak adlandırılır. Nonlineer bileşen, f1 ve f2 primerlerinin baziler membran üzerinde oluşturduğu ilerleyen dalgaların en fazla kesiştiği bölgeden kaynaklanmaktadır. Bu kesişim noktasında oluşan enerjinin bir kısmı baziler membranda ilerleyerek karakteristik frekans bölgesine ulaşır ve karakteristik bölgedeki mekanik düzensizliklerden geri yansıyarak yansıma bileşenini oluşturur. Daha sonra nonlineer bileşen ve yansıma bileşeni birleşerek dış kulak kanalında ölçülen DPOAE sinyalini oluşturur. Bu bileşenler arasındaki etkileşim frekans çözünürlüğü yüksek olan bir DPOAE ölçümü yapılması halinde gözlenen, DPOAE amplitüdündeki kuvazi-periyodik değişiklikleri yansıtan ve detaylı yapı (fine structure) adı verilen DP-gram şeklini oluşturur (Talmadge, 1998; Mauermann, 1999).

2.2.2.2. DPOAE Ölçümü

DPOAE ölçüm sistemi temel olarak dış kulak kanalına yerleştirilen bir prob, dijital sinyal işlemcisi ve kişisel bilgisayardan oluşur. Dış kulak kanalı duvarları ile arasında boşluk kalmayacak şekilde yerleştirilen probun içerisinde iki adet minyatür hoparlör ve iç gürültüsü düşük bir mikrofon bulunur. Yumuşak bir materyal ile kaplanmış olan prob (ölçüm ucu), uyaranların dış kulak kanalına gönderilmesi ve oluşan yanıtların kaydedilmesi için kullanılır. Uyaranların üretilmesi ve kaydedilen yanıtların işlemlenmesi için dijital sinyal işlemcisi kullanılır. Ölçümün kontrol edilmesi için ise kişisel bilgisayar kullanılır (Marcrum, 2017).



Şekil 2-7: DPOAE ölçüm düzeneği. (Marcrum, 2017)

2.2.2.3. DPOAE Ölçümündeki Parametrelerin Optimizasyonu

Literatürdeki pek çok çalışmada DPOAE ölçümündeki parametreler için seçilebilecek değerlerin farklı kombinasyonlarının DPOAE ölçüm sonuçları üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bu çalışmalarda primerlerin oluşturduğu ilerleyen dalgaların kesişim bölgesini (overlap region) maksimum düzeyde uyarmak ve dolayısı ile ölçülen DP amplitüdünü maksimum düzeyde elde etmek için gerekli parametre değerleri belirlenmeye çalışılmıştır.

İnsanlar üzerinde yapılan ölçümlerde kullanılabilecek optimal primer frekans oranı değerlerinin araştırıldığı çalışmalarda benzer sonuçlar elde edilmiştir. İnsanlar üzerinde yapılan çalışmalarda primerlerin frekansları arasındaki oran (f2/f1) için optimal değerin yaklaşık 1.2-1.22 civarında olduğu gözlenmiştir (Harris, 1989).

Nonlineer özelliği olan herhangi bir sistemde intermodülasyon distorsiyonunun en güçlü elde edildiği durum, etkileşime giren iki sinyalin şiddet düzeylerinin benzer olduğu durumdur. Uyaranların göreli frekans ve şiddet düzeyleri, intermodülasyon distorsiyonunun koklea üzerinde gerçekleşeceği bölgeyi belirlemektedir. f1 ve f2 frekanslı primerlerin şiddet düzeylerinin aynı tutulması halinde oluşan dalgaların genlikleri kokleanın bazal kısmında eşit iken, dalgalar f1 karakteristik frekans bölgesine doğru ilerledikçe f2 primerinin oluşturduğu dalganın genliği f1 primerinin oluşturduğu

dalganın genliğinden daha fazla artmaktadır. Frekansı düşük olan primer uyaranın (f1 primerinin) şiddet düzeyini f2 primerinin şiddet düzeyinden yüksek tutarak intermodülasyonun en fazla olduğu bölgeyi f2 dalgasının karakteristik bölgesine doğru yaklaştırmak ve elde edilen DP amplitüdünü artırmak mümkün olmaktadır. Fakat f1 primerinin şiddetini çok fazla artırmak ters bir etki oluşturmaktadır. Bu nedenle belirli frekanslardaki primer uyaranlar kullanılarak elde edilecek DP amplitüdlerini maksimum düzeye getirecek primer uyaran şiddet düzeyleri bulunmaktadır (Kemp, 2002).

Primerlerin şiddet düzeylerinin (L1 ve L2) optimal değerleri ile ilgili yapılan çalışmalarda birbirinden farklı sonuçlar elde edilmiştir. Gaskill ve Brown(1990) tarafından yapılan çalışmada L2 düzeyi ve f2/f1 oranı sabit tutulduğunda elde edilecek DPOAE amplitüdünün maksimum düzeyde olmasını sağlayacak belirli bir L1 düzeyinin olduğu ve bu düzey dışındaki L1 düzeylerinin kullanılması durumunda DPOAE amplitüdünün azalacağı ifade edilmiştir. Gaskill ve Brown tarafından ortaya koyulan optimal L1 düzeyi kavramı dikkate alınarak yapılan ve optimizasyon formüllerinin elde edildiği çalışmalar mevcuttur (Whitehead, 1995; Stover ve ark., 1996; Kummer, 2000; Neely, 2005; Marcrum, 2017).

2.2.2.4. Otoakustik Emisyonların Kontralateral Supresyonu

MOK refleksin etkisini incelemek için yapılan otoakustik emisyon ölçümü sırasında MOK sistemi aktive etmek için genellikle ölçüm yapılan kulağın karşısındaki ya da kontralateralindeki kulağa ses gönderilir. Kontralateral kulağa ses gönderilmesi ile otoakustik emisyonların amplitüd ya da faz özelliklerinde ortaya çıkan değişim hesaplanır. Bu ölçüm sırasında dikkat edilmesi gereken bir nokta olarak kontralateral kulağa sunulan sesin akustik stapes refleksini uyarmasını engellemek gerekmektedir (Poveda, 2018).

MOK sistem herhangi bir kulağa sunulacak bir ses ile aktive edilebilmektedir. MOK sistemi aktive etmek için kullanılan uyaranın bant genişliği arttıkça MOK refleks etkisinin arttığı bilinmektedir. Ayrıca kontralateral uyarımın ipsilateral uyarımdan daha fazla etkiye neden olduğu ve en fazla etkinin ise bilateral uyarım ile sağlanabildiği bilinmektedir (Lilaonitkul, 2009). Fakat bilateral ve ipsilateral uyarım yöntemlerinin OAE ölçümünü karmaşık hale getirmesi nedeni ile genellikle kontralateral uyarım yöntemi tercih edilmektedir.

MOK refleks etkisi farklı türdeki otoakustik emisyon ölçümleri kullanılarak değerlendirilebilmektedir. DPOAE ölçümü MOK refleks etkisini incelemek için kullanılan otoakustik emisyon ölçümlerinden biridir. DPOAE ölçümünde MOK etkisini değerlendirmek için sıklıkla 2f1-f2 frekanslı distorsiyon ürünü ölçülmektedir. MOK efferentlerin aktivasyonu genellikle OAE amplitüd düzeylerini düşürmekle birlikte bazen 2f1-f2 distorsiyon ürünü amplitüdünü artırabilmektedir. Bu durum distorsiyon ve yansıma olarak tanımlanan iki farklı OAE kaynağının etkileşiminde oluşan farklılıklar ile açıklanmaya çalışılmaktadır. Yani MOK efferentlerin aktivasyonu distorsiyon ve yansıma bileşenlerinin faz ve amplitüd özelliklerini farklı etkilediği için bu etkilerin bir kombinasyonunu yansıtan OAE amplitüd düzeyinde ortaya çıkan değişimin yönü de farklılık gösterebilmektedir. Ayrıca MOK efferent aktivasyonunun f2-f1 frekanslı distorsiyon ürününü 2f1-f2 frekanslı distorsiyon ürününden daha fazla etkilediği bilinmesine rağmen, insanların çoğunda kaydedilebilen f2-f1 frekanslı distorsiyon ürünü yanıtlarının amplitüd düzeyi genellikle çok düşük olduğu için f2-f1 frekanslı yanıtlar kontralateral supresyon ölçümünde kullanılmamaktadır (Guinan, 2010).

2.3. Dikkat

Duyu sistemlerinden gelen bilgilerin beyin tarafından işlemlenmesi kognitif enerji gerektirmektedir. Fakat kognitif enerji ya da kaynaklar sınırlıdır. Bu nedenle herhangi bir andaki sınırlı kognitif kaynaklar, çevreden duyu sistemlerine gelen bilgilerin yalnızca belirli bir kısmının işlemlenmesi için harcanmalıdır. Sınırlı kognitif kaynakların kullanılacağı bilgiler, anlık görev hedeflerine ya da anlık davranışsal hedeflere göre seçilmektedir (Fawcett ve ark., 2015 p.3). Bu seçicilik mekanizması kabaca ‘dikkat’ olarak adlandırılmaktadır.

2.3.1. Dikkat Teorileri

Dikkat ile ilgili ilk teori Broadbent tarafından oluşturulmuştur (Broadbent, 1958). Broadbent’in *teorisi filtre modeli* ya da *erken seçme modeli* olarak adlandırılmaktadır. Bu teoriye göre algı sisteminin kapasitesi sınırlıdır. Algı sisteminin aşırı yüklenmemesi için uyaranlara dikkat filtresi uygulanmalıdır. Bu teorinin erken filtre modeli olarak adlandırılmasının nedeni dikkat filtresinin duyu işlemleme süreçlerinin

erken aşamalarında devreye girmesidir. Fakat daha sonra yapılan araştırmalarda dinleyicilerin bazen hedeflemedikleri uyaranları da algılayabildiği gözlenmiştir. Bu nedenle *geç seçme modeli* öne sürülmüştür (Deutsch ve Deutsch, 1963). Bu modele göre duyulardan gelen bilgilerin hepsi algılanmaktadır fakat algı aşamasından sonra gerçekleşen hafıza gibi ileri aşamalar sırasında filtrelenmektedir. Yani bu modelde uygulanan filtre işlemleme süreçlerinin daha geç aşamalarında devreye girmektedir. Lavie'nin *algısal yük teorisi* ise erken ve geç seçme modellerinin bir kombinasyonunu içermektedir (Lavie, 1995). Bu teoriye göre algının kapasitesi sınırlıdır ve algı ancak çevredeki bilgiler algının kapasitesini aştığı zaman bilgileri filtrelemeye başlamakta yani seçici hale gelmektedir. İşlemlemenin hangi aşamasında filtreleme yapılacağına karar verilirken görevin gerektirdiği algı kapasitesi ölçüt alınmaktadır. Görev hedefinde olmayan dikkat dağıtıcı bilgilerin filtrelenerek elenmesine karar verilirken çalışma belleği gibi üst düzey kognitif mekanizmalar kullanılmaktadır (Nobre ve Castner, 2014).

2.3.2. Aşağıdan Yukarıya ve Yukarıdan Aşağıya Dikkat

Bölüm 2.3.1'de anlatılan dikkat teorileri tarafından dikkat, tüm uyaranları filtreleyen tek bir seçme mekanizması olarak kabul edilmektedir. Fakat son zamanlarda dikkat, aşağıdan yukarıya dikkat ve yukarıdan aşağıya dikkat olmak üzere iki farklı dikkat mekanizması şeklinde tanımlanmaktadır (Pinto ve ark., 2013). Aşağıdan yukarıya dikkat, diğer adı ile *uyaran ile tetiklenen dikkat*, çevredeki uyaranların özelliklerine bağlı olarak istemsiz bir şekilde yönlendirilen dikkati ifade etmek için kullanılırken; yukarıdan aşağıya dikkat, diğer adı ile *hedef ile tetiklenen dikkat* ise kişinin davranışsal hedefleri ile çevresel uyaranlara istemli bir şekilde yönlendirdiği dikkati ifade etmek için kullanılmaktadır. Bu iki dikkat süreci, birbiri ile kesişen fakat birbirinden farklı nöral ağlar tarafından gerçekleştirilmektedir. Aşağıdan yukarı ve yukarıdan aşağı dikkat mekanizmaları birbiri ile etkileşim halindedir (Shomstein ve ark., 2010).

2.3.3. Dikkatin İşlemlemeye Etkisi

Dikkat olarak nitelendirilen filtreleme işleminin işlemleme sürecindeki hangi aşamada devreye girdiği üzerine yapılan tartışmalar, insan beyninin aktivitesini ölçmek için kullanılan metodların geliştirilmesi ile yeni bir yön kazanmıştır. Bu metodların

kullanıldığı çalışmalardan elde edilen sonuçlar, dikkatin duyu işlemleme sürecini farklı aşamalarda ve farklı şekillerde değiştirebildiğini ya da etkilediğini göstermiştir. Sinirbilim alanında yeni yapılan çalışmalar sonucunda, algı sisteminin tek bir kapasite limitinin olduğu düşüncesi yerini algı sisteminin farklı türde kapasite limitlerinin olduğu düşüncesine bırakmıştır (Wixted ve Serences, 2018 pp. 256, 257).

2.3.4. Dikkatin İşitsel İşlemlemeye Etkisi ve Seçici Filtreleme Modeli

Nöral potansiyellerin kaydedilmesini ve analiz edilebilmesini sağlayan metodlar kullanılarak dikkatin farklı duyu sistemlerindeki işlemleme aşamalarını nasıl etkilediği incelenmiştir. Kişinin davranışsal olarak hedeflediği uyaranlar ve diğer uyaranlara karşılık elde edilen işitsel nöral yanıtların kullanıldığı çalışmalardan elde edilen sonuçlar yorumlanmış ve dikkatin işlemlemeye nasıl etki ettiği üzerine modeller öne sürülmüştür. Bunlar arasında *seçici filtreleme modeli* olarak bilinen modele göre, afferent nöral yollardan oluşan afferent duyu sistemlerindeki işlemleme süreçleri, afferent yollar işitsel uyaranlar tarafından aktive edilmeden önce efferent sistem tarafından seçici bir şekilde modüle edilebilmektedir. Bu seçici efferent kontrol mekanizması aynı modalite içerisinde ya da modaliteler arasında etkin olabilmektedir (Näätänen, 1992).

2.3.5. Dikkatin Periferik İşitme Sistemi Üzerindeki Etkisi

Bölüm 2.1'de anlatıldığı üzere işitme sistemi diğer duyu sistemlerine benzer şekilde afferent ve efferent nöral yollardan oluşmaktadır. İşitme sistemindeki efferent ve afferent yollar, korteksten kokleadaki tüy hücrelerine kadar tüm seviyeler arasında bölgesel geri besleme devreleri oluşturmaktadır. Geri besleme devreleri korteksten işitsel yoldaki diğer merkezlere doğrudan ya da dolaylı olarak girdi sağlamakta ve bu girdileri kullanarak periferik işitsel yapılar da dahil olmak üzere işitme sisteminin tüm seviyelerindeki işlemleme süreçlerini etkileme potansiyeline sahiptir. Fakat işitme sistemindeki geri besleme devrelerinin mekanizmaları ve bu mekanizmaların işitme duyusundaki rolü henüz netleştirilememiştir (Malmierca ve Ryugo, 2010). Geri besleme devrelerinin dikkat süreçlerine aracılık ettiği öne sürülmekte ve bir hipotez olarak araştırmalarda incelenmeye devam edilmektedir (Suga, 2012). Çalışmamızda bu hipotez

esas alınarak işitsel ve görsel dikkat görevleri sırasında periferik işitme sisteminin aktivitesinde efferent işitsel yollar aracılığı ile değişiklik olacağı öngörülmektedir.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışmamız Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Yerel Etik Kurulu tarafından 01.11.2016 tarihli, 394582 sayılı karar ile onaylanmıştır. Çalışma İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi KBB-Odyoloji Bölümü'nde gerçekleştirilmiştir. Katılımcılar çalışmanın amacı ve çalışmada uygulanacak prosedürler hakkında sözlü ve yazılı olarak bilgilendirilmiştir. Katılımcılara gönüllü onam formu imzalatılarak yazılı izin alınmıştır (Ek.1).

3.1. Katılımcılar

Çalışmaya yaşları 22-25 arasında değişen, otoskopik bulguları ve işitmesi normal olan 30 kişi (19 erkek, 11 kadın) dahil edilmiştir. Katılımcıların ototoksik ilaç kullanımı ve yüksek gürültü maruziyeti öyküsü bulunmamaktadır. Ayrıca katılımcıların hikayesinde otolojik, nörolojik ve nöropsikolojik hastalık tanısı bulunmamaktadır.

3.2. Odyolojik Değerlendirme

3.2.1. İmmitansmetrik Ölçümler

Timpanometrik değerlendirme ve akustik refleks ölçümleri Grason Stadler GSI (Grason-Stadler Inc. USA) Tympstar V.2 akustik immitansmetri cihazı kullanılarak yapılmıştır.

Timpanometrik değerlendirme için 85 dB SPL şiddetinde 226 Hz prob ton uyaran kullanılmıştır. Tepe basınç değerinin -100 ile +50 daPa arasında ve statik komplians değerinin ise 0,3 ile 1,5 ml arasında elde edilmesi halinde katılımcıların akustik refleks ölçümüne geçilmiştir.

Bireylerin bilateral akustik refleks eşikleri elde edilmiştir. Akustik refleks ölçümlerinde 1-2 kHz tonal uyaranlar ve geniş bant gürültü uyaranı kullanılmıştır. Otoakustik emisyon ölçümlerinde kullanılan primer DP uyaranlarının ve kontralateral geniş bant uyaranların orta kulak refleksini aktive etmesini engellemek amacıyla bilateral tonal akustik refleks eşikleri 70 dB SPL ve daha iyi olan; bilateral geniş bant akustik refleks eşikleri ise 60 dB SPL ve daha iyi olan kişiler çalışma dışında bırakılmıştır.

3.2.2. Saf Ses Odyometrisi

Odyometrik ölçümler ANSI (American National Standards Instute) standartlarına uygun sessiz kabin ortamında yapılmıştır. Ölçümler için GSI Audiostar Pro (Grason-Stadler Inc. Tiger/USA) odyometre cihazı ve ER-3A insert kulaklık kullanılmıştır. Katılmcıların saf ses işitme eşikleri belirlenmiştir. 250 Hz – 8 kHz arasındaki saf ses frekanslarına ait hava yolu işitme eşikleri 15 dB HL ve daha düşük olan kişiler çalışmaya dahil edilmiştir. Katılımcıların konuşmayı anlama ve konuşmayı ayırt etme eşikleri belirlenmiştir.

3.2.3. Tarama Amaçlı DPOAE Ölçümleri

Tarama amacı ile yapılan DPOAE ölçümlerinde 1-4 kHz arasındaki yarı oktav frekanslarına ait SNR düzeyleri 6 dB ve daha fazla olan kişiler çalışmaya dahil edilmiştir. Çalışmaya dahil edilecek kişilere Bölüm 3.3.2'de anlatılacak ölçümler uygulanmıştır.

3.3. Çalışma Prosedürü

3.3.1. Uyaranların Oluşturulması

3.3.1.1. İşitsel Uyaranlar

İşitsel görevlerde katılımcıların dikkatini yönlendirmesi gereken kontralateral akustik uyaranlar, Apple Logic Pro X yazılımı ve Shure SM48 vokal dinamik mikrofon kullanılarak kaydedilmiştir. Kelimeler ana dili Türkçe olan bir kadın ve bir erkek tarafından seslendirilmiştir. 'evet' ve 'hayır' kelimeleri konuşmacılar mikrofona yaklaşık 20 cm mesafede yerleştirilerek sessiz kabinde kaydedilmiştir. Kayıtlar 44.1 kHz örneklem hızı ve 32 bit çözünürlük kullanılarak alınmıştır. Her biri 2 saniye süren 12 farklı ses kaydı alınmıştır. Kadın konuşmacı tarafından 'evet' kelimesinin seslendirildiği 3 adet ses kaydı, erkek konuşmacı tarafından 'evet' kelimesinin seslendirildiği 3 adet ses kaydı, kadın konuşmacı tarafından 'hayır' kelimesinin seslendirildiği 3 adet ses kaydı ve erkek konuşmacı tarafından 'hayır' kelimesinin seslendirildiği 3 adet ses kaydından oluşan 12 farklı ses kaydı bulunmaktadır. Bu kayıtlardan 4 tanesi görevlerde kullanılacak kontralateral uyaranları oluşturmak üzere seçilmiştir. Seçilen kayıtlar kullanılarak Adobe Audition CC 2018 yazılımında kontralateral uyaranlar oluşturulmuştur.

Ses kayıtlarının 'evet' ve 'hayır' kelimelerini içeren yaklaşık 0,5 saniyelik kısmı kontralateral uyaranda kullanılmak üzere kesilmiştir. Kesilen kayıtların root mean square

(RMS) seviyeleri eşitlenmiştir. RMS seviyeleri eşitlenen uyaranlar aralarında 1,5 s boşluk olacak şekilde ve yaklaşık 3 dakikalık bir ses uyaranı oluşturacak şekilde birleştirilmiştir. Ses tekrarlarını azaltmak amacı ile ses kayıtları birleştirilirken 4 farklı ses kaydının olası tüm permütasyonlarını içeren bir ses dizisi esas alınmıştır. Konuşma seslerinin birleştirilmesi ile oluşturulan uyaran, kontralateral supresyon ölçümlerinde kullanılmak üzere 60 dB SPL geniş bant beyaz gürültü uyaranına eklenmiştir. Kontralateral gürültülü konuşma uyaranı oluşturulurken konuşma uyaranının şiddet düzeyi, kontralateral beyaz gürültü uyaranının RMS düzeyi referans alınarak, 0 ve -10 dB SNR koşullarını sağlayacak şekilde ayarlanmıştır. Konuşma seslerinin düz olarak yerleştirildiği, SNR düzeyleri 0 dB (kolay işitsel I ve kolay işitsel II) ve -10 dB (zor işitsel I ve zor işitsel II) olan gürültülü konuşma uyaranları işitsel görevler sırasında yapılan (aktif ölçüm durumları) DPOAE ölçümlerinde kullanılmak üzere oluşturulmuştur.

İşitsel görevler sırasında yapılan kontralateral supresyon ölçümlerinin eş akustik koşullara sahip pasif kontralateral supresyon ölçümleri ile karşılaştırılması gerekmektedir. Bu nedenle işitsel görevler için oluşturulan uyaranların kullanıldığı pasif deney durumları bulunmaktadır. Fakat pasif ölçümler sırasında kontralateral uyaran içerisindeki düz konuşma uyaranlarının dinleyicinin dikkatini çekmesini önlemek amacı ile konuşma uyaranları temporal olarak tersine çevrilmiştir. Böylece pasif ölçümlerde kullanılmak üzere konuşma uyaranlarının tersini içeren kontralateral gürültülü konuşma uyaranları oluşturulmuştur.

Son olarak sadece beyaz gürültüden oluşan 3 dakikalık bir ses uyaranı oluşturulmuştur. Bu kontralateral gürültü uyaranı ise ters konuşma uyaranlarını içeren kontralateral uyaranlara benzer şekilde pasif ölçümlerde kullanılmak üzere oluşturulmuştur. Pasif ve aktif ölçümlerde kullanılmak üzere oluşturulan kontralateral akustik uyaranların özellikleri Tablo 3.1’ de verilmiştir.

Tablo 3-1: DPOAE ölçümlerinde kullanılmak üzere hazırlanan kontralateral akustik uyaranların özellikleri.

KONTRALATERAL UYARAN	dB SNR (Sinyal Gürültü Oranı)
Ters Konuşma + Gürültü	0
Ters Konuşma + Gürültü	-10
Düz Konuşma + Gürültü	0
Düz Konuşma + Gürültü	-10
Gürültü	-

3.3.1.2. Görsel Uyaranlar

Görsel uyaranlar 0'dan 9'a kadar sayıların net ve statik görsel gürültü (%50 saydamlık, %400 Gauss gürültüsü) ile netliği azaltılmış görüntülerini içermektedir. Görsel uyaranlar Adobe Photoshop Graphics yazılımı kullanılarak oluşturulmuştur. Oluşturulan görsel uyaranların resimleri Şekil 3.1' de verilmiştir.



Şekil 3-1: Sırasıyla kolay görsel ve zor görsel görevlerde kullanılan uyaran örnekleri.

3.3.1.3. Uyaranların Sunulması

İşitsel uyaranlar MADSEN Astera odyometre cihazına yüklenmiştir. Insert kulaklıklar Larson Davis Sound Level Meter aletinin mikrofonuna 2 cc coupler aracılığı ile bağlanmıştır. Odyometrenin bir numaralı kanalından insert kulaklığa devamlı olarak gönderilen uyaranların ortalama RMS düzeyinin 60 dB SPL şiddet düzeyine ulaştığı dB HL düzeyleri belirlenmiştir. Akustik stapes refleksini uyarmadan otoakustik emisyon düzeyleri üzerinde maksimum etkiyi gösterebilecek uyaranların 60-65 dB SPL şiddet

düzeyindeki geniş bant uyaranlar olması nedeni ile kontralateral uyaranların şiddet düzeyi DPOAE ölçümleri boyunca 60 dB SPL'de sabitlenmiştir.

Görsel görevlerdeki görsel uyaranları sunmak için ise profesyonel bir yazılım mühendisi tarafından C# programlama dili kullanılarak yazılan ve Windows tabanlı çalışan bir yazılım kullanılmıştır.

3.3.2. DPOAE Ölçümleri

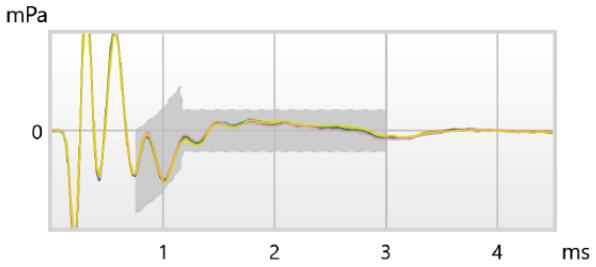
DPOAE ölçümleri MADSEN Otometrics Capella^2 otoakustik emisyon cihazı kullanılarak ANSI standartlarına uygun sessiz kabinde yapılmıştır. Katılımcılar ekrandan yaklaşık 50 cm uzaklıkta ve rahat bir sandalyede oturacak şekilde yerleştirilmiştir. Katılımcının DPOAE ölçümü yapılacak kulağına Şekil 3.2' de gösterilen ER-10D OAE ölçüm ucu (probe) yerleştirilmiştir. Kontralateral supresyon uyaranı gönderilecek kulağına ise MADSEN Otometrics Astera odyometre cihazına bağlı olan ER-3A insert kulaklık yerleştirilmiştir. Kontralateral supresyon uyaranının DPOAE ölçümü yapılan kulağa geçişini engellemek amacı ile insert kulaklık kullanılmıştır. Ölçüm ucu ve ölçüm ucuna bağlı kablolar ile insert kulaklıklar temastan kaynaklanacak OAE kayıt gürültüsünü azaltmak amacı ile sabitlenmiştir.



Şekil 3-2: Otoakustik emisyon ölçüm ucunun parçaları.

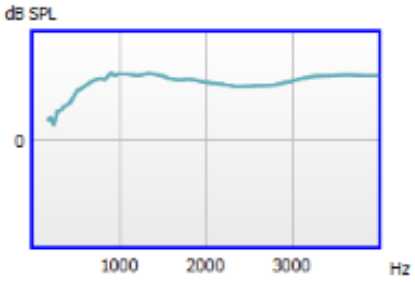
A: Preamplifikatör kutusu, B: Probu bilgisayara bağlayan kablo, C: Kulak kanalına yerleştirilen prob tip. (MADSEN Manuel)

Her ölçüm öncesinde OAE uyaranlarının probe uyaran-zaman ve probe uyaran-frekans grafikleri incelenmiştir. Aynı katılımcının sağ ve sol kulak ölçümlerinin hepsinde elde edilen OAE uyaran-zaman ve OAE uyaranı-frekans grafiklerinin birbirine benzer olması sağlanmıştır. Bu şekilde doğru ve karşılaştırılabilir DPOAE ölçüm sonuçları elde edilmeye çalışılmıştır.



Şekil 3-3: Probe uyaranın şiddet-zaman grafiği.

Probe fit (ölçüm ucu uygunluğu) protokolünde kullanılan klik uyaranın dış kulak kanalındaki şiddet düzeyinin zamana bağlı değişimi gösterilmektedir.



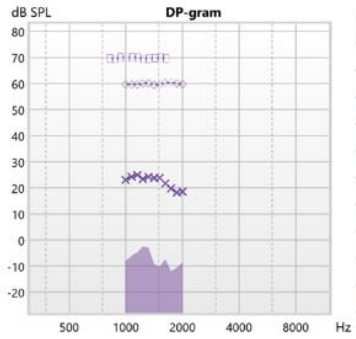
Şekil 3-4: Probe uyaranın şiddet-frekans grafiği.

Probe fit protokolünde (ölçüm ucu uygunluğu) kullanılan klik uyaranın dış kulak kanalındaki şiddet düzeyinin frekansa bağlı spektrumu gösterilmektedir.

Frekansı 2f1-f2 olan distorsiyon ürünü otoakustik emisyon düzeyleri ölçülmüştür. Ölçümler için kullanılan primerlerin frekans oranı f2/f1=1.2 olarak belirlenmiştir. Primerlerin şiddet düzeyleri ise L1=70 ve L2=60 dB SPL olarak belirlenmiştir. Primerlerin şiddet düzeyleri ve frekans oranı ölçümler boyunca sabit tutulmuştur. f2 primerinin frekansı 1-2 kHz arasında 1/10 oktav frekans aralıkları ile değiştirilerek f1

primerinin frekansı f2/f1=1.2 oranını sağlayacak şekilde belirlenmiştir. Kontralateral uyaranların otoakustik emisyon ölçümleri üzerinde maksimum etki gösterdiği frekans bölgesine karşılık gelen 1-2 kHz arasındaki DP değerleri incelenmiştir. Sweep yönü tüm ölçümlerde yüksek frekanslardan alçak frekanslara doğru olacak şekilde seçilmiştir.

DP amplitüd değerlerini f1 frekanslarının bir fonksiyonu olarak gösteren DP-gram eğrileri elde edilmiştir. Şekil 3.5'te verilen DP-gram eğrisi çalışmamızdaki ölçümlerden elde edilen DP-gram eğrilerinden bir örnek olarak seçilmiştir. Sol taraftaki DP-gram grafiğinde taralı alan gürültü tabanını (NF), çarpı işaretleri DP amplitüdlerini, dikdörtgenler ölçüm boyunca kullanılan f1 primerlerinin şiddet düzeylerini ve eşkenar dörtgenler ise ölçüm boyunca kullanılan f2 primerlerinin şiddet düzeylerini göstermektedir (Şekil 3.5). Sağ tarafta ise aynı DPOAE ölçümünden elde edilen 2f1-f2 frekansındaki DP amplitüdü (DP1), gürültü tabanı (NF) ve sinyal gürültü oranı (SNR) parametrelerinin sayısal değerleri görülmektedir (Şekil 3.5). DPOAE ölçümlerinde durma kriteri olarak tüm frekanslarda DPOAE SNR düzeylerinin 6 dB ve daha yüksek olması kabul edilmiştir.



F2	GM	L1/L2	DP1	NF	SNR
996	904	70 / 60	23	-8	31
1074	971	70 / 60	24	-6	30
1152	1039	70 / 60	25	-5	30
1230	1112	70 / 60	23	-2	26
1318	1195	70 / 60	24	-3	27
1416	1283	70 / 60	24	-9	33
1513	1370	70 / 60	24	-10	34
1621	1467	70 / 60	22	-7	29
1738	1574	70 / 60	20	-12	32
1865	1691	70 / 60	18	-11	29
2001	1812	70 / 60	19	-9	27

Şekil 3-5: DP-gram sonucu ve DP-gram parametrelerinin değerleri.

Katılımcılara ölçümler öncesinde ölçümler ve görevler hakkında bilgi verilmiştir. Temel ve pasif DPOAE ölçümleri sırasında katılımcıların sessiz ve hareketsiz bir şekilde oturarak ekrandaki çarpı işaretine sabit bir şekilde bakmaları istenmiştir. Aktif DPOAE ölçümleri sırasında ise katılımcıların yönergeleri takip ederek işitsel ya da görsel görevleri yerine getirmesi istenmiştir. Katılımcıların görevleri yerine getirirken mümkün olduğunca az hareket etmeleri istenmiştir. Tüm ölçümlerde DPOAE yanıtları

kaydedilmekle birlikte sadece pasif ve aktif ölçümlerde kontralateral akustik uyarım kullanılmıştır.

Çalışmamızda yönergeleri farklı olan, I. işitsel görev ve II. işitsel görev şeklinde isimlendirilen iki ayrı işitsel görev bulunmaktadır. Ayrıca işitsel görevlerin kolay ve zor formları bulunmaktadır (kolay işitsel I, zor işitsel I, kolay işitsel II, zor işitsel II). İşitsel görevler sırasında kullanılan kontralateral uyaranların sinyal gürültü oranındaki farklılık esas alınarak görevler kolay ve zor olmak üzere sınıflandırılmıştır. Kolay işitsel I ile kolay işitsel II (0 dB SNR) ve zor işitsel I ile zor işitsel II (-10 dB SNR) eşit akustik koşullara sahiptir.

İşitsel görevler, katılımcıların DPOAE ölçümlerinde kullanılan kontralateral uyaran içerisindeki konuşma uyaranlarını dinleyerek sınıflandırmasını ve sınıflandırmayı ekran klavyesinde etiketli tuşlara basarak yapmasını gerektirmektedir. I numaralı işitsel görevin yönergesine göre katılımcının kontralateral uyaran içerisindeki konuşma uyaranlarını dinleyerek ‘evet’ kelimesini duyduğu zaman klavyedeki ‘e’ etiketli tuşa, ‘hayır’ kelimesini duyduğu zaman ise ‘h’ etiketli tuşa basması gerekmektedir. II numaralı işitsel görevin yönergesine göre ise katılımcının kontralateral uyaran içerisindeki konuşma uyaranlarını dinleyerek ‘evet’ ve ‘hayır’ kelimelerini bir kadın seslendiriyorsa ‘k’ etiketli tuşa, bir erkek seslendiriyorsa ‘e’ etiketli tuşa basması gerekmektedir. ‘evet’ ve ‘hayır’ uyaranları arasında 1,5 s boşluklar bulunmaktadır ve katılımcının bu süre içerisinde mümkün olduğu kadar hızlı ve doğru yanıt vermesi gerekmektedir. Katılımcıların yanıtları çalışmamız için oluşturulan yazılım kullanılarak kaydedilmiştir. Kaydedilen yanıtlar kontralateral uyaranların kelime dizisi ile karşılaştırılarak doğru yanıtların yüzdesi hesaplanmıştır.

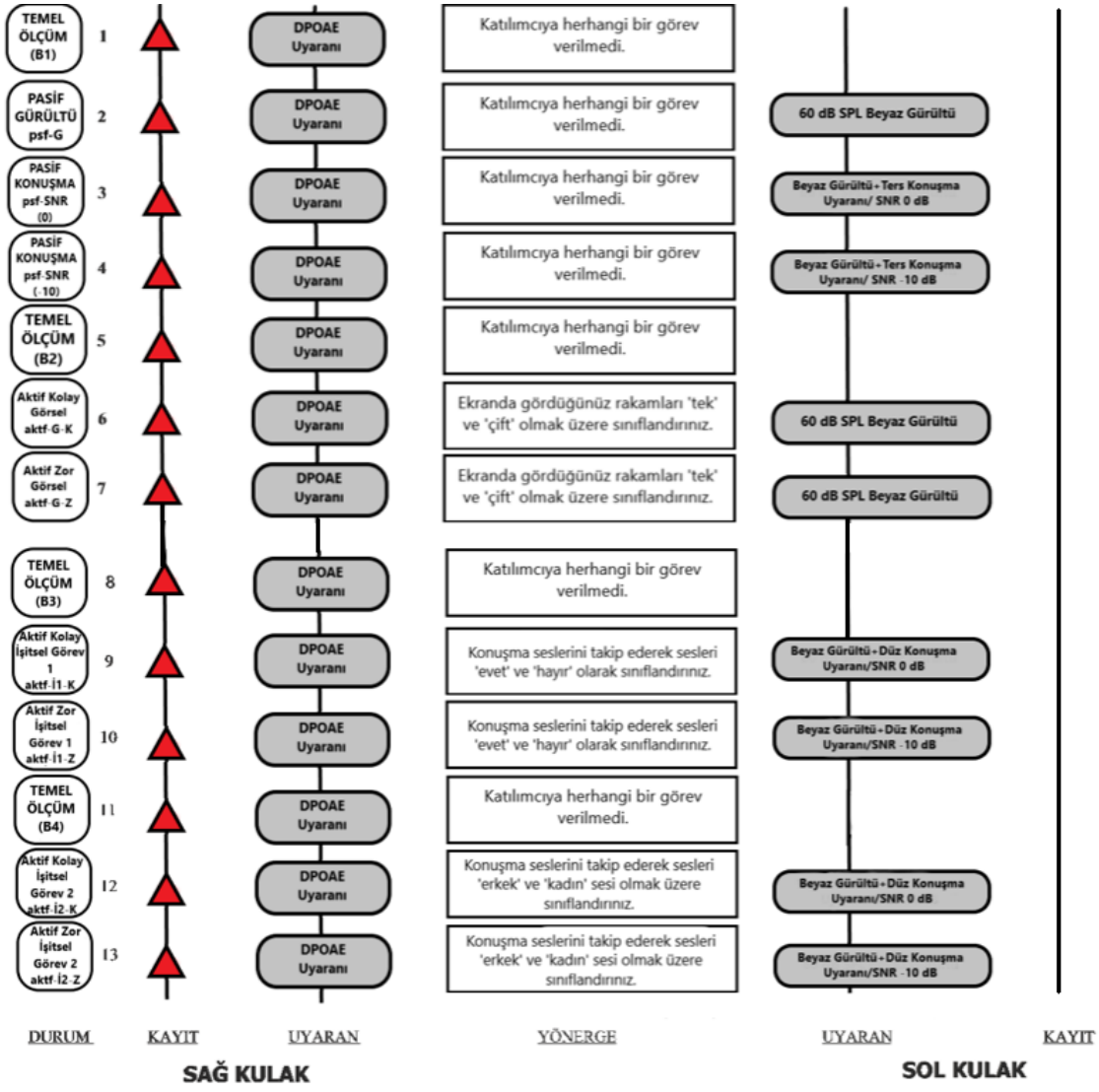
Görsel görevlerde ise işitsel görevlerde olduğu gibi yönergeler farklılık göstermemektedir. Fakat işitsel görevlerdekine benzer şekilde görevde kullanılan uyaranın netliğindeki farklılık nedeni ile görsel görevin zor ve kolay formları bulunmaktadır (kolay görsel, zor görsel). İşitsel görevlerden farklı olarak görsel görevlerde kontralateral uyaranın içerisinde konuşma uyaranı bulunmamaktadır. Görsel görevler sırasında medial efferentleri aktive etmek için sadece kontralateral beyaz gürültü uyaranı kullanılmıştır. Katılımcının gürültü uyaranını göz ardı ederek 50 cm uzağına yerleştirilmiş bilgisayar ekranındaki sayılara dikkat etmesi, ekranda gördüğü sayı ‘tek’ ise ‘t’ etiketli tuşa, ‘çift’ ise ‘ç’ etiketli tuşa basarak sayıları sınıflandırması

gerekmektedir. Sayılar randomize bir sırayla ve katılımcı yanıt verdikten sonra sunulmaktadır. İşitsel görevden farklı olarak katılımcıların yanıt vermesi için belirli bir süre sınırı bulunmamaktadır. Fakat katılımcının mümkün olduğu kadar hızlı ve doğru yanıt vermesi gerekmektedir. Katılımcıların yanıtları çalışmamız için oluşturulan yazılım kullanılarak kaydedilmiştir. Kaydedilen yanıtların doğruluk yüzdesi yazılım tarafından hesaplanmıştır.

3.3.3. Deney Düzeneği

Çalışmamızda yapılan ölçümler temel, pasif ve aktif ölçümler olarak sınıflandırılmıştır. Pasif ve aktif ölçümlerdeki kontralateral akustik uyarımın etkisini değerlendirmek amacı ile temel ölçümler yapılmıştır. Ayrıca DPOAE ölçümlerinin tekrarlanabilirliğini değerlendirmek amacı ile temel ölçümler aralıklı olarak tekrarlanmıştır.

Ölçümler tüm katılımcılara belirli bir sıra ile yapılmıştır. Katılımcının bir kulağında yapılan ölçümlerin sırası Şekil 3.6'da gösterilmektedir. Tüm katılımcıların her iki kulağı da test edilmiştir. Ölçümler sağ ve sol kulakta aynı sıra ile yapılmıştır. Ölçümlere daima sağ kulak ile başlanmış, sağ kulak ölçümleri bittikten sonra 10 dakika ara verilerek sol kulağa geçilmiştir. Her ölçüm yaklaşık 2 dakika, tüm ölçümler ise yaklaşık 1,5 saat sürmüştür.



Şekil 3-6: Sağ kulakta gerçekleştirilen ölçümler için kullanılan ölçüm sırası.

3.4. Analiz Edilecek Parametrelerin Hesaplanması

3.4.1. Supresyon Miktarının Hesaplanması

Deney durumlarında yapılan DPOAE ölçümleri sonucunda 1-2 kHz arasındaki 11 farklı frekansın DP amplitüdü değerleri kaydedilmiştir. 11 frekansın DP amplitüdü değerlerinin ortalaması hesaplanmıştır. Kontralateral supresyon miktarı hesaplanırken DP amplitüd ortalaması kullanılmıştır.

Aktif ve pasif deney durumlarındaki kontralateral supresyon miktarlarını hesaplamak için aktif ve pasif deney durumlarında elde edilen ortalama DP amplitüdü değerlerinden temel deney durumunun ortalama DP amplitüdü değeri çıkarılmıştır. Aktif ve pasif deney durumlarının supresyon hesaplamaları için belirli bir deney durumunun öncesinde ve en yakın zamanda yapılan temel deney durumu kullanılmıştır.

Supresyon miktarının pozitif değerleri için kontralateral akustik uyarımın DP amplitüdlerini arttırdığını, negatif değerleri için DP amplitüdlerini azalttığını ve sıfıra yakın değerler için ise DP amplitüdlerini değiştirmediğini göstermektedir.

3.4.2. Görev Performansının Hesaplanması

Aktif deney durumlarında katılımcılara verilen işitsel ve görsel görevlerde katılımcıların performansları değerlendirilmiştir. Belirli bir görev sırasında katılımcının verdiği doğru yanıtların sayısı katılımcının verdiği total yanıt sayısına oranlanarak 100 ile çarpılmıştır. Görev performanslarının doğruluğu yüzde (%) olarak ifade edilmektedir.

3.5. İstatistiksel Analizler

Verilerin istatistiksel analizi SPSS v. 15.0 istatistik programı kullanılarak yapılmıştır. Katılımcıların sağ ve sol kulak verileri ayrı ayrı analiz edilmiştir. Analizden elde edilen p değerinin 0.05'ten küçük olması, elde edilen sonuçların istatistiksel anlamlı kabul edilmesinin kriteri olarak belirlenmiştir. İki bağımlı değişkenin karşılaştırılmasında, verilerin normal dağılması durumunda, *bağımlı örneklem t-testi*, verilerin normal dağılmaması durumunda ise *Wilcoxon işaretli sıralama testi* kullanılmıştır. İkiden fazla bağımlı değişkenin karşılaştırılmasında, verilerin normal dağılması durumunda, *tekrarlı ölçümler ANOVA testi*, verilerin normal dağılmaması durumunda ise *Friedman'ın ANOVA testi* kullanılmıştır.

4. BULGULAR

4.1. Katılımcıların Demografik Bilgileri

Çalışmamıza 11 erkek ve 19 kadın olmak üzere toplam 30 genç yetişkin dahil edilmiştir. Katılımcıların yaş ortalamaları 22,8±1,15 olarak elde edilmiştir. Katılımcıların demografik bilgileri Tablo 4.1' de gösterilmektedir.

Tablo 4-1: Demografik bilgiler

	Yaş (Yıl)		
	ort ± ss	Minimum Değer	Maksimum Değer
Kadın (n=19)	22,95 ± 1	22	25
Erkek (n=11)	22,64 ± 1,3	21	25
Toplam (n=30)	22,80 ± 1,2	21	25

4.2. DPOAE ölçümlerinin SNR değerleri

Çalışmamızda yapılan DPOAE ölçümlerinde SNR değerleri kaydedilmekle birlikte SNR değeri DPOAE ölçümlerini kabul etme ya da durdurma kriteri olarak kullanılmıştır. SNR değerlerinin ortalama ve standart sapma değerleri hesaplanmış, SNR ortalamaları istatistiksel olarak analiz edilmemiştir. Katılımcıların temel, pasif ve aktif ölçümlere ait SNR ortalamaları kulağa spesifik bir şekilde Tablo 4.2, Tablo 4.3 ve Tablo 4.4'te gösterilmektedir.

Tablo 4-2: Temel ölçümlere ait ortalama SNR düzeyleri

	Ortalama SNR Düzeyleri dB SPL (ort±ss)			
	Temel Ölçüm 1 (B1)	Temel Ölçüm 2 (B2)	Temel Ölçüm 3 (B3)	Temel Ölçüm 4 (B4)
Sağ Kulak (n=30)	21,77 ± 3,9	21,02 ± 4,3	21.73 ± 4,6	20,79 ± 4,8
Sol Kulak (n=30)	21,76 ± 4,2	22,01 ± 4,5	21.37 ± 4,1	21,55 ± 4,2

Tablo 4-3: Pasif ölçümlere ait ortalama SNR düzeyleri

	Ortalama SNR Düzeyleri dB SPL (ort±ss)		
	Pasif Gürültü	Pasif SNR(0)	Pasif SNR(-10)
Sağ Kulak (n=30)	20,80 ± 3,8	20,28 ± 3,9	19,98 ± 4,5
Sol Kulak (n=30)	20,69 ± 4,4	20,55 ± 4,4	20,96 ± 4,3

Tablo 4-4: Aktif ölçümlere ait ortalama SNR düzeyleri

	Ortalama SNR Düzeyleri dB SPL (ort±ss)	
	Sağ Kulak(n=30)	Sol Kulak(n=30)
K-İ1 (Kolay İşitsel I)	19,93 ± 4,2	20,57 ± 4,3
Z-İ1 (Zor İşitsel I)	19,95 ± 3,9	20,44 ± 3,7
K-İ2 (Kolay İşitsel II)	19,96 ± 4,7	20,30 ± 3,9
Z-İ2 (Zor İşitsel II)	19,81 ± 5,2	20,41 ± 4,3
K-G (Kolay Görsel)	19,07 ± 4,6	20,7 ± 4,5
Z-G (Zor Görsel)	20,73 ± 4	19,97 ± 5,1

4.3. Temel Ölçümlerin DP Amplitüdü ve Gürültü Tabanı (NF) Değerleri

Katılımcılara farklı zamanlarda uygulanan temel ölçümlerden elde edilen DP amplitüdü ve NF değerlerinin sağ ve sol kulak için ortalamaları Tablo 4.2 ve Tablo 4.3' te verilmiştir. Temel ölçümler üzerinde yapılan analizlerde DPOAE ölçümlerinin tekrarlanabilirliği değerlendirilmek istenmiştir.

Tablo 4-5: Temel ölçümlere ait ortalama DP amplitüdü değerleri

	Ortalama Mutlak DP Amplitüdü Değerleri dB SPL			
	Temel Ölçüm(B1)	Temel Ölçüm(B2)	Temel Ölçüm(B3)	Temel Ölçüm(B4)
Sağ Kulak (n=30)	15,77 ± 4,2	15,65 ± 4,5	16,31 ± 4,8	15,68 ± 5,2
Sol Kulak (n=30)	15,56 ± 4,7	15,90 ± 4,8	15,80 ± 4,7	15,82 ± 4,8

p>0.05.

Tablo 4-6: Temel ölçümlere ait ortalama gürültü tabanı (NF) değerleri

	Ortalama Gürültü Tabanı Değerleri dB SPL (ort±ss)			
	Temel Ölçüm(B1)	Temel Ölçüm(B2)	Temel Ölçüm(B3)	Temel Ölçüm(B4)
Sağ Kulak (n=30)	-6,31 ± 1,5	-5,86 ± 1,9	-5,72 ± 2,3	-5,50 ± 2,2
Sol Kulak (n=30)	-5,86 ± 2,2	-6,19 ± 2,3	-5,80 ± 2,1	-5,81 ± 2,2

p>0.05.

Temel ölçümlerden elde edilen DP değerleri üzerinde zamanın ya da ölçüm sırasının etkisini değerlendirmek için Tekrarlı Ölçümler ANOVA analizi kullanılmıştır. Temel ölçümlerin DP değerleri üzerinde ölçüm durumunun istatistiksel olarak anlamlı etkisinin olmadığı bulunmuştur (p>0.05).

Temel ölçümlerin NF değerleri üzerinde zamanın ya da ölçüm sırasının etkisini değerlendirmek için ise Friedman'ın ANOVA analizi kullanılmıştır. Temel ölçümlerin NF değerleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etkisinin olmadığı bulunmuştur (p>0.05).

4.4. Pasif ve Aktif Ölçümlerin DP Amplitüdü ve Gürültü Tabanı (NF) Değerleri

Katılımcıların pasif ölçüm durumlarından elde edilen DP amplitüdü (Tablo 4.7) ve NF düzeyleri (Tablo 4.9) ile aktif ölçüm durumlarından elde edilen DP amplitüdü (Tablo 4.8) ve NF düzeyleri (Tablo 4.10) verilmiştir.

Tablo 4-7: Pasif ölçümlere ait DP amplitüdü değerleri.

	Ortalama DP Amplitüdü dB SPL (ort±ss)		
	Pasif Gürültü	Pasif SNR(0)	Pasif SNR(-10)
Sağ Kulak (n=30)	14,91 ± 4,1	14,79 ± 4	16,04 ± 4,9
Sol Kulak (n=30)	15,56 ± 4,7	14,83 ± 4,7	14,84 ± 4,6

Tablo 4-8: Aktif ölçümlere ait DP amplitüdü değerleri.

	Ortalama DP Amplitüdü dB SPL (ort±ss)	
	Sağ Kulak(n=30)	Sol Kulak(n=30)
Kolay İşitsel 1 (K-İ1)	14,94 ± 5,1	14,95 ± 4,6
Zor İşitsel 1(Z-İ1)	14,63 ± 4,4	14,87 ± 4,8
Kolay İşitsel 2 (K-İ2)	14,96 ± 5,1	14,82 ± 4,7
Zor İşitsel 2 (Z-İ2)	14,50 ± 5,2	14,68 ± 4,8
Kolay Görsel (K-G)	14,83 ± 5,1	15,25 ± 4,6
Zor Görsel (Z-G)	15,23 ± 5,4	15,20 ± 4,8

Tablo 4-9: Pasif ölçümlere ait NF değerleri.

	Ortalama NF Düzeyi dB SPL (ort±ss)		
	Pasif Gürültü	Pasif SNR (0)	Pasif SNR (-10)
Sağ Kulak (n=30)	-6,19 ± 1,6	-5,85 ± 2,2	-5,86 ± 2,1
Sol Kulak (n=30)	-6,06 ± 2,1	-5,82 ± 2,3	-6,11 ± 2,3

NF, Gürültü Tabanı.

Tablo 4-10: Aktif ölçümlere ait NF değerleri.

	Ortalama NF Düzeyi dB SPL (ort±ss)	
	Sağ Kulak (n=30)	Sol Kulak (n=30)
Kolay İşitsel I (K-İ1)	-5,29 ± 2,7	-5,57 ± 2,5
Zor İşitsel I (Z-İ1)	-5,66 ± 2,1	-5,60 ± 2,6
Kolay İşitsel II (K-İ2)	-5,23 ± 2,5	-5,46 ± 2,6
Zor İşitsel II (Z-İ2)	-5,62 ± 2,3	-5,94 ± 2,4
Kolay Görsel (K-G)	-4,76 ± 2,8	-5,19 ± 2,6
Zor Görsel (Z-G)	-5,14 ± 2,2	-5,51 ± 2,7

NF, Gürültü Tabanı.

Ayrıca pasif ve aktif ölçüm durumlarında kullanılan akustik uyarımın DP amplitüdü düzeyleri üzerindeki etkisini değerlendirmek amacı ile, pasif ölçümlerin DP değerleri ile temel ölçümlerin DP değerleri arasında; aktif ölçümlerin DP değerleri ile temel ölçümlerin DP değerleri arasında nonparametrik analiz yöntemi *Wilcoxon işaretli sıralama testi* kullanılarak ikili karşılaştırmalar yapılmıştır. İkili karşılaştırmalardan elde edilen p değerleri verilmiştir (Tablo 4.11). Pasif ve aktif ölçümlerde kullanılan kontralateral supresyon uyaranlarının DP amplitüdlerini anlamlı düzeyde değiştirdiği gözlenmiştir ($p<0.05$).

Tablo 4-11: Temel ölçümler ile pasif ve aktif ölçümlere ait DP amplitüdü değerleri arasındaki ikili karşılaştırmalardan elde edilen p değerleri.

	Temel Ölçüm 1 (B1)		Temel Ölçüm 2 (B2)		Temel Ölçüm 3 (B3)		Temel Ölçüm 4 (B4)	
	Sağ Kulak (n=30)	Sol Kulak (n=30)	Sağ Kulak (n=30)	Sol Kulak (n=30)	Sağ Kulak (n=30)	Sol Kulak (n=30)	Sağ Kulak (n=30)	Sol Kulak (n=30)
Pasif Gürültü	<0.001**	0.001**						
Pasif SNR (0)	<0.001**	0.002*						
Pasif SNR (-10)	0.016*	0.001**						
Kolay Görsel			<0.001**	0.004*				
Zor Görsel			0.002*	0.001**				
Kolay İşitsel I					<0.001**	<0.001**		
Zor İşitsel I					<0.001**	<0.001**		
Kolay İşitsel II							<0.001**	<0.001**
Zor İşitsel II							0.001**	<0.001**

Wilcoxon ,İşaretli Sıralama Testi, p<0.05*, p<0.001**.

Aktif ölçümler sırasında katılımcıların verilen görevleri yerine getirirken vücut hareketlerinin artmasının etkisini değerlendirmek amacı ile pasif ölçümlerin NF düzeyleri ve aktif ölçümlerin NF düzeyleri arasında ikili karşılaştırmalar yapılmıştır. Verilerin normal dağılım göstermemesi nedeni ile istatistiksel analizler için nonparametrik analiz yöntemi *Wilcoxon işaretli sıralama testi* kullanılmıştır. Analizden elde edilen p değerleri verilmiştir (Tablo 4.12). Sağ kulak yanıtlarının analizleri sonucunda, kolay işitsel I ve kolay görsel ölçümlerindeki gürültü tabanının pasif gürültü ölçümündeki gürültü tabanından yüksek; kolay işitsel I, zor işitsel I, kolay işitsel II ve kolay görsel ölçümlerindeki gürültü tabanının pasif SNR (-10) ölçümündeki gürültü tabanından yüksek olduğu gözlenmiştir ($p<0.05$). Sol kulak yanıtlarının analizleri sonucunda ise sadece kolay görsel ve zor görsel ölçümlerindeki gürültü tabanının pasif gürültü ölçümlerindeki gürültü tabanından yüksek olduğu gözlenmiştir ($p<0.05$).

Tablo 4-12: Aktif ve pasif ölçüm durumlarına ait NF düzeylerinin ikili karşılaştırmasından elde edilen p değerleri.

	Pasif Gürültü		Pasif SNR(0)		Pasif SNR(-10)	
	Sağ Kulak (n=30)	Sol Kulak (n=30)	Sağ Kulak (n=30)	Sol Kulak (n=30)	Sağ Kulak (n=30)	Sol Kulak (n=30)
K-İ1	0.067	**0.023***	0.399	0.304	0.344	**0.015***
Z-İ1	0.166	0.078	0.347	0.428	0.914	**0.034***
K-İ2	0.057	0.064	0.258	0.230	0.376	**0.024***
Z-İ2	0.150	0.422	0.393	0.940	0.339	0.294
K-G	**0.006***	**0.002***	0.053	0.057	0.061	**0.002***
Z-G	**0.004***	0.096	0.074	0.304	0.057	0.064

Wilcoxon İşaretli Sıralama Testi, $p<0.05$*, $p<0.001$**; NF, Gürültü Tabanı; K-G, Kolay Görsel; Z-G, Zor Görsel; K-İ1, Kolay İşitsel I; Z-İ1, Zor İşitsel I; K-İ2, Kolay İşitsel II; Z-İ2, Zor İşitsel II; Sup, Supresyon Miktarı.

4.5. Supresyon Parametresinin Analizi

4.5.1. Pasif Ölçümlerdeki Supresyon

Katılımcıların sağ ve sol kulaktaki pasif ölçümlerine ait supresyon parametrelerinin ortalama ve standart sapma değerleri Tablo 4.14' te verilmiştir.

Tablo 4-13: Pasif ölçümlere ait supresyon miktarları.

	SAĞ (n=30)			**SOL (n=30)**		
	Sup-pasif-gürültü	**Sup-pasif-SNR(0)**	**Sup-pasif-SNR(-10)**	**Sup-pasif-gürültü**	**Sup-pasif-SNR(0)**	**Sup-pasif-SNR(-10)**
Ort ± ss	-0,86 ± 0,6	-0,97 ± 1,2	0,27 ± 1,9	-0,73 ± 0,9	-0,71 ± 1,1	-0,74 ± 1

Sup, Supresyon Miktarı.

4.5.2. Pasif Ölçümlerin Supresyon Karşılaştırması

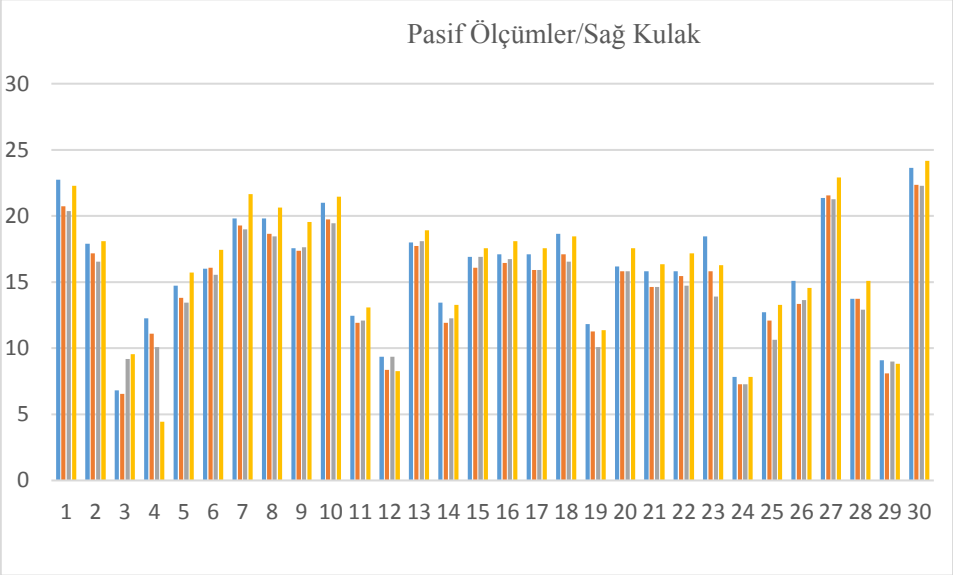
Pasif ölçümlere ait supresyon değerleri arasında *Wilcoxon işaretli sıralama testi* kullanılarak ikili karşılaştırmalar yapılmıştır. Sağ ve sol kulak ölçümlerine ait supresyon değerleri ayrı ayrı analiz edilmiştir. Analizlerden elde edilen p değerleri Tablo 4.14'te verilmiştir. Sol kulaktaki pasif ölçümlerin supresyon miktarları arasında anlamlı bir fark gözlenmemiştir ($p>0.05$). Sağ kulaktaki pasif ölçümlerin supresyon miktarları analiz edildiğinde ise pasif gürültü ve pasif SNR(0) ölçümlerindeki supresyon miktarları arasında anlamlı bir fark gözlenmezken ($p>0.05$), pasif gürültü ve pasif SNR(0) ölçümlerindeki supresyon miktarının pasif SNR(-10) ölçümündeki supresyon miktarından yüksek olduğu gözlenmiştir ($p<0.001$).

Tablo 4-14: Pasif supresyon değerlerinin sağ ve sol kulak analizlerinden elde edilen p değerleri

		Sup-pasif-SNR(0)/ Sup-pasif-SNR(-10)	Sup-pasif-SNR(0)/ Sup-pasif-gürültü	Sup-pasif-SNR(-10) /Sup-pasif-gürültü
İkili Karşılaştırmalar	**Sağ (n=30)**	**<0.001****	0.257	**<0.001****
	Sol (n=30)	0.488	0.982	0.813

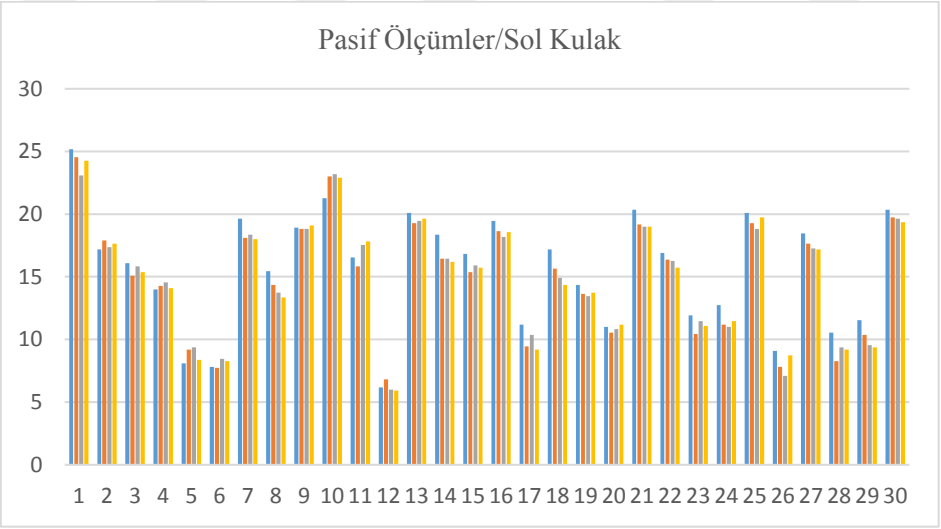
Wilcoxon İşaretli Sıralama Testi, p<0.001**; Sup, Supresyon Miktarı.

Pasif ölçümlerdeki supresyona bağlı DP amplitüd değişimini göstermek adına pasif ölçümlerdeki supresyon miktarını hesaplamak için kullanılan ve pasif ölçümlerin hemen öncesinde yapılan birinci temel ölçüm (B1) ile pasif ölçümlere ait DP amplitüdleri Şekil 4.1 ve Şekil 4.2'de verilmiştir.



Şekil 4-1: 30 katılımcının sırası ile temel ölçüm (B1), pasif gürültü, pasif SNR(0) ve pasif SNR(-10) durumlarındaki sağ kulak ölçümlerine ait DP amplitüdü değerleri.

Mavi Renk, Temel Ölçüm (B1); Turuncu Renk, Pasif Gürültü; Gri Renk, Pasif SNR(0); Sarı Renk, Pasif SNR(-10)



Şekil 4-2: 30 katılımcının sırası ile temel ölçüm (B1), pasif gürültü, pasif SNR(0) ve pasif SNR(-10) durumlarındaki sol kulak ölçümlerine ait DP amplitüdü değerleri.

Mavi Renk, Temel Ölçüm (B1); Turuncu Renk, Pasif Gürültü; Gri Renk, Pasif SNR(0); Sarı Renk, Pasif SNR(-10)

4.5.3. Aktif Ölçümlerdeki Supresyon

Katılımcıların sağ ve sol kulaktaki aktif ölçümlerine ait supresyon parametrelerinin ortalama ve standart sapma değerleri Tablo 4.15'te verilmiştir.

Tablo 4-15: Aktif ölçümlere ait supresyon miktarlarının ortalama ve standart sapmaları

	Sup-Z-İ1	**Sup-K-İ1**	**Sup-Z-İ2**	**Sup-K-İ2**	**Sup-Z-G**	**Sup-K-G**
Sağ Kulak (n=30)	-1,16 ± 1,2	-1,18 ± 2	-0,80 ± 1,6	-0,69 ± 1	-0,98 ± 1,3	-1,36 ± 1,4
Sol Kulak (n=30)	-0,83 ± 0,9	-0,82 ± 0,8	-1,00 ± 0,8	-1,07 ± 1	-0,86 ± 0,8	-0,65 ± 0,7

Wilcoxon İşaretli Sıralama Testi, $p<0.05$*, $p<0.001$**; K-G, Kolay Görsel; Z-G, Zor Görsel; K-İ1, Kolay İşitsel I; Z-İ1, Zor İşitsel I; K-İ2, Kolay İşitsel II; Z-İ2, Zor İşitsel II; Sup, Supresyon Miktarı.

4.5.4. Pasif ve Aktif Ölçümlerin Supresyon Karşılaştırması

Pasif ölçümlere ait supresyon değerleri ile aktif ölçümlere ait supresyon değerleri arasında *Wilcoxon işaretli sıralama testi* kullanılarak ikili karşılaştırmalar yapılmıştır. Yalnızca akustik ortamları birbiri ile eşleşen pasif ve aktif ölçümlerin supresyon miktarları karşılaştırılmıştır. Sağ ve sol kulak ölçümlerine ait supresyon değerleri ayrı ayrı analiz edilmiştir. Analizlerden elde edilen p değerleri Tablo 4.16'da verilmiştir.

Katılımcıların sol kulağındaki aktif ile pasif ölçümlerin supresyon miktarları arasında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($p>0.05$). Katılımcıların sağ kulağındaki analizlerdeki istatistiksel anlamlı farklılıklar pasif gürültü ile kolay görsel durumları arasında ($p=0.045$), pasif zor konuşma ile zor işitsel 1 ($p<0.001$) ve zor işitsel 2 ($p=0.003$) durumları arasında bulunmuştur.

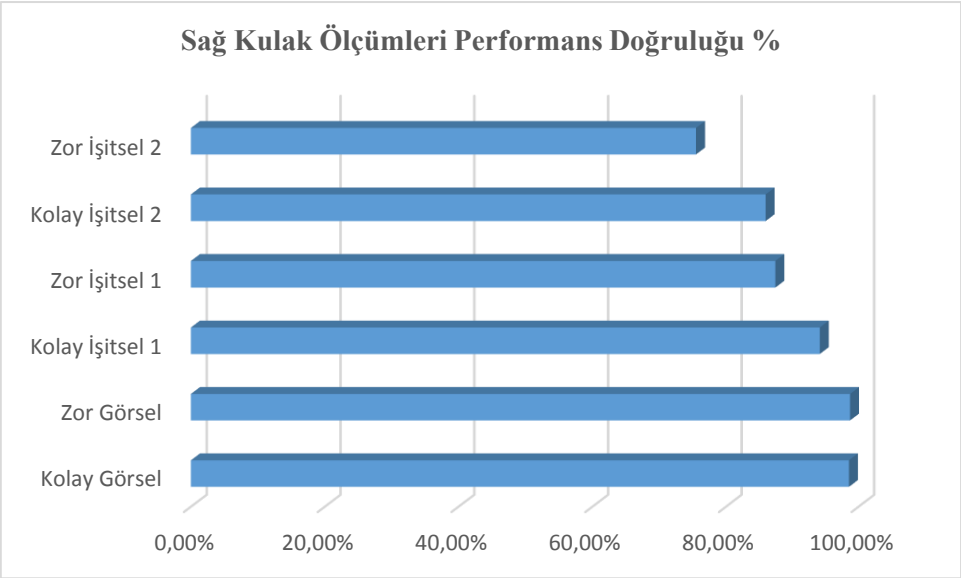
Tablo 4-16: Aktif ve pasif ölçümlere ait supresyon değerlerinin ikili karşılaştırılmalarından elde edilen p değerleri

		Sup-pasif-Gürültü		**Sup-pasif-SNR(0)**		**Sup-pasif-SNR(-10)**	
		Sağ Kulak	**Sol Kulak**	**Sağ Kulak**	**Sol Kulak**	**Sağ Kulak**	**Sol Kulak**
Sup-Z-İ1	**Sağ Kulak**	0.210		0.203		**<0.001****	
	Sol Kulak		0.869		0.741		0.829
Sup-Z-İ2	**Sağ Kulak**	0.793		0.621		**0.003***	
	Sol Kulak		0.381		0.336		0.338
Sup-Z-G	**Sağ Kulak**	0.458					
	Sol Kulak		0.837				
Sup-K-İ1	**Sağ Kulak**	0.621		0.742			
	Sol Kulak		0.398		0.934		
Sup-K-İ2	**Sağ Kulak**	0.745		0.561			
	Sol Kulak		0.102		0.097		
Sup-K-G	**Sağ Kulak**	**0.045***					
	Sol Kulak		0.732				

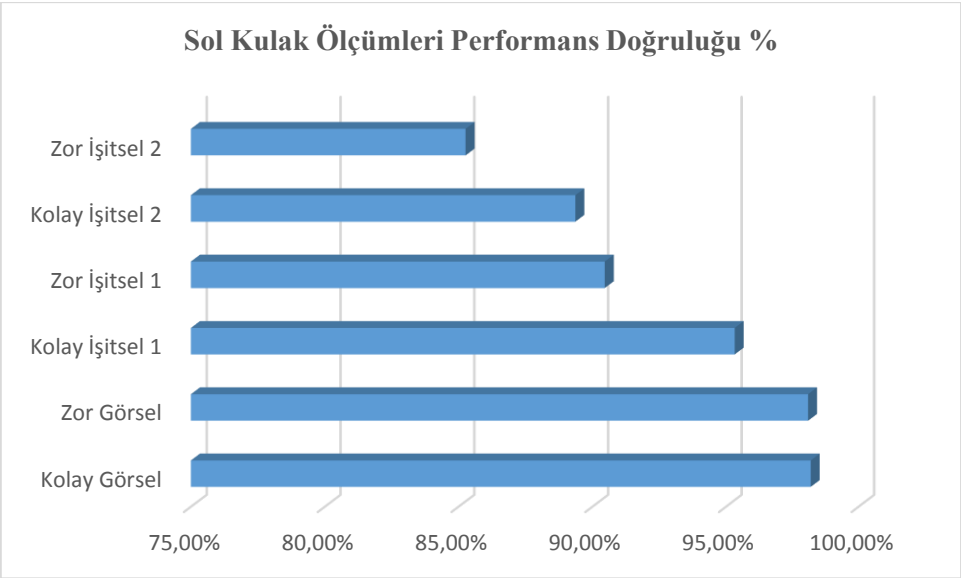
Wilcoxon İşaretli Sıralama Testi, p<0.05*, p<0.001**; K-G, Kolay Görsel; Z-G, Zor Görsel; K-İ1, Kolay İşitsel I; Z-İ1, Zor İşitsel I; K-İ2, Kolay İşitsel II; Z-İ2, Zor İşitsel II; Sup, Supresyon Miktarı.

4.6. Görev Performansının Analizi

Katılımcıların aktif deney durumlarındaki görev performanslarını değerlendirmek için hesaplanan doğru yanıt yüzdelerinin ortalama ve standart sapma değerleri Şekil 4.3, Şekil 4.4 ve Tablo 4.17'de gösterilmektedir.



Şekil 4-3: Sağ kulak ölçümlerinde farklı deney durumlarındaki performansların ortalama doğruluk yüzdeleri.



Şekil 4-4: Sol kulak ölçümlerinde farklı deney durumlarındaki performansların ortalama doğruluk yüzdeleri.

Görsel, birinci işitsel ve ikinci işitsel görevlerin zor ve kolay formları sırasında gösterilen performansların doğruluğu karşılaştırılmıştır. Görev performansları normal dağılım göstermediği için zor ve kolay durumlar arasındaki ikili karşılaştırmalar için nonparametrik *Wilcoxon işaretli sıralama testi* kullanılmıştır. Analizlerden elde edilen p değerleri Tablo 4.17'de gösterilmektedir.

Görsel görevlerin zor ve kolay formları sırasında gösterilen performanslar arasında anlamlı bir fark bulunmazken ($p>0.05$), iki kulaktaki ölçümler için birinci işitsel görevin zor formunda kolay formuna göre performansın daha yüksek olduğu ($p<0.05$), ikinci işitsel görevin zor formunda kolay formuna göre performansın sağ kulak ölçümlerinde daha yüksek olduğu ($p<0.05$) fakat sol kulak ölçümlerinde farklı olmadığı ($p>0.05$) bulunmuştur.

Tablo 4-17: Zor ve kolay görevlere ait performansların ortalama ve standart sapma değerleri

DENEY DURUMU	**SAĞ KULAK (n=30)**		**SOL KULAK (n=30)**	
	Ort ± ss (%)	**p değeri**	**Ort ± ss (%)**	**p değeri**
K-İ1	94,16 ± 9,1		95,33 ± 8,1	
		0.002*		**0.016***
Z-İ1	87,46 ± 11,2		90,46 ± 9,6	
K-İ2	86 ± 9,9		89,36 ± 8,6	
		0.002*		0.075
Z-İ2	75,5 ± 13		85,26 ± 10,6	
K-G	98,56 ± 1,8		98,2 ± 2,2	
		0.647		0.944
Z-G	98,73 ± 1,8		98,1 ± 1,9	

Wilcoxon İşaretli Sıralama Testi, $p<0.05$*, $p<0.001$**; K-G, Kolay Görsel; Z-G, Zor Görsel; K-İ1, Kolay İşitsel I; Z-İ1, Zor İşitsel I; K-İ2, Kolay İşitsel II; Z-İ2, Zor İşitsel II.

Katılımcıların tüm deney durumlarında gösterdiği performansların ortalaması sağ ve sol kulak ölçümleri arasında karşılaştırılmıştır. Sağ ve sol kulak total performans verilerinin normal dağılım göstermesinden dolayı karşılaştırma için *bağımlı örneklem t-testi* kullanılmıştır. Total performans ortalamaları ve standart sapma değerleri ile total performans analizinden elde edilen p değeri Tablo 4.18'de gösterilmektedir. Yapılan analiz sonucunda katılımcıların sol kulaktaki ölçümler sırasında gösterdiği performans doğruluğunun sağ kulaktaki ölçümler sırasında gösterdiği performans doğruluğundan anlamlı düzeyde yüksek olduğu bulunmuştur ($p<0.05$).

Tablo 4-18: Sağ ve sol kulak ölçümleri sırasındaki total performans doğruluğu; sağ ve sol kulak performans karşılaştırması.

	Sağ Kulak n=30 (ort±ss) (%)	**Sol Kulak n=30 (ort±ss) (%)**	
Total Görev Performansı	90,07 ± 5,1	92,78±3,9	**p=0.009***

Bağımlı Örneklem t-testi, $p<0.05$*.

Katılımcıların aynı deney durumu için sağ ve sol kulak ölçümlerinde gösterdiği performanslar ise verilerin dağılmamasından dolayı *Wilcoxon işaretli sıralama testi* kullanılarak karşılaştırılmıştır. Analizlerden elde edilen p değerleri Tablo 4.19'da gösterilmektedir. Yapılan analizler sonucunda katılımcıların zor işitsel II haricindeki görevler sırasında gösterdiği performansların doğruluğunun sağ ve sol kulak ölçümleri sırasında anlamlı bir farklılık göstermediği bulunmuştur ($p>0.05$). Zor işitsel II görevi için katılımcıların sol kulak ölçümleri sırasında gösterdiği performans doğruluğunun sağ kulak ölçümleri sırasında gösterdiği performans doğruluğundan anlamlı düzeyde yüksek olduğu gözlenmiştir ($p<0.05$).

Tablo 4-19: Her deney durumu için sağ ve sol kulak ölçümlerinde gösterilen performans doğruluğunun karşılaştırmasından elde edilen p değerleri.

	DENEY DURUMLARI					
	K-G	**Z-G**	**K-İ1**	**Z-İ1**	**K-İ2**	**Z-İ2**
p değeri	0.371	0.181	0.443	0.243	0.120	0.002*

Wilcoxon İşaretli Sıralama Testi, $p<0.05$*; K-G, Kolay Görsel; Z-G, Zor Görsel; K-İ1, Kolay İşitsel I; Z-İ1, Zor İşitsel I; K-İ2, Kolay İşitsel II; Z-İ2, Zor İşitsel II.

5. TARTIŞMA

Olivokoklear efferentler periferik işitme sisteminin santral işitme sistemine sağladığı girdileri etkileme potansiyeline sahiptir. Medial olivokoklear efferentler kokleadaki dış tüy hücrelerini hiperpolarize ederek koklear amplifikasyonun kazancını azaltmaktadır. Lateral olivokoklear efferentler ise iç tüy hücrelerini innerve eden afferent işitsel fiberlerin spontan aktivitesini artırarak ya da azaltarak iç tüy hücrelerinin uyarılabilirliğini etkilemektedir. Kısacası medial ve lateral olivokoklear efferentler beraber çalışarak periferik işitme sisteminin santral işitme sistemine sağladığı girdiyi değiştirmektedir.

İşitme sisteminin her seviyesini birbirine bağlayarak geri besleme devreleri oluşturan efferent nöronlar bulunmaktadır. Olivokoklear efferentler bu efferent nöronların sadece belirli bir kısmını oluşturmaktadır. Olivokoklear efferentler süperior oliver kompleks ile periferik işitsel yapılar arasındaki bağlantıyı sağlayarak, periferik işitsel yapıların fonksiyonunu değiştiren bir tür geri besleme devresi oluşturmaktadır. Olivokoklear efferentlerin hücre gövdeleri süperior oliver komplekste yer almaktadır. Süperior oliver kompleksin alt merkezlerden aldığı afferent girdiler olivokoklear efferentleri aktive ederken, üst merkezlerden aldığı efferent girdiler olivokoklear efferentlerin aktivitesini modüle etmektedir. Kısacası süperior oliver kompleksin afferent ve efferent girdileri, kombine bir şekilde, olivokoklear efferentlerin oluşturduğu geribesleme devresinin aktivitesini belirlemektedir.

Kulaklardan herhangi birinin ya da her iki kulağın akustik olarak uyarılması sonucunda medial olivokoklear efferentler refleksif bir şekilde aktive olmaktadır. Aktive olan medial olivokoklear efferentler her iki kokleadaki dış tüy hücrelerinin aktivitesini etkilemektedir. İnsanlarda dış tüy hücrelerinin aktivitesini ölçmek için otoakustik emisyon yanıtları kaydedilmektedir. Kulaklardan birinin ya da her ikisinin akustik olarak uyarılması sonucunda, medial olivokoklear efferentlerin aktive olması nedeni ile, kaydedilen otoakustik emisyon yanıtları değişmektedir. Otoakustik emisyon yanıtlarındaki bu değişim incelenerek medial olivokoklear efferentlerin fonksiyonu değerlendirilmektedir. Medial olivokoklear efferentlerin fonksiyonunu değerlendirmek için yapılan OAE ölçümlerinde, dış tüy hücre yanıtları kaydedilen kişinin hareketsiz ve sessiz bir şekilde durması yeterlidir. Fakat bu ölçümler sırasında kişinin dikkatini görsel ya da işitsel uyaranlara yönlendirerek belirli görevleri yerine getirmesi sonucunda MOK

efferent fonksiyonunun değişebildiği gösterilmiştir. Bu değişimin üst işitsel merkezlerden süperior oliver komplekse gönderilen efferent sinyaller aracılığı ile gerçekleştirildiği düşünülmektedir.

Çalışmamızın ana hipotezi, dikkatin efferent işitsel yollar aracılığı ile periferik işitme sisteminin bir parçası olan dış tüy hücrelerinin aktivitesini değiştireceğidir. Bu hipotezi test etmek amacı ile normal işiten kişilerin dış tüy hücre yanıtları kaydedilerek kontralateral supresyon miktarı hesaplanmış yani medial olivokoklear efferentlerin fonksiyonu değerlendirilmiştir. Katılımcıların pasif olduğu durumlarda ve verilen görevleri yerine getirerek aktif olduğu durumlarda hesaplanan kontralateral supresyon miktarları karşılaştırılmıştır. Tablo 4.17'de görüldüğü üzere yapılan karşılaştırmaların bazılarında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunurken bazılarında anlamlı bir fark bulunmamıştır. Dikkatin medial olivokoklear efferent aktivitesini artırarak dış tüy hücre yanıtlarını azalttığı fakat bu etkinin şartlara bağlı olarak ortaya çıktığı bulunmuştur. Çalışmamızın ikinci hipotezi, dikkatin dış tüy hücre yanıtları üzerindeki etkisinin görevlerin zorlaştırılması ile artacağıdır. Bu hipotezi test etmek amacı ile zorluk düzeyi farklı olan işitsel ya da görsel görevler sırasında katılımcıların dış tüy hücre yanıtları kaydedilerek kontralateral supresyon miktarı hesaplanmıştır. Görsel görevler sırasında hipotezimizi destekleyen bir bulgu elde edilmezken, işitsel görevler sırasında dikkat etkisinin sadece işitsel görevlerin zorlaştırılması ile ortaya çıkması hipotezimizi desteklemektedir. Çalışmamızın üçüncü hipotezi ise dikkat etkisinin kulaklar arasında farkılık göstereceğidir. Bu hipotezi test etmek amacı ile tüm katılımcıların her iki kulağı test edilmiştir. Sağ ve sol kulak verileri gruplanarak ayrı ayrı analiz edilmiştir. Sağ ve sol kulak verileri aynı şekilde analiz edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda dikkat etkisinin sadece sağ kulak yanıtları üzerinde ortaya çıktığı bulunmuştur. Çalışmamızın sonuçları literatür bulguları ışığında tartışılacaktır.

Çalışmamızda işitsel dikkatin ve görsel dikkatin etkisi ayrı ayrı incelenmiştir. Görsel dikkatin etkisi sadece sağ kulak ölçümlerinde ve sadece kolay görsel görev sırasında ortaya çıkmıştır ($p<0.05$). Görsel dikkatin kontralateral supresyonu arttırarak dış tüy hücre yanıtlarını azalttığı görülmüştür. Literatürde yapılan çalışmalarda görsel dikkatin OAE amplitüdlerini etkilediği (Puel ve ark., 1988; Meric ve Collet, 1992; Srinivasan ve ark., 2012; Srinivasan ve ark., 2014), OAE amplitüd supresyonunu ise tutarlı bir şekilde etkilemediği rapor edilmiştir (Froehlich ve ark. 1990; Ferbert-Viart ve

ark., 1995; de Boer ve Thornton ve ark., 2007; Jedrzejcak ve ark., 2017). Bu farklılıkların, Jedrzejczak ve ark. (2017) çalışmasında da ifade edildiği gibi, çalışmalarda kullanılan görsel görevlerin zorluk düzeyindeki farklılıklardan kaynaklandığı düşünülmektedir. Çalışmamızda kullanılan görsel görevlerde katılımcıların gösterdiği performans doğruluğunun oldukça yüksek olduğu görülmektedir (Tablo 4.18). Bu sonuçlar oluşturduğumuz görsel görevin kolay olduğunu göstermektedir. Bu nedenle katılımcıların görsel göreve hızlı bir şekilde alıştığı ve görsel dikkat etkisinin sadece ilk uygulanan görsel görev yani sağ kulak ölçümlerindeki kolay görsel görev sırasında ortaya çıktığı düşünülmektedir. Çalışmamızda görsel uyaranlara statik vizüel gürültü eklenerek uyaranların netliği azaltılmış ve böylece görsel görevin zorluğu artırılmıştır (Parmentier ve ark., 2007). Görsel görevin zorluğu değiştirilerek olası bir görsel dikkat etkisinin görev zorluğu ile ilişkisini incelemek amaçlanmıştır. Fakat görsel görev performansları incelendiğinde performans doğruluğunun çok yüksek olduğu ve performans doğruluğunun görev zorluğundan etkilenmediği gözlenmiştir (Tablo 4.18). Yani çalışmamızda görsel görev zorluğu başarılı bir şekilde manipüle edilememiştir. Bu nedenle sonuçlarımızdan yola çıkılarak görsel görev zorluğu ile görsel dikkat etkisi arasındaki ilişkiye dair bir çıkarım yapılamamaktadır.

Çalışmamızda işitsel dikkatin sağ kulak yanıtlarının supresyonunu etkilediği gözlenmiştir. Fakat bu etki sadece kontralateral uyaranın sinyal gürültü oranı -10 dB iken gözlenmiş, 0 dB sinyal gürültü oranında işitsel dikkatin anlamlı bir etkisinin olmadığı gözlenmiştir. Literatürde yapılan benzer çalışmalarda işitsel dikkatin 0 dB sinyal gürültü oranında sağ kulak yanıtlarının supresyonu üzerinde anlamlı bir etkisinin olmadığı (Syverson ve Decker, 1999), -3 dB sinyal gürültü oranında sağ kulak yanıtlarının supresyonunu artırdığı (Garinis ve ark., 2011; Smith ve Cone, 2015; Kalaiah ve ark., 2017); +3 , +5 , +8 ve +10 dB sinyal gürültü oranlarında ise katılımcıların randomize olarak seçilen bir kulağından elde edilen yanıtların supresyonunu azaltarak ortadan kaldırdığı (Hernandez Perez, 2018) rapor edilmiştir. Literatürdeki çalışmaların sonuçları ve çalışmamızdan elde edilen sonuçlar incelendiğinde, kontralateral supresyon miktarı üzerindeki işitsel dikkat etkisinin sinyal gürültü oranına bağlı olarak ortaya çıktığı görülmektedir. Zorlu dinleme koşullarını yansıtan negatif sinyal gürültü oranında dikkatin konuşma uyaranına yönlendirilmesi ile supresyon artarken, kolay dinleme koşullarını yansıtan 0 dB ve pozitif sinyal gürültü oranlarında ise dikkatin konuşma uyaranına yönlendirilmesi ile supresyonun değişmediği ya da azaldığı görülmektedir.

Arka plan gürültüsü işitsel sinirin sinyallere verdiği dinamik aralığı azaltmaktadır. Hayvan modellerinde medial olivokoklear efferentlerin uyarılması ile gürültü varlığındaki sinyallere verilen işitsel sinir yanıtlarının dinamik aralığında artış gözlenmiştir (Winslow ve Sachs, 1987; Kawase ve ark., [1993a; 1993b]). MOK efferentlerin 'antimasking' olarak adlandırılan bu özelliğinin gürültüdeki konuşma sinyallerinin işitsel sinirde daha iyi bir şekilde kodlanmasını sağlayarak insanlardaki gürültüde konuşmayı ayırt etme becerisinde rol aldığı düşünülmektedir ve bu düşünceyi destekleyen bir dizi bulgu mevcuttur (Kumar ve Vanaja, 2004; de Boer ve ark., 2012; Mishra ve Lutman, 2014; Milvae ve ark., 2015; Milvae ve ark., 2016; Mertes ve ark., 2018; Mertes ve ark., 2019). MOK aktivitenin modellendiği bazı çalışmalarda konuşmayı anlama performansını maksimum düzeyde iyileştiren, dinleme ortamındaki konuşma ve gürültü uyaranlarının şiddet düzeylerine bağlı olarak değişen optimal bir supresyon miktarının olduğu öne sürülmüştür. Ayrıca optimal supresyon miktarının frekans bantları arasında da değişkenlik gösterdiği öne sürülmüştür. Ortamdaki gürültünün spektral özelliklerine bağlı olarak kokleadaki farklı frekans kanallarının amplifikasyon miktarının farklı oranlarda azaltılması sonucunda gürültüde konuşmayı anlama performansının daha fazla iyileştiği rapor edilmiştir (Brown ve ark., 2009; Clark ve ark., 2012). MOK aktivite sayesinde dinleyicinin hedeflediği frekans bandındaki uyaranlara diğer frekans bantlarındaki uyaranlardan daha hassas olduğu ve böylece işitsel uyaranları seçici bir şekilde dinleyebildiği ifade edilmiştir (Scharf ve ark., 1994; Scharf ve ark., 1997). Çalışmamızdan elde edilen sonuçların literatürdeki bu bilgiler ışığında açıklanabileceği düşünülmektedir. Çalışmamızda dinleyiciler dikkati gürültünün içerisindeki konuşma uyaranına yönlendirdiği zaman belirli bir frekans bandını yani konuşma sinyallerinin frekans aralığı ile eşleşen frekans bandındaki uyaranları hedeflemektedirler. Burada seçici dinlemeye MOK efferentler aracılık etmektedir. Seçici dinlemeye aracılık eden MOK efferentlerin aktivitesi ise santral bir kontrol mekanizması tarafından ortam koşullarına yani sinyal gürültü oranına göre değiştirilmekte ve gürültüdeki işitsel görev performansını iyileştirecek optimal düzeye ayarlanmaktadır.

Çalışmamızda işitsel görev zorluğunun sağ kulak yanıtları üzerinde gözlenen işitsel dikkat etkisi üzerinde belirleyici olduğu bulunmuştur. İşitsel I ve işitsel II etiketli işitsel görevlerin yönergeleri birbirinden farklılık göstermektedir. Zor ve kolay şeklinde etiketlenen işitsel görevler ise akustik dinleme koşulları bakımından farklılık göstermektedir. Zor ve kolay işitsel II görevleri yönerge içeriği bakımından zor ve kolay

işitsel I görevlerinden zordur (Pernet ve ark., 2014). Zor işitsel I ve zor işitsel II görevleri akustik koşullar bakımından kolay işitsel I ve kolay işitsel II görevlerinden zordur. Çalışmamızdaki aktif ölçümlerde işitsel dikkat etkisinin sadece zor işitsel I ve zor işitsel II görevleri sırasında ortaya çıktığı görülmüştür. Bu işitsel görevler akustik koşulları bakımından zor olan işitsel görevlerdir. Bu nedenle akustik koşullardan kaynaklanan zorluk düzeyinin dikkatin etkisini ortaya çıkardığı çıkarımı yapılmıştır. Literatürde işitsel görev zorluğu ile dikkat etkisi arasındaki ilişkinin incelendiği çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmalarda kontralateral konuşma uyaranlarının anlaşılırlığı farklı şekillerde manipüle edilerek işitsel görevlerin akustik dinleme koşulları zorlaştırılmış ve işitsel görev içeriği sabit tutulmuş (Kalaiah ve ark., 2017; Hernandez Perez, 2018) ya da akustik dinleme koşulları sabit tutularak işitsel görevlerin yönerge içeriği değiştirilmiştir (Smith ve Cone, 2015). Yönerge içeriğine bağlı olarak kolay ya da zor olarak tanımlanan işitsel Stroop görevlerinin kullanıldığı çalışmada yönerge içeriğindeki değişikliğe bağlı görev zorluğunun, çalışmamıza benzer şekilde, kontralateral supresyon miktarını dolayısı ile işitsel dikkat etkisini değiştirmediği rapor edilmiştir (Smith ve Cone, 2015). Akustik dinleme koşullarını zorlaştırmak için sinyal gürültü oranının değiştirildiği çalışmada ise sinyal gürültü oranları farklı olan dikkat görevleri sırasındaki supresyon miktarlarının birbirinden farklı olduğu rapor edilmiştir (Kalaiah ve ark., 2017). Fakat Kalaiah ve ark. tarafından yapılan çalışmadaki sinyal gürültü oranları birbirinden farklı olan işitsel görevlerdeki akustik koşullar ile eşleşen, supresyon miktarları dikkat görevlerinde hesaplanan supresyon miktarları ile karşılaştırılabilecek pasif ölçümler bulunmamaktadır. Bu nedenle Kalaiah ve ark. tarafından yapılan çalışmanın sonuçlarına bakılarak akustik koşulların oluşturduğu zorluk ile işitsel dikkat etkisi arasındaki ilişkiye dair çıkarım yapılamayacağını düşünmekteyiz. Hernandez Perez tarafından yapılan çalışmada ise akustik koşullara bağlı zorluk etkisinin işitsel dikkat etkisi üzerinde belirleyici olduğu bulunmuş fakat bu belirleyiciliğinin akustik koşulları zorlaştırmak için kullanılan manipülasyon yöntemine bağlı olarak ortaya çıktığı rapor edilmiştir (Hernandez Perez, 2018). Çalışmamızın sonuçları literatürdeki zorluk düzeyi ile ilgili bulgular ile benzerlik göstermektedir.

Çalışmamızın hipotezlerinin içerisinde yer almayan sonuçlar da elde edilmiştir. İşitsel görevlerde kullanılmak üzere oluşturulan kontralateral uyaranlar konuşma uyaranı içermektedir ve konuşma uyaranlarının sinyal gürültü oranları farklılık göstermektedir. Kontralateral uyaran özelliklerinin değiştirilmesinden kaynaklanan supresyon değişimi

ile işitsel dikkatin kontralateral uyarana yönlendirilmesinden kaynaklanan supresyon değişiminin karışmaması amacı ile akustik koşulları aktif ölçümler ile eşleşen pasif ölçümler yapılmıştır. Pasif ölçümlerdeki supresyon miktarları incelendiğinde ilginç sonuçlar ile karşılaşılmıştır. Sadece sağ kulak yanıtlarında gözlenmekle birlikte pasif gürültü ve pasif SNR (0) ölçümlerindeki kontralateral supresyon miktarlarının benzer olduğu fakat pasif SNR (-10) ölçümünde kontralateral supresyonun ortadan kalktığı ve kontralateral uyaranın DP amplitüdlerini artırdığı gözlenmiştir. Kalaiah ve ark. tarafından yapılan çalışma haricindeki çalışmalarda pasif ölçümler arasında anlamlı bir fark gözlenmediği belirtilmiştir (Syverson ve Decker, 1999; Garinis ve ark., 2011; Smith ve Cone, 2015; Kalaiah ve ark., 2017; Hernandez Perez, 2018). Kalaiah ve ark. tarafından yapılan çalışmada pasif gürültünün içerisine konuşma uyaranları temporal olarak tersine çevrilmiş bir şekilde -3 sinyal gürültü oranını sağlayacak şekilde yerleştirildiğinde sağ kulak yanıtlarındaki supresyonun anlamlı düzeyde azaldığı rapor edilmiştir. Literatürde MOK aktivitenin, kontralateral akustik uyaranın modülasyon hızı ve modülasyon derinliği gibi temporal özelliklerine hassas olduğu rapor edilmiştir (Maison ve ark., 1997; James ve ark., 2008). Çalışmalarda kontralateral uyaranlar oluşturulurken farklı konuşma materyallerinin kullanılması, konuşma materyallerinin gürültü içerisine düz ya da temporal olarak ters bir şekilde yerleştirilmesi, konuşma materyallerinin sinyal gürültü oranı ayarlanırken konuşma uyaranının ya da gürültü uyaranının referans alınması, farklı sinyal gürültü oranlarının kullanılması şeklindeki uygulamaların supresör uyaranın temporal özelliklerinde farklılığa yol açarak pasif ölçümlerdeki MOK aktiviteyi değiştirdiği düşünülmektedir. Çalışmamızda sadece sağ kulaktaki pasif SNR (-10) ölçümünde gözlenen ve daha önceki çalışmaların pasif ölçümlerinde rapor edilmemiş DP amplitüd artışı ise birkaç farklı literatür bilgisi ile temellendirilebilir. İlk olarak, DPOAE bileşenlerinin kontralateral uyarandan farklı etkilendiği ve bu etkinin çalışmamızda kullanılan analiz yönteminin özellikleri nedeni ile DP amplitüd artışı olarak gözlendiğini düşünmekteyiz. Otoakustik emisyon yanıtları iki farklı şekilde sınıflandırılmaktadır. Klinik sınıflandırmada yanıtların kaydedilmesinde kullanılan uyaranlar esas alınırken, fizyolojik sınıflandırmada yanıtların oluşum mekanizması esas alınmaktadır. Klinik sınıflandırmada TEOAE ve DPOAE şeklinde isimlendirilen yanıtlar fizyolojik sınıflandırmadaki yansıma ve distorsiyon kaynaklı yanıtların farklı oranlarda biraraya gelmesinden oluşmaktadır (Shera, 2004; Dhar, 2011). Dış kulakta kaydedilen DPOAE yanıtının frekans şiddet spektrumu çıkarıldığında arka arkaya dizilmiş tepe ve

çukurlardan oluşan bir dalga formu gözlenmektedir. Yansıma ve distorsiyon kaynaklı yanıtların interferansı sonucunda DPOAE yanıtının dalga formunda oluşan bu şekle 'fine structure' adı verilmektedir. Kontralateral akustik uyarım yansıma ve distorsiyon kaynaklarını aynı şekilde etkilememektedir (Mishra, 2010). Bu nedenle kontralateral akustik uyaran fine structure şekli üzerindeki tüm noktaların amplitüd değerlerini aynı yönde değiştirmemektedir (Wagner ve ark., 2007; Abdala ve ark., 2009). Kontralateral akustik uyaranın OAE amplitüdünü etkileme yönü, fine structure üzerinde takip edilen noktaya bağlı olarak değişebilmektedir. Fine structure şeklinin bazı noktalarına karşılık gelen DP amplitüd değerleri artarken diğer noktalarına karşılık gelen DP amplitüd değerleri azalabilmektedir (Deeter ve ark., 2009). İkinci olarak, çalışmamızda DP amplitüdündeki değişimlerin spontan otoakustik emisyon yanıtlarının değişiminden etkilenmesi ihtimali bulunmaktadır ve çalışmamızda SOAE ölçümü yapılmadığından dolayı bu ihtimal incelenememektedir. Kaydedilmesi için akustik uyarana ihtiyaç duyulmayan ve spontan olarak ortaya çıkan SOAE yanıtlarının frekans ve amplitüdü kontralateral akustik uyarımdan etkilendiği bilinmektedir (Zhao ve Dhar, 2010). Üçüncü olarak, gözlemlenen farklılığın lateral olivokoklear efferentlerden kaynaklanması ihtimali bulunmaktadır. Medial olivokoklear efferentler dış tüy hücre yanıtlarını doğrudan modüle edebilecek bir konumda iken lateral olivokoklear efferentler DTH yanıtlarını dolaylı olarak etkileyebilecek bir konumdadır. Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde LOK efferentlerin, iç tüy hücrelerini innerve eden tip I afferent sinir fibrillerinin spontan aktivitesini modüle edebildiği ve spontan aktiviteyi artırdığına dair bulgular mevcuttur (Zheng ve ark., 1999; Le Prell, 2003). LOK efferentlerde, MOK efferentlerde de yer alan asetilkolin ve GABA nörotransmitterlarına ek olarak, dinorfin (dyc) ve enkefalin (ekc) gibi nöraktif yapılar ile dopamin bulunmaktadır (Gil-Loyzaga, 1995). Bu maddelerin LOK efferentlerin fonksiyonundaki rolü hakkında çok az veri bulunmaktadır. Fakat Sahley ve ark. (2008) çalışmasında LOK efferentlerin dopamin aracılığı ile uyaran şiddetine bağlı olarak seçici bir şekilde işitsel sinir aktivitesini modüle ettiği rapor edilmiştir. MOK efferentler koklear nükleus girdisi ile koklear nükleus ise işitsel sinir girdisi ile aktive olmaktadır. LOK efferentlerin işitsel sinir girdisini seçici bir şekilde modüle edebildiği düşünüldüğünde MOK efferent aktivitesinin dolaylı olarak LOK efferentler tarafından değiştirilmesi ihtimal dahilindedir.

Çalışmamızda sol kulak yanıtları üzerinde yapılan analizlerde görsel ya da işitsel dikkat etkisi gözlenmemiştir. Sol kulak yanıtları üzerindeki dikkat etkisi çalışmamızın dizaynından ya da DPOAE kayıtlarındaki gürültü düzeyinden dolayı tespit edilememiş olabilir. Çalışmamızda aralıklı olarak sağ ve sol kulakta yapılan temel ölçümlerin DP ve NF değerleri üzerinde ölçüm durumunun anlamlı bir etkisinin olmadığı bulunmuştur ($p>0.05$). Dolayısı ile temel ölçümlerden elde ettiğimiz sonuçların tekrarlanabilir ve güvenilir olduğu gösterilmiştir. Kontralateral supresyon miktarını hesaplamak için pasif ve aktif ölçümlerdeki DP amplitüdlerinden temel ölçümlerdeki DP amplitüdleri çıkarılmıştır. Elde edilen kontralateral supresyon miktarları pasif ve aktif ölçümlerin güvenilirliğinden etkilenecektir. Çalışmamızda ölçüm sayısı çok fazla olduğu için aktif ve pasif ölçümler tekrarlanarak güvenilirliği değerlendirilmemiştir. Fakat katılımcıların aktif ölçümler sırasında verilen görevleri yerine getirirken vücut hareketlerinin artması ve DPOAE kayıtlarının gürültüsünün artması ihtimali incelenmiştir. Tablo 4.12' de aktif ve pasif ölçümlerin gürültü tabanı değerleri arasında yapılan ikili karşılaştırmalar gösterilmiştir. Bu karşılaştırmalarda gürültü tabanının anlamlı fark gösterdiği durumlar olduğu bulunmuştur. Bu durumların özellikle sol kulakta daha fazla olduğu görülmektedir. Gürültü tabanı ile DP amplitüdü değerlerinin birbirinden bağımsız olmadığı ve DP amplitüdünün gürültü ile azalıp artabildiği bilinmektedir (Hall, 2000). Çalışmamızda DPOAE kayıtlarında SNR (DP amplitüdü - NF) miktarları oldukça yüksek elde edilmesine rağmen aralarında karşılaştırma yapılan pasif ve aktif ölçümlerin DP amplitüdleri gürültü tabanı değerindeki farklardan etkilenmiş olabilir. Çalışmamızın dizaynına göre tüm katılımcıların sağ ve sol kulak yanıtları kaydedilmiştir fakat yapılan ölçümlere daima sağ kulaktan başlanmıştır. Sağ kulaktaki ölçümler bittikten sonra sol kulaktaki ölçümlere geçilmiştir. Aynı ölçümler sağ ve sol kulağa aynı sıra ile yapılmıştır. Çalışma dizaynımızın bu özelliğinden dolayı katılımcıların görevlere alışması ve görevlere alışmanın medial olivokoklear efferentler üzerindeki santral kontrolü etkilemesi ihtimal dahilindedir. Çalışmamızda işitsel ve görsel görevler sırasında kaydedilen görev performansları incelendiğinde bu ihtimali destekleyen sonuçlar elde edilmiştir. Görsel dikkat etkisi sadece sağ kulaktaki kolay görsel durumunda gözlenmiştir. Sağ kulak yanıtları sırasında uygulanan kolay görsel görev katılımcıların çalışmada ilk uyguladığı görevdir. Görsel dikkat etkisinin katılımcılara yapılan ilk ölçümde ortaya çıkarak diğer ölçümlerde gözlenmemesi ve ayrıca görsel görev performanslarının genel olarak yüksek olması nedeni ile katılımcıların görsel göreve

alıştığı, bu nedenle diğer ölçümler sırasında görsel dikkat görevinin ortaya çıkmadığı düşünülmektedir. İşitsel dikkat etkisi ise sağ kulaktaki zor işitsel I ve zor işitsel II görev durumlarında gözlenmiştir. Dinleyicilerin işitsel görevler sırasındaki performansları incelendiğinde sağ kulaktaki işitsel görevler sırasında akustik koşulların zorlaştırılması ile görev performansları anlamlı miktarda düşmüştür. Sol kulaktaki işitsel görevler sırasında ise katılımcılara daha önce uygulanan işitsel I görevinde akustik koşulların zorlaştırılması ile görev performansı anlamlı miktarda düşerken daha sonra uygulanan işitsel II görevinde akustik koşulların zorlaştırılması ile görev performansında anlamlı bir fark gözlenmemiştir (Tablo 4.18). Tüm görevler sırasındaki sağ ve sol kulak performansları karşılaştırıldığında (Tablo 4.20) sadece zor işitsel II görevi sırasındaki sağ ve sol kulak performanslarında anlamlı bir fark olduğu görülmektedir. Zor işitsel II deki görev performansı sol kulak ölçümünde sağ kulak ölçümünden fazladır. Zor işitsel II görevi katılımcılara en son uygulanan görevdir. Katılımcılara en son uygulanan görev olması nedeni ile katılımcıların görevlere alışarak sol kulaktaki zor işitsel II görevi sırasında sağ kulaktan daha yüksek performans gösterdiği düşünülmektedir. Ayrıca sağ ve sol kulak ölçümlerindeki görev performanslarının ortalaması karşılaştırıldığında sol kulak ortalamasının anlamlı düzeyde yüksek olduğu bulunmuştur (Tablo 4.19). Katılımcıların verilen görevlere alışarak ölçüm sırasına göre daha sonra yapılan sol kulak ölçümlerindeki görevlerde daha önce yapılan sağ kulak ölçümlerindeki görevlere göre daha iyi performans gösterdikleri düşünülmektedir. Ayrıca işitsel dikkat görevlerinde bir tür dikotik dinleme testi kullanılmıştır. Dikotik dinleme testine tüm katılımcılarda belirli bir kulaktan başlanılmıştır. Literatürde dikotik dinleme performansının incelendiği çalışmalarda katılımcıların testlerine daima sağ kulaktan başlanması sonucunda işitsel dikkati yönlendirme becerisinin (Tallus ve ark., 2015) ve dikotik dinleme performansında gözlenen kulak avantajının (Bless ve ark., 2013) etkilendiği rapor edilmiştir. Literatürdeki bu bilgiler dikkate alınırsa, çalışmamızda işitsel dikkatin sol kulağa yönlendirilmesini gerektiren ölçümlerin sağ kulağa yönlendirilmesini gerektiren ölçümlerden önce yapılması nedeni ile katılımcıların işitsel dikkati yönlendirme becerisi aynı şekilde etkilenmiş ve dolayısı ile MOK aktivite üzerindeki dikkat etkisi sonuçlarımıza daima aynı konfigürasyonda yansımış olabilir.

Çalışmamızda dikkat etkisinin sadece sağ kulak yanıtları üzerinde yapılan analizlerde gözlenmesi ve sol kulak yanıtları üzerinde yapılan analizlerde gözlenmemesi, alternatif olarak, MOK aktiviteyi kontrol eden asimetrik bir santral mekanizmanın

varlığının göstergesi olabilir. Sağ ve sol hemisferlerin aktivasyonunda ortaya çıkan değişimlerin hemisferlerden MOK efferentlere dolaylı ya da doğrudan inen efferent işitsel yollar aracılığı periferik işitsel yanıtlara yansıdığı düşünülmektedir. Çalışmamızda MOK efferentler kontralateral olarak uyarıldığı için ölçülen MOK aktivite baskın olarak çaprazlaşmayan MOK efferentlerin aktivitesini yansıtmaktadır. Sağ kulak ölçümlerinde sol kulak uyarılarak sol koklear nükleus, sağ süperior oliver kompleks ve sağ süperior oliver kompleksten sağ kokleadaki DTH'lere uzanan çaprazlaşmayan MOK efferentler aktive edilmektedir. Sağ kulak ölçümlerinde hücre gövdeleri sağ SOKta yer alan ve sağ kokleayı etkileyen MOK efferentlerin aktivitesi test edilmektedir. Katılımcıların dikkat durumuna bağlı olarak sadece sağ kulak ölçümlerindeki MOK aktivitede değişiklik olduğu gözlenmiştir. Sağ kulak ölçümlerindeki MOK aktiviteyi değiştirecek bir santral mekanizmanın sağ süperior oliver kompleks ile daha üst işitsel merkezler arasında bağlantı kuran efferent işitsel yolları kullanması beklenmektedir. İşitsel korteksten talamus ve inferior kollikulusa inen efferent yollar (Suga ve ark., 2001) ile inferior kollikulustan süperior oliver komplekse inen efferent yollar (Wiener ve Schreiner, 2005) bulunmakla birlikte bu efferent yollar ipsilateral olarak baskındır. Dikkatin işitsel korteks ve inferior kollikulus yapılarındaki işitsel işlemleme süreçlerini modüle ettiğine dair bulgular (Alho ve ark., 2007; Rinne ve ark., 2008) düşünüldüğünde; işitsel korteksi baskın olarak inferior kollikulusa bağlayan, inferior kollikulusu ise baskın olarak ipsilateral süperior oliver komplekse bağlayan efferent yolları kullanarak dikkatin MOK aktiviteyi dolayısı ile periferik işitsel yanıtları şekillendirdiği öngörülmektedir. Dolayısı ile sağ kulak yanıtlarında gözlemlediğimiz dikkat etkisinin sağ hemisfere bağlı efferent işitsel yolların sağladığı kortikofügal modülasyondan kaynaklandığı çıkarımı yapılabilir. Ayrıca çalışmamızda 30 katılımcıdan 28'inde sağ el dominansı bulunmaktadır. Literatürde sağ el dominansı olanlarda sağ süperior oliver kompleksin efferent girdilerinin sol süperior oliver kompleks girdilerine göre baskın olduğunu gösteren bulgular mevcuttur (Khalfa ve ark., 1996; Khalfa ve ark., 1998; Philibert ve ark., 1998). Efferent yolların bu özelliği, sağ süperior oliver kompleks üzerindeki kortikofügal etkinin gözlenebileceği sağ kulak ölçümlerindeki dikkat etkisinin anlamlılık düzeyine ulaşmasını sağlamış ve sol süperior oliver kompleks üzerindeki kortikofügal etkinin gözlenebileceği sol kulak ölçümlerinde dikkat etkisinin anlamlılık düzeyine ulaşmasını engellemiş olabilir.

Çalışmamızda ve literatürdeki çalışmalarda işitsel dikkatin etkisini incelemek amacı ile dikotik dinleme görevi olarak tanımlayabileceğimiz işitsel görevler kullanılmıştır. Bu görevler sırasında dikkatin sağ ya da sol kulağa yönlendirilmesi ile MOK aktivasyonda yani DTH yanıtlarında ortaya çıkan değişimler incelenmiştir. Literatürde dikotik dinleme görevleri sırasında dinleyicinin dikkatini sol ya da sağ kulağa yönlendirilmesi sonucunda sağ ve sol kortikal alanların alfa aktivitesinde (Payne ve ark., 2017), sağ ve sol işitsel korteksin alfa aktivitesinde asimetrik bir modülasyonun ortaya çıktığı rapor edilmiştir. Alfa titreşimlerinin gücü, seçici dikkatin bir göstergesi olarak kabul edilmektedir (Payne ve ark., 2014). Alfa titreşimlerinin artması hedef ile ilişkili olmayan uyaranların yani dikkat dağıtıcı uyaranların işlemlenmesini inhibe etmektedir. Alfa titreşimleri dinleme ortamının akustik özelliklerinden etkilenmekle birlikte akustik koşullar stabil iken dinleyicinin dinleme hedeflerindeki değişiklikten de etkilenebilmektedir (Wöstmann ve ark., 2017). Çalışmamızda işitsel dikkatin etkisini incelemek için kullanılan görevler sırasında ortaya çıkan dikkat etkisinin kortikal titreşimlerdeki modülasyonu efferent işitsel yollar aracılığı ile MOK efferentlere ve DTH aktivitesine aktardığı düşünülebilir. Dikotik dinleme sırasında dikkatin kulaklar arasıda yönlendirilmesi ile sağ hemisferin alfa aktivitesinin sol hemisfere göre daha fazla (Payne ve ark., 2017), sağ işitsel korteksin alfa aktivitesinin ise sol işitsel kortekse göre daha fazla (Müller ve Weisz, 2012) modüle olduğu rapor edilmiştir. Yani sağ hemisferin alfa aktivitesi sol hemisfere göre işitsel dikkatin yönünden daha fazla etkilenmektedir. Sağ hemisferin bu özelliği, çalışmamızdaki işitsel dikkat etkisinin sadece baskın olarak sağ hemisferin kortikofügal etkisinin değerlendirildiği sağ kulak ölçümlerinde ortaya çıkmasına yol açmış olabilir. Ayrıca çalışmamızda daha önceden bahsedilen sağ kulak pasif ölçümlerinde gözlenen farklılığın Bidelman ve Howell tarafından yapılan bir çalışma ile açıklanabileceği düşünülmektedir. Bidelman ve Howell tarafından yapılan çalışmada +10 ve +5 dB sinyal gürültü oranına sahip gürültülü konuşma ve gürültüsüz konuşma uyaranları kullanılarak işitsel olay ilişkili potansiyel yanıtları kaydedilmiştir (Bidelman ve Howell, 2016). Yanıtların hemisferik lateralizasyonu incelendiğinde net konuşma uyaranına karşılık yanıtların sol hemisfere lateralize olduğu, konuşmaya gürültü eklenmesi ile hemisferlerin yanıtlarının birbirine yaklaştığı, gürültü miktarının artırılması ile yanıtların belirgin bir şekilde sağa lateralize olduğu rapor edilmiştir. Lateralizasyondaki farklılık sağ hemisfer yanıtlarındaki artışa bağlanmış ve sol hemisfer yanıtlarının gürültüden anlamlı düzeyde etkilenmediği rapor edilmiştir. Hemisferlerin

fonksiyonel asimetrisinin akustik koşullara göre değişmesi sayesinde, dil işlemlemesi için özelleşmiş sol hemisfere iletilen konuşma temsillerinin olumsuz dinleme koşullarından etkilenmesi engellenmektedir (Bidelman ve Howell, 2016). Çalışmamızda pasif ölçümlerde gözlenen farklılığın dinleme koşulları 0 dB SNR'dan -10 dB SNR'a getirildiğinde sadece sağ kulakta ortaya çıkması (Bidelman ve Howell, 2016) çalışmasının sonuçları ile açıklanabilir.

Çalışmamızın sonuçları literatürde sağ kulak üzerindeki efferent kontrolün konuşmayı anlama becerisi için önem taşıdığını gösteren çalışmalar ile desteklenebilir. (Bidelman ve Bhagat, 2015) çalışmasında kulağa spesifik supresyon miktarları ile kulağa spesifik gürültüde konuşmayı anlama eşikleri arasındaki ilişki incelendiğinde sadece sağ kulaktaki değerler arasında bir korelasyon gözlenmiştir. (Veuillet ve ark., 2007) çalışmasında ise işitsel işlemleme problemi olan ve sol kulaktaki supresyon miktarı sağdan fazla olan çocuklara işitsel eğitim verilmiş, işitsel eğitim sonrasında sola lateralize olan supresyon değerlerinin sağa lateralize hale geldiği rapor edilmiştir.

Çalışmamızdan elde edilen bulgular işitsel ve görsel dikkatin MOK aktiviteyi değiştirerek periferik işitsel yanıtları etkilediğini göstermektedir. Ayrıca bu etkinin sadece belirli koşullarda ortaya çıktığı görülmektedir. Literatürde yapılmış önceki çalışmalardan farklı olarak, belirli akustik koşullarda ve belirli yönergeler kullanılarak yapılan işitsel görevler sırasında sağ kulak yanıtları etkilenirken sol kulak yanıtlarının etkilenmediğinin gözlenmesidir. Çalışmamızın sonuçları dikkatin periferik işitsel yanıtları etkilemesinin temelindeki mekanizma araştırılırken katılımcıların her iki kulağının da değerlendirmesinin önemini vurgulamaktadır. Çalışmamızın sonuçlarının gelecekte efferent işitme sistemi ile ilgili yapılacak çalışmaların metodolojilerinin iyileştirilmesine katkıda bulunacağı düşünülmektedir. Çalışmamızdan elde edilen sonuçlar ışığında gelecek çalışmalarda kullanılacak metodolojiler konusunda önerilerde bulunulabilir. İleriki çalışmalarda katılımcıların dikkat becerilerinin standardize testler ile değerlendirilmesi, zorluk düzeyi kişiye göre standardize edilmiş dikkat görevlerinin kullanılması, kişilerin hikayesinde MOK aktiviteyi etkileyebilecek müzik eğitimi gibi faktörlerin sorgulanması, dikkatin hem işitsel hem de görsel uyarana yönlendirilerek uyaranların entegre edilmesini gerektiren görevler ile dikkatin uyaranlardan birine yönlendirilerek diğer uyaranların göz ardı edilmesini gerektiren görevlerin bir arada kullanılması; görevlerin psikometrik fonksiyon özelliklerinin incelenmesi; aktif ve pasif

ölçümler sırasında EEG (elektroensefalografi) ve OAE ölçümlerinin eş zamanlı olarak yapılması; OAE yanıtlarının bileşen analizinin yapılması; EEG yanıtlarında hemisferlerin aktivasyon lateralizasyonunun incelenmesi gerektiği düşünülmektedir.

Son zamanlarda EEG yanıtlarından elde edilen verileri kullanarak algoritma özelliklerini EEG yanıtlarına göre değiştiren işitme cihazları yapılmaya çalışılmaktadır (Friedler ve ark., 2016; Christensen ve ark., 2018). Dikkatin belirli uyaranlara yönlendirilmesi ile bu uyaranları işlemleyen subkortikal yapılar ve duyu organlarının aktivitesinde değişiklik olduğu bilinmesine rağmen değişikliklerin oluşum mekanizmaları hakkında çok az bilgi bulunmaktadır. Bu nedenle EEG yanıtlarından elde edilen verilere göre işitme cihazlarının ve koklear implantların gelen sinyalleri işleme şekillerinde ne tür bir ayarlama yapılması gerektiği tam olarak bilinmemektedir. Periferik işitsel yanıtların insanlardaki kognitif duruma ve ortam koşullarına bağlı olarak değişiminin incelenmesi EEG yanıtlarından elde edilen verilere göre algoritmalarda yapılacak ayarlamaların belirlenmesinde yol gösterici olacaktır. Özellikle sağ ve sol kulak yanıtlarını asimetrik olarak kontrol eden bir santral mekanizmanın daha fazla incelenmesi gerektiği düşünülmektedir. Bu tür çalışmalardan elde edilecek sonuçların sağ ve sol kulağa yerleştirilen işitme cihazı ya da koklear implantların birbirinden farklı şekilde ayarlanması gerektiğini gösterebilir ve algoritmalarda asimetrik kontrole uygun bir şekilde yapılacak ayarlamaların işitme kayıplı kişilerde üst düzey işitsel beceriler ile ilgili problemlerin aşılmasını sağlayacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

Abdala, C., Mishra, S. K., & Williams, T. L. (2009). Considering distortion product otoacoustic emission fine structure in measurements of the medial olivocochlear reflex. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *125*(3), 1584–1594. https://doi.org/10.1121/1.3068442

Bajo, V. M., & King, A. J. (2012). Cortical modulation of auditory processing in the midbrain. *Frontiers in Neural Circuits*, *6*, 114. https://doi.org/10.3389/fncir.2012.00114

Basbaum, A. I. (2008). *The senses : a comprehensive reference.* Elsevier.

Bech Christensen, C., Hietkamp, R. K., Harte, J. M., Lunner, T., & Kidmose, P. (2018). Toward EEG-Assisted Hearing Aids: Objective Threshold Estimation Based on Ear-EEG in Subjects With Sensorineural Hearing Loss. *Trends in Hearing*, *22*, 2331216518816203. https://doi.org/10.1177/2331216518816203

Bidelman, G. M., & Bhagat, S. P. (2015). Right-ear advantage drives the link between olivocochlear efferent "antimasking" and speech-in-noise listening benefits. *NeuroReport*. https://doi.org/10.1097/WNR.0000000000000376

Bidelman, G. M., & Howell, M. (2016). Functional changes in inter- and intra-hemispheric cortical processing underlying degraded speech perception. *NeuroImage*, *124*(Pt A), 581–590. https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2015.09.020

Bless, J. J., Westerhausen, R., Arciuli, J., Kompus, K., Gudmundsen, M., & Hugdahl, K. (2013). "Right on all Occasions?" - On the Feasibility of Laterality Research Using a Smartphone Dichotic Listening Application. *Frontiers in Psychology*, *4*, 42. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00042

Broadbent, D. E. (Donald E. (n.d.). *Perception and communication*. Retrieved from https://books.google.com.tr/books/about/Perception_and_Communication.html?id=ZCOLBQAAQBAJ&source=kp_cover&redir_esc=y

Brown, G. J., Ferry, R. T., & Meddis, R. (2010). A computer model of auditory efferent suppression: implications for the recognition of speech in noise. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *127*(2), 943—954. https://doi.org/10.1121/1.3273893

Brown, M. C. (2014). Single-unit labeling of medial olivocochlear neurons: the cochlear frequency map for efferent axons. *Journal of Neurophysiology*, *111*(11), 2177–2186. https://doi.org/10.1152/jn.00045.2014

Chandrasekaran, B., & Kraus, N. (2010). The scalp-recorded brainstem response to speech: neural origins and plasticity. *Psychophysiology*, *47*(2), 236–246. https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2009.00928.x

Clark, N. R., Brown, G. J., Jurgens, T., & Meddis, R. (2012). A frequency-selective feedback model of auditory efferent suppression and its implications for the recognition of speech in noise. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *132*(3), 1535–1541. https://doi.org/10.1121/1.4742745

de Boer, J., Thornton, A. R. D., & Krumbholz, K. (2012). What is the role of the medial olivocochlear system in speech-in-noise processing? *Journal of Neurophysiology*. https://doi.org/10.1152/jn.00222.2011

de Boer, J., & Thornton, A. R. D. (2007). Effect of subject task on contralateral suppression of click evoked otoacoustic emissions. *Hearing Research*, *233*(1–2), 117–123. https://doi.org/10.1016/j.heares.2007.08.002

de Venecia, R. K., Liberman, M. C., Guinan, J. J., Brown, M. C., & BROWN, M. C. (2005). Medial olivocochlear reflex interneurons are located in the posteroventral cochlear nucleus: a kainic acid lesion study in guinea pigs. *The Journal of Comparative Neurology*, *487*(4), 345–360. https://doi.org/10.1002/cne.20550

Deeter, R., Abel, R., Calandruccio, L., & Dhar, S. (2009). Contralateral acoustic stimulation alters the magnitude and phase of distortion product otoacoustic emissions. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *126*(5), 2413–2424. https://doi.org/10.1121/1.3224716

Deutsch, J. A., & Deutsch, D. (1963). Attention: Some theoretical considerations. *Psychological Review*, *70*(1), 51–60. https://doi.org/10.1037/h0042712

Dhar, S. (2011). *Otoacoustic Emissions: Principles, Procedures, and Protocols.* San Diego, CA: Plural Publishin.

Doucet, J. R., Rose, L., & Ryugo, D. K. (2002). The cellular origin of corticofugal projections to the superior olivary complex in the rat. *Brain Research*, *925*(1), 28–41. Retrieved from http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11755898

Elgoyhen, A. B., & Katz, E. (2012). The efferent medial olivocochlear-hair cell synapse. *Journal of Physiology, Paris*, *106*(1–2), 47–56. https://doi.org/10.1016/j.jphysparis.2011.06.001

Fawcett, J., F Risko, E., & Kingstone, A. (2015). *The Handbook of Attention*.

Ferber-Viart, C., Duclaux, R., Collet, L., & Guyonnard, F. (1995). Influence of auditory stimulation and visual attention on otoacoustic emissions. *Physiology & Behavior*, *57*(6), 1075–1079.

Fiedler, L., Obleser, J., Lunner, T., & Graversen, C. (2016). *Ear-EEG allows extraction of neural responses in challenging listening scenarios — A future technology for hearing aids? Conference proceedings: ... Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. Conference* (Vol. 2016). https://doi.org/10.1109/EMBC.2016.7592020

Flint, P. W., Haughey, B. H., Lund, V. J., Niparko, J. K., Robbins, K. T., Thomas, J. R., & Lesperance, M. M. (2014). *Cummings otolaryngology : head & neck surgery*. Retrieved from https://www.kriso.ee/cummings-otolaryngology-head-neck-surgery-e-db-97803232782016e.html

Francis, N. A., & Guinan, J. J. (2010). Acoustic stimulation of human medial olivocochlear efferents reduces stimulus-frequency and click-evoked otoacoustic emission delays: Implications for cochlear filter bandwidths. *Hearing Research*, *267*(1–2), 36–45. https://doi.org/10.1016/j.heares.2010.04.009

Froehlich, P., Collet, L., Chanal, J. M., & Morgon, A. (1990). Variability of the influence of a visual task on the active micromechanical properties of the cochlea. *Brain Research*, *508*(2), 286–288.

G. Rasmussen. (1960). Efferent fibers of the cochlear nerve and cochlear nucleus. Retrieved May 27, 2019, from https://www.researchgate.net/publication/285460913_Efferent_fibers_of_the_cochlear_nerve_and_cochlear_nucleus

Garinis, A. C., Glattke, T., & Cone, B. K. (2011). The MOC Reflex During Active Listening to Speech. *Journal of Speech Language and Hearing Research*. https://doi.org/10.1044/1092-4388(2011/10-0223)

Gaskill, S. A., & Brown, A. M. (1990). The behavior of the acoustic distortion product, $2f1-f2$, from the human ear and its relation to auditory sensitivity. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *88*(2), 821–839. https://doi.org/10.1121/1.399732

Gil-Loyzaga, P. E. (1995). Neurotransmitters of the olivocochlear lateral efferent system: with an emphasis on dopamine. *Acta Oto-Laryngologica*, *115*(2), 222–226.

Gold, T. (1948). Hearing. II. The Physical Basis of the Action of the Cochlea. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B - Biological Sciences*, *135*(881), 492–498. https://doi.org/10.1098/rspb.1948.0025

Guinan, J. J. (2018). Olivocochlear efferents: Their action, effects, measurement and uses, and the impact of the new conception of cochlear mechanical responses. *Hearing Research*, *362*, 38–47. https://doi.org/10.1016/j.heares.2017.12.012

Guinan, J. J. (2006). Olivocochlear Efferents: Anatomy, Physiology, Function, and the Measurement of Efferent Effects in Humans. *Ear and Hearing*, *27*(6), 589–607. https://doi.org/10.1097/01.aud.0000240507.83072.e7

Hall, J. W. (2000). *Handbook of Otoacoustic Emissions*. Singular. Retrieved from https://books.google.com.tr/books?id=X6Ez-C6LAbMC

Harris, F. P., Lonsbury- Martin, B. L., Stagner, B. B., Coats, A. C., & Martin, G. K. (1989). Acoustic distortion products in humans: Systematic changes in amplitude as a function of f_2 / f_1 ratio. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *85*(1), 220–229. https://doi.org/10.1121/1.397728

Hernandez Perez, H. (2018). *Disentangling the influence of attention in the auditory efferent system during speech processing.*

Huffman, R. F., & Henson, O. W. J. (1990). The descending auditory pathway and acousticomotor systems: connections with the inferior colliculus. *Brain Research. Brain Research Reviews*, *15*(3), 295–323.

James, A. L., Mount, R. J., & Harrison, R. V. (2002). Contralateral suppression of DPOAE measured in real time. *Clinical Otolaryngology and Allied Sciences*, *27*(2), 106–112.

Jedrzejczak, W. W., Milner, R., Olszewski, L., & Skarzynski, H. (2017). Heightened visual attention does not affect inner ear function as measured by otoacoustic emissions. *PeerJ*, *5*, e4199. https://doi.org/10.7717/peerj.4199

Kalaiah, M. K., Theruvan, N. B., Kumar, K., & Bhat, J. S. (2017). Role of Active Listening and Listening Effort on Contralateral Suppression of Transient Evoked Otoacousic Emissions. *Journal of Audiology & Otology*, *21*(1), 1–8. https://doi.org/10.7874/jao.2017.21.1.1

Kawase, T., Delgutte, B., & Liberman, M. C. (1993a). Antimasking effects of the olivocochlear reflex. II. Enhancement of auditory-nerve response to masked tones. *Journal of Neurophysiology*, *70*(6), 2533–2549. https://doi.org/10.1152/jn.1993.70.6.2533

Kawase, T., & Liberman, M. C. (1993b). Antimasking effects of the olivocochlear reflex. I. Enhancement of compound action potentials to masked tones. *Journal of Neurophysiology*, *70*(6), 2519–2532. https://doi.org/10.1152/jn.1993.70.6.2519

Kemp, D. T. (1978). Stimulated acoustic emissions from within the human auditory system. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *64*(5), 1386–1391. https://doi.org/10.1121/1.382104

Kemp, D. T. (2002). Otoacoustic emissions, their origin in cochlear function, and use. *British Medical Bulletin*, *63*(1), 223–241. https://doi.org/10.1093/bmb/63.1.223

Khalfa, S., & Collet, L. (1996). Functional asymmetry of medial olivocochlear system in humans. Towards a peripheral auditory lateralization. *Neuroreport*, *7*(5), 993–996. Retrieved from http://europepmc.org/abstract/MED/8804038

Khalfa, S., Veuillet, E., & Collet, L. (1998). Influence of handedness on peripheral auditory asymmetry. *The European Journal of Neuroscience*, *10*(8), 2731–2737.

Kumar, U. A., & Vanaja, C. S. (2004). Functioning of olivocochlear bundle and speech perception in noise. *Ear and Hearing*, *25*(2), 142–146.

Kummer, P., Janssen, T., Hulin, P., & Arnold, W. (2000). Optimal L(1)-L(2) primary tone level separation remains independent of test frequency in humans. *Hearing Research*, *146*(1–2), 47–56.

Lavie, N. (1995). Perceptual load as a necessary condition for selective attention. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *21*(3), 451–468. https://doi.org/10.1037/0096-1523.21.3.451

Le Prell, C. G., Shore, S. E., Hughes, L. F., & Bledsoe, S. C. (2003). Disruption of Lateral Efferent Pathways: Functional Changes in Auditory Evoked Responses. *Journal of the Association for Research in Otolaryngology*, *4*(2), 276–290. https://doi.org/10.1007/s10162-002-3018-6

Lilaonitkul, W., & Guinan, J. J. (2009). Human Medial Olivocochlear Reflex: Effects as Functions of Contralateral, Ipsilateral, and Bilateral Elicitor Bandwidths. *Journal of the Association for Research in Otolaryngology*, *10*(3), 459–470. https://doi.org/10.1007/s10162-009-0163-1

Lonsbury-Martin, B. L., & Martin, G. K. (2008). Otoacoustic Emissions: Basic Studies in Mammalian Models. In *Active Processes and Otoacoustic Emissions in Hearing* (pp. 261–303). New York, NY: Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-0-387-71469-1_8

Lopez-Poveda, E. A. (2018). Olivocochlear Efferents in Animals and Humans: From Anatomy to Clinical Relevance. *Frontiers in Neurology*, *9*, 197. https://doi.org/10.3389/fneur.2018.00197

Maison, S., Micheyl, C., & Collet, L. (1997). Medial olivocochlear efferent system in humans studied with amplitude-modulated tones. *Journal of Neurophysiology*, *77*(4), 1759–1768. https://doi.org/10.1152/jn.1997.77.4.1759

Malmierca, M., & Ryugo, D. (2010). Descending Connections of Auditory Cortex to the Midbrain and Brain Stem. In *The Auditory Cortex* (pp. 189–208). https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0074-6_9

Marcrum, S. C. (2017). *Optimal Primary Tone Levels in Distortion Product Otoacoustic Emissions and the Role of Middle Ear Transmission*. Retrieved from https://mediatum.ub.tum.de/doc/1357180/80254.pdf

Mauermann, M., Uppenkamp, S., van Hengel, P. W. J., & Kollmeier, B. (1999). Evidence for the distortion product frequency place as a source of distortion product otoacoustic emission (DPOAE) fine structure in humans. I. Fine structure and higher-order DPOAE as a function of the frequency ratio f2/f1. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *106*(6), 3473–3483. https://doi.org/10.1121/1.428200

Meric, C., & Collet, L. (1992). Visual attention and evoked otoacoustic emissions: a slight but real effect. *International Journal of Psychophysiology : Official Journal of the International Organization of Psychophysiology*, *12*(3), 233–235.

Mertes, I. B., Johnson, K. M., & Dinger, Z. A. (2019). Olivocochlear efferent contributions to speech-in-noise recognition across signal-to-noise ratios. *The*

Journal of the Acoustical Society of America, *145*(3), 1529. https://doi.org/10.1121/1.5094766

Mertes, I. B., Wilbanks, E. C., & Leek, M. R. (2018). Olivocochlear Efferent Activity Is Associated With the Slope of the Psychometric Function of Speech Recognition in Noise. *Ear and Hearing*, *39*(3), 583–593. https://doi.org/10.1097/AUD.0000000000000514

Milvae, K., Alexander, J., & Strickland, E. (2015). *Is cochlear gain reduction related to speech-in-babble performance?*

Milvae, K., Alexander, J., & Strickland, E. (2016). *Investigation of the relationship between cochlear gain reduction and speech-in-noise performance at positive and negative signal-to-noise ratios*. *Journal of the Acoustical Society of America* (Vol. 139). https://doi.org/10.1121/1.4949804

Mishra, S. K. (2010). *Otoacoustic emission (OAE)-based measurement of the functioning of the human cochlea and the efferent auditory system.*

Mishra, S. K., & Lutman, M. E. (2014). Top-down influences of the medial olivocochlear efferent system in speech perception in noise. *PloS One*, *9*(1), e85756. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0085756

Mulders, W. H., & Robertson, D. (2000). Evidence for direct cortical innervation of medial olivocochlear neurones in rats. *Hearing Research*, *144*(1–2), 65–72. Retrieved from http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10831866

Muller, N., & Weisz, N. (2012). Lateralized auditory cortical alpha band activity and interregional connectivity pattern reflect anticipation of target sounds. *Cerebral Cortex (New York, N.Y. : 1991)*, *22*(7), 1604–1613. https://doi.org/10.1093/cercor/bhr232

Näätänen, R. (1992). Attention and brain function. *Attention and Brain Function*. Hillsdale, NJ, US: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.

Neely, S. T., Johnson, T. A., & Gorga, M. P. (2005). Distortion-product otoacoustic emission measured with continuously varying stimulus level. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *117*(3 Pt 1), 1248–1259. https://doi.org/10.1121/1.1853253

Nobre, A. C. (Kia), & Kastner, S. (Eds.). (2014). *The Oxford Handbook of Attention* (Vol. 1). Oxford University Press. https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199675111.001.0001

Nuñez, A., & Malmierca, E. (2007). Corticofugal modulation of sensory information. *Advances in Anatomy, Embryology, and Cell Biology*, *187*, 1 p following table of contents, 1–74. Retrieved from http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17212068

Parmentier, F., Elford, G., Escera, C., Andres, P., & SanMiguel, I. (2008). *The cognitive locus of distraction by acoustic novelty in the cross-modal oddball task*. *Cognition* (Vol. 106). https://doi.org/10.1016/j.cognition.2007.03.008

Payne, L., Rogers, C. S., Wingfield, A., & Sekuler, R. (2017). A right-ear bias of auditory selective attention is evident in alpha oscillations. *Psychophysiology*, *54*(4), 528–535. https://doi.org/10.1111/psyp.12815

Payne, L., & Sekuler, R. (2014). The importance of ignoring: Alpha oscillations protect selectivity. *Current Directions in Psychological Science*, *23*(3), 171–177. https://doi.org/10.1177/0963721414529145

Pernet, C., Belin, P., & Jones, A. (2014). Behavioral evidence of a dissociation between voice gender categorization and phoneme categorization using auditory morphed stimuli . *Frontiers in Psychology* . Retrieved from https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fpsyg.2013.01018

Perrot, X., & Collet, L. (2014). Function and plasticity of the medial olivocochlear system in musicians: a review. *Hearing Research*, *308*, 27–40. https://doi.org/10.1016/j.heares.2013.08.010

Philibert, B., Veuillet, E., & Collet, L. (1998). Functional asymmetries of crossed and uncrossed medial olivocochlear efferent pathways in humans. *Neuroscience Letters*, *253*(2), 99–102.

Pickles, J. O. (2015). Chapter 1 - Auditory pathways: anatomy and physiology. In M. J. Aminoff, F. Boller, & D. F. B. T.-H. of C. N. Swaab (Eds.), *The Human Auditory System* (Vol. 129, pp. 3–25). Elsevier. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-444-62630-1.00001-9

Pinto, Y., van der Leij, A. R., Sligte, I. G., Lamme, V. A. F., & Scholte, H. S. (2013). Bottom-up and top-down attention are independent. *Journal of Vision*, *13*(3), 16. https://doi.org/10.1167/13.3.16

Rasmussen, G. L. (1946). The olivary peduncle and other fiber projections of the superior olivary complex. *The Journal of Comparative Neurology*, *84*, 141–219. Retrieved from http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20982804

Puel, J. L., Bonfils, P., & Pujol, R. (1988). Selective attention modifies the active micromechanical properties of the cochlea. *Brain Research*, *447*(2), 380–383.

Rinne, T., Balk, M. H., Koistinen, S., Autti, T., Alho, K., & Sams, M. (2008). Auditory selective attention modulates activation of human inferior colliculus. *Journal of Neurophysiology*, *100*(6), 3323–3327. https://doi.org/10.1152/jn.90607.2008

Rinne, T., Stecker, G. C., Kang, X., Yund, E. W., Herron, T. J., & Woods, D. L. (2007). Attention modulates sound processing in human auditory cortex but not the inferior colliculus. *Neuroreport*, *18*(13), 1311–1314. https://doi.org/10.1097/WNR.0b013e32826fb3bb

Ryugo, D. K., Fay, R. R., & Popper, A. N. (2011). *Auditory and vestibular efferents*. Springer Science+Business Media, LLC.

Sahley, T. L., Anderson, D. J., & Chernicky, C. L. (2008). Bi-phasic intensity-dependent opioid-mediated neural amplitude changes in the chinchilla cochlea: Partial blockade by an N-Methyl-d-Aspartate (NMDA)-receptor antagonist. *European Journal of Pharmacology*. https://doi.org/10.1016/j.ejphar.2007.10.038

Scharf, B., Magnan, J., & Chays, A. (1997). On the role of the olivocochlear bundle in hearing: 16 case studies. *Hearing Research*, *103*(1–2), 101–122.

Scharf, B., Magnan, J., Collet, L., Ulmer, E., & Chays, A. (1994). On the role of the olivocochlear bundle in hearing: a case study. *Hearing Research*, *75*(1–2), 11–26.

Schofield, B. R., & Cant, N. B. (1999). Descending auditory pathways: projections from the inferior colliculus contact superior olivary cells that project bilaterally to the cochlear nuclei. *The Journal of Comparative Neurology*, *409*(2), 210–223. Retrieved from http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10379915

Schofield, B. R., & Coomes, D. L. (2005). Auditory cortical projections to the cochlear nucleus in guinea pigs. *Hearing Research*, *199*(1–2), 89–102. https://doi.org/10.1016/j.heares.2004.08.003

Schofield, B. R., & Coomes, D. L. (2006). Pathways from auditory cortex to the cochlear nucleus in guinea pigs. *Hearing Research*, *216–217*, 81–89. Retrieved from http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16874906

Shera, C. A., & Guinan, J. J. J. (1999). Evoked otoacoustic emissions arise by two fundamentally different mechanisms: a taxonomy for mammalian OAEs. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *105*(2 Pt 1), 782–798.

Shera, C. A. (2004). Mechanisms of mammalian otoacoustic emission and their implications for the clinical utility of otoacoustic emissions. *Ear and Hearing*, *25*(2), 86–97.

Shomstein, S., Lee, J., & Behrmann, M. (2010). Top-down and bottom-up attentional guidance: investigating the role of the dorsal and ventral parietal cortices. *Experimental Brain Research*, *206*(2), 197–208. https://doi.org/10.1007/s00221-010-2326-z

Smith, D. W., & Keil, A. (2015). The biological role of the medial olivocochlear efferents in hearing: separating evolved function from exaptation. *Frontiers in Systems Neuroscience*, *9*, 12. https://doi.org/10.3389/fnsys.2015.00012

Smith, S. B., & Cone, B. (2015). The medial olivocochlear reflex in children during active listening. *International Journal of Audiology*, *54*(8), 518–523. https://doi.org/10.3109/14992027.2015.1008105

Srinivasan, S., Keil, A., Stratis, K., Woodruff Carr, K. L., & Smith, D. W. (2012). Effects of cross-modal selective attention on the sensory periphery: cochlear sensitivity is altered by selective attention. *Neuroscience*, *223*, 325–332. https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2012.07.062

Srinivasan, S., Keil, A., Stratis, K., Osborne, A. F., Cerwonka, C., Wong, J., … Smith, D. W. (2014). Interaural attention modulates outer hair cell function. *The European Journal of Neuroscience*, *40*(12), 3785–3792. https://doi.org/10.1111/ejn.12746

Stover, L., Gorga, M. P., Neely, S. T., & Montoya, D. (1996). Toward optimizing the clinical utility of distortion product otoacoustic emission measurements. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *100*(2 Pt 1), 956–967. https://doi.org/10.1121/1.416207

Suga, N., Gao, E., Zhang, Y., Ma, X., & Olsen, J. F. (2000). The corticofugal system for hearing: recent progress. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *97*(22), 11807–11814. https://doi.org/10.1073/pnas.97.22.11807

Suga, N. (2012). Tuning shifts of the auditory system by corticocortical and corticofugal projections and conditioning. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, *36*(2), 969–988. https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2011.11.006

Suga, N., Gao, E., Ma, X., Sakai, M., & Chowdhury, S. A. (2001). Corticofugal system and processing of behaviorally relevant sounds: Perspective. *Acoustical Science and Technology*, *22*(2), 85–91. https://doi.org/10.1250/ast.22.85

Tallus, J., Soveri, A., Hämäläinen, H., Tuomainen, J., & Laine, M. (2015). Effects of Auditory Attention Training with the Dichotic Listening Task: Behavioural and Neurophysiological Evidence. *PLoS ONE*, *10*(10), e0139318. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0139318

Talmadge, C. L., Tubis, A., Long, G. R., & Piskorski, P. (1998). Modeling otoacoustic emission and hearing threshold fine structures. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *104*(3), 1517–1543. https://doi.org/10.1121/1.424364

Terreros, G., & Delano, P. H. (2015). Corticofugal modulation of peripheral auditory responses. *Frontiers in Systems Neuroscience*, *9*, 134. https://doi.org/10.3389/fnsys.2015.00134

Thompson, A. M., & Thompson, G. C. (1993). Relationship of descending inferior colliculus projections to olivocochlear neurons. *The Journal of Comparative Neurology*, *335*(3), 402–412. https://doi.org/10.1002/cne.903350309

Timpe-Syverson, G. K., & Decker, T. N. (1999). Attention effects on distortion-product otoacoustic emissions with contralateral speech stimuli. *Journal of the American Academy of Audiology*, *10*(7), 371–378.

Tremblay, K., & Burkard, R. F. (2012). *Translational Perspectives in Auditory Neuroscience*. Plural Pub. Retrieved from https://books.google.com.tr/books?id=pZKNGAAACAAJ

Vetter, D. E., Saldaña, E., & Mugnaini, E. (1993). Input from the inferior colliculus to medial olivocochlear neurons in the rat: a double label study with PHA-L and cholera toxin. *Hearing Research*, *70*(2), 173–186. Retrieved from http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8294262

Veuillet, E., Magnan, A., Ecalle, J., Thai-Van, H., & Collet, L. (2007). Auditory processing disorder in children with reading disabilities: effect of audiovisual training. *Brain : A Journal of Neurology*. https://doi.org/10.1093/brain/awm235

Wagner, W., Heppelmann, G., Muller, J., Janssen, T., & Zenner, H.-P. (2007). Olivocochlear reflex effect on human distortion product otoacoustic emissions is largest at frequencies with distinct fine structure dips. *Hearing Research*, *223*(1–2), 83–92. https://doi.org/10.1016/j.heares.2006.10.001

Warr, W. B., & Guinan, J. J. (1979). Efferent innervation of the organ of corti: two separate systems. *Brain Research*, *173*(1), 152–155. Retrieved from http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/487078

Weedman, D. L., & Ryugo, D. K. (1996a). Projections from auditory cortex to the cochlear nucleus in rats: Synapses on granule cell dendrites. *The Journal of Comparative Neurology*, *371*(2), 311–324. https://doi.org/10.1002/(SICI)1096-9861(19960722)371:2<311::AID-CNE10>3.0.CO;2-V

Weedman, D. L., & Ryugo, D. K. (1996b). Pyramidal cells in primary auditory cortex project to cochlear nucleus in rat. *Brain Research*, *706*(1), 97–102. https://doi.org/10.1016/0006-8993(95)01201-X

Whitehead, M. L., McCoy, M. J., Lonsbury-Martin, B. L., & Martin, G. K. (1995). Dependence of distortion-product otoacoustic emissions on primary levels in normal and impaired ears. I. Effects of decreasing L2 below L1. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *97*(4), 2346–2358. https://doi.org/10.1121/1.411959

Winer, J. A., & Schreiner, C. E. (2005). *The Inferior Colliculus*. Springer New York. Retrieved from https://books.google.com.tr/books?id=6Ce3PMzcRqsC

Winslow, R. L., & Sachs, M. B. (1987). Effect of electrical stimulation of the crossed olivocochlear bundle on auditory nerve response to tones in noise. *Journal of Neurophysiology*, *57*(4), 1002–1021. https://doi.org/10.1152/jn.1987.57.4.1002

Wixted, J. T., & Serences, J. (2018). *Stevens' Handbook of Experimental Psychology and Cognitive Neuroscience, Sensation, Perception, and Attention*. Wiley. Retrieved from https://books.google.com.tr/books?id=Pz9MDwAAQBAJ

Wostmann, M., Lim, S.-J., & Obleser, J. (2017). The Human Neural Alpha Response to Speech is a Proxy of Attentional Control. *Cerebral Cortex (New York, N.Y. : 1991)*, *27*(6), 3307–3317. https://doi.org/10.1093/cercor/bhx074

Zhao, W., & Dhar, S. (2009). *The Effect of Contralateral Acoustic Stimulation on Spontaneous Otoacoustic Emissions*. *Journal of the Association for Research in Otolaryngology : JARO* (Vol. 11). https://doi.org/10.1007/s10162-009-0189-4

Zheng, X. Y., Henderson, D., McFadden, S. L., Ding, D. L., & Salvi, R. J. (1999). Auditory nerve fiber responses following chronic cochlear de-efferentation. *The Journal of Comparative Neurology*, *406*(1), 72–86.

FORMLAR

EK-1: BİLGİLENDİRİLMİŞ ONAM FORMU

Dikkatin Periferik İşitme Sistemi Üzerindeki Etkisinin Araştırılması Bilgilendirilmiş Onam Formu

Çalışmamızın amacı, normal işitmeye sahip olan yetişkinlerde dikkatin işitsel ya da görsel uyarana verilmesi ile iç kulaktaki dış tüy hücrelerinin yanıtlarında bir değişiklik olup olmadığını incelemektir.

Uygulanacak İşlemler:

Araştırmada herhangi bir tedavi uygulanmayacaktır. Araştırmamızda, insanların dikkat durumlarına bağlı olarak otoakustik emisyon değerlerinde bir değişiklik olup olmadığına bakılacaktır. Katılımcıya kulaklıklardan saf ses uyaranlar gönderilerek saf ses işitme testi yapılacaktır. İmmitansmetri probu ile dış kulak yolunda basınç değişikliği oluşturularak timpanometri testi uygulanacaktır. Bu testlerin sonuçlarına göre katılımcıyı çalışmaya dahil edip etmeme konusunda karar verilecektir. Çalışmaya dahil edilecek katılımcıya test öncesinde testin nasıl yapılacağı anlatılacaktır. Dikkat görevleri ile ilgili yönergeler verildikten sonra teste başlanacaktır. Test sırasında katılımcının bir kulağına emisyon probu diğer kulağına ise kulaklık takılacaktır. Katılımcı bu şekilde bir ekranın karşısına oturtulacaktır. Ekranda görsel uyaranlar belirecektir. Kulaklıktan ve emisyon probundan sesler gönderilecektir. Katılımcıdan dikkatini görsel uyaranlara ya da işitsel uyaranlara vermesini sağlayacak görevleri yapması istenecektir. Katılımcı bu görevleri yaparken emisyon probu yerleştirilen kulakta emisyon ölçümü yapılacaktır.

Risk:

Araştırmada maruz kalacağınız herhangi bir risk ya da rahatsızlık bulunmamaktadır. Araştırmamızda yer almanız nedeniyle size hiçbir ödeme yapılmayacaktır. Araştırma kapsamındaki testler için sizden veya bağlı bulunduğunuz sosyal güvenlik kuruluşundan hiçbir ücret istenmeyecektir. Bu araştırmada yer almak tamamen sizin isteğinize bağlıdır. Araştırmada yer almayı reddedebilirsiniz ya da herhangi bir aşamada araştırmadan ayrılabilirsiniz. Bu durum herhangi bir cezaya ya da olumsuz bir duruma yol açmayacaktır. Araştırmanın sonuçları bilimsel amaçla

kullanılacaktır. Çalışmadan çekilmeniz ya da araştırıcı tarafından çıkarılmanız durumunda, sizle ilgili test sonuçları da gerekirse bilimsel amaçla kullanılabilecektir. Tüm tıbbi ve kimlik bilgileriniz gizli tutulacak, araştırma yayınlansa bile kimlik bilgileriniz verilmeyecektir. Ancak araştırmanın izleyicileri, yoklama yapanlar, etik kurullar ve resmi makamlar gerektiğinde tıbbi bilgilerinize ulaşabilecektir. Siz de istediğinizde kendinize ait tıbbi bilgilere ulaşabilirsiniz. Araştırmayla veya araştırma yöntemiyle ilgili bir değişiklik olduğunda katılımcılara veya yasal temsilciler zamanında bilgilendirilecektir. Herhangi bir konuda sorunuz olursa aşağıda belirtilen iletişim numaralarına ulaşabilirsiniz.

Tel: Şebnem Dündar (0554 ** ** *0)

Çalışmaya Katılma Onayı:

Yukarıda yer alan ve araştırmaya başlanmadan önce gönüllüye verilmesi gereken bilgileri okudum ve sözlü olarak dinledim. Aklıma gelen tüm soruları araştırmacıya sordum. Yazılı ve sözlü olarak bana yapılan tüm açıklamaları ayrıntılarıyla anlamış bulunmaktayım. Çalışmaya katılmayı isteyip istemediğime karar vermem için bana yeterli zaman tanındı. Bu koşullar altında, bana ait test sonuçlarının gözden geçirilmesi, transfer edilmesi ve işlenmesi konusunda araştırma yürütücüsüne yetki veriyor ve söz konusu araştırmaya ilişkin bana yapılan katılım davetini hiçbir zorlama ve baskı olmaksızın büyük bir gönüllülük içerisinde kabul ediyorum.

Bu formun imzalı bir kopyası bana verilecektir.

Katılımcı Adı Soyadı: **Açıklamaları Yapan Adı Soyadı:**

Şebnem Dündar

(Velayet veya vesayet altında bulunanlar için veli veya vasinin adı-soyadı)

Tarih: **Tarih:**

Tel: **Tel:**

İmza: **İmza:**

ETİK KURUL KARARI

Tarih ve Sayı: 01/11/2016-394574

BE6ELR8E5

T.C.
CERRAHPAŞA TIP FAKÜLTESİ DEKANLIĞI
Klinik Araştırmalar Etik Kurulu

Sayı :83045809-604.01.02-
Konu :Yüks.Lis.Öğr. Şebnem DÜNDAR'ın etik kurul kararı A-07

KULAK BURUN BOĞAZ HASTALIKLARI ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞINA

İlgi :22.09.2016 tarihli, 337185 sayılı yazınıza:

Anabilim Dalınız öğretim üyesi **Yard.Doç.Dr. Zahra POLAT' ın** danışmanlığında **Yüksek Lisans Öğr. Şebnem DÜNDAR'ın** sorumluluğunda yürütülecek olan **" Dikkatin Periferik İşitme Sistemi Üzerindeki Etkisinin Araştırılması"** başlıklı **Yüksek Lisans Tezi** hakkında ilgi yazınız ve ekleri **01 Kasım 2016** tarihinde toplanan Fakültemiz Klinik Araştırmalar Etik Kurulunca müzakere edilmiş olup; etik açıdan uygun olduğuna karar verilmiştir.

Bilgilerinizi rica ederim

e-İmzalı
Prof. Dr. Özgür KASAPÇOPUR
Başkan

e-İmzalı
Prof. Dr. Haluk EMİR
Bölüm Başkanı

EK :
1 dosya elden teslim edilecektir.

Doğrulamak İçin:http://194.27.128.66/envision.Sorgula/belgedogrulama.aspx?V=BE6ELR8E5
Ayrıntılı bilgi için irtibat : Güler SOYDANER Dahili : 22300
İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi 34303 Cerrahpaşa/ İSTANBUL
Tel : 0 (212) 414 30 00 21107- 21108 Fax : 0 (212) 632 00 33
e-posta : ctfpersonel@istanbul.edu.tr Elektronik Ağ : www.istanbul.edu.tr

Bu belge 5070 sayılı Elektronik İmza Kanununun 5. Maddesi gereğince güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

İNTİHAL RAPORU İLK SAYFASI

DİKKATİN PERİFERİK İŞİTME SİSTEMİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

ORIJINALLIK RAPORU

%5	%2	%1	%4
BENZERLIK ENDEKSI	İNTERNET KAYNAKLARI	YAYINLAR	ÖĞRENCI ÖDEVLERI

BIRINCIL KAYNAKLAR

1	Submitted to Istanbul University Öğrenci Ödevi	%1
2	Submitted to TechKnowledge Turkey Öğrenci Ödevi	%1
3	Submitted to The Scientific & Technological Research Council of Turkey (TUBITAK) Öğrenci Ödevi	<%1
4	www.openaccess.hacettepe.edu.tr:8080 İnternet Kaynağı	<%1
5	Submitted to Eastern Mediterranean University Öğrenci Ödevi	<%1
6	Submitted to Istanbul Medipol Ãniversitesi Öğrenci Ödevi	<%1
7	Chunwan Lv, Guoshun Huang, Zhengyong Ouyang, Jian Chen, Lingxin Bao. "Output Regulation for a Class of MIMO Uncertain Stochastic Nonlinear Systems by Active	<%1

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı	Şebnem	**Soyadı**	Dündar
Doğ.Yeri	Üsküdar	**Doğ.Tar.**	22.08.1993
Uyruğu	TC	**TC Kim No**	59593257858
Email	sebdun_22@hotmail.com	**Tel**	05548127540

Eğitim Düzeyi

	Mezun Olduğu Kurumun Adı	**Mez. Yılı**
Doktora		
Yük.Lis.		
Lisans	İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi	2015
Lise		

İş Deneyimi (Sondan geçmişe doğru sıralayın)

	Görevi	**Kurum**	**Süre (Yıl - Yıl)**
1.	Araştırma Görevlisi	Marmara Üniversitesi	2017-2019
2.	Araştırma Görevlisi	İnönü Üniversitesi	2016-2017
3.			

Yabancı Dilleri	**Okuduğunu Anlama***	**Konuşma***	**Yazma***	**KPDS/ÜDS Puanı**	**(Diğer) Puanı**
İngilizce	Çok iyi	İyi	İyi		

***Çok iyi, iyi, orta, zayıf olarak değerlendirin

	Sayısal	**Eşit Ağırlık**	**Sözel**
LES Puanı			
(Diğer) Puanı			

Bilgisayar Bilgisi

Program	**Kullanma becerisi**

Yayınları/Tebligleri Sertifikaları/Ödülleri

Özel İlgi Alanları (Hobileri): Yabancı dil ve programlama dili öğrenmek, keman çalmak