

**BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KULAK BURUN BOĞAZ HASTALIKLARI ANABİLİM DALI
ODYOLOJİ DOKTORA PROGRAMI**

**ATEŞLİ SİLAH KULLANAN BİREYLERDE PATLAYICI
GÜRÜLTÜNÜN EFFERENT SİSTEM ÜZERİNE ETKİSİNİN
ARAŞTIRILMASI**

HAZIRLAYAN

Fatma KILINÇ

DOKTORA TEZİ

ANKARA-2021

**BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KULAK BURUN BOĞAZ HASTALIKLARI ANABİLİM DALI
ODYOLOJİ DOKTORA PROGRAMI**

**ATEŞLİ SİLAH KULLANAN BİREYLERDE PATLAYICI
GÜRÜLTÜNÜN EFFERENT SİSTEM ÜZERİNE ETKİSİNİN
ARAŞTIRILMASI**

HAZIRLAYAN

Fatma KILINÇ

DOKTORA TEZİ

TEZ DANIŞMANI

Prof. Dr. Hatice Seyra ERBEK

ANKARA-2021

BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Kulak Burun Boğaz Hastalıkları Anabilim Dalı Odyoloji Doktora Programı çerçevesinde Fatma Kılıç tarafından hazırlanan bu çalışma, aşağıdaki jüri tarafından Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 26/05/2021

Tez Adı: Ateşli Silah Kullanan Bireylerde Patlayıcı Gürültünün Efferent Sistem Üzerine Etkisinin Araştırılması

Tez Jüri Üyeleri (Unvanı, Adı - Soyadı, Kurumu)

BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
DOKTORA TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU

Tarih: 21 / 05 / 2021

Öğrencinin Adı, Soyadı:

Öğrencinin Numarası: 21620150

Anabilim Dalı: Kulak Burun Boğaz Hastalıkları Anabilim Dalı

Programı: Odyoloji Doktora Programı

Danışmanın Unvanı/Adı, Soyadı: Prof. Dr.

Tez Başlığı: Ateşli Silah Kullanan Bireylerde Patlayıcı Gürültünün Efferent Sistem Üzerine Etkisinin Araştırılması

Yukarıda başlığı belirtilen Doktora tez çalışmamın; Giriş, Ana Bölümler ve Sonuç Bölümünden oluşan, toplam **61** sayfalık kısmına ilişkin, 21/05/2021 tarihinde tez danışmanım tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 11'dir.

1. Kaynakça hariç
2. Alıntılar hariç
3. Beş (5) kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

“Başkent Üniversitesi Enstitüleri Tez Çalışması Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Usul ve Esaslarını” inceledim ve bu uygulama esaslarında belirtilen azami benzerlik oranlarına tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Öğrenci İmzası:

ONAY

Tarihi: / /

Öğrenci Danışmanı Unvan, Ad, Soyad,

Prof. Dr.

İTHAF

Hayatıma anlam katan eşim *Uğur KILINÇ*'a ve kızlarım *Zeynep* ve *Sueda* 'ya ithafen...



TEŞEKKÜR

Doktora eğitimim başlangıcından itibaren sürecin her aşamasında değerli bilgi ve deneyimlerini her fırsatta bizlerle paylaşan, akademik alanda farklı bakış açılarıyla odyolojiye çok yönlü bakmayı kendisinden öğrendiğim, hayranlık duyup örnek aldığım kıymetli tez danışmanım Başkent Üniversitesi Kulak Burun Boğaz Anabilim Dalı Öğretim Üyesi Prof. Dr. H. Seyra Erbek'e

Doktora eğitimim boyunca değerli bilgi ve birikimleriyle akademik donanımını bizlerle paylaşan, akademik disiplin edinmemde büyük katkısı olan Başkent Üniversitesi Kulak Burun Boğaz Anabilim Dalı Başkanı Prof. Dr. H. Levent N. Özlüoğlu'na

Tez izleme komitemde yer alıp her zaman beni motive eden, kongrelerde kendisini dinlemekten büyük keyif aldığım hocam Hacettepe Üniversitesi Odyoloji Bölümü Öğretim Üyesi Prof. Dr. Meral Diğdem Türkyılmaz'a

Doktora eğitimim boyunca değerli bilgi ve birikimleriyle üzerimde büyük katkıları olan Başkent Üniversitesi Kulak Burun Boğaz Anabilim Dalı Öğretim Üyesi Prof. Dr. Selim S. Erbek'e ve diğer hocalarıma,

Tez çalışmam süresince tezimde kullandığım cihazının teminini sağlayan ERİŞÇİ Elektronik'e

Tez çalışmamda yardımlarını esirgemeyen klinik çalışanları ve Fatoş KAYA'ya

Tez çalışmam süresince yardımlarını esirgemeyen değerli arkadaşım Dr.Odyolog Belde Çulhaoğlu'na

Yüksek Lisans eğitimimden bu yana manevi destekleriyle her zaman yanımda olduklarını hissettiğim arkadaşlarım Sercan Yıldız Can ve Songül Dünder'a

Akademik çalışma hayatım ve tezim süresince bana desteğini esirgemeyen ve daima her türlü ilgi, özveri, yardım ve manevi katkılarıyla yanımda olan, değerli yol arkadaşlarım Dr.Odyolog Tuğba Emekci ve Dr.Odyolog Deniz Uğur Cengiz'e

Hayatımın her aşamasında olduğu gibi doktora sürecinde de bana destek olan her başarımla gözlerinin içi parlayan manevi desteklerini hep yanımda hissettiğim anneme ve babama,

Maddi ve manevi katkılarını hiçbir zaman esirgemeyen ve bu süreçte her türlü nazımı çeken hayat arkadaşım, Uğur Kılınç'a ve kızlarım Sueda ve Zeynep'e, her türlü engelle rağmen yılmadan başarının peşinden koşan öz benliğime çok teşekkür ederim.

ÖZET

Fatma Men Kılınç, Ateşli Silah Kullanan Bireylerde Patlayıcı Gürültünün Efferent Sistem Üzerine Etkisinin Araştırılması, Başkent Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Odyoloji Doktora Programı, 2021. Bu çalışmada, ateşli silah kullanan bireylerde kontralateral supresyon testi (MOC) ile gürültünün efferent sistem üzerine etkisi olup olmadığı araştırılmıştır. Çalışmaya 18-55 yaş arası 45 ateşli silah kullanan ve 45 sağlıklı toplam 90 gönüllü birey katılmıştır. Başkent Üniversitesi Kulak Burun Boğaz (KBB) polikliniğinde, çalışmaya katılan tüm bireylere genel KBB muayenesi yapıldıktan sonra saf ses odyometrisi, konuşma odyometrisi yüksek frekans odyometrisi, Distorsion Product Otoakustik Emisyon (DPOAE) testi kontralateral gürültü yokluğunda ve varlığında yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar her iki grup arasında karşılaştırılmıştır. Saf ses odyometrisi ve konuşma odyometrisi, sonuçları karşılaştırıldığında ateşli silah kullanan bireylerin işitme, konuşmayı alma ve ayırt etme eşikleri normal işitme sınırlarında elde edilmiş olsa da kontrol grubuna göre anlamlı derecede yüksek bulunmuştur ($p<0,05$). Gruplar frekanslara göre kontralateral supresyon değerleri açısından ayrı ayrı değerlendirildiğinde, gruplar arasında 8 kHz dışında tüm frekanslarda anlamlı farklılık elde edilmiştir($p<0,05$). Elde edilen veriler doğrultusunda ateşli silah kullanan bireylerin patlayıcı gürültüye maruz kalınması sonucunda gürültünün efferent işitsel sistem üzerinde bozucu etkisi olduğu görülmüştür. Yoğun gürültüye maruz kalan bireylerin hem işitme hem de psikolojik ve fizyolojik sağlıklarının bozulabileceği göz önüne alındığında insan sağlığı açısından korumanın ve erken tespitin önemi anlaşılmaktadır. Bu nedenle bu alanda daha fazla araştırmaya ihtiyaç olduğu görüşündeyiz.

Anahtar kelimeler: Efferent işitme sistemi, medialolivokoklear kompleks, ateşli silah, gürültü

Bu çalışma, Başkent Üniversitesi Tıp ve Sağlık Bilimleri Araştırma Kurulu ve Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu tarafından 16/09/2020 tarih ve 20/93 sayılı kararı (Proje No: KA20/314) ile onaylandı.

ABSTRACT

Fatma Men Kılınç, Investigation of the Effect of Explosive Noise on the Efferent System in Individuals Using Firearms, Başkent University, Institute of Health Sciences, Audiology Doctorate Program, 2021. In this study, the effect of noise on the efferent system was investigated by the contralateral suppression test (MOC) in individuals using firearms. A total of 90 volunteers between the ages of 18-55, 45 using firearms and 45 healthy individuals, participated in the study. Pure tone audiometry, speech audiometry high frequency audiometry, Distorsion Product Otoacoustic Emission (DPOAE) test were performed in the absence and presence of contralateral noise in Başkent University Otorhinolaryngology (ENT) outpatient clinic, after a general ENT examination was performed on all individuals participating in the study. The results obtained were compared between both groups. When pure tone audiometry and speech audiometry results were compared, although the hearing, speech acquisition and discrimination thresholds of individuals using firearms were obtained within normal hearing limits, it was found to be significantly higher than the control group ($p < 0.05$). When the groups were evaluated separately in terms of contralateral suppression values according to the frequencies, a significant difference was obtained between the groups at all frequencies except 8 kHz ($p < 0.05$). In line with the data obtained, it was observed that the noise had a disruptive effect on the efferent auditory system as a result of the exposure of individuals using firearms to explosive noise. Considering that both hearing and psychological and physiological health of individuals exposed to intense noise may be impaired, the importance of protection and early detection in terms of human health is understood. Therefore, we think that more research is needed in this area.

Keywords: Efferent auditory system, medialolivocochlear complex, firearm, noise

This study was approved by Başkent University Medical and Health Sciences Research Board and Non-Interventional Clinical Research Ethics Committee with the decision dated 16/09/2020 and numbered 20/93 (Project No: KA20 / 314) .

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
ÖZET	ii
ABSTRACT	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
TABLolar LİSTESİ	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. İç Kulağın Embriyolojik Gelişimi	3
2.2. İşitme Sistemi	4
2.2.1. Kokleanın organizasyonu	4
2.2.2. Corti organı	5
2.2.3. İşitme siniri	6
2.2.4. İşitme	7
2.3. Saçlı hücre anatomisi ve fizyolojisi	9
2.3.1. İç tüylü hücreler (İTH)	11
2.3.2. İç tüylü hücre nörotransmisyonu	11
2.3.3. Dış tüylü hücreler (DTH)	12
2.3.4. Dış tüylü hücre ve elektromotil yanıtlar	13
2.3.5. Koklear Şerit Sinapslar (Ribon)	15
2.4. Santral işitsel sistem	15
2.4.1. Santral İşitsel Sistem Anatomisi ve Fizyolojisi.....	15
2.5. İşitsel Efferent Sistem.....	19
2.5.1. İşitsel Efferent Sistem Anatomisi	19
2.5.2. Medial olivokoklear sistem (MOS)	19
2.5.3. Lateral olivokoklear sistem (LOS)	20
2.5.4. İşitsel Efferent Sistem Fizyolojisi	20
2.5.5. Olivokoklear Akustik Refleks.....	21
2.5.6. İşitmede Olivokoklear Efferentlerin Rolü	22
2.5.7. Koklea-olivokoklear İlişkiler	23
2.6. Otoakustik Emisyonlar (OAE)	24

2.6.1. Spontan Otoakustik Emisyonlar (SOAE)	25
2.6.2. Uyarılmış Otoakustik Emisyonlar (EOAE).....	25
2.6.3. MOC Sisteminin Değerlendirilmesinde OAE’lerin Kullanımı	26
2.7. Gürültü	27
2.7.1. Gürültü tiplerinin sınıflandırılması:	28
2.7.2. Gürültünün ölçülmesi:.....	29
2.7.3. Gürültüye Bağlı İşitme Kaybı.....	30
3. GEREÇ VE YÖNTEM	35
3.1. Değerlendirmeler	36
3.2. İstatistiksel Analiz.....	38
4. BULGULAR	40
4.1. Çalışma Grup Tanımlayıcı Özellikler.....	41
4.2. Saf Ses Odyometri Frekans Eşik Değerlerinin Çalışma ve Kontrol Grubunda Gruplar Arası Karşılaştırılması.....	41
4.3. SSO, KAE ve KAS Değerlerinin Çalışma ve Kontrol Grubunda Gruplar Araşı Karşılaştırılması	42
4.4. Katılımcıların Yüksek Frekanslarda İşitme Eşikleri Varlığı	43
4.5. Kontrol Grubu Katılımcıların DPOAE ve MOCR Değerlerinin Grup İçi Karşılaştırılması	44
4.6. Kontrol Grubunda Katılımcıların DPOAE ve MOCR Değeri Farkının Dağılımı	45
4.7. Çalışma Grubu Katılımcıların DPOAE ve MOCR Değerlerinin Grup İçi Karşılaştırılması	46
4.8. Çalışma Grubunda DPOAE ve MOCR Değeri Farkının Dağılımı.....	47
4.9. Çalışma Grubu İle Kontrol Grubu DPOAE Değerlerinin Sağ Kulak ve Sol Kulak Karşılaştırmaları.....	48
4.10. Çalışma Grubu İle Kontrol grubu MOCR (Supresyon) Değerlerinin Sağ Kulak ve Sol Kulak Karşılaştırmaları.....	49
5. TARTIŞMA.....	51
6. SONUÇ ve ÖNERİLER	60
KAYNAKLAR.....	62
EK 1. ETİK KURUL ONAYI	
EK 2. BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU	73

TABLÖLAR LİSTESİ

Sayfa

Tablo

Tablo 2.1. Tip I ve Tip II Nöronlar	14
Tablo 2.2. MOK ve LOK efferent sistem karşılaştırılması.....	21
Tablo 4.1. Çalışma Grubu Bireylerin Tanımlayıcı ve Klinik Özellikleri	41
Tablo 4.2. Saf Ses Odyometri Eşik Değerlerinin Çalışma ve Kontrol Grubunda Gruplar Arası Karşılaştırılması	42
Tablo 4.3. SSO, KAE ve KAS Değerlerinin Çalışma ve Kontrol Grubunda Gruplar Arası Karşılaştırılması.....	43
Tablo 4.4. Yüksek Frekans İşitme Eşik Değerlerinin Dağılımı.....	44
Tablo 4.5. Yüksek Frekans İşitme Eşik Değerleri	44
Tablo 4.5. Kontrol Grubu Katılımcıların DPOAE ve MOCR Değerlerinin Grup İçi Karşılaştırılması.....	45
Tablo 4.6. Kontrol Grubunda Katılımcıların DPOAE ve MOCR Değeri Farkının Dağılımı	46
Tablo 4.7. Çalışma Grubu Katılımcıların DPOAE ve MOCR Değerlerinin Grup İçi Karşılaştırılması.....	47
Tablo 4.8. Çalışma Grubunda Katılımcıların DPOAE ve MOCR Değeri Farkının Dağılımı	48
Tablo 4.9. Çalışma Grubu İle Kontrol grubu DPOAE Değeri Karşılaştırmaları.....	49
Tablo 4.10. Çalışma Grubu İle Kontrol grubu MOCR (Supresyon) Değerlerinin Karşılaştırmaları	50

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil

Şekil 2.1. ELD; endolenfatik dukrus, (Pk) PSSK; posterior semisirküler kanal, (Lk) LSSK; lateral semisirküler kanal, (Sk) SSSK; superior semisirküler kanal, U; utrikulus, S; sakkulus (Craig, Perkins, & Netter, 2002).	4
Şekil 2.2. Koklea kesiti (Craig et al., 2002).	5
Şekil 2.3. Corti organı (Craig et al., 2002).	6
Şekil 2.4. İlerleyen dalga (Craig et al., 2002).....	9
Şekil 2.5. Baziller membran hareketleri (Bulut & Öztürk, 2017).	10
Şekil 2.6. İç tüylü hücre lateral efferent innervasyonu (Raphael & Altschuler, 2003).	12
Şekil 2.7. Dış tüylü hücrelerin medial efferent innervasyonu (Raphael & Altschuler, 2003).	13
Şekil 2.8. İç ve dış tüy hücrelerinin afferent ve eferent innervasyonu (Karabulut et al., 2014).	14
Şekil 2.9. (Craig et al., 2002)	18
Şekil 2.10. LOK ve MOK efferentlerinin yerleşimi A; beyin sapından şematik kesit, B; Corti organının şematik kesiti	20
Şekil 2.11. Sağ kokleanın bir frekans bölgesinde olivokoklear refleks diagramı. DTH: Dış tüy hücresi, İTH: İç tüy hücresi, LOK: Lateral olivokoklear lifler, MOK: Medial olivokoklear lifler (Guinan Jr, 2006).	22
Şekil 2.12. Apopitotik Süreç: Gürültünün tüylü hücelere etkisinin şematizasyonu (Falasca, Greco, & Ralli, 2017)	34
Şekil 3.1. MOC refleks arkı	38
Şekil 4.1. Katılımcıların cinsiyete göre dağılımları	40
Şekil 4.2. Katılımcıların yaşa göre dağılımları.....	40

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

ABR	Auditory Brainstem Response
Ach	Asetil kolin
ATP	Adenozin Trifosfat
BOS	Beyin Omurilik Sıvısı
Ca	Kalsiyum
Ca ⁺⁺	Kalsiyum
CAP	Compound Action Potentialsix
dB	Desibel
DKY	Dış Kulak Yolu
DPOAE	Distortion Product Otoakustik Emisyon
DTH	Dış Tüylü Hücreler
GBİK	Gürültüye Bağlı İşitme Kaybı
GEK	Geçici Eşik Kayması
Hz	Hertz
İTH	İç Tüylü Hücreler
K	Potasyum
KEK	kalıcı Eşik Kayması
kHz	Kilohertz
KKB	Kalsiyum Kanal Blokeri
LOK	Lateral olivokoklear lifler
MET	Mekanik transdüksiyon akımı
MOK	Medial olivo- koklear lifler
MOKS	Medial olivo-koklear sistem
msn	milisaniye
Na	Sodyum
NAC	N-Acetyl Cysteine
NTF	Nörotrofik Faktör
OAE	Otoakustik Emisyon
OK	Olivo-kohear
RNS	Reaktif Nitrojen Türleri
ROS	Reaktif Oksijen Türleri
SNR	Signal Noise Ratio

SPL	Sound Pressure Level
TEOAE	Transient Evoked Otoakustik Emisyon
VKKK	Voltaj Kapılı Kalsiyum Kanalları



1. GİRİŞ

Meslek hastalıkları dünyada ve ülkemizde gürültüye bağlı işitme kayıpları arasında, en yaygın olanıdır. İş performansını azaltan, psikolojik ve fizyolojik bozukluklara yol açan ve işitme kayıplarına neden olan önemli bir çevre kirliliği türüdür. Dünya çapında erişkin işitme kayıplarında, yaşlılık sonucu işitme kaybından sonra ikinci sırada meslek dolayısıyla gürültüye bağlı işitme kayıpları gelmektedir (1-3).

Gürültünün insan sağlığı üzerine birçok zararlı etkisi vardır fakat en büyük etkiyi işitme sistemine vererek sensörinöral işitme kaybına neden olmaktadır. İşitme kaybı kalıcı olarak oluştuktan sonra malesef tedavisi mümkün olmamaktadır. En etkili çözüm gürültüye maruz kalmadan önce gereken önlemleri almaktır. Ateşli silahların ateşlenmesi sonucu oluşan gürültü, yoğun makine gürültüsü, yüksek ses müziğe maruz kalma gibi gürültüler karşımıza mesleki bir problem olarak çıkmaktadır.

Ateşli silah gürültüsünün yoğunluğu ile ilgili yapılan birçok çalışma vardır. 108,9 dB SPL- 160,2 dB SPL arasında değişen ses basınç seviyelerine sahip çeşitli silah türleri bulunmaktadır (4, 5). Yunanlı bilim insanları tarafından yapılmış çalışmalardan birinde askeri silahların neden olduğu ses basıncı seviyesinin 160,2 dB SPL'e kadar ulaştığını bildirmişlerdir. Brezilya'da MG, yapılan başka bir çalışmada ise, Montes Claros Askeri Polisi'ndeki atış eğitmenleri tarafından kullanılan ateşli silahların maksimum ses basıncı seviyesi 108,9 dB SPL olarak bildirilmiştir (6).

Ani ve patlayıcı sese maruz kalmanın sonucu orta ve iç kulak yapılarında ciddi hasar oluşabilir ve sonucunda işitme kayıpları meydana gelebilir. Bu şekilde meydana gelen işitme kayıpları akustik travma olarak tanımlanır (7). Bu şiddette bir sese maruz kalan bireylerde geçici ya da kalıcı eşik kayması oluşabilmektedir.

Patlayıcı sesin iç kulağa verdiği hasarı tespit edebilmek için kullanılan farklı yöntemler mevcuttur. Bu yöntemlerden birisi de Otoakustik Emisyonlardır (OAE). Dış kulak yoluna yerleştirilen bir mikrofona yardımıyla ölçülen OAE'lar, kokleanın dış tüylü hücreleri (DTH) tarafından üretilen mikrofoniclerdir (8).

Kontralateral medial olivo-koklear sistem (MOCS) efferentlerinin DTH'lerin fonksiyonu üzerinde, direkt etkisi vardır. Gürültü kontralateral kulaktan verilerek kayıt alınan kulaktan kayıt alınır. Elde edilen emisyon yanıtlarının düşmesi medial olivo-koklear (MOC) refleksin varlığına işaret etmektedir (9). MOC refleksi aktivitesi, sürekli bir gürültü varlığına işitsel sistemimizin tepkisini azaltarak bu gürültüye adapte olmamızı ve dinamik işitme aralığımızı mevcut ortam şartlarına uygun hale getirmemizi sağlamaktadır.

MOC sisteminin en önemli özelliği dış tüylü hücrelerin motilitesi üzerinde inhibitör etkiye sahip olmasıdır. Bu etkisinden dolayı maskelemeyi azalttığı, iç kulağı akustik travmalardan koruduğu ve seçici dikkatte yardımcı olduğu öne sürülmektedir (10, 11). İnsanlarda MOC refleksinin esas görevinin, 'unmasking'' veya ''antimasking'' dediğimiz düşük seviyeli arka plan gürültüsündeki geçici sinyallerin daha iyi anlaşılmasında etkili olduğu düşünülmektedir. MOC aktivasyonunun değerlendirilmesi için çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalarda, ölçüm yapılan kulağın kontralateraline gürültü verilerek, MOC aktivasyonu artırılmış ve MOC refleksi güçlü olan bireylerde gürültüde sinyali tespit etme yeteneklerinin daha iyi olduğu görülmüştür (12, 13). Bu da MOC refleksinin gürültüde sesi tespit etmede etkili olduğu hipotezini desteklemiştir. Ancak, MOCR'nin konuşma gibi daha karmaşık uyaranlarda, etkisi halen belirsizdir.

Yaptığımız bu çalışmada ateşli silah kullanan bireylerde yüksek şiddette patlamalı gürültünün periferik işitme organına ve efferent sistem üzerine olası etkisini otoakustik emisyon cihazı ile araştırılacaktır. Son zamanlarda efferent sistem hakkında çalışmalar artmış olsa da gizemini hala korumaktadır. Çalışmamızın bu alanda literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Çalışmamızın amacı, ateşli silah kullanan bireylerde kontralateral supresyon testi (MOC) ile gürültünün efferent sistem üzerine etkisi olup olmadığını araştırmaktır.

Hipotezler

H_{0.1}: Ateşli silah kullanımı ile birlikte oluşan patlamalı gürültünün efferent sistem fonksiyonları üzerinde etkisi yoktur.

H_{1.1}: Ateşli silah kullanımı ile birlikte oluşan patlamalı gürültünün efferent sistem fonksiyonları üzerinde etkisi vardır.

H_{0.2} : Ateşli silah kullanan bireylerde patlayıcı gürültünün konuşmayı alma ve ayırt etme üzerine etkisi yoktur.

H_{1.2} : Ateşli silah kullanan bireylerde patlayıcı gürültünün konuşmayı alma ve ayırt etme üzerine etkisi vardır.

H_{0.3} : Gürültüye maruz kalma süresinin (süre) MOC refleksi üzerine etkisi yoktur.

H_{1.3} : Gürültüye maruz kalma süresinin (süre) MOC refleksi üzerine etkisi vardır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. İç Kulağın Embriyolojik Gelişimi

Gelişmiş canlılarda karmaşık ve kompleks yapıya sahip olan kulak, işitme ve dengeyi sağlama görevini üstlenmiştir. Kulak gelişimi embriyolojik olarak gebeliğin 4. Haftasında iç kulak ile başlayarak 25. Haftasında tamamlanır. İç kulak yapılarının hepsi ektodermden köken alır (14).

Rhombencephalon'un yüzey ektoderminin kalınlaşması ile otik plak oluşumu başlar. Bu plakodun iç ve orta bölümünde hücre çoğalması kenarlara göre daha fazladır. Bu nedenle orta bölüm içe doğru çöker ve Fossa Otica olarak adlandırılan bir çukur oluşturur.

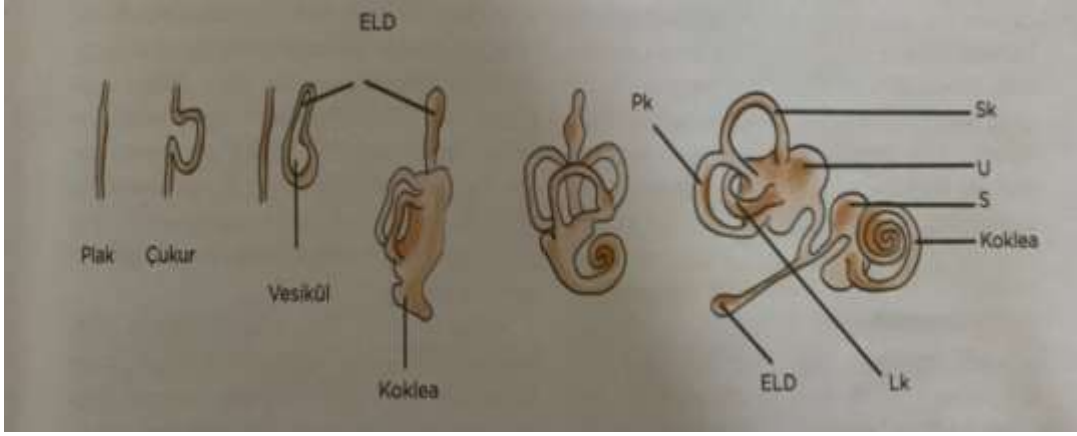
Fossa Oticanın 30.günde ektoderm ile bağlantısı kesilir. Nöral krestin bir kısmından otik vezikül adı verilen ve içi endolenf dolu olan bir kesecik diğer kısmından ise vestibulokoklear ganglion oluşur ve otik vezikule çok yakın konumda yerleşir. Spiral ve skarpa ganglionlarının oluşumu da bundan sonra başlar (14).

Vesicula otikada 36.günden sonra belirgin bir şekilde dorsal ve ventral olarak iki ana bölün meydana gelir. Dorsal bölüm utrikülü ve semisirküler kanalları ventral bölüm ise sakkül ve koklear kanalı meydana getirir (14, 15).

10.haftada koklea yaklaşık 2.5 kıvrım yaparak gelişimini tamamlar ve erişkin formuna ulaşmış olur (16, 17). Embriyonal gelişimin 9 -18 haftaları arasında membranöz labirentler sonraki iki hafta içinde ise kemik labirent oluşur (17). Bu gelişim sürecinde, işitme sistemi, vestibüler sistemden sonra gelişimini tamamlar. 23.-25.haftada işitme ve denge sistemi gelişimini tamamlamıştır ancak nöral bağlantılar gelişmeye devam etmektedir (15, 18).

İç ve dış tüy hücrelerin oluşumu 22. Haftada başlarken, fetüsün işitsel bilgileri algılayıp üst merkezlere iletmesi ise 26.haftadan itibaren başlar (15, 16). 13-27.haftalar arasında ise nörotransmitterlerin ve tüy hücrelerinin gelişimi ile efferent sistem koklea üzerine etki etmeye başlar (19).

Bu süreçte fetüs 20-30 haftalık olduğunda koklea ile beyin iletişimi başlar ve işitsel fonksiyonun başlamasıyla duymaya başlar (20).



Şekil 2.1. ELD; endolenfatik dukrus, (Pk) PSSK; posterior semisirküler kanal, (Lk) LSSK; lateral semisirküler kanal, (Sk) SSSK; superior semisirküler kanal, U; utrikulus, S; sakkulus (21).

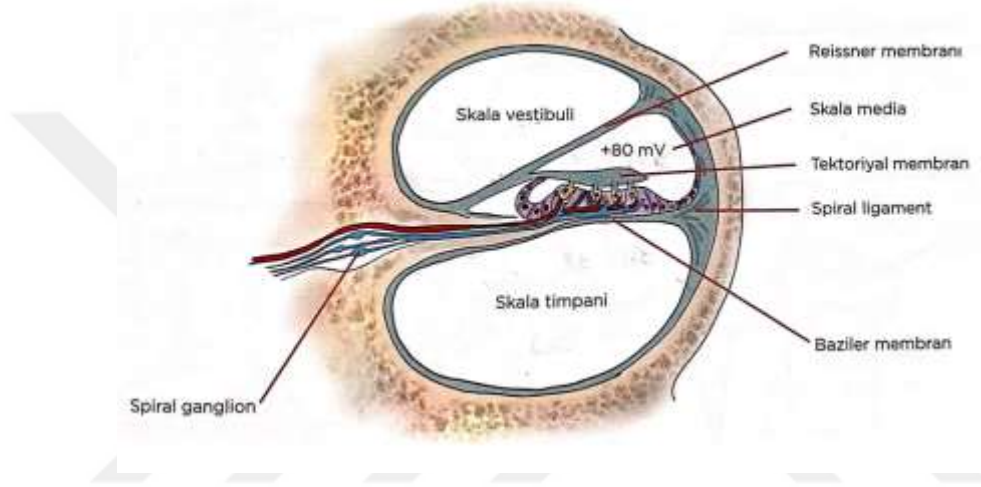
2.2. İşitme Sistemi

2.2.1. Kokleanın organizasyonu

Yunanca da “cochlos” sözcüğünün karşılığı olan kohlea, salyangoz anlamına gelmektedir (22). Fakat kohleanın içi salyangoz gibi tek bir kanaldan oluşmaz. Koklea temporal kemik içine yerleşmiştir ve üzeri otik kapsül denilen, ince bir laminar kemik tabakası ile örtülüdür (23). Çapı giderek azalır ve kendi üzerinde yaklaşık 2,5-3 kere sarılarak apeks'te sonlanır. Kohleanın yapısı modiulus, lamina spiralis ossea ve canalis spiralis cochlea olmak üzere temel olarak 3 parçadan oluşur. Kokleanın merkezi eksenini modiulus oluşturur ve kan damarları, bağ dokuları ve sinir fibrilleri içermektedir (24, 25). Lamina spiralis ossea: Modiolustan baziler membranın iç kenarına kadar uzanan ince, spiral bir kemik tabakadır. Canalis spiralis cochlea, yaklaşık 25-35 mm uzunluğunda olan spiral bir kanaldır. Tepe noktası kapalı olan bu kanalın sonu apeks olarak adlandırılır. Lamina spiralis ossea, canalis spiralis cochlea içinde spiral şeklinde yerleşmiştir. Canalis spiralis cochlea tüm uzunluğu boyunca iç duvara dayalı lamina spiralis ossea ile ikiye ayrılır. Spiral laminanın içi corti organına giriş çıkış yapabilen sinir liflerinin miyelin kılıflarını kaybedip corti organına girdikleri yerdeki, habenulae perforata denilen kanallarla delinir (24, 26).

Kokleaya enine kesit yapıldığında üç bölüm şeklinde görülür. Üstte kalan kısma skala vestibuli adı verilir ve vestibulum'a açılır. Ortada, skala media dediğimiz kapalı membranöz bir tüp şeklinde ve Canalis spiralis cochlea içinde Ductus cochlearis bulunur. Scala media ile skala vestibuli birbirinden 'Reissner's' membranı ile ayrılır. Scala media düşük Na^+ ve

yüksek K^+ iyon konsantrasyonu içeren intrasellüler sıvıya benzer özelliklere sahip endolenf sıvısı içerir. Altta kalan kısım ise skala timpani adını alır ve fenestra koklea aracılığı ile orta kulak boşluğu ile komşuluk yapar. Skala Vestibuli ve skala timpani kokleanın tepesinde helikotrema adı verilen yerde birleşirler. Bu iki skala, perilenf içerir. Perilenf bileşimi yönünden ekstrasellüler sıvıya benzer, yüksek Na^+ ve düşük K^+ iyon konsantrasyonu içerir. Scala media ile Scala Tympani birbirinden ‘Bazilar membran’ ile ayrılır. Bu membran üzerinde corti organı yerleşmiştir (23, 25, 27).



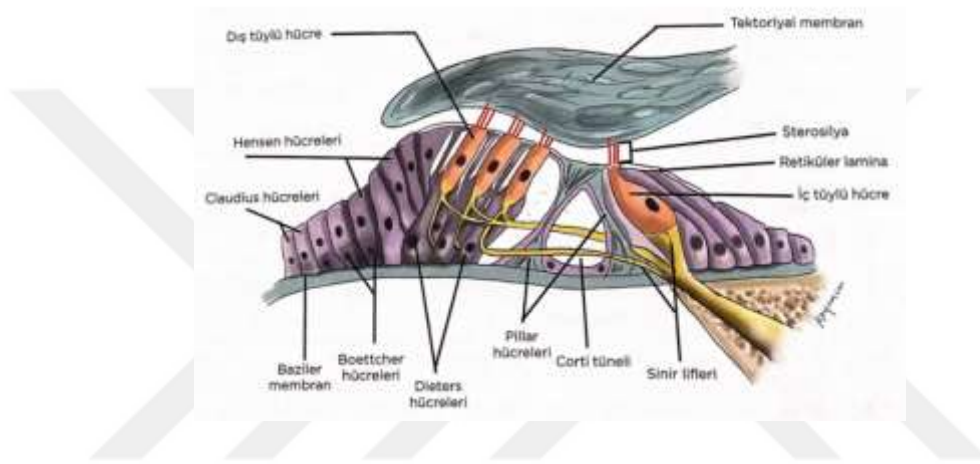
Şekil 2.2. Koklea kesiti (21).

2.2.2. Corti organı

Corti organı, iç kulağın primer işitme organı olan kokleanın skala media bölümünde bulunmaktadır (28). Üzeri tectorial membran ile örtülü olan corti, tüy hücreleri ve destek hücrelerini bulunduran, baziler membran üzerine yerleşmiş reseptör bir organdır (29, 30). Bazaldan apekse doğru giderken, baziler membran genişlemekte, hücrelerin boyutu büyümekte stereosilyaların sertliği azalmakta, boyu uzamakta ve stereosilyaların gömülü olduğu tectorial membranın yoğunluğu ise artmaktadır (25, 27, 31-33).

Sesin iletilmesinde görevli nöronal yapıları bulunduran corti organı vibrasyon ile uyarılır. Corti organında iç tüylü ve dış tüylü olmak üzere iki tip sensör hücre vardır. Kokleanın frekans seçiciliği ve duyarlılığını arttırmada en önemli görev dış tüylü hücrelere aittir. İç tüylü hücreler ise gerçek duysal hücreler olup İşitme siniri aracılığı ile impulslar göndererek işitme olayında büyük rol oynamaktadırlar. Tüylü hücreler sayı, fonksiyon ve yapı olarak birbirlerine göre birçok farklılık göstermektedirler. Hücrenin apikal kısmında

özelleşmiş mikrovillus olarak görülen sterosilya demetleri bulunur ve bu nedenle tüylü hücre adını alır. İç tüylü hücreler tek sıra halinde sıralanmış ve ~3500 adet, dış tüylü hücreler ise, 3-4 sıra halinde ve ~12000 adet olup falangial (Deiters) hücreleri ile desteklenmişlerdir. Dış ve iç tüylü hücreler arasında ise pillar (sütun) hücreleri bulunmaktadır (33). İç tüylü hücrelerin sterosilyaları tektorial membran ile temaslı değilken dış tüylü hücrelerin sterosilyaları tektorial membrana gömülüdür. Yaklaşık 30.000 adet sinir lifi tarafından innerve edilen 16.000 adet tüylü hücre vardır (23, 34, 35). Son yapılan çalışmalarda kokleanın efferent innervasyonunun duysal bilgiyi mekanoelektrik sese dönüştürceği yönünde bilgiler bulunmaktadır (13, 36, 37).



Şekil 2.3. Corti organı (21).

2.2.3. İşitme siniri

Kokleadaki tüylü hücreler tonotopik olarak hem efferent hem de afferent innervasyona sahiptir. Afferent innervasyonda, insan kokleasında bulunan tüy hücreleri ile temaslı sinir lifi sayısı bu hücrelerin iki katı ve yaklaşık 25-30 bin kadardır. Sinir lifleri modiolus içinde kümelenerek spiral ganglionları oluştururlar ve kemik yapıda olan spiral laminadan habenulea perforata adı verilen kanallardan düzenli olarak çıkarlar. Tonotopik organizasyon dediğimiz bu düzen primer işitme sisteminden kortekse kadar devam eder ve böylece kokleanın frekans düzenlemesi korunmuş olur (24, 26). Modiolustan çıkan işitme sinir lifi vestibüler dal ile birleşerek VIII. Kranial siniri oluşturur. Genel olarak frekans deşarj yeri, yoğunluk ise deşarj hızı olarak kodlanır (38).

Kokleadaki tüylü hücrelerin efferent innervasyonu, olivary kompleks ve beyin sapı işitsel yollardan kaynaklandığı için olivokoklear demet olarak adlandırılır. Bu yolak hem ipsilateral hem de kontralateral yolları içerir ve yaklaşık 1600 nöronu vardır. Efferent sinir

lifleri beyin sapını vestibüler sinir lifleri ile birlikte terk ederek internal akustik kanaldan (İAK) geçerken Oort anostomozu ile koklear sinir içerisine geçiş yaparlar. Çoğu miyelinsiz olan bu ipsilateral ve kontralateral efferentler internal akustik meatusu geçtikten sonra intraganglionik spiral demet içerisine girer ve burada hem bazale hem apikale ilerler. Bu liflerin bir kısmı spiral lamina içerisine girer. Dış tüylü hücrelere giden efferent lifler habenula perforatayı geçmeden önce milelin kılıf ile kaplanırlar. Corti organına giren efferentler kısa bir mesafe iç spiral demet içerisinde ilerledikten sonra dış spiral demete ulaşırlar. Buradan sonra birçok life ayrılan sinir lifi hem apikal hem de bazal yönde ilerleyerek DTH'leri innerve ederler. İTH'lere giden lifler ise iç spiral demete katılarak radyal afferentlerle sinaps yaparlar (39, 40).

2.2.4. İşitme

Kulağın ses enerjisini yakalamasıyla işitme başlar. Ses enerjisi dış ve orta kulaktan geçtikten sonra oval pencereye aktarılan akustik enerji, stapes tabanında titreşime neden olarak kompresyon ve rarefaksiyon hareketlerine yol açar. Scala vestibuli boyunca ilerleyen bu titreşim helikotrema aracılığıyla scala timpani ile bağlantılı olan yuvarlak pencereye doğru dalgalanma şeklinde devam eder. Skala vestibüli ve skala timpani arasındaki basınç farklılıklarından dolayı baziller membran ve üzerinde bulunan corti organında bu dalgalanma nedeniyle vibrasyon meydana gelir. Baziller membrandaki bu hareket kokleanın bazalinden apeksine doğru bir 'ilerleyen dalga' şeklindedir. Gerçek bir ses dalgası olmayan bu hareket bu sıvı sütunlarının hareketi şeklinde olur. Hidromekanik olaylar, kohleanın yer ve frekans arasındaki ilişkinin ve corti organının vibrasyon hareketinin önemli bileşenleri olsa da reseptör hücreler duysal transdüksiyonun ana elamanlarıdır. Mekanoreseptör özelliğe sahip ve mekanik enerjiyi elektriksel enerjiye dönüştüren bu reseptör hücrelerdir. Tüylü hücreler ile tektorial membran arasındaki kompresyon ve rarefaksiyon dalgaları ses enerjisinin elektrik enerjisine dönüştürülmesine ve böylece işitme siniri impulsu olarak mekanotransdüksiyonunu sağlar. Bu dönüşüm, sesin tınısı, perdesi, şiddeti ve faz ayırımı gibi fiziksel özelliklerinin kaybolmayacağı bir biçimde olur. Oluşan elektriksel gerilimlerle şifrelenen ses enerjisindeki bu özellikler, bilgi santral sinir sistemine, gönderilir (23, 34, 35).

İlerleyen dalganın amplitütü baziller membranın titreşime yanıt veren bölgelere göre farklılık gösterir bunun nedeni baziller membran bazal kısımda dar ve sert (kalın) bir lif yapıya sahip iken apekse doğru gidildikçe geniş ve gevşek (ince) lifli bir yapı halini almasıdır. Kokleanın bazal kısmında yüksek frekanslı sesler apeks kısmına doğru alçak

frekanslı sesler en yüksek amplitüte ulaşır ve hemen sonrasında sönümlenerek kaybolurlar (41, 42).

Kohleaya gelen sesin analizini açıklayan çeşitli teoriler vardır (23, 43). Bu teoriler;

Frekans veya Telefon Teorisi

Rutterford'un (1886) ortaya attığı bu teoriye göre; işitme sinirindeki impulsların sıklığı frekansların algılanmasını sağlar. Mesela 250 Hz'lik bir sesin işitme sinirini 250 defa arka arkaya uyardığı kabul edilmektedir (80). Bir sinir lifi saniyede en fazla 1000 defa uyarılabilmektedir. Sinir liflerinin senkronize çalışması göz önüne alındığında bu teorisinin geçerliliğini kaybetmesinin nedeni olarak sadece 5 kHz'in altındaki seslerde geçerli olmasıdır (44, 45).

Yer Teorisi

Helmholtz'a göre (1855); Corti organı ve baziller membran bir piyanonun tellerine benzeyen bir rezonatördür. Ses dalgalarının gelişiyile uygun frekans bölgeleri uyarılarak titreşir ve ses algılanır. Baziller membranın apikal bölgesinin alçak frekanslı seslerin, bazalinde ise yüksek frekanslı seslerin rezonatörü olduğu ilk olarak bu teori ile ortaya atılmıştır (46).

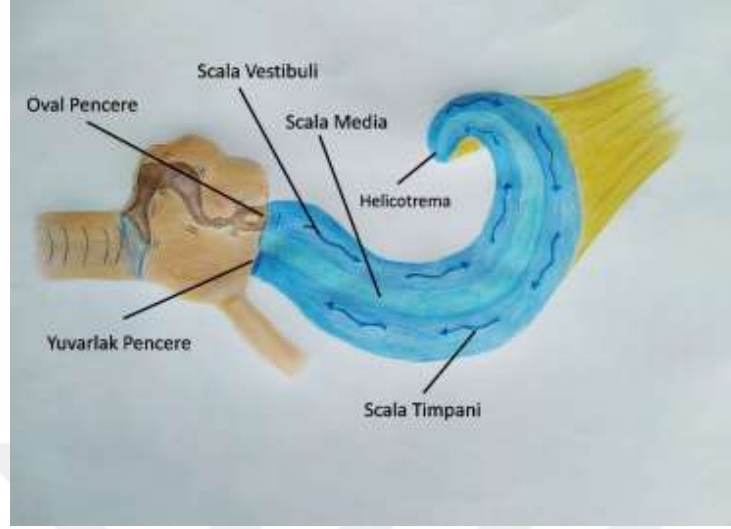
Volley (Yayılm) Teorisi

Wever (1954)'in) teorisine göre; hem frekans hem de yer teorisi ile açıklanmaktadır. 5000Hz'e kadar olan seslerin algılanması frekans teorisi ile izah edilirken 5000Hz'i geçen frekanslar için ise yer teorisi ile izah edilmektedir (47).

Yayılan Dalga Teorisi

Von Bekesy'ye göre, kokleaya gelen titreşimler baziller membranın yer değiştirmesine yol açar. Ses uyarımıyla beraber oluşan titreşim baziller membranın bazalinden başlayarak apikaline doğru ilerler. Yayılma hem enine hem de boyuna yönlerde olur. Oluşan bu dalganın amplitütü gittikçe artarak maksimuma ulaşır ve bundan sonra sönümlenir ve faz değiştirerek bir girdap hareketi başlatır. Baziller membrandaki en büyük titreşim bölgesi her frekans için belirli bölgelerden oluşur. Yani bazal membranda her frekans için ayrı bir titreşim noktası vardır. Bu bulgulara ek olarak Bekesy, yaptığı araştırmalar sonucunda, titreşimin en çok

olduğu bölgede uyarıcı ses şiddeti ile amplitütün doğru orantılı olarak arttığını ileri sürmüştür (48, 49). Bugün için ilerleyen dalga teorisi üzerinde pek çok araştırmacının uzlaştı ve akla en yakın olan ve teoridir.



Şekil 2.4. İlerleyen dalga (21).

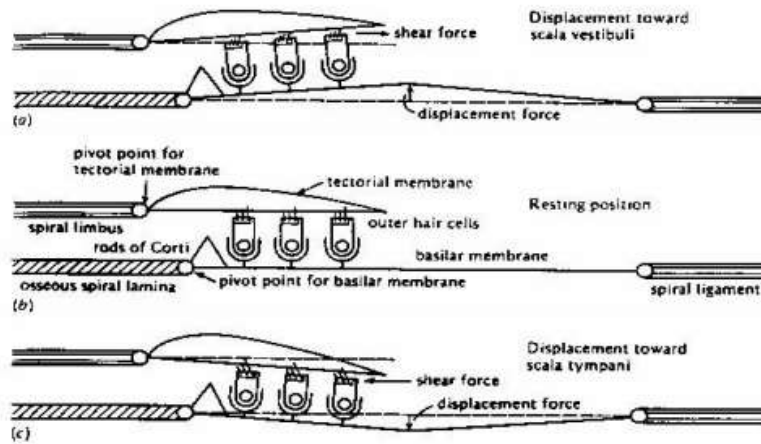
2.3. Saçlı hücre anatomisi ve fizyolojisi

Tüylü hücreler mekanik enerjinin elektrik enerjisine çevrilmesinde görev almaktadırlar. Bu dönüşüm sesin titreşimiyle beraber eş zamanlı olarak iyon kanallarının açılıp kapanmasıyla gerçekleşmektedir (24). Uzunluğu $\sim 30 \mu\text{m}$ olan tüylü hücrelerin apikal yüzeylerinde stereosilya denilen reseptör aparatlar bulunmaktadır. Stereosilya uzunluğu türe özgü olarak değişebilmektedir. İnsanlarda boyları $1-100 \mu\text{m}$ arasında ve sayıları $200-300$ arasında silindirik yapıdadır. Stereosilyaların boyları bazalde kısa apikalde ise uzundur bu da frekansa özgü morfolojileri olduğunu göstermektedir. Frekans ve anatomik pozisyon arasındaki bu ilişkiye tonotopik haritalama denir (24, 50, 51). Stereosilyalar birbirleri ile “tip link (uç bağlantı)” adı verilen filamentöz bir yapı ile bağlıdır. Bunlar gerçek silya değil uzun, sert, özelleşmiş mikrovilluslardır (52).

Mekanik bir stimulusun uygulanması ile beraber tüylü hücrelerde elektriksel bir yanıt meydana gelir. İyon kanallarının açılmasıyla ortaya çıkan bu yanıt bir reseptör potansiyelidir. Bu iyon kanalları stereosilyalarda bulunan “kapı yayı (gating spring)” adı verilen elastik yapılarla açılır-kapanırlar (24, 33, 53, 54). Kapı yayındaki gerilim stereosilyaların pozitif (+) yani eksitasyon yönüne hareket etmesi ile artar. Gerilimin artmasıyla iyon kanalları açılır ve katyonlar hücre içine akar. Tip linklerin gerilmesinde Ca^{++} iyonunun önemli rolü vardır. Transdüksiyon akımından sorumlu katyon K^+ olup tüylü

hücrelerle temaslı olan endolenf sıvısında fazladır. K^+ ile beraber Ca^{++} iyonu da hücre içine girer. Potasyum girişi ile potitif yükü artan hücre depolarize olur. Sterosilyaların kısa kenara doğru olan hareketi negatif (-) bir stimulus sonrasında meydana gelir ve iyon kanallarının kapanmasıyla hücrede hiperpolarizasyon gerçekleşir. Tüylü hücreler, sterosilyalara paralel yönde gelen uyarılar sonucu eksite veya inhibe olurlar. Oblik uyarılarda ise hareketin vektöriyel izdüşümü doğrultusunda uyarım olur. Eğer herhangi bir uyarım alınmazsa hücre dinlenme potansiyelinde kalır. Uyarımın şiddetine göre reseptör potansiyeli de paralel olarak değişir. Tüylü hücrelerde meydana gelen değişimler aksiyon potansiyeli değil, presinaptik membran potansiyelindeki değişikliklerin cevabıdır (55).

Yapılan çalışmalarda korti organının çalışma şekli tam olarak anlaşılamasa da baziler membranın yapısı, korti organının yerleşimi ve yapılan ölçümler güçlü tahminlerde bulunulmasını sağlamıştır. Sesin oluşturduğu vibrasyon ile beraber korti organı da baziler membran ile beraber harekete geçer. Paralel olarak tektoriyel membrana gömülü sterosilyalarda da eksitasyon yönünde eğilip bükülme hareketi başlar. Bu hareket ses uyarısının mekanoelektriksel transdüksiyonunu sağlar. Sonrasında tüylü hücreler tekrar dinlenme pozisyonuna dönerler ve devamında baziler membranın aşağıya hareketi ile uyarımın tersi yönünde bir hareket başlar. Bu sigmoidal hareketler reseptör potansiyelini oluşturur. Baziler membranda meydana gelen yukarı yöndeki hareketler depolarizasyona, aşağı yöndeki hareketler ise hiperpolarizasyona sebep olur (24, 56). Hücre içerisindeki potasyum hücre dışına çıktıktan sonra destek hücrelerinin arasında bulunan ve gap junction dediğimiz bağlantılardan geçerek tekrar endolenfe döner. Endolenfatik potansiyel böylece sürdürülmüş olur. Potasyumun hem hücre içine hem de hücre dışına çıkmasında kalsiyum etkin rol oynar bu nedenle bu kanallara ‘kalsiyum bağımlı potasyum kanalları’ denir (55).



Şekil 2.5. Baziller membran hareketleri (57).

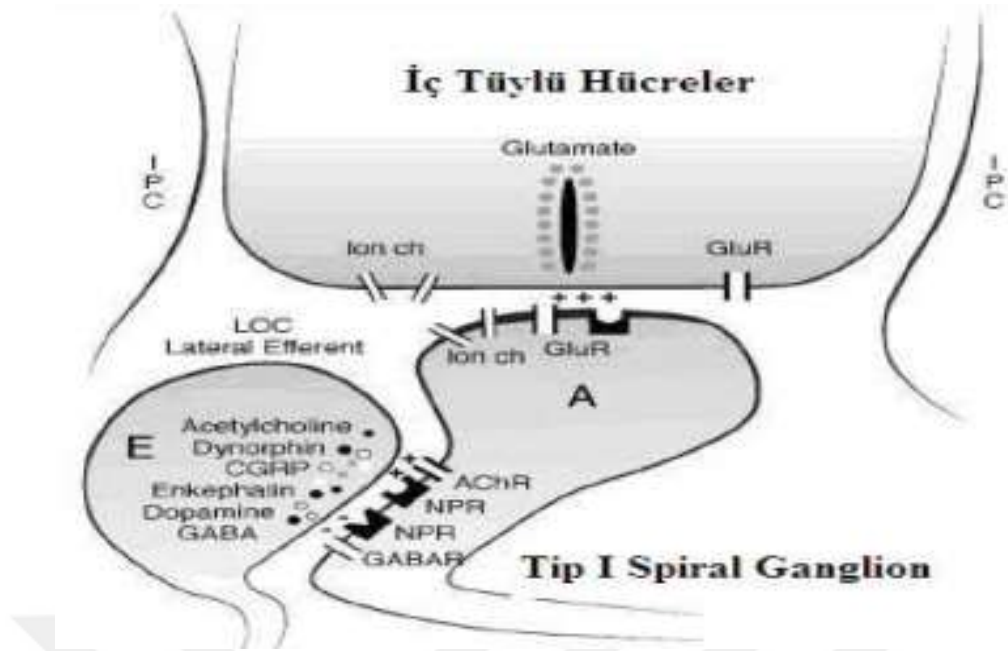
Tüylü hücreler anatomik yapı ve fonksiyon bakımından birbirlerine göre farklılıklar gösterirler.

2.3.1. İç tüylü hücreler (İTH)

İTH'nin nükleusu merkezde bulunur ve hücre tipi kadeh şeklindedir. Hücreler tek sıra halinde dizili ve stereosilyaları “U” şeklinde sıralıdır. Hücre gövdeleri birbirinden ayrılmaz ve lateralde iç pillar hücreler ile desteklenirler, falangeal hücreler ise diğer kısımları destekler. Olgun iç tüy hücresinde gap junction ve desmosom gibi özel bağlantı noktaları olmasa da direkt iletişim mevcuttur. Destek hücreleri arasında ise sıkı ve komşu bağlantı şeklinde bir bağlantı vardır (24, 56). İç tüylü hücreler bazal membranın hareketsiz olan *arcuate zone* kısmındadır. Bundan dolayı bazal membranın vibrasyonu ile iç tüy hücrelerde bir hareket oluşmaz. Tektoriyal membran ile temasları olmayan İTH lerin stereosilyaları kutikular tabaka içine gömülüdür. Her bir iç tüylü hücrede 20–30 stereosilya bulunur ve uzunlukları 2–8 μm 'dir (3, 23).

2.3.2. İç tüylü hücre nörotransmisyonu

Bir iç tüylü hücrede stereosilyaların uyarılmasıyla hücreye potasyum girişini sağlayan kalsiyum kanallarının açılmasında etkili olan eksitator glutamattır. Ca^{2+} hücreye girmesiyle nörotransmitter salınımı başlar ve sinir hücresinde aksiyon potansiyeli başlar. Dinlenim durumundaki hücrede trasdüksiyon kanalları kısmen açıktır. Bundan dolayı çok azda olsa nörotransmitter salınımı devam eder. Bu da bize ses olmasa bile afferent yolakta spontan bir aktivite varlığını gösterir. İşitme siniri ile İTH arasındaki bağlantılar bu spontan aktiviteye göre sınıflandırılabilirler. Bimodal dağılım gösteren spontan deşarjlı fibrillerin düşük spontan deşarjlı olanlar işitme sinirinin %30-40'ını oluşturur. Uyarılma eşikleri yaklaşık 80–90 dB'dir ve İTH'lerin modiolar tarafında bulunurlar. Yüksek spontan deşarjlı fibriller ise işitme sinirinin %60–70'i oluşturur ve uyarılma eşiği 30–40 dB olup iç tüylü hücrelerin lateral (pillar) tarafında yaygındır (26, 31, 32, 53).

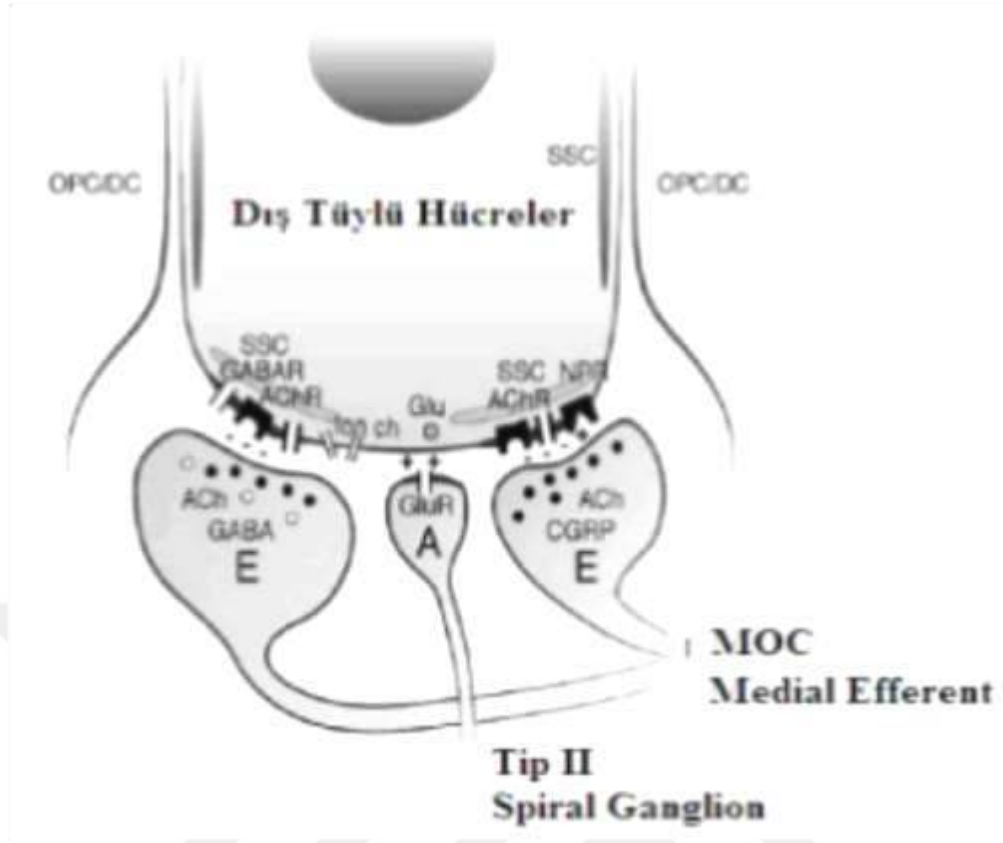


Şekil 2.6. İç tüylü hücre lateral efferent innervasyonu (23).

2.3.3. Dış tüylü hücreler (DTH)

DTH'nin nükleusu bazale yakın yerleşimli uzun ve silindirik yapıdadır. DTH'ler, 3-4 sıra halinde dizili ve stereosilyaların sıralanışı "W"şeklindedir. Kokleada bulundukları yere göre boyları değişkenlik gösterir. Apikale gidildikçe boyları daha uzundur. DTH lerin stereosilyaları tektorial membrana gömülü durumdadır. İTH den farklı olarak hem bazalde hem de apikalde destek hücreleri ile desteklenirler. Destek hücreler, DTH ler arasındaki iletişimi gap junctionlar aracılığıyla yaparlar (23, 58, 59).

DTH yi incelediğimiz zaman; mekanik enerjinin elektriksel enerjiye sinaptik yapılardan nörotransmitter salınımı ile dönüştüğü bölüm bazal kısımdır. Elektromotilitenin meydana geldiği bölüm ise lateral kısımdır. Aynı zamanda burada biyotransformasyon gerçekleşir ve elektrik enerjisi tekrar mekanik enerjiye döner. Mekanik enerjinin elektriksel enerjiye stereosilya defleksiyonuna göre dönüştüğü bölüm ise hücrenin apikal kısmıdır.



Şekil 2.7. Dış tüylü hücrelerin medial efferent innervasyonu (23).

2.3.4. Dış tüylü hücre ve elektromotil yanıtlar

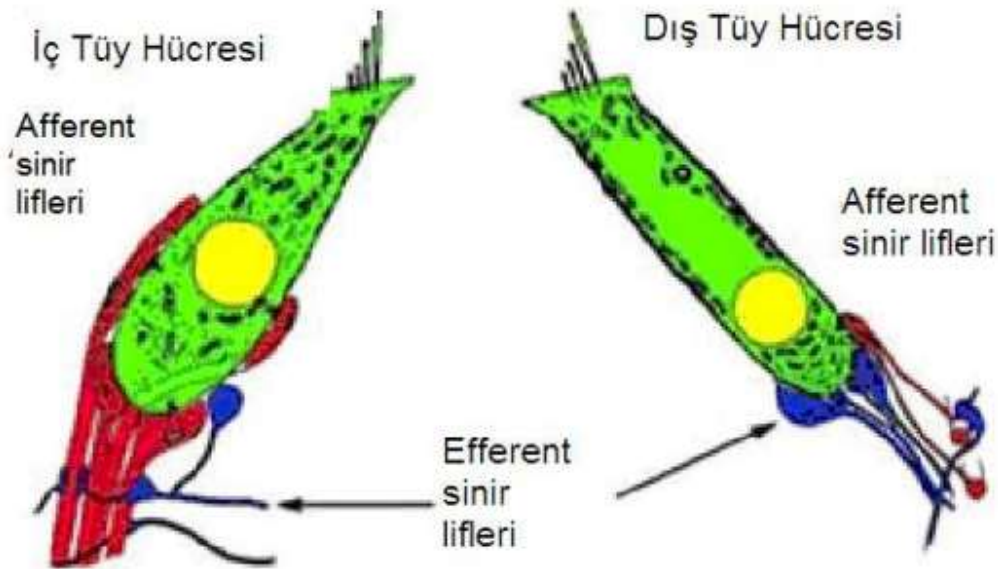
DTH ler transmembran voltaj değişikliklerine tepki olarak milisaniye içinde uzayabilme (veya kısalabilme) yeteneğine sahiptirler. DTH'nin uyarılmasında ve elektromotil cevapta prestin büyük rol oynar. Elektromotilite prestinin de etkisiyle membran potansiyelindeki değişikliklere karşı mikro saniyeler içinde dış tüylü hücrelerin uzunluğunu değiştirebilmesidir. DTH motilitesi baziller membranın hareketinin hızlanmasıyla düşük şiddetteki ses dalgasının amplifikasyonu sağlamaktadır. Yani DTH'ler, stapes tabanının piston hareketi ile oluşan enerjiyi, koklear amplifikatör olarak güçlendirerek İTH'lere ulaşmasını sağlar (60, 61). Yapılan hayvan çalışmalarında, prestin yokluğunun işitme kayıplarına neden olduğu görülmüş ve prestinin işitmede önemli bir rol oynadığı sonucuna varılmıştır. (43, 62-65). Prestin geni mutasyonlarının koklear duyarlılıkta 40–60 dB azalmaya yol açtığı yapılan çalışmalarda gösterilmiştir (66, 67).

İç tüylü hücrelerden alınan işitsel bilgi afferent sinaps yolu ile kortekse iletilir (68). Afferent dentritleri arasındaki sinapslarda glutamat görev almaktadır (69). Dentritleri spiral ganglionda bulunan işitsel nöronlar glutamatın sinaptik boşluğa yayılmasıyla uyarılır ve bu

uyarılar işitsel nöronlara taşınır. Spiral ganglionda iki tip nöron bulunmaktadır. Tip I ve Tip II dediğimiz bu nöronlar tüylü hücreler ile sinaps yapar. Bu nöronların %90'ını İTH ile sinaps yapan Tip I hücrelerden oluşur. %10'unu ise DTH ler ile sinaps yapan Tip II hücrelerden oluşur. Tek bir iç tüylü hücre 10-20 kadar tip I sinir lifi tarafından innerve edilirken, 15-20 DTH yi sadece bir tane Tip II sinir lifi inerve eder (70-72). Tüm afferent nöronların %95'ini tip I ve miyelinli hücreler, %5'lik kısmını ise tip II ve miyelinsiz hücreler oluşturur. Tip I ve tip II hücrelere baktığımızda uyarılma şekilleri ve yapısal farklılıkları fonksiyonlarının da farklı olmasına neden olur. Tip I lifler akustik bilgiyi kodlarken, tip II lifler frekans seçiciliğinde ve konuşmanın ayırt edilmesinde önemlidir (73).

Tablo 2.1. Tip I ve Tip II Nöronlar

Tip I Nöron	Tip II Nöron
%90'ını İTH ile sinaps yapar	%10'unu ise DTH ler ile sinaps yapar
Tek bir iç tüylü hücre 10-20 kadar tip I sinir lifi tarafından innerve edilir	15-20 DTH yi sadece bir tane Tip II sinir lifi inerve eder
Tüm afferent nöronların %95'ini tip I ve miyelinli hücreler	%5'lik kısmını ise tip II ve miyelinsiz hücreler oluşturur
Akustik bilgiyi kodlar	frekans seçiciliğinde ve konuşmanın ayırt edilmesinde önemlidir



Şekil 2.8. İç ve dış tüy hücrelerinin afferent ve eferent innervasyonu (74).

2.3.5. Koklear Şerit Sinapslar (Ribon)

Şerit sinapslar yapıları, işlevleri ve moleküler bileşimleri açısından "geleneksel" sinapslardan büyük ölçüde farklılık gösterirler. Spiral ganglion nöronları (SGN'ler), kokleadaki saç hücrelerini beyin sapındaki koklear çekirdeğe bağlar ve periferik işitsel yolun afferent kolu olarak görev yapar. Kokleada, şerit sinaps, glutamatın ses girişinin bir sonucu olarak tüylü hücrelerden SGN'lere salındığı yerdir. SGN'lerin çoğu (~% 95), iç tüylü hücreler ile şerit tipi sinapslar oluşturan tip I SGN'lerdir. Her bir SGN, bir iç tüylü hücre ile yalnızca tek bir şerit sinaps oluştururken, her bir iç tüy hücresi birden çok SGN ile şerit sinaps oluşturur. SGN'lerin sadece % 5'i, tip II'ler, dış tüylü hücreler ile şerit sinapslar oluşturur ve her bir tip II SGN, koklea tabanına döndükten sonra geçişken bağlantılar yoluyla çoklu dış saç hücrelerine sinaps yapar. Hem tip I hem de tip II SGN'ler glutamat tarafından uyarılırlar (75-77).

Koklear şerit sinaps, insanlarda yaşa bağlı ve gürültüye bağlı işitme kaybı ile ilgili son çalışmalarla büyük ilgi görmektedir (78).

Kujawa ve Liberman'ın yapmış oldukları çalışmalarda umut verici gelişmeler kaydetmişler ve geçici işitme kaybına (saç hücrelerinde kayıp olmaksızın) neden olan orta düzeyde çevresel gürültünün, şerit sinaps sayısının azalmasına ve ardından yavaş, ilerleyen SGN kaybına yol açtığını göstermiştir (79).

2.4. Santral işitsel sistem

2.4.1. Santral İşitsel Sistem Anatomisi ve Fizyolojisi

VIII. Kranial sinir ve koklea ses uyarısından elde edilen işitsel bilginin harmanlandığı ilk aşamadır. Buradan başlayarak elde edilen veriler tonopik ve zamansal olarak kodlanarak koklear sinir üzerinden üst merkezlere kadar ulaştırılır. Kokleanın apikalinden uzanan sinir lifleri işitme sinirinin merkezinde konumlanırken bazalinden gelen sinir lifleri işitme sinirinin dış kısmında sarmal bir şekilde ilerler. Bu da göstermektedir ki tonotopik organizasyon kokleadan başlayarak üst merkezlere kadar devam eder. Merkezi işitsel sinir sistemi ana yolağı: koklear çekirdek, superior olivary kompleks, lateral lemniscus, inferior kollikulus, medial geniculate body, işitsel korteks şeklinde sıralanır (38).

2.4.1.1. Koklear Nukleus (KN); İşitme sisteminin ilk durağı sinir liflerinin sinaps yaptığı koklear çekirdeklerdir. Afferent bilginin inervasyon aldığı kulaktan aktarıldığı ilk yerdir. Medulla ile pons arasında bulunur. İlk olarak dorsal *koklear nukleus (DKN)* ve ventral koklear nukleus (PVKN) olarak iki dala ayrılır. Ventral dal tekrar ikiye ayrılarak *posterior ventral koklear çekirdek (PVKN)* ve *anterior ventral nukleus (AVKN)* olarak ikiye ayrılır. KN'lara gelen her işitsel sinir lifi üç bölümünün tümüne bağlanır. Ayrıca her iki tarafın kafa çifti (KÇ) de birbiri ile bağlantılıdır. KN'larda heterojen bir hücre popülasyonu mevcuttur. Bu hücrelerin gelen işitel bilginin farklı morfoloji ve ateşleme özelliklerini aktardıkları düşünülmektedir (80).

2.4.1.2. Superior Olivary Kompleks (SOK); *Lateral superior olivary (LSO)*, *medial superior olivary (MSO)*, *medial trapezoid body (MTB)* olmak üzere üç ana çekirdekten oluşur. Her iki kokleadan da girdi alarak İşitsel bilginin ipsilateral olarak lateral leminiskus aracılığıyla inferior kollikulusa aktarılmasını sağlar. *MSO* ve *LSO*, işitmenin yönsel bilgileri hakkında bilgi verir. *LSO* nöronları interaural şiddet/seviye farkını alır ve yüksek frekans seslerin geliş açısını algılar (81, 82). *MSO* nöronları ise, interaural zaman farkını kodlayan işitsel bilgiyi alır ve binaural lateralizasyon sağlar (80).

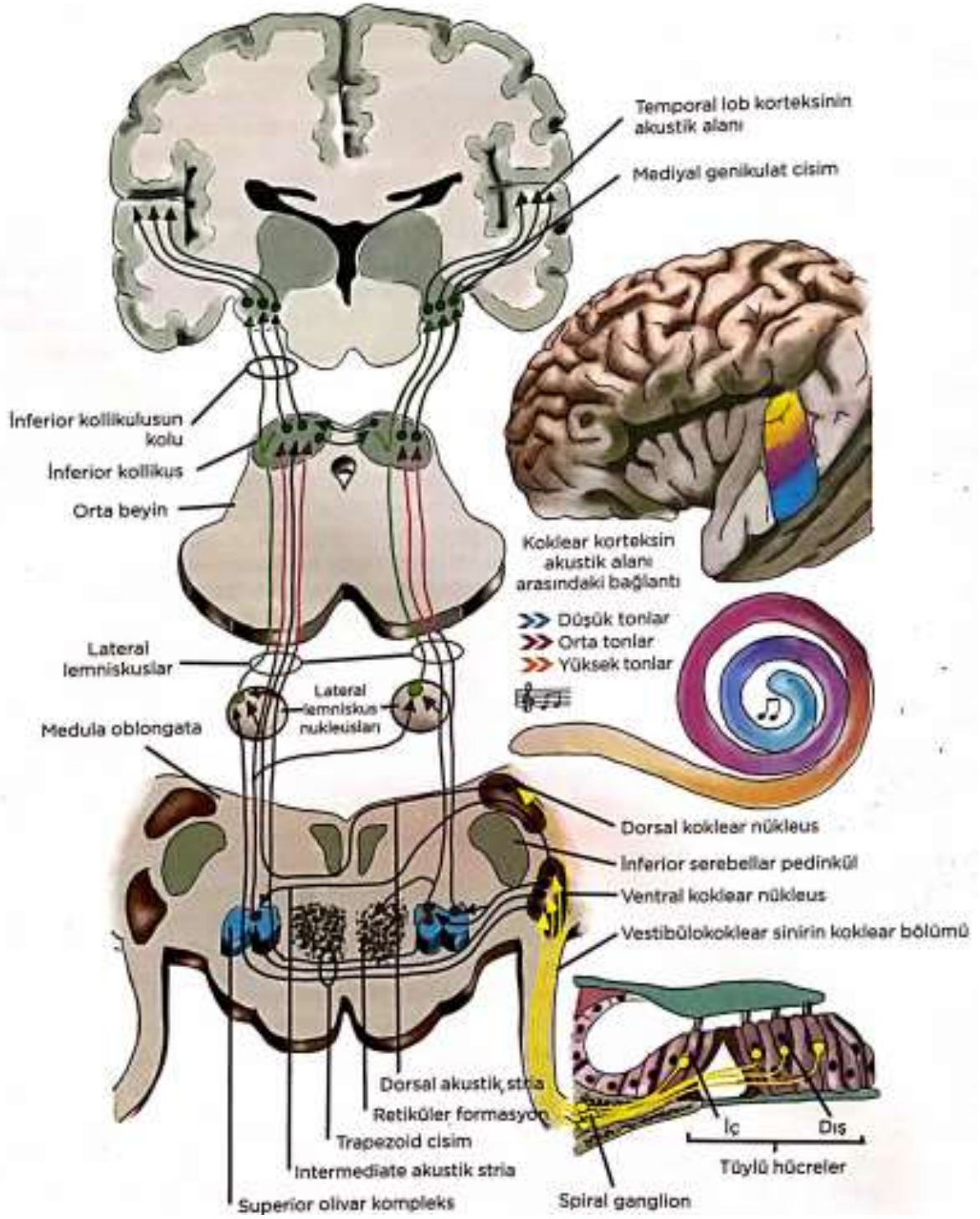
2.4.1.3. Lateral Lemniscus (LL); *LL*, *KN*'un tüm afferent liflerinden oluşur. Fonksiyonu tam olarak anlaşılamamıştır. Fakat *KN*'a göre sesteki hem zamansal hem de amplitüd değişikliklerine daha hassas olduğu düşünülmektedir. Lateral leminiskus dorsal nukleus (*DNLL*), *Lateral leminiskus ventral nukleus (VNLL)* ve *Lateral leminiskus intermediate nukleus* olmak üzere üç bölümden oluşur. Her iki kulaktan da girdi alarak binaural işitmede önemli rol oynayan *DNLL*'dir. *LL* *kontralateral PVCN*'den bilgi alan aksonları, *LL*'nin diğer aksonlarının yaptığı gibi doğrudan *inferior kollikulusa (IC)* gitmez, ancak bunun yerine *VNLL*'de sonlanır. Yani kontralateral kulaktan girdi alın alan bölge ise *VNLL* 'dır (80).

2.4.1.4. Inferior Kollikulus (IC); İşitsel yolun orta beynin çekirdeğidir. Afferent ve efferent işitsel sinyalleri multimodal bilgi ile entegre etmekten sorumlu önemli bir merkezdir. Başka bir ifadeyle hem görsel-işitsel integrasyonu sağlayan superior kollikulusa hem de işitsel-motor integrasyonu etkileyen serebelluma işitsel lifler gönderir. Tüm duyuşal sinyaller talamusta toplanır. Ancak işitme korteksinden çıkan işitsel sinyaller talamusa gelmeden önce inferior kollikulusa uğrar. *İC*, koklear nukleuslardan lateral leminiskus yolu ile bilgi alırken bilateral olarak da Lateral superior olivariden bilgi alır. *İC*; merkezi nukleus, lateral nukleus ve dorsal nukleus olmak üzere üç bölümden oluşmuştur. Her iki taraftaki merkezi nukleustan gelen ses şiddeti farklılıkları ile yön tayin etmede ve işitsel refleks

aktivitelerinde önemli rol oynadığı, dorsal nukleusun ise somato-duyusal ve akustik girdilerin alınmasında görevli olduğu düşünülmektedir (80).

2.4.1.5. Medial Geniculate Body (MGB); Büyük bir bölümünü inferior kollikulusun merkezi nukleusundan aldığı işitsel bilgilerin, talamik durağını oluşturur. Lokalizasyon ve lateralizasyon ile ilgili frekans ve zamansal bilginin detaylı bir şekilde analiz edildiği bölgedir. Dorsal, ventral ve medial olmak üzere üç bölümü vardır. Dorsal bölüm işitsel sinyalleri IC'den alır ve beyinin assosiasyon alanları ile bilgi alış verişi içindedir. Ventral bölüm, bilgiyi ICC'den alır ve bazı kortikal bölgeler ve primer işitsel korteks ile direk ilişki içindedir. Medial bölüm, hem multisenöriyel işitsel olmayan girdilerden hemde işitsel girdilerden geniş bir alan alır ve bu bilgileri prefrontal ve somatosensör korteksler dâhil olmak üzere farklı korteks alanlarına iletir(80, 83). Medial bölüm ve limbik sistem arasında da farklı nöronal bağlantıların olduğu son çalışmalarda belirtilmiştir (84).

2.4.1.6. İşitsel Korteks (İK): İK işitme ile ilgili en üst düzey işlemlerin gerçekleştiği bölgedir. Tonotopik organizasyon burada da devam eder. Primer işitme merkezi Brodmanın 41.ve 42. alanlarını kapsar. Sağ ve sol temporal lobda bulunan *Superior Temporal Gyrus* kısmında bulunur ve *Lateral Sulcus* ve *Heschl's Gyrus*'a kadar olan bölgeyi içine alır (83). *MGB* aracılığı ile kontralateral kulaktan doğrudan girdi alır böylece ses yüksekliği ve perdesini algılanmasında rol oynar. Ayrıca gelen işitsel uyarının özelliğine göre analiz edilerek yön verilmesinde de görevlidir. Serebral kortekste ki nöronlar kontralateral ve ipsilateral olarak gelen, temporal ve spektral bilgiyi kullanarak konuşma paternlerinin algılanmasını sağlar. Konuşma paternlerinin, daha önceki bilgilerle ilişkilendirerek anlamlandırılmasında ise primer işitme korteksinin etrafında yer alan işitsel assosiasyon alanı önemli rol oynar (85)



Şekil 2.9. (21)

2.5. İşitsel Efferent Sistem

2.5.1. İşitsel Efferent Sistem Anatomisi

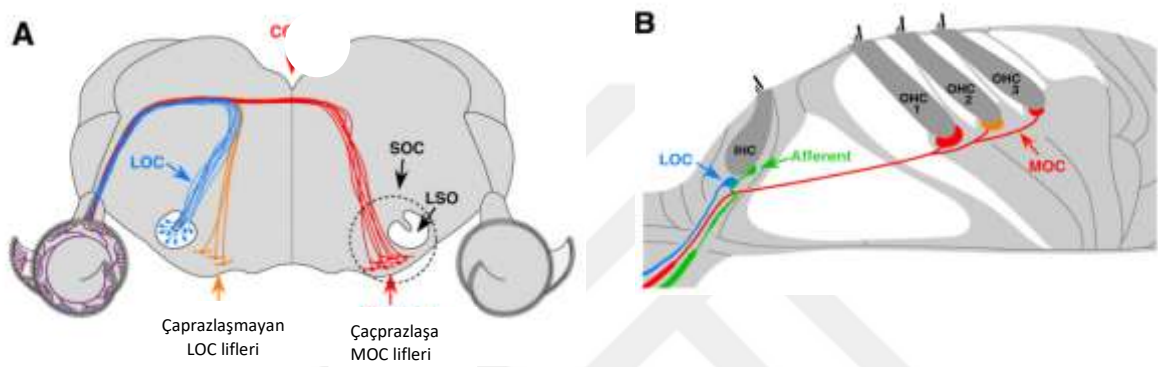
Tüylü hücrelerin efferent inervasyonu olivary kompleks ve beyin sapı işitsel yollarından kaynaklandığı için olivokoklear demet adını almıştır. Hem ipsilateral hem de kontralateral lifler içeren yaklaşık 1600 nörondan oluşur. 1946 yılında Grant Rasmussen tarafından olivokoklear sistem hakkında yapılan ilk çalışmalardan sonra efferent sistem hakkında daha fazla bilgi edinilmeye başlanmıştır (86). Korteksten kokleaya kadar uzanan efferent işitsel sistem SOC'de ortaya çıktıktan sonra ağırlıklı olarak dış tüylü hücrelerde son bulur (87). Periferik seviyede işitmeyi sağlayan, olivokoklear efferentler beyin sapından kokleayı kontrol eden ve koklear reflex arkının uyarımını sağlayan önemli yapılardır. Periferik işitme sisteminde inhibisyon ya da eksitasyona neden olan korteksten gelen elektriksel uyarımlardır (88). Olivokoklear efferent sistem; lateral olivokoklear lifler (LOK) ve medial olivokoklear lifler (MOK) olmak üzere iki alt birimden oluşur (12, 13, 23, 89).

2.5.2. Medial olivokoklear sistem (MOS)

SOC'un medial ventralinde bulunan MOC nöronları, medial superior olivary çekirdeğin anterioruna kadar uzanır. Medial efferent lifler, kontralateral uzanan büyük ve miyelinize liflerdir. Bu lifler IV. Ventrikül tabanında çoğunluğu kontralateral olacak şekilde çaprazlaşma yaparak kohlea'ya giren bu lifler DTH ile sinaps yaparlar. Yapılan hayvan çalışmalarında çaprazlaşma yapan MOC aksonlarından 1/3'lük kısım ipsilateral DTH ler ile sinaps yaparken, 2/3'lük MOC aksonu çaprazlaşarak kotralateral DTH ile sinaps yapar. Bu aksonların çok az kısmı ise her iki taraftaki DTH lere de bağlanır. Bu çaprazlaşma oranları insanlarda tam olarak belirlenememiştir. Kontralateral refleks aksonları DTH'leri boyunca daha geniş ve daha apikal bir alana yayılmıştır (90). Kokleadaki aktif mikromekanik özellikleri kontrol eden Medialolivokoklear (MOC) sistemidir. MOC sistem, seçici akustik amplifikasyon özelliği ile işitsel sistemin yüksek duyarlılığını ve frekans seçiciliğini sağlamış olur. DTH'de meydana gelen bu mikromekanik özelliklerindeki değişiklikler koklear sinyal gürültü oranını arttırarak, gürültüdeki sinyalin daha net bir şekilde algılanmasını sağlar (13, 23, 53, 91).

2.5.3. Lateral olivokoklear sistem (LOS)

LSO çekirdeğinde yakınında bulunan LOC hücre gövdeleri, miyelinsiz ince aksonlara sahip olup, İTH ile innerve olan tip I işitsel sinir liflerinden oluşur. Çoğunluğu ipsilateral taraftaki İTH lere yakın koklear afferentlerin dentritleri ile sinaps yaparlar. Miyelinsiz ve ince liflerden oluşmaları nedeniyle elektiriksel olarak uyarılmaları ve kayıt edilmeleri zordur. Bu nedenle halen işlevleri tam olarak anlaşılamamıştır. Sonuç olarak işitsel sinirlerin ateşlemesindeki rolleri veya ne zaman aktive edildikleri hakkında bilgimiz sınırlıdır (90).



Şekil 2.10. LOK ve MOK efferentlerinin yerleşimi A; beyin sapından şematik kesit, B; Corti organının şematik kesiti

2.5.4. İşitsel Efferent Sistem Fizyolojisi

MOC lifleri uyarıldığında, nörotransmitter olarak ilk önce asetilkolin (ACh) salgılanır sinaptik aralığa diffüze olur. DTH ler üzerindeki reseptörlere bağlanan ACh, K⁺ iyonlarının hücre dışına çıkmasını sağlayan Ca⁺ kanallarının açılmasında görevlidir. Endolenfin dinlenme potansiyeli pozitif iken, DTH'lerin dinlenme potansiyeli negatiftir. K⁺ salınımı ile beraber DTH lerde hiperpolarizasyon meydana gelir ve bunun sonucunda endokoklear potansiyel azalır. MOC'un "hızlı etkisi" olarak adlandırılan bu süreç yaklaşık 100 ms sürer (12). Eğer ACh geçişi devam ederse, DTH in gerginliği azalır. Azalan gerginlikle beraber prestin molekülü ve DTH lerde değişiklikler meydana gelir. Prestin molekülü, DTH'nin somatik hareketlerini düzenleyen moleküldür. DTH'lerde prestin değişikliklerine bağlı olarak oluşan sertlikten kaynaklandığı düşünülen "yavaş etki" dediğimiz ve >20 s'lik bir süreç daha vardır. (38, 92, 93). Her iki etki de, DTH'ler tarafından baziler membran hareketinin azaltılmış amplifikasyonu ile sonuçlanır.

LOC sinapsları, başta dopamin olmak üzere ACh ve diğer birçok nöromodülatörleri ve nörotransmitteri serbest bırakır. Kanıtlanan iki LOC sinaps grubu vardır: dopamin ve ACh sinapsları (94). Nöral uyarımın yapıldığı yere bağlı olarak uyarıcı LOC aksonları işitsel sinir lifinin ateşlenmesini azaltır veya arttırır (95). Bunlarda birini ACh'nin diğerini de dopaminin ürettiğini düşünmek cazip gelse de, böyle bir etki henüz belirlenmemiştir (90).

Tablo 2.2. MOK ve LOK efferent sistem karşılaştırılması

	Medial Efferent Sistem	Lateral Efferent Sistem
Superior Olivary Kompleks; İç kulak;	Medialinden köken alır	Lateralinden köken alır
İnternal Akustik Kanal;	İpsilateral ve kontralateral innerve eder Kanal boyunca miyelinli, habenula perforatadan çıktıktan sonra miyelinsiz Tip II spiral ganglion hücreleri ile dış saç hücrelerini doğrudan olarak innerve eder Nörotransmitterleri; CGRP, ATP, ACh, GABA, enkefalinler Yüksek frekanslı işitme ilişkilidir İnteraural faz ve zaman farklılıklarını modifiye eder	Çoğunlukla ipsilateral olarak innerve eder Kanal boyunca miyelinsiz İç saçlı hücrelerin altındaki afferent liflerin dentritlerini innerve eder Nörotransmitterleri; ACh, GABA, CGRP, serotonin, dopamine and opioids (dynorphin ve enkefalin benzeri) Alçak frekanslı işitme ilişkilidir İnteraural şiddeti ve frekans modifiye eder

2.5.5. Olivokoklear Akustik Refleks

Efferent yapılar elektriksel uyarım ve sesle aktif hale gelebilir. Ses uyarımı periferde koklea ve işitme sinirinde başlar ve sonra ipsilateral olarak ilerler ve koklear çekirdeklerden sonra SOC'de bulunan LOC/MOC sistemine ulaşır. Burada çaprazlaşan efferent lifler periferde geri dönerler. Burada ses aktivasyonu refleks olarak gerçekleştiği için medial olivokoklear refleks (MOCR) olarak adlandırılır. MOC demetlerinden gelen lifler hem ipsilateral hem de kontralateral olduğu için her iki kokleadaki refleksi de aktive ederek DTH fonksiyonunu etkileyebilir. Olivokoklear Akustik Reflekslerden MOCR, LOCR ne göre çok daha iyi anlaşılabilmiştir.

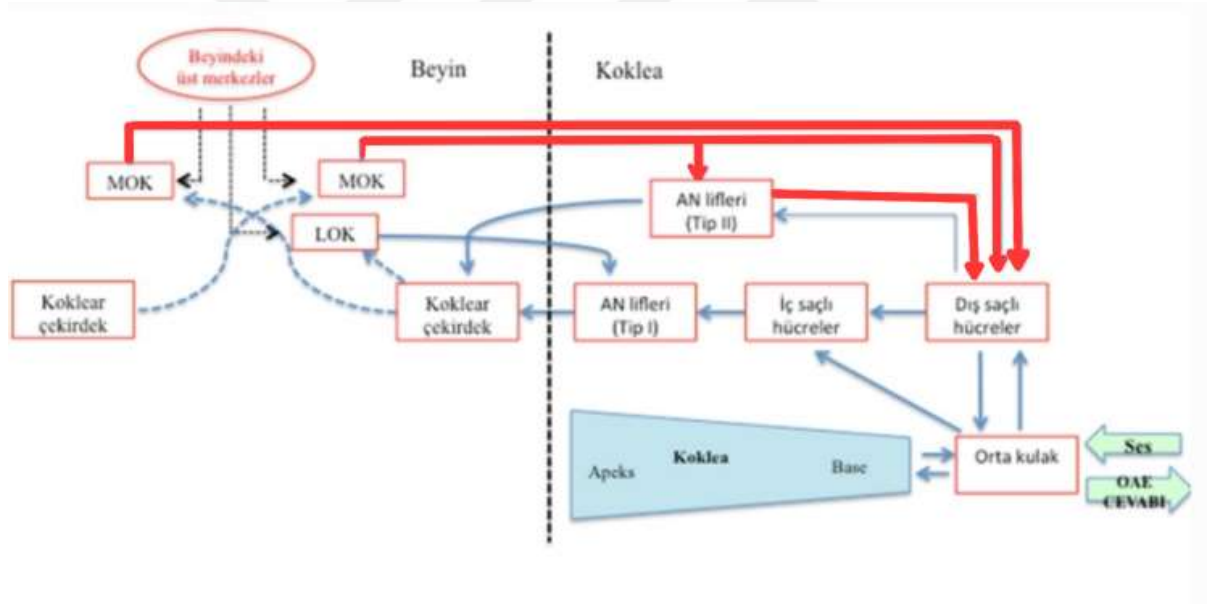
Sol kulak için kontralateral MOK akustik refleks arkı:

Kontralateral koklear sinir lifleri kontralateral postero-ventral koklear çekirdeklere gider ve buradan çıkan nöronların aksonları beyin sapının önünden çaprazlaşarak ipsilateral

(sol) MOK nöronlarını uyarır. Olivokoklear demete uğramayan bu nöronlar ipsilateral kokleaya ulaşır ve sol kontralateral refleks arkı tamamlanmış olur (96).

Sol kulak için ipsilateral MOC refleks arkını incelediğimizde, sol kulağa gelen ses işitme sinirini uyardıktan sonra ipsilateral olarak postero-ventral koklear çekirdeklere gider ve buradan çıkan aksonlar beyin sapının önünde çaprazlaşarak kontralateral (sağ) MOK nöronları uyarır. Kontralateral MOK nöronları olivokoklear demette çaprazlaşarak tekrar sol kokleaya ulaşır. Böylece sol kulağın ipsilateral refleks arkı tamamlanmış olur (96). İpsilateral refleks arkında çaprazlaşan MOC lifleri kullanılırken, kontralateral refleks arkında çaprazlaşmayan MOC lifleri kullanılır. (97).

Guinan (2006) yapmış olduğu hayvan çalışmalarında, primat dışındaki hayvanlarda ipsilateral MOC refleksi, kontralateral MOC refleksinden daha güçlü olarak ölçülmüştür. Fakat insanlarda bu şekilde belirgin bir fark gösterilememiştir (12, 98). Deney hayvanlarında yapılan çalışmalarda birçok memeli türde çaprazlaşan lif sayısının daha fazla olduğu gösterilmiş ve insanlarda benzer olabileceği düşünülmüştür (99).



Şekil 2.11. Sağ kokleanın bir frekans bölgesinde olivokoklear refleks diagramı. DTH: Dış tüy hücresi, İTH: İç tüy hücresi, LOK: Lateral olivokoklear lifler, MOK: Medial olivokoklear lifler (12).

2.5.6. İşitmede Olivokoklear Efferentlerin Rolü

MOC sisteminin en önemli özelliği inhibitör etkiye sahip olmasıdır. Bu etkisinden dolayı maskeleyi azalttığı, iç kulağı akustik travmalardan koruduğu ve dikkat

seçiciliğinde yardımcı olduğu öne sürülmektedir (10, 11). İnsanlarda MOC refleksinin asıl görevinin, 'unmasking' veya 'antimasking' dediğimiz düşük seviyeli arka plan gürültüsündeki geçici sinyallerin daha iyi anlaşılmasını sağladığı düşünülmektedir (12). MOC refleksinin aktive olmasıyla DTH de hiperpolarizasyon meydana gelir ve kokleanın amplifikatör özelliğiyle DTH lerin motilitesini azaltarak frekans ayarını azaltır. Bu yanıtın genel olarak azaltılmasıyla, işitsel sinir lifi ve İTH arasındaki adaptasyon da azalır. Böylece hem sinir lifi ateşlenme hızı hem de aksiyon potansiyellerin ateşlenme aralığı genişlemiş olur (100, 101). Sonuç olarak yeni uyarıların daha fazla ayırt edilebilirliğini ve değişikliklerin hedef sesin ayırt edilmesini sağladığı düşünülmektedir (102). MOC aktivasyonunun değerlendirilmesi için çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalarda, ölçüm yapılan kulağın kontralateraline gürültü verilerek, MOC aktivasyonu artırılmış ve MOC refleksi güçlü olan bireylerde gürültüde sinyali tespit etme yeteneklerinin daha iyi olduğu görülmüştür. Bu durum da MOC refleksinin gürültüde sesi tespit etmede etkili olduğu hipotezini desteklemiştir. Ancak, MOCR'nin konuşma gibi daha karmaşık uyarılarda, etkisi hala belirsizliğini korumaktadır.

2.5.7. Koklea-olivokoklear İlişkiler

Akustik uyarıyla beraber kokleaya ulaşan sesin baziller membran boyunca frekans analizi yapılır. DTH'ler gelen uyarının şiddetine göre baziller membranın hareketini amplifiye ederler (103). MOC efferent lifleri koklear amplifikasyonu kontrol etmekten sorumludur ve bunu DTH'lerde sonlanıp onların hareketlerini modifiye ederek yaparlar. İTH'ler kokleadaki bu hareketleri algılar ve akustik bilgiyi afferent yolla beyine iletirler (104). Otoakustik emisyonlar, baziller membranın hareketi ile oluşan enerjinin geri yansiyarak orta kulaktan ölçülmesi ile elde edilir. OAE'larda meydana gelen bu değişiklikler MOK efferentlerinin koklear amplifikasyonu inhibe ederek baziller membran hareketlerinde değişiklik oluşturmasıyla elde edilir. Sonuç olarak periferden gelen afferent işitsel nöronlar koklear nukleustaki internöronları uyarır, bunlar da MOC ve LOC efferentlerini uyarak olivokoklear akustik refleksleri oluşturur (96). DTH'lerin hem efferent hem de afferent liflerle bağlantısı vardır. MOK lifleri, hem DTH'lerin altındaki spiral demet aksonları hem de doğrudan tip II işitsel sinir liflerinin hücre gövdeleri ile sinaps yaparlar (96).

Sessiz bir arka planda hızlı MOK etkileri: MOK efferentleri, koklear amplifikasyon kazancını azaltarak, koklear yanıtı inhibe etmektir. Normal bir kokleada, en yüksek koklear amplifikasyon kazancının, baziller membran hareketinin karakteristik

frekansında olduğunu ve karakteristik frekansın yaklaşık yarım oktav üstünde ve altında yavaşça sıfıra düştüğünü göstermiştir. Efferent sistemin devreye girmesiyle koklear amplifikasyonun kazancı düşer buda ses seviyelerinde kaymaya neden olur. Düşürülen ses kazancını kompanse edebilmek için sesin daha fazla ses gerekir. Baziller membranda da görülen en geniş seviye kaymaları, en fazla düşük seviyeli seslerde olmaktadır.

Gürültülü bir arka planda hızlı MOK etkileri: MOK aktivitesi, gürültülü bir ortamda işitsel sinirin kısa süreli seslere verdiği cevabı artırabilir. Gürültünün devam etmesiyle işitme siniri, İTH’lerdeki nöral nörotransmitter deposunu tüketir bu nedenle yüksek şiddetteki tone burst uyarana yanıtı zorlaşır. Arka plan gürültüsü işitsel sinirin uyarana verdiği cevabı yani tone burst yanıtını baskılamaktadır. Böylece MOC refleksiyle arka plan gürültüsü baskılanır. MOK efferentleri, sürekli gürültüye maruz kalınan ortamda arka plan yanıtını azaltarak kısa süreli sinyalin artırılmasını, sessiz bir ortamda ise kısa süreli uyaranların baskılanmasını sağlar. Sonuç olarak MOK efferentlerinin temel fonksiyonu kısa süreli seslerin arka plan gürültüsü içinden işitilebilirliği artırmaktır. Otoakustik emisyonlar (OAE), koklear amplifikasyonda MOK’un etkisini göstermek için kullanılan önemli bir yöntemdir (96).

2.6. Otoakustik Emisyonlar (OAE)

Koklea aktif bir mekanizmadır. Dışarıdan bir uyarı almasa dahi spontan bir aktiviteye sahiptir. Akustik bir uyarının varlığında ya da yokluğunda kokleada üretilen seslerin dış kulak yolundan kayıt edilmesine OAE denir (105). David Kemp tarafından 1978 yılında ilk kez tanımlanmıştır. OAE akustik bir uyarın karşısında DTH’lerin hareketiyle beraber kokleada, uyarana yanıt olarak üretilen seslerin yansımasıdır. DTH’lerin “elektromotilite” özelliğinden dolayı burada oluşan hareket ile koklear amplifikasyon gerçekleşir. Bunun sonucu olarak bazı enerjiler ters hareketli dalga şeklinde oval pencereye geri döner. Sağlıklı koklear fonksiyonun işareti olan OAE’lar koklear fonksiyonu olarak değerlendirmede kullanılan frekansa özgü cevaplar elde edilen, verimli, basit, ucuz ve objektif yöntemlerdendir (9). Non-invaziv bir test aracı olan OAE’lar sadece koklear fonksiyonları değerlendiren bir araştırma aracı değil, efferent işitsel yolun değerlendirilmesi için de önemli bir yöntemdir (105).

Otoakustik Emisyonların Sınıflandırılması: Uyarılmış OAE’ler (EOAE) ve spontan OAE’ler (SOAE’ler) olmak üzere OAE’lerin iki ana kategorisi vardır (38).

2.6.1. Spontan Otoakustik Emisyonlar (SOAE)

SOAE'ler, dışarıdan herhangi bir işitsel uyarım olmadan kokleada üretilen düşük tonlu sinyallerdir (9). Spontan OAE tanımlanabilmesi için sinyal/gürültü oranının en az 3 dB üzerinde olması gerekir (105). Tipik olarak frekans alanında analiz edilen SOAE'ler 1-2 kHz bölgesinde daha yaygındır. Sağlıklı olsa bile her insanda SOAE'ler elde edilemeyebilir. Yapılan çalışmalarda SOAE'ler erkeklerde kadınlara göre daha az görülmüştür (106).

2.6.2. Uyarılmış Otoakustik Emisyonlar (EOAE)

2.6.2.1. Transient (Geçici) Uyarılmış Otoakustik Emisyonlar (TEOAE)

TEOAE'ler, frekansa özel cevapların alındığı kısa süreli tone burst veya klik (transient) uyarı takiben açığa çıkan cevaplardır. Bu uyarılar geçici ve nonlineer olup tek seferde kokleanın geniş bir bölgesini uyarmaları dolayısıyla geniş bant özellik gösterirler. Elde edilebilmeleri için işitmenin normal olması gerekir. Bu testte uyarı şiddeti olarak 80 dB SPL kullanılmalı ve %70 ve üzerinde uyarı stabilitesi olmalıdır (107). Kısa sürede DTH fonksiyonu hakkında bilgi alma avantajına sahiptir (108, 109). TEOAE'ler, kokleada 500-4000 Hz arasındaki DTH fonksiyonunu değerlendirir ve kliniklerde sık kullanılan bir test yöntemidir (109).

2.6.2.2. Distorsiyon Ürünü Otoakustik Emisyonlar (DPOAE)

Uyarı olarak eş zamanlı bir şekilde iki saf ses verilirse elde edilen emisyonlara distortion product otoakustik emisyon (DPOAE) denir. DPOAE'ler, kokleanın non-lineer yönleri tarafından başlatılan intermodülasyon bozulmasından kaynaklı elde edilen ve 500 ila 8000 Hz arasında alınabilen cevaplardır. Eş zamanlı verilen iki frekans tonu ile içeride ana tonlara yakın frekansta ama farklı üçüncü bir bozulma oluşturulur (110). f_1 ve f_2 olarak adlandırılan bu iki ton baziller membran üzerinde farklı bir karakteristik frekans bölgesini uyarır. İlerleyen iki dalga arasında örtüşen bir bölge vardır. Baziller membranda oluşan dalga hareketinin non-lineer olması bu örtüşme bölgesinde bozulma yaratır. Bu bozulmalar sonucunda ters ilerleyen bir veya daha fazla dalga dış kulağa geri döner. Geri dönen dalgalar, işlemin non-lineer doğası nedeniyle giriş formlarından farklıdır ancak matematiksel olarak ilişkilidir (111). DPOAE'ler $2f_1-f_2$ ve f_2-f_1 tonuna karşılık gelen frekanslarda meydana gelir. f_1 alçak ton frekansında ve seviyesi L1, f_2 yüksek ton frekansında ve seviyesi L2 dir. İnsanda en iyi DPOAE cevapları 1000 ila 4000 Hz bölgesinde $2f_2/f_1$ oranı yaklaşık 1.22 ye eşit olduğunda

elde edilir. Düşük uyaran seviyelerinde L1 ve L2 aynı alınır. Yüksek uyaran seviyeleri içinse $L1 > L2$ olup, aralarında 10-15 dB fark olduğunda en iyi cevap elde edilir (83, 109).

DPOAE teknolojik olarak ölçümü en kolay, ölçüm sonrası işlem gerektirmeyen ve nispeten parazitsizdir. Ölçümlerde kullanılan prop iki kanallıdır ve bir mikrofon içerir. Prop ile verilen uyaranlar kulak kanalında karışır. Primerlerin seviyeleri ve distortion ürününün analizini yapmak ve gürültü eşiğini azaltmak için kulak kanalı ses basıncı ortalamaları alınır. Eşik olarak kabul edilen değer DPOAE'ların gürültüden ayırt edilmesini sağlayan en düşük primerler seviyesidir. DPOAE iki şekilde elde edilir. İlkinde frekans sabit tutulurken seviye değişir ve input/output (I/O) işlevini verir. İkincisinde seviye sabit tutulurken frekans değişir sonucuna "distortion ürünü odyogram" yani DPgram adı verilir. Değişkenleri farklılık gösterdiği için klinikte kullanılacak en uygun değişkenin hangisi olduğu netleşmemiştir bu nedenle tanınan anlamlılığı da tam olarak bilinmemektedir. DPOAE, işitme eşikleri 50–60 dB ve üzeri olan sensorinöral kayıplarda elde edilememektedir (31, 112, 113).

2.6.2.3. Stimulus Frekans Otoakustik Emisyonlar (SFOAE) SFOAE'ler girdiyle aynı frekansta ve tek bir sinüzoid tarafından açığa çıkarılır. SFOAE'lar, DPOAE ve TEOAE'lere göre koklear fonksiyon ile ilgili daha dar bant bilgisi sağlaması açısından avantajlıdır. Ancak, hem frekans hem de zaman bakımından girdiyle çakışmasından dolayı kayıt sırasında bir dezavantaj oluşturmaktadır (114, 115).

2.6.3. MOC Sisteminin Değerlendirilmesinde OAE'lerin Kullanımı

OAE'lerin keşfedilmesiyle beraber, DTH'ler üzerinde etkin olduğu bilinen MOC sistemin aracılık ettiği koklear supresyonun insanlardaki etkilerini incelemenin altın standartı olmuştur. OAE cevaplarındaki supresyon etkisinin büyüklüğü, ipsilateral ve kontralateral uyaranların şiddetine bağlıdır. MOC sistem, hem düşük ve hem de yüksek şiddetteki akustik uyarımlarla aktiveşebilse de yüksek şiddetteki kontralateral uyarımlarda supresyon etkisi daha büyüktür. Bunun yanında, yüksek şiddetteki ipsilateral akustik uyarım ile oluşan OAE cevaplarının supresyonu düşük şiddette elde edilen OAE cevaplarının suprese edilebilirliğine göre daha büyüktür. Bu özellik fizyolojik olarak düşük şiddetli seslerin amplifikasyonunda önemli rol oynar. Koklear aktivitenin dinamik aralığının tanımlanmasında rol oynayan bu 'sıkıştırıcı' büyüme fonksiyonu MOC sistemine dayandırılabilir (116). Siegel ve Kim (1982) çinçilalarda yaptığı çalışmalarda özellikle DPOAE ürünü $2f_1$ - f_2 oranında olduğunda kontralateral MOC aktivasyonunun, DPOAE ların büyüklüğünün etkilendiğini tespit etmişlerdir (117). Bu araştırmacılar ayrıca uyarıcı

frekansına bağı olarak 2f1-f2 yanıtının, azaldığını ya da arttığını da tespit ederek, MOC'un mekanizmalarının bilinenden daha karmaşık olduğunu ileri sürmüştür. İnsanlarda MOC aktivasyonun etkilerini anlayabilmek için, OAE'ler incelenerek sonuçlar kolay, hızlı ve noninvaziv olarak elde edilebilir (118). MOC supresyon testi, koklear mekaniğinin modülasyonuna kattığı bakış açısıyla MOC refleks arkının yapısal bütünlüğü hakkında genel bilgi sağlar. Ayrıca bu sistemde var olması muhtemel bir anormalliğin değerlendirilmesi açısından kullanılabileceği öne sürülmüştür (116).

2.7. Gürültü

Gürültü hoşla gitmeyen rahatsız edici bir ses olarak tanımlanan ve hem insan sağlığını hem de çevreyi olumsuz bir şekilde etkileyen faktörlerden bir tanesidir. Gürültünün insan sağlığına zarar veren başta işitme kaybı olmak üzere çok çeşitli etkileri vardır.

Birleşmiş Milletler ihtisas kuruluşu olan Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO), "Gürültü ve Titreşim" hakkındaki sözleşmesinde gürültüyü, "bir işitme kaybına yol açan, sağlığı zararı olan veya başka tehlikeleri ortaya çıkaran bütün sesler" olarak tanımlanır (119). Gürültü değişik bilim dallarına göre çeşitli şekillerde tanımlanabilmektedir. Bu tanımlardan biri olan müzikte, birbirinin armoniği olmayan farklı frekanslardaki titreşimlerin üst üste gelmesiyle oluşan seslerdir. Fizikte gürültü, standart darbeler vuran bir aracın oda ya da bina gibi bir boşlukta meydana getirdiği gürültüdür. Akustikte gürültü, istenmeyen seslerin dinlenilmekte olan seslere karışması olarak tanımlanır. Televizyonda karıncalanma ve radyodaki parazit buna örnek verilebilir (120). Enerji açısından bakıldığında gürültü, havanın titreşimiyle oluşan mekanik enerji formudur. Sesbilimde ise nonperiyodik frekansların birleşmesiyle oluşan ses birikimlerinin tayfidır (121).

Gürültünün kaynakları; yapı içi ve yapı dışı çevre gürültüleri olmak üzere iki grupta incelenebilir. Yapı içinde yer alan her türlü mekanik ve elektronik sistemler ve normal hayat akışındaki faaliyetlerden meydana gelen bütün gürültüler "yapı içi gürültüler" olarak tanımlanır. Gerek yapı içindeki alanları gerekse yapı dışındaki açık alanları kullanan kişileri etkileyen ve yapı dışında yer alan kaynaklardan yayılan gürültüler ise "yapı dışı çevre gürültüleri" olarak tanımlanabilir. Yapı dışı çevre gürültüleri kısaca; ulaştırma gürültüleri (karayolu, denizyolu, havayolu, havaalanı gürültüleri), endüstri gürültüleri (endüstri makineleri ve işyeri gürültüleri), inşaat (şantiye) gürültüleri (yol ve bina inşaatı gürültüleri sahaları, atış poligonları ve benzeri gürültüler), rekreasyon gürültüleri (çocuk bahçeleri ve parkları, spor sahaları, atış poligonları ve benzeri gürültüler) ve ticari amaçlı gürültüler (açık

hava sinemaları, eğlence yerleri, yüksek sesli reklam ve müzik yayınları, pazar yeri gürültüleri, sokak satıcılarının gürültüleri) şeklinde ifade edilebilir (119, 121).

Gürültüyü anlayabilmek için öncelikle saf seslerin tanımlanması gereklidir. Hava ya da diğer maddelerde sıkışıp gevşeme hareketiyle oluşan dalgaların basınç değişimi sonucu ses oluşur. Saf ses (pure tone) ise matematiksel olarak sinüs eğrisi ile gösterilebilen ve maddedeki moleküllerin tek bir frekans şeklinde başka bir ton ile birleşmediği ileri geri salınımlar sonucu oluşan seslerdir (122).

2.7.1. Gürültü tiplerinin sınıflandırılması:

1. Frekans spektrumuna göre:

- Geniş bant gürültü (Beyaz gürültü): Makine gürültüsü gibi bütün frekans aralıklarına sahip sürekli spektrumlu sesleri içermektedir.
- Dar bant gürültü: Bir ya da komşu birkaç frekanstan oluşan gürültü çeşitidir.

2. Zamansal özelliklerine göre:

- Kararlı (Sabit) gürültü: Ölçüm süresince gürültü düzeyi en fazla 5 dB fark gösteren gürültülerdir.
- Kararsız gürültü:
- Dalgalı (Fluctuating) gürültü: Sabit gürültü gibi süreklidir fakat ölçüm süresince gürültü düzeyi ani ya da kademeli olarak 5 dB dan fazla değişim içermektedir.
- Aralıklı (Kesikli) gürültü: ölçüm süresince gürültü ortam düzeyi ve ortam düzeyinden yüksek seviyeler arasında gidip gelen gürültü çeşitidir. Örneğin sondaj makineleri ve kaynak aletleri bu gruba girer.
- Vurmalı-darbeli (Anlık) gürültü: Ani kısa süreli ve şok dalgası oluşturan gürültü türüdür. Ateşli silah gürültüsü bu gruba girmektedir (83, 120, 123).

Gürültünün insan sağlığı üzerinde çok değişik etkileri olmakla birlikte fizyolojik, psikolojik ve performans etkileri şekilde özetlenebilir. Gürültünün psikolojik etkileri; davranış bozuklukları, öfkelenme, genel rahatsızlık duygusu, sıkıntı, fiziksel etkileri; kalıcı veya geçici işitme hasarları, fizyolojik etkileri; vücut aktivitesinde değişiklikler, dolaşım bozuklukları, solunumda hızlanma kan basıncında artma ve azalma, ani refleksler, performans etkileri ise, konsantrasyon bozukluğu, iş veriminde azalma, hareketlerin engellenmesi şeklinde görülür (121).

2.7.2. Gürültünün ölçülmesi:

Ses, Sound Level Meter (SLM) adı verilen ses seviyesi ölçüm aracı ya da dozimetreler ile ölçülür. SLM; bir amplifikatör, bir mikrofon, filitreler (A- B- C Ağırlıklı) ve bir sayaçtan oluşmaktadır (124).

Gürültü değerlendirme ölçüsü, ses basıncı seviyesine dayanan desibel (dB)'dir. Gürültü seviyesinin ölçüsü, kullanılan ağırlık eğrisine göre dBA ya da dBC'dir. A ağırlık eğrisi insan kulağının frekansa bağlı olarak sese olan duyarlılığını en iyi temsil etmekte ve genelde dBA olarak ölçülmektedir. C ağırlık eğrisi darbe gürültüsünün ölçüm ve değerlendirilmesinde kullanılmakta ve dBC olarak ölçülmektedir.

Uluslararası Elektroteknik Komisyonuna göre (IEC- International Electrotechnical Commission, 61672); üç tür SLM çeşiti vardır:

1. *Zaman ağırlıklandırılmalı;* frekans ağırlıklandırması ve logaritmik zaman ağırlıklandırması yapan ses seviyesi ölçerlerdir.
2. *Toplama-Ortalama tipi;* frekans ağırlıklandırması ve zaman averajlaması yapabilen ses seviyesi ölçerlerdir.
3. *İntegral alabilen tip;* ses maruziyetini frekans ağırlıklandırılmalı olarak ölçebilen cihazlardır (125)

Gürültü değerlendirme ölçüsü, ses basıncı seviyesine dayanan *desibel (dB)*'dir. dB, logaritmik olarak ifade edilen ve ses basınç seviyesinin fiziksel ölçümüyle elde edilmektedir. Frekanslara göre işitme sisteminin hassasiyeti farklılaştığı için, bu hassasiyeti yansıtacak şekilde ses basınç ölçümlerinin düzenlendiği uluslararası standartlarla tanımlanmış frekans ağırlıklandırmalarının kullanıldığı eş yükseklik eğrileri oluşturulmuştur. İnsan işitme sisteminin en duyarlı olduğu 1-5 kHz aralığını hedef alan ağırlıklandırma dB(A) olup gürültü ölçümünde en sık kullanılandır. C ağırlık eğrisi, dB(C), alçak frekanslardaki konfigürasyonu sayesinde darbe gürültüsünün ölçüm ve değerlendirilmesinde kullanılmakta, alçak frekans ağırlıklı gürültünün yoğun olarak bulunduğu gürültü ölçümlerinde tercih edilebilmektedir (125).

Kişinin bulunduğu konuma ve zamana göre gürültü seviyesi değişiklik gösterir. Kararsız gürültü şeklinde yani belirli bir süre zarfında ortaya çıkan seslerin kararlı gürültü cinsinden ifade edilebilmesi için *eşdeğer sürekli ses seviyesi (Leq)* kullanılır. Farklı düzeylerde gürültüye maruz kalan hareketli bir kişinin maruz kaldığı gürültünün eşdeğer sürekli ses düzeyi cinsinden farklı tipte gürültülere maruz kalması söz konusu

olabileceğinden eşdeğer sürekli ses düzeyi cinsinden ölçümünde bunun için tasarlanmış dozimetre adı verilen araçlar kullanılır (125).

2.7.3. Gürültüye Bağlı İşitme Kaybı

Yüksek şiddette sese maruz kalma sonucunda iç kulakta oluşan hasar sonucu işitme kaybı oluşur bu şekilde oluşan işitme kaybına gürültüye bağlı işitme kaybı denir. Erişkinlerde yaşa bağlı işitme kaybı ilk sırayı alırken ikinci sırada gürültüye bağlı işitme kayıpları vardır (126). Gürültüye maruz kalma hem santral hem de periferik sistemde tahribata neden olsa da primer etkilenen bölge periferidir. Periferde ise primer etkilenen bölge tüylü hücrelerdir (41). Gürültüye bağlı hasar sekonder metabolik bozukluklar ve direkt mekanik stres olarak iki şekilde ortaya çıkar (127, 128).

Mekanik Hasar; gürültüye bağlı olarak, tüylü hücrelerin stereociliaların yapışması, kırılması ve aralarındaki tip linklerin kopması şeklinde olabilir (129). Bunun dışında tektorial membran ile stereosilyaların temasının kopması, destek hücrelerin zarar görmesi, işitme sinirinin dendritlerinde tahribat da görülebilir (130). Gürültüye maruz kalınması ile beraber glutamat salınımı artar bu da eksitotoksiste dediğimiz glutamat reseptörlerinde aşırı uyarılmaya neden olur. Aşırı uyarım, postsinaptik dentritlerde ve hücre gövdelerinde şişmeye neden olur. Ayrıca yüksek sesin, koklear kan akımında azalmaya ve stria vasküleriste şişmeye de neden olacağı bildirilmiştir (130, 131).

Gürültü kokleadaki birçok hücreye hasar verse de özellikle bazal bölgede bulunan DTH'ler, en çok zarar gören hücrelerdir. (23). Şiddetli gürültü ise İTH'lere de zarar verebilir. (21). Maruz kalınan gürültünün süre, şiddet, frekans özelliklerine göre tüylü hücrelerde oluşturduğu harabiyet değişir. Bu harabiyet stereociliaların sadece birleşmesi ya da bükülmesi gibi hafif etki edebilirken total bir harabiyet de olabilir.

Patlayıcı bir gürültü ise, destek hücreleri arasındaki bağlantının kopması Hensen ve Pillar hücrelerin zarar görmesineneden olur. Hatta baziller membran ile Corti organı arasındaki bağlantının kopmasına dahi neden olabilir (130, 131). Gürültünün mekanik harabiyeti genel olarak hem tüylü hem de destek hücrelerinde etkili olduğu ayrıca iç kulağın kan akımını da azaltarak işitme kaybına neden olduğu düşünülmektedir (131).

Metabolik Hasar; azalan kan akımı, eksitotoksiste ve oksidatif stresle oluşan hasar GBİK'nın majör ikinci mekanizmasıdır. Tüy hücreleri gürültüye karşı reaktif nitrojen türleri (RNS) ve reaktif oksijen türleri (ROS) üreterek cevap verir. Hücredeki antioksidan seviyesi RNS ve ROS ile baş edemeyecek kadar yetersiz kaldığında hücre DNA'sının protein ve

lipitlerinde oksidatif hasar oluşur. Bunun sonucunda da hücre ölümü ve takiben işitme kaybı oluşur (130, 132).

Tüylü hücre hasarının kabul gören mekanizmalarından biri ROS'tur. Bu serbest radikaller, DNA, proteinler , sitozolik moleküller, hücre yüzey reseptörleri ve membran lipidleri dâhil olmak üzere hücrelerdeki çok sayıda bileşenle kimyasal olarak reaksiyona girerek hasara neden olur ve böylece çoklu hücre içi süreci etkiler (133). Kokleada zararlı gürültü seviyelerine maruz kaldıktan ve ototoksik ilaç kullanımından sonra serbest radikal türlerinin oluşumu gözlenmiştir (130, 134-136). ROS, gürültüye maruz kaldıktan hemen sonra koklear dokuda tespit edilmiştir, bu da serbest radikal birikiminin tüylü hücre hasar sürecinde erken bir olay olduğunu göstermektedir. Serbest radikaller, herhangi bir morfolojik hasar belirtisi belirginleşmeden çok önce tüylü hücrelerde gözlenir, bu da hasarın başlamasındaki rolünü desteklemektedir. Bununla birlikte, ROS, gürültüye maruz kaldıktan sonra 7-10 gün kokleada da kalabilir ve bazaldan apekse yayılabilir. Bu tür uzun süreli oksidatif stresin ilerleyici koklear hasarı indüklediği varsayılabilir. GBİK'de ROS için bir rolün daha fazla kanıtı Liu ve arkadaşları, tarafından sağlanmıştır (137). Çinli işçilerde mesleki gürültü hasarına duyarlılık ile endojen antioksidan enzim süperoksit dismutaz 1'i (*sod1*) kodlayan genin polimorfizmleri arasında bir ilişki gözlemleyen Dr. RNS ile ilgili olarak, nitro-tirozin immüno-reaktivitesi, RNS üretiminin bir belirtecidir. PTS seviyesinde gürültüye maruz kaldıktan altı gün sonra sıçan koklealarında yükseldiği bulunmuştur (136).

Doğrudan biyokimyasal hasarın ötesinde, ROS'un dolaylı etkileri olabilir. Yamashita ve arkadaşları (2004) , ROS'un oldukça toksik ürünlerin üretimi de dâhil olmak üzere kokleada lipid peroksidasyonunu indüklediğini bulmuşlardır (138). Lipid peroksidasyon ürünleri kendileri apoptoza yol açabilirken, izoprostanlar gibi vazoaktif lipid peroksidasyon ürünleri potansiyel olarak aşırı gürültü ile ilişkilendirilebilen koklear kan akışının azalmasına yol açabilir (139-141). Gürültüye bağlı iskemi ve ardından yeniden perfüzyon, pozitif bir geri besleme döngüsünde ROS oluşumunu daha da güçlendirebilir. Gürültüye maruz kaldıktan sonra kokleada nitrik oksit (NO) ile süperoksit kombinasyonu tarafından üretilen özel tehlikeli bir serbest radikal olan reaktif nitrojen ürünü peroksinitrit (ONOO-) gözlenmiştir (138). ROS ayrıca interlökin-6 (IL-6) ve tümör nekroz faktörü α (TNF α) gibi proinflamatuvar sitokinlerin üretimi dâhil olmak üzere iltihaplanmaya da yol açabilir (142). Her ikisi de kokleada ROS oluşumundan sonra gözlenmiştir (143). Bu pro-inflamatuvarların kendileri de koklear hasarı oluşturabilir (143).

Gürültüye bağlı işitme kaybı klinikte 3 farklı şekilde ortaya çıkar (17):

1-Geçici Eşik Kayması – GEK (Temporary Threshold Shift - TTS)

İşitme kaybının gürültüye maruz kaldıktan saatler ya da günler sonra iyileşmesidir. İşitme kaybı genellikle 3000-6000 Hz arasında ve sensörinöraldır (41, 128). 50 dB'e kadar ve bir defalık eşik kaymalarının düzelme ihtimali yüksektir fakat bunun üzerindeki kayıplar kalıcı olabilir (144). Gürültü maruziyeti sonrası düzelme genellikle 24-48 saat içinde düzelir. GEK her ne kadar geri dönüşümü olsa da yaşa bağlı işitme kaybını hızlandırdığı yapılan çalışmalarda gösterilmiştir (145). Gürültü maruziyeti sonrasında tip linklerin kopması mekanotransdüksiyon kanallarının açılmasını bozar. Steresiliaların sertliğinin bozulması ise Aktin filamentleri zarar görmesi sonucu olur. Gürültü maruziyeti sona ererse tip linkler kendini yeniler ve stereosiliaların sertliği Aktin filamentleri yeniden oluşmasıyla düzelir. Bunun sonucunda da işitme kaybı düzelir. Gürültü etkisiyle sadece tip linkler hasar görürse düzelme daha hızlı olur. Bir noktadan sonra stereosilialardaki hasar geri dönüşümsüz olabilir. Bu durumda kalıcı eşik kayması olur (146). GEK'nda iyileşme süresini ve işitme kaybı derecesini etkileyen gürültünün tipi, süresi ve şiddeti, frekans spektrumu gibi çeşitli faktörler vardır. Bireysel faktörler ise, gürültü maruziyeti öncesi işitme seviyesi, gürültüye maruz kalma öyküsü, genetik faktörler, yaş, cinsiyet ve sigara sayılabilir (144, 146).

2-Kalıcı Eşik Kayması - KEK (Permanent Threshold Shift - PTS)

Belli bir süre gürültüye maruz kalma sonucunda hücre ölümü ile beraber geri kalan hücrelerde kalıcı fonksiyon bozukluğu meydana gelirse kalıcı eşik kayması olur. Genellikle işitme siniri nöronlarının kaybı ve/veya tüylü hücrelerin kaybı nedeniyle olur. Ayrıca stria vascularisteki intermediate hücrelerin ölümüyle iyon transportundaki ve endolenfatik potansiyeldeki bozulmalara bağlı olarak oluşan işitme kaybı sekonder olarak işitme siniri ve hücre kaybı nedeni ile olur (5). GBİK'da oksidatif stres merkezi rol oynar. Gürültüye maruz kalma sonrası hücre metabolizmasında oluşan RNS ve ROS hücre ölümüne ve işitme kaybına yol açabilir. Bazı hücre içi savunma sistemleri ROS'u detoksifiye eder. RNS ve ROS ile hücre içi antioksidanlar arasındaki dengesizlik, nekroz ve apoptosis şeklindeki hücre ölümündeki ana faktördür. Gürültü maruziyeti sonrasında hemen ortaya çıkan ROS, yaklaşık 7-10 gün devam eder (144, 145).

3-Akustik Travma

Akustik travma kısa süreli ve çok şiddetli (130-140 dB)ani bir gürültüye maruz kalınması sonucunda ortaya çıkan bazen ağrılı olabilen ani işitme kaybıdır. Ani gelişen işitme kaybı genellikle karakteristik olarak 3-6 kHz aralığında oluşur. Gürültü mekanik etki ile işitme kaybına neden olmaktadır. Bu da karşımıza kulak zarında kanama, perforasyon ve kemikçik zincirde dislokasyon şeklinde gelişebilir. Sese maruz kalınan süre meydana gelen hasarın düzeyini belirlemektedir. Akustik travmanın en bilinen etkisi periferik işitme sisteminde olsa da santral işitme sisteminin de etkilenebileceği yapılan çalışmalarda bildirilmiştir (145, 147).

Ateşli silah gürültüsüne maruz kalmanın işitsel etkileri birçok uluslararası çalışmada araştırılmıştır. Silah sesi gürültüsü, küçük kalibreli tüfekler, tabancalar ve av tüfeği için en yüksek ses basıncı seviyeleri, 0,22 kalibrelik bir tüfek için 140 dB SPL ile 0,30 kalibrelik bir tüfek için 175 dB SPL arasında değiştiği rapor edilmiştir (6, 148).

Gürültünün etkileri 4 dönemde incelenebilir (149):

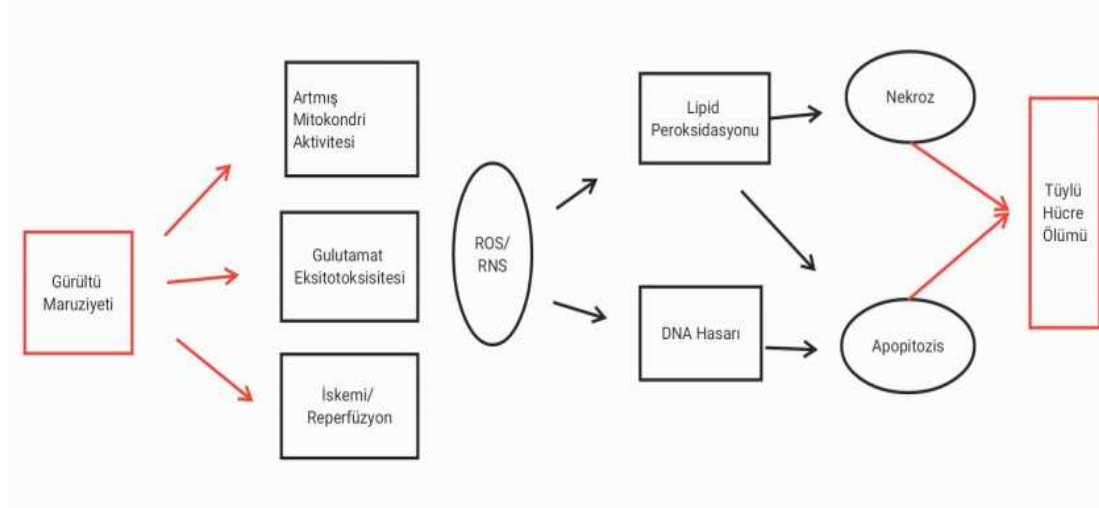
1. Dönem: Gürültü maruziyeti sonrası ilk bir aylık dönemdir. Maruziyet sonrası baş ağrısı, kulak çınlaması, kulakta dolgunluk hissi, baş dönmesi ve yorgunluk bildirilmiştir. İlk günlerde birkaç saat dinlenme sonrası şikâyetler kaybolur. Fakat bir ayın sonuna doğru dinlenme süresi gittikçe uzamaktadır.
2. Dönem: Bu dönem ilk 2 aylık süreyi kapsar. Ara ara kulakta çınlamalar kendini gösterir. İletişim problemleri henüz başlamamıştır. Bu dönem bireysel yatkınlık, maruz kalınan süre ve gürültünün şiddetine bağlı olarak yıllarca sürebilir. Odyometrik ölçümlerde işitme kaybı 4 kHz 'de hafif bir çentik şeklinde olabilir.
3. Dönem: 2. Dönemin aylarca sürmesi sonucu kişi işitmede zorluk çektiğinin farkına varır. 4 kHz' deki çentik yaklaşık 80-85 dB civarındadır. Fısıltı seslerini duymada telefon ile konuşmada ve gürültülü ortamlarda konuşulanları anlamada zorlanılması beklenen durumlardır.
4. Dönem: ortaya çıkışı 2-15 yıl sürer. İşitme eşikleri ortalama 60 dB-80 dB'li bululur. Kulakta çınlama ve uğultu şikâyetleri de vardır. 4 kHz'deki çentik yan frekansları da tutarak konuşma sesi frekanslarını da etkilemektedir.

Tinnitus bu dört dönemde de kalıcı olabilir. Gürültüye bağlı olarak işitme kaybı 4 kHz de başlayarak ileri dönemlerde 3-6 kHz frekanslarında etkilenmeye yol açabilir. Zaman içinde 0,5 kHz, 1 kHz ve 2 kHz frekanslarının da etkilendiği işitme kaybı görülebilir (149).

Kronik gürültüye maruz kalan bireylerde işitme kaybının özellikleri şöyledir: Tipik olarak bilateral ve simetriktir. Genellikle 4 kHz'de çentik vardır ve daima sensörinöraldir. Düşük frekanslarda 40 dB'i, yüksek frekanslarda 75 dB'i genellikle aşmaz. İlerlemesi ilk

10-15 yıldan sonra yavaşlar, maruziyet 85 dB'in üzerinde ise risk artar ve gürültüye maruziyet kesilince ilerlemesi durur. (62, 150-152)

Gürültüye bağlı işitme kaybında primer amaç, işitme kaybı oluşmasını önlemektir. Ancak günümüz çalışma şartlarında bu maalesef pek mümkün olmamaktadır. Bu konuda ancak koruyucu önlemler alınması kapsamında çalışmalar yapılsa da sürecin takibi ve iyi bilinmesi farmakolojik tedaviyi de seçenek olarak bize sunmaktadır. Son zamanlarda bununla ilgili çalışmalar da yapılmaktadır (153-159)



Şekil 2.12. Apopitotik Süreç: Gürültünün tüylü hücrelere etkisinin şematizasyonu (160)

3. GEREÇ VE YÖNTEM

A. Araştırmanın Türü: Bu araştırma prospektif (Analitik Klinik Çalışma) klinik çalışma olarak tasarlanmıştır.

B. Araştırmanın Yeri ve Zamanı: Araştırma Başkent Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Araştırma Etik Kurulu'na sunularak 16.09.2020 tarih ve 20/93 sayılı kararı ile KA20/314 no ile araştırma projesi olarak kabul edilmiştir. Etik kurul onayı alınarak Temmuz 2020-Mart 2021 tarihleri arasında Başkent Üniversitesi Tıp Fakültesi KBB Anabilim Dalında yapılmıştır. EK:1

C. Araştırmanın Evreni ve Örneklemi: Katılımcılar, Başkent Hastanesine başvuran 18-55 yaşları arasında ve belli aralıklarla ateşli silah kullanan bireylerden oluşturulmuştur. Bireyler ateşli silah kullandıktan en az 30 gün sonra teste alınmıştır. Çalışmanın örneklem büyüklüğü power analiz ile belirlenmiştir. Örneklem büyüklüğünü belirlemek için Gpower 3.1 programı kullanılmış olup, 0,80 etki büyüklüğünde 0,05 yanılma düzeyinde 0,95 güven aralığında 0,90 evreni temsil gücüyle örneklem sayısı en az 90 olarak belirlenmiştir. Bu çalışmaya ateşli silah kullanan 45 birey ve kontrol grubu olarak 45 birey olmak üzere toplam 90 birey dâhil edilmiştir.

Katılımcılar çalışmaya olasılıksız örnekleme yöntemlerinde gönüllülük esasına dayalı örnekleme yöntemi ile seçilmiştir.

Dâhil edilme kriterleri:

Çalışma grubu için;

- Yılda en az 2 kere ateşli silah kullanıyor olmak
- Psikolojik, nörolojik bozukluğu olmamak,
- Kafa travması geçirmemiş olmak
- Son 3 ay içinde steroid tedavi almamış olmak
- Hipertansiyon, Diabetes Mellitus ve diğer sistemik hastalıkları olmamak
- Ototoksik ilaç kullanmamış olmak

Kontrol grubu için;

- Gürültülü ortamlarda çalışmıyor olmak
- Ani patlamalı şiddetli sese maruz kalmamış olmak

- Yüksek sesle ve kulaklıkla müzik dinlemiyor olmak
- İşitmesi normal olmak
- Psikolojik, nörolojik bozukluğu olmamak,
- Kafa travması geçirmemiş olmak

3.1. Değerlendirmeler

İlk olarak bir kulak burun boğaz muayenesi yapılmıştır. Daha sonra katılımcıların:

- Saf ses odyometri testi ile hava yolu ve kemik yolu eşikleri, konuşmayı alma eşiği, konuşmayı ayırt etme yüzdesi, rahatsız edici ses yüksekliği değerlendirilmiştir.
- Timpanometrik değerlendirme yapılmıştır.
- Otoakustik emisyonlar (DPOAE)
- MOC refleks (supresyon testi) ölçümü ile efferent sistem değerlendirilmiştir.
- Her birey için Sosyo-Demografik veri Formu alınmıştır. **EK:2**

Odyolojik Değerlendirmeler

Saf Ses Odyometri: Ölçümler Interacoustics-Clinical Audiometer AC 40 cihazı ile “Industrial Acoustic Company” (IAC) standardındaki sessiz odalarda yapılmıştır. Hava yolu işitme düzeyleri 125- 8000 Hz arasındaki frekanslarda TDH-39 Telephonic HB-7 kulaklık kullanılarak, kemik yolu işitme eşikleri 250-4000 Hz arasındaki frekanslarda Radioear B-71 kemik vibratörü kullanılarak test edilmiştir. Kemik eşikleri ve saf ses ortalaması 20 dB altında olanların normal işitmeye sahip olduğu var sayılmıştır.

Konuşma testleri

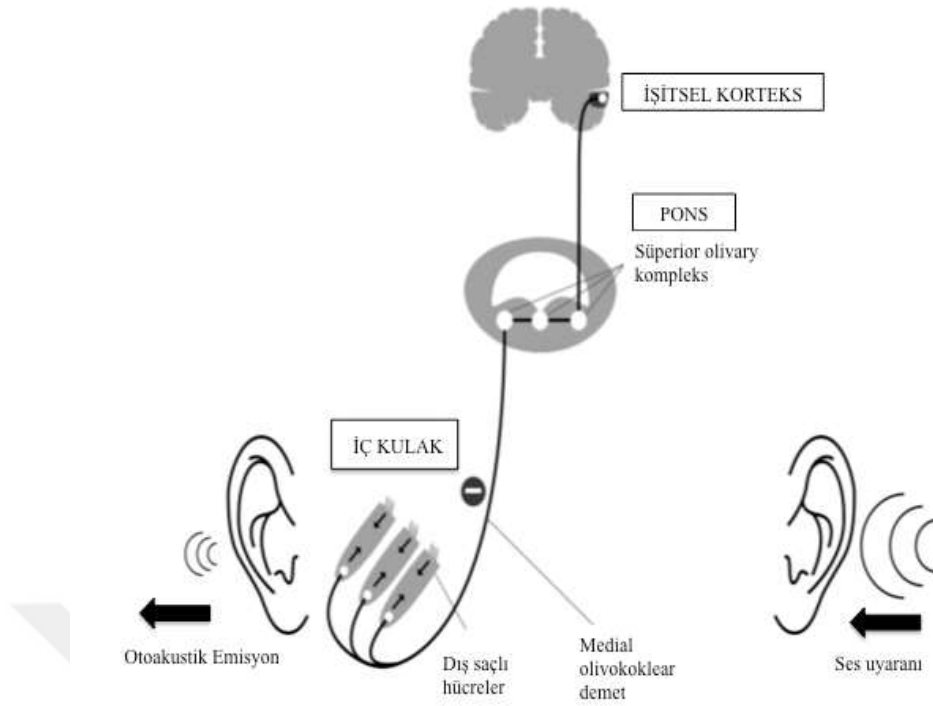
Klinikte ve araştırma çalışmalarında kullanılabilecek çeşitli konuşma temelli fonksiyonel testler vardır. Bunlardan ilki kısmen saf ton eşikleri için çapraz bir kontrol görevi gören konuşmayı anlama eşiğidir (KAE). İki ya da üç heceli kelimelerden oluşan test ile kelimelerin en az % 50'sinin doğru tekrar edilmesi beklenir. İkinci olarak konuşmayı ayırt etme skorudur (KAS). KAS fonetik dengeli tek heceli kelimelerin doğru tekrar edilebilme yüzdesidir. En rahat ses seviyesinde yapılır. Yaygın olarak kullanılan bir dizi liste vardır. Kliniğimizde kullanılan test, fonetik (veya fonemik) olarak dengelenmiş, kolay bir kelime hazinesine sahip olan Hacettepe Fonetik Dengeli tek heceli ve üç heceli kelime listeleridir (161, 162)

Yüksek frekans odyometri: Ölçümler Interacoustics-Clinical Audiometer AC 40 cihazı ile Industrial Acoustic Company (IAC) standardındaki sessiz odalarda yapıldı. Yüksek frekans ölçümleri, 10, 12, 14, 16 ve 18 kHz arasındaki frekanslarda MX 41 kulaklık kullanılarak yapıldı.

İmmitansmetrik Değerlendirme: Tüm bireylerin immitansmetrik ölçümleri GSI Tymptstar Version 2 (Grason Stadler Inc., MN, USA) elektroakustik immitansmetre kullanılarak yapılmıştır. Timpanogram kaydı, 226 Hz'lik prob ton kullanılarak hava basıncı +200 ile -400 daPa arasında 200 daPa /saniye oranında değiştirilerek kaydedilmiştir.

DPOAE: Ölçümler Echoport ILO292 cihazı (Otodynamics Ltd., London, United Kingdom) ile yapılmıştır. Distorsiyon ürünü otoakustik emisyonlar (DPOAE) sabit frekans ve şiddette iki saf ses verilerek f_2 ve f_1 frekansları arasındaki oran (f_2/f_1) 1.22 olacak şekilde alınır. Uyarın şiddeti f_1 frekansı için $L_1(65)$, ve f_2 frekansı için $L_2(55)$ olarak alınarak ve $L_1 > L_2$ olacak şekilde 10 dB SPL düzeyinde tutulur. Sonuçlar birincil tonların (f_1 ve f_2) geometrik ortalaması olarak gösterilir. Test süresi yaklaşık 60-90 sn arasındadır. DPOAE amplitüdlerinin gürültü eşiğinin 3 dB üstündeki değerleri anlamlı kabul edilir (163, 164). Ölçümler gürültü düzeyinin 45 dB'i geçmediği bir odada yapılır. DPOAE sonuçlarının değerlendirilmesinde; elde edilen $2f_1-f_2$ kübik distorsiyon ürünleri f_1 ve f_2 'nin geometrik ortalamasında oluşan sinyalin gürültüye oranı (SNR) esas alınmıştır.

MOC refleks (supresyon testi): Ölçümler distorsiyon ürünü otoakustik emisyonlar (DPOAE) ile yapılmıştır. Kontralateral supresyon testi için Echoport ILO292 cihazı (Otodynamics Ltd., London, United Kingdom) kullanılmıştır. Ölçümler bilateral olarak kayıt edilmiştir. Emisyon ölçümü yapıldıktan sonra prob kulaktan çıkarılmadan kontralateral kulaktan Interacoustics-Clinical Audiometer AC33 cihazı ile 70 dB SPL geniş bant gürültü eşzamanlı verildiği sırada ölçüm tekrarlanmıştır. Sonuçlar kontralateral supresyon olup olmadığını değerlendirebilmek amacıyla kayıt edilmiştir. DPOAE ve MOCR Değeri farkının 1dB ve üzeri olması supresyon varlığını, 1 dB'in altında kalan fark ise supresyon olmadığını işaret eder. (165)



Şekil 3.1. MOC refleks arkı

Sosyo-Demografik veri Formu: Testlerin başlangıcından önce yaş, cinsiyet, eğitim durumu, tıbbi geçmiş ve mevcut ilaçların bir listesi de dâhil olmak üzere her katılımcı için veriler ayrı ayrı kayıt edilmiştir (EK.3).

3.2. İstatistiksel Analiz

Araştırmaya alınan verilerin analizleri SPSS (Statistical Program in Social Sciences) 25 programı ile gerçekleştirilmiştir. Verilerin normal dağılıma uygunluk testleri yapılarak parametrik ve parametrik olmayan yöntemlerden hangisinin kullanacağı belirlenmiş ve araştırmaya alınan verilerin Normal dağılıma uyup uymadığı Kolmogorov Smirnov Testi ile kontrol edilmiştir (Alpar, 2020: 147).

Karşılaştırma testleri için anlamlılık düzeyi (p) 0,05 olarak alınmıştır. Karşılaştırmada hangi test sonucuna bakılacağına karar vermede varyans homojenliği Levene testi ile kontrol edilmiştir ($p > 0,05$).

Bağımsız ikili gruplarda karşılaştırmalar; normallik varsayımı sağlanan verilerde gruplar arasındaki karşılaştırmalar iki ortalama arasındaki farkın anlamlılık testi (t testi) ile normal dağılım sağlanmayan verilerde ise Mann Whitney Testi ile yapılmıştır.

Bağımlı ikili gruplarda; normallik varsayımı sağlanan verilerde ikili karşılaştırmalar için iki eşlenik-çift örnek (paired sample t test) testi, normallik sağlanmayan verilerde ise Wilcoxon işaretli sıralar testi ile kullanılmıştır.

Bağımsız çoklu gruplarda karşılaştırmalar Kruskal Wallis testi ile yapılmıştır.

Ölçüm değerleri arasındaki ilişkiye bakmak için korelasyon analizi yapılmış normal dağılım gösteren verilerde “Pearson korelasyon katsayısı”, normal dağılım göstermeyen verilerde ise “Sperman Sıra Korelasyon Katsayısı” kullanılmıştır.

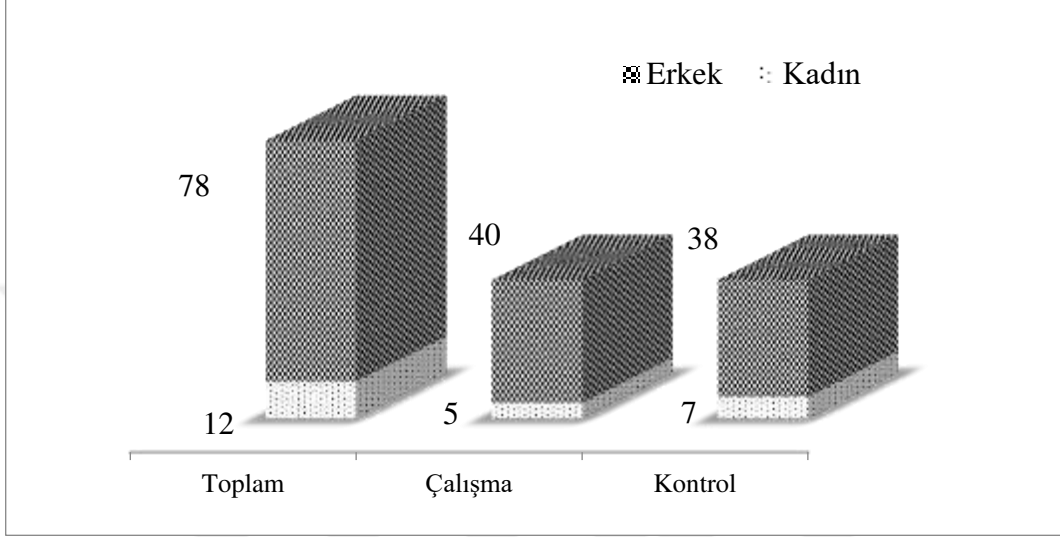
Korelasyon katsayıları değişkenler arasındaki ilişkinin kuvveti (derecesi) ve yönü hakkında bilgi veren ölçütlerdir. İlişki katsayıları -1 ile +1 arasında değişmektedir. İşaretler ilişkinin yönünü göstermektedir. -1’e ve +1’e yaklaşırken ilişkinin kuvveti artarken 0’a yaklaştıkça azalmaktadır. Bulguların değerlendirilmesinde sıklıkla kullanılan değerler;

- 0,00 – 0,19 ilişki yok (önemsenmeyecek düzeyde düşük ilişki)
- 0,20 – 0,39 zayıf ilişki
- 0,40 – 0,69 orta düzeyde ilişki
- 0,70 – 0,89 kuvvetli ilişki
- 0,90 – 1,00 çok kuvvetli ilişki şeklinde yorumlanır (Alpar, 2020).

4. BULGULAR

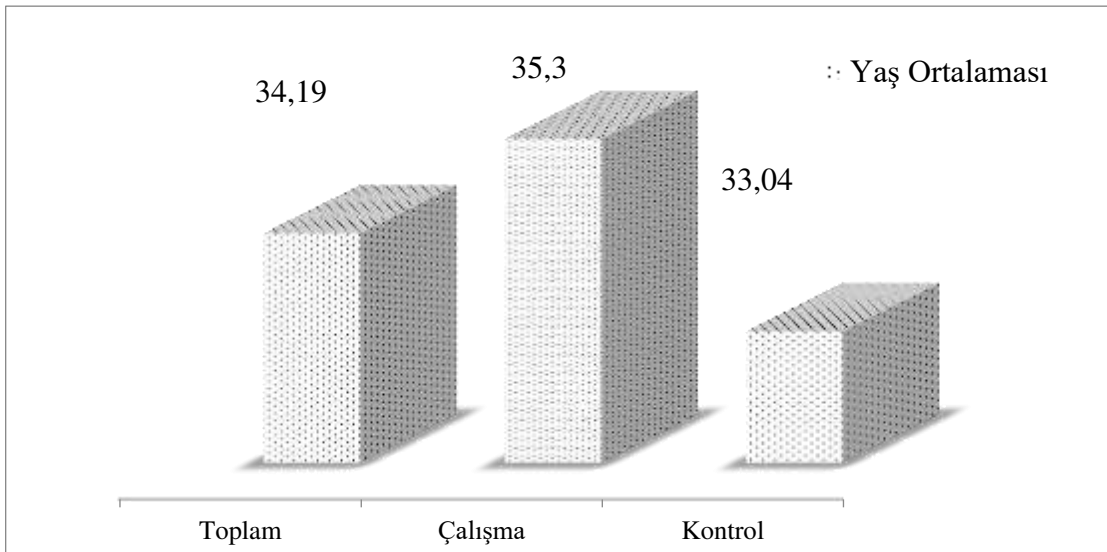
1. Demografik Bilgiler

Çalışmaya, 45 ateşli silah kullanan (%50) katılımcı ve 45 sağlıklı (%50) katılımcı alınmıştır. Katılımcıların yaş ve cinsiyet dağılımları aşağıdaki grafiklerde verilmiştir.



Şekil 4.1. Katılımcıların cinsiyete göre dağılımları

Çalışmaya alınan katılımcıların 78'i (%86,7) erkek iken 12'si (%13,3) ise kadındır. Çalışma grubunda 40 (%88,9) erkek ve 5 kadın (%11,1) katılımcı bulunmaktadır. Kontrol grubunda ise 38 (%84,4) erkek ve 7 (%15,6) kadın katılımcı bulunmaktadır.



Şekil 4.2. Katılımcıların yaşa göre dağılımları

Çalışmaya alınan katılımcıların yaş ortalaması ise $33,04 \pm 7,8$ standart sapma olarak hesaplanmıştır. Çalışma grubunda yer alan katılımcıların yaş ortalaması ise $35,3 \pm 8,5$ standart sapma olarak hesaplanmıştır. Kontrol grubunda yer alan katılımcıların yaş ortalaması ise $33,04 \pm 7,4$ standart sapma olarak hesaplanmıştır.

4.1. Çalışma Grup Tanımlayıcı Özellikler

Tablo 4.1. Çalışma Grubu Bireylerin Tanımlayıcı ve Klinik Özellikleri

Çalışma Grubu			Sağ	p ₁	Sol	p ₁
Yıl /Kez	3 Kez	n	32	0,680	32	0,680
		%	71,1		71,1	
	6 Kez	n	13		13	
		%	28,9		28,9	
Günde/ Saat	0,5 saat	n	8	0,672	8	0,672
		%	17,8		17,8	
	1 saat	n	25		25	
		%	55,6		55,6	
	2 saat	n	12		12	
		%	26,7		26,7	
Tinnitus	Evet	n	10	0,506	12	0,514
		%	22,2		26,7	
	Hayır	n	35		33	
		%	77,8		73,3	

n; örneklem sayısı, %; yüzde, *p₁; χ^2 analizi anlamlılık değeri

Çalışma grubunda hem sağ hem de sol tarafta işitme kaybı olup olmaması ile yılda kaç kez (3 ya da 6 kez), kaç saat (0,5 saat, 1 saat, 2 saat), sağ ve sol kulakta tinnitus olup olmaması değişkenleri ile arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki saptanmamıştır ($p>0,05$, Tablo 1).

4.2. Saf Ses Odyometri Frekans Eşik Değerlerinin Çalışma ve Kontrol Grubunda Gruplar Arası Karşılaştırılması

Katılımcılarda hem sağ hem de sol kulakta 0.25 kHz, 0.5 kHz, 1 kHz, 2 kHz, 4 kHz, 8 kHz eşik değerlerinde çalışma ve kontrol grupları arasında fark olup olmadığını test etmek için “iki ortalama arasındaki farkın anlamlılık testi (two independent samples t test)” kullanılmıştır. Sonuçlar aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 4.2. Saf Ses Odyometri Eşik Değerlerinin Çalışma ve Kontrol Grubunda Gruplar Arası Karşılaştırılması

Frekans	Sağ Kulak		p ^b değeri	Sol Kulak		p ^b değeri
	Ort ± ss			Ort ± ss		
	Kontrol	Çalışma		Kontrol	Çalışma	
0.25kHz	4,87 ± 5,64	8,67 ± 8,62	0,015*	5,67 ± 6,09	10,78 ± 7,53	0,001*
0.5 kHz	4,67 ± 4,93	8 ± 7,18	0,012*	6,33 ± 5,05	9,89 ± 7,65	0,012*
1 kHz	7,44 ± 5,7	11,22±10,51	0,038*	7,67 ± 4,6	11,22 ± 8,99	0,038*
2 kHz	5 ± 3,02	9,44 ± 10,83	0,011*	5 ± 3,02	10,56± 10,72	0,002*
4 kHz	7,11 ± 4,33	17,78± 19,38	0,001*	9 ± 4,95	25 ± 17,98	0,001*
8 kHz	16,78±11,73	20,67± 20,16	0,267	18 ± 9,91	23,56±17,41	0,047*

Ort; ortalama, ss; standart sapma, b; iki ortalama arasındaki farkın anlamlılık testi (two independent samples t test), *p<0,05; gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

Katılımcılarda hem sağ hem de sol kulakta 0.25 kHz, 0.5 kHz, 1 kHz, 2 kHz, 4 kHz, 8 kHz değerlerinde çalışma ve kontrol grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmuştur (p<0,05, Tablo 2).

4.3. SSO, KAE ve KAS Değerlerinin Çalışma ve Kontrol Grubunda Gruplar Arası Karşılaştırılması

Katılımcılarda hem sağ hem de sol kulakta ölçülen SSO, KAE ve KAS değerleri arasında meydana gelen değişimlerde fark olup olmadığını test etmek için “iki ortalama arasındaki farkın anlamlılık testi (two independent samples t test)” kullanılmıştır. Sonuçlar aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 4.3. SSO, KAE ve KAS Değerlerinin Çalışma ve Kontrol Grubunda Gruplar Arası Karşılaştırılması

Değişken	Kulak	Grup	Ort ± ss	p ^b Değeri
SSO	Sağ	Çalışma	11,61 ± 10,52	0,001*
		Kontrol	6,06 ± 3,61	
	Sol	Çalışma	12,67 ± 8,89	0,001*
		Kontrol	7 ± 3,26	
KAE	Sağ	Çalışma	10,61 ± 10,52	0,001*
		Kontrol	7,06 ± 3,61	
	Sol	Çalışma	13,67 ± 8,89	0,001*
		Kontrol	8 ± 3,26	
KAS	Sağ	Çalışma	86,32 ± 7,52	0,001*
		Kontrol	96,44 ± 3,74	
	Sol	Çalışma	85,48 ± 14,66	0,001*
		Kontrol	96,24 ± 3,72	

Ort; ortalama, ss; standart sapma, b; iki ortalama arasındaki farkın anlamlılık testi (two independent samples t test), *p<0,05; gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

Sağ ve sol kulakta ölçülen hem SSO, KAE ve KAS için çalışma ve kontrol grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmuştur (p<0,05, Tablo 3).

4.4. Katılımcıların Yüksek Frekanslarda İşitme Eşikleri Varlığı

85,48 ± 14,66
96,24 ± 3,72

Çalışmaya alınan her iki gruptaki katılımcıların hem sağ hem de sol kulakta yüksek frekans işitme eşiklerinin dağılımını gösteren tablo aşağıda verilmiştir.

Tablo 4.4. Yüksek Frekans İşitme Eşik Değerlerinin Dağılımı

Frekans	Cevap	Çalışma Grubu				Kontrol Grubu			
		Sağ Kulak		Sol Kulak		Sağ Kulak		Sol Kulak	
		n	%	n	%	n	%	n	%
10 kHz	Var	45	100,0	45	100,0	45	100,0	45	100,0
	Yok	0	0	0	0	0	0	0	0
12 kHz	Var	43	95,6	45	100,0	45	100,0	37	82,2
	Yok	2	4,4	0	0	0	0	8	17,8
14 kHz	Var	37	82,2	42	93,3	45	100,0	37	82,2
	Yok	8	17,8	3	6,7	0	0	8	17,8
16 kHz	Var	30	66,7	33	73,3	45	100,0	37	82,2
	Yok	15	33,3	12	26,7	0	0	8	17,8
18 kHz	Var	11	24,4	12	26,7	37	82,2	37	82,2
	Yok	34	75,6	33	73,3	8	17,8	8	17,8

n: kişi sayısı

Tablo 4.5. Yüksek Frekans İşitme Eşik Değerleri

Frekans	n	Çalışma Grubu Ort. Değer			Kontrol Grubu Ort. Değer			
		Sağ Kulak	n	Sol Kulak	n	Sağ Kulak	n	Sol Kulak
10 kHz	45	28,14±23,48	45	32,05±21,79	45	17,16 ± 13,87	45	18,78±16,31
12 kHz	43	30,12±22,43	40	38,02±21,91	45	24,15 ± 21	37	17,73 ± 6,26
14 kHz	37	31,43±25,13	42	38,66±21,48	45	28,44 ± 20,25	37	15,14 ± 4,79
16 kHz	30	40,8± 20,68	33	36,45±15,01	45	24 ± 17,37	37	17,16 ± 7,69
18 kHz	11	18,33 ± 7,5	12	21,82 ± 8,45	37	17,16 ± 7,69	37	16,76 ± 7,38

n: kişi sayısı

4.5. Kontrol Grubu Katılımcıların DPOAE ve MOCR Değerlerinin Grup İçi Karşılaştırılması

Kontrol grubunda yer alan katılımcılarda hem sağ hem de sol kulakta ölçülen DPOAE SNR (1 kHz, 1.4 kHz, 2 kHz, 2.8 kHz, 4 kHz, 6 kHz ve 8 kHz) değerleri ve MOCR SNR (1.4 kHz, 2 kHz, 2.8 kHz, 4 kHz, 6 kHz ve 8 kHz) değerleri arasında meydana gelen değişimlerde fark olup olmadığını test etmek için “Eşleştirilmiş örneklerde iki ortalamanın karşılaştırılması için anlamlılık testi (paired samples t test)” kullanılmıştır. Sonuçlar aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 4.5. Kontrol Grubu Katılımcıların DPOAE ve MOCR Değerlerinin Grup İçi Karşılaştırılması

Frekans	Kulak	Grup	Ort $\pm$ ss	Ortalama Farkı	Test ^a	p Değeri
1 kHz	Sağ	DPOAE	1,04 $\pm$ 5,74	1,004	1,009	0,002*
	Sol	MOCR	0,04 $\pm$ 5,76			
	Sağ	DPOAE	1,03 $\pm$ 6,7	2,260	2,916	0,006*
	Sol	MOCR	-1,23 $\pm$ 5,86			
1.4 kHz	Sağ	DPOAE	5,45 $\pm$ 9,44	1,251	1,329	0,003*
	Sol	MOCR	4,2 $\pm$ 7,29			
	Sağ	DPOAE	5,97 $\pm$ 8,06	1,964	2,683	0,009*
	Sol	MOCR	4,01 $\pm$ 7,59			
2 kHz	Sağ	DPOAE	5,38 $\pm$ 7,9	1,367	3,954	0,001*
	Sol	MOCR	4,02 $\pm$ 7,9			
	Sağ	DPOAE	6,65 $\pm$ 7,94	2,864	3,808	0,001*
	Sol	MOCR	3,79 $\pm$ 9,44			
2.8 kHz	Sağ	DPOAE	7,22 $\pm$ 7,22	1,124	2,549	0,014*
	Sol	MOCR	6,1 $\pm$ 6,47			
	Sağ	DPOAE	6,3 $\pm$ 7,02	1,291	2,505	0,016*
	Sol	MOCR	5,01 $\pm$ 7,53			
4 kHz	Sağ	DPOAE	11,9 $\pm$ 7,24	1,118	2,311	0,007*
	Sol	MOCR	10,02 $\pm$ 6,84			
	Sağ	DPOAE	9,96 $\pm$ 7,25	1,124	1,327	0,005*
	Sol	MOCR	8,83 $\pm$ 5,83			
6 kHz	Sağ	DPOAE	7,1 $\pm$ 7,05	1,460	1,482	0,005*
	Sol	MOCR	5,64 $\pm$ 6,8			
	Sağ	DPOAE	7,34 $\pm$ 5,91	1,100	3,372	0,002*
	Sol	MOCR	6,24 $\pm$ 7,26			
8 kHz	Sağ	DPOAE	-0,29 $\pm$ 5,45	-0,018	-0,034	0,973
	Sol	MOCR	-0,27 $\pm$ 5,71			
	Sağ	DPOAE	-0,95 $\pm$ 8,02	-0,922	-1,505	0,140
	Sol	MOCR	-0,02 $\pm$ 5,93			

Ort; ortalama, ss; standart sapma, a;Eşleştirilmiş örneklerde iki ortalamanın karşılaştırılması için anlamlılık testi (paired samples t test), *p<0,05; ölçümler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

4.6. Kontrol Grubunda Katılımcıların DPOAE ve MOCR Değeri Farkının Dağılımı

DPOAE ve MOCR değeri farkının 1dB ve üzeri olması supresyon varlığını, 1 dB'in altında kalan fark ise supresyon olmadığını işaret eder.

Çalışmaya dâhil edilen kontrol grubu katılımcılarda DPOAE ve MOCR değeri farkının kişi sayısına göre dağılımı aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 4.6. Kontrol Grubunda Katılımcıların DPOAE ve MOCR Değeri Farkının Dağılımı

Değer	Supresyon Olma Durumu	Sağ Kulak		Sol Kulak	
		Sayı	%	Sayı	%
1 kHz	Var	31	68,9	20	44,4
	Yok	14	31,1	25	55,6
1.4 kHz	Var	26	57,8	22	48,9
	Yok	19	42,2	23	51,1
2 kHz	Var	27	60,0	27	60,0
	Yok	18	40,0	18	40,0
2.8 kHz	Var	26	57,8	24	53,3
	Yok	19	42,2	21	46,7
4 kHz	Var	29	64,4	33	73,3
	Yok	16	35,6	12	26,7
6 kHz	Var	26	57,8	30	66,7
	Yok	19	42,2	15	33,3
8 kHz	Var	30	66,7	27	60,0
	Yok	15	33,3	18	40,0

4.7. Çalışma Grubu Katılımcıların DPOAE ve MOCR Değerlerinin Grup İçi Karşılaştırılması

Çalışma grubunda yer alan katılımcılarda hem sağ hem de sol kulakta ölçülen DPOAE SNR (1 kHz, 1.4 kHz, 2 kHz, 2.8 kHz, 4 kHz, 6 kHz ve 8 kHz) değerleri ve MOCR SNR (1.4 kHz, 2 kHz, 2.8 kHz, 4 kHz, 6 kHz ve 8 kHz) değerleri değerleri arasında meydana gelen değişimlerde fark olup olmadığını test etmek için “Eşleştirilmiş örneklerde iki ortalamanın karşılaştırılması için anlamlılık testi (paired samples t test)” kullanılmıştır. Sonuçlar aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 4.7. Çalışma Grubu Katılımcıların DPOAE ve MOCR Değerlerinin Grup İçi Karşılaştırılması

Frekans	Kulak	Grup	Ort $\pm$ ss	Ortalama Farkı	Test	p Değeri
1 kHz	Sağ	DPOAE	-0,78 $\pm$ 6,05	0,467	0,538	0,593
	Sağ	MOCR	-1,25 $\pm$ 6,49			
	Sol	DPOAE	0,6 $\pm$ 6,96	0,356	0,553	0,583
	Sol	MOCR	0,24 $\pm$ 6,46			
1.4 kHz	Sağ	DPOAE	3,19 $\pm$ 9,43	0,344	0,424	0,673
	Sağ	MOCR	2,84 $\pm$ 8,39			
	Sol	DPOAE	3,78 $\pm$ 8,76	0,164	0,255	0,800
	Sol	MOCR	3,62 $\pm$ 9,18			
2 kHz	Sağ	DPOAE	4,44 $\pm$ 8,07	0,538	0,830	0,411
	Sağ	MOCR	3,9 $\pm$ 7,01			
	Sol	DPOAE	4,82 $\pm$ 9,31	0,789	1,067	0,292
	Sol	MOCR	4,03 $\pm$ 9,44			
2.8 kHz	Sağ	DPOAE	5,29 $\pm$ 7,44	-0,009	-0,016	0,987
	Sağ	MOCR	5,3 $\pm$ 6,41			
	Sol	DPOAE	4,89 $\pm$ 8,55	-0,073	-0,149	0,883
	Sol	MOCR	4,96 $\pm$ 8,17			
4 kHz	Sağ	DPOAE	6,01 $\pm$ 8,03	-0,304	-0,677	0,502
	Sağ	MOCR	6,32 $\pm$ 8,76			
	Sol	DPOAE	6,76 $\pm$ 9,14	0,233	0,448	0,657
	Sol	MOCR	6,52 $\pm$ 8,36			
6 kHz	Sağ	DPOAE	3,93 $\pm$ 8,52	0,091	0,193	0,848
	Sağ	MOCR	3,84 $\pm$ 8,43			
	Sol	DPOAE	4,4 $\pm$ 9,12	-0,100	-0,226	0,822
	Sol	MOCR	4,5 $\pm$ 9,05			
8 kHz	Sağ	DPOAE	0,42 $\pm$ 7,74	0,627	0,759	0,452
	Sağ	MOCR	-0,2 $\pm$ 9,29			
	Sol	DPOAE	-0,23 $\pm$ 8,66	0,027	0,040	0,968
	Sol	MOCR	-0,26 $\pm$ 8,27			

Ort; ortalama, ss; standart sapma, a;Eşleştirilmiş örneklerde iki ortalamanın karşılaştırılması için anlamlılık testi (paired samples t test), *p<0,05; ölçümler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

4.8. Çalışma Grubunda DPOAE ve MOCR Değeri Farkının Dağılımı

DPOAE ve MOCR Değeri Farkının 1dB ve üzeri olması supresyon varlığını, 1 dB'in altında kalan fark ise supresyon olmadığını işaret eder.

Çalışma grubuna dâhil olan katılımcılarda DPOAE ve MOCR değeri farkının kişi sayısına göre dağılımı aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 4.8. Çalışma Grubunda Katılımcıların DPOAE ve MOCR Değeri Farkının Dağılımı

Değer	Supresyon Olma Durumu	Sağ Kulak		Sol Kulak	
		Sayı	%	Sayı	%
1 kHz	Yok	23	51,1	28	62,2
	Var	22	48,9	17	37,8
1.4 kHz	Yok	23	51,1	24	53,3
	Var	22	48,9	21	46,7
2 kHz	Yok	24	53,3	26	57,8
	Var	21	46,7	19	42,2
2.8 kHz	Yok	28	62,2	29	64,4
	Var	17	37,8	16	35,6
4 kHz	Yok	34	75,6	27	60,0
	Var	11	24,4	18	40,0
6 kHz	Yok	30	66,7	28	62,2
	Var	15	33,3	17	37,8
8 kHz	Yok	27	60,0	26	57,8
	Var	18	40,0	19	42,2

4.9. Çalışma Grubu İle Kontrol Grubu DPOAE Değerlerinin Sağ Kulak ve Sol Kulak Karşılaştırmaları

Katılımcılarda hem sağ hem de sol kulakta ölçülen DPOAE değerleri arasında meydana gelen değişimlerde fark olup olmadığını test etmek için “iki ortalama arasındaki farkın anlamlılık testi (two independet samples t test)” kullanılmıştır. Sonuçlar aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 4.9. Çalışma Grubu İle Kontrol grubu DPOAE Değeri Karşılaştırmaları

Frekans	Sağ kulak DPOAE		p ^b Değeri	Sol kulak DPOAE		p ^b Değeri
	Kontrol Ort ± ss	Çalışma Ort ± ss		Kontrol Ort ± ss	Çalışma Ort ± ss	
1 kHz	1,04 ± 5,74	-0,78 ± 6,05	0,003*	1,03 ± 6,7	0,6 ± 6,96	0,018*
1.4 kHz	5,45 ± 9,44	3,19 ± 9,43	0,010*	5,97 ± 8,06	0,6 ± 6,96	0,021*
2 kHz	5,38 ± 7,9	4,44 ± 8,07	0,029*	6,65 ± 7,94	4,82 ± 9,31	0,031*
2.8 kHz	7,22 ± 7,22	5,29 ± 7,44	0,007*	6,3 ± 7,02	4,89 ± 8,55	0,001*
4 kHz	11,9 ± 7,24	6,01 ± 8,03	0,048*	9,96 ± 7,25	6,76 ± 9,14	0,018*
6 kHz	7,1 ± 7,05	3,93 ± 8,52	0,047*	7,34 ± 5,91	4,4 ± 9,12	0,037*
8 kHz	-0,29±5,45	0,42 ± 7,74	0,024*	1,30 ± 4,19	-0,03 ± 9,27	0,019*
Total DPOAE Değeri	32,8 ± 41,82	22,5 ± 45,01	0,003*	34,31 ± 38,38	25,01 ± 49,69	0,002*

Ort; ortalama, ss; standart sapma, b; iki ortalama arasındaki farkın anlamlılık testi (two independent samples t test), *p<0,05; gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

Sağ ve sol kulakta ölçülen DPOAE değeri (1 kHz, 1.4 kHz, 2 kHz, 2.8 kHz, 4 kHz, 6 kHz ve 8 kHz) için çalışma ve kontrol grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmuştur (p<0,05, Tablo 6).

4.10. Çalışma Grubu İle Kontrol grubu MOCR (Supresyon) Değerlerinin Sağ Kulak ve Sol Kulak Karşılaştırmaları

Katılımcılarda hem sağ hem de sol kulakta ölçülen MOCR (supresyon) değerleri arasında meydana gelen değişimlerde fark olup olmadığını test etmek için “iki ortalama arasındaki farkın anlamlılık testi (two independent samples t test)” kullanılmıştır. Sonuçlar aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 4.10. Çalışma Grubu İle Kontrol grubu MOCR (Supresyon) Değerlerinin Karşılaştırmaları

Frekans	Sağ kulak Supresyon Değerleri		p ^b Değeri	Sol kulak Supresyon Değerleri		p ^b Değeri
	Kontrol Ort ± ss	Çalışma Ort ± ss		Kontrol Ort ± ss	Çalışma Ort ± ss	
1 kHz	0,04± 5,76	-1,25±6,49	0,001*	-1,23 ± 5,86	0,24 ± 6,46	0,048*
1.4 kHz	4,2 ± 7,29	2,84 ± 8,39	0,004*	4,01 ± 7,59	3,62 ± 9,18	0,006*
2 kHz	4,02 ± 7,9	3,9 ± 7,01	0,002*	6,79 ± 9,44	4,03 ± 9,44	0,001*
2.8 kHz	6,1 ± 6,47	5,3 ± 6,41	0,028*	6,01 ± 7,53	4,96 ± 8,17	0,032*
4 kHz	8,83± 5,83	6,52 ± 8,36	0,045*	10,02± 6,84	6,32 ± 8,76	0,039*
6 kHz	5,64 ± 6,8	3,84 ± 8,43	0,019*	6,24 ± 7,26	4,5 ± 9,05	0,018*
8 kHz	-0,27±5,71	-0,2 ± 9,29	0,041*	-0,02 ± 5,93	-0,26 ± 8,27	0,029*
Total Supresyon Değeri	29,74±37,42	20,75± 43,89	0,002*	26,63 ± 34,84	23,62 ± 47,96	0,004*

Ort; ortalama, ss; standart sapma, b; iki ortalama arasındaki farkın anlamlılık testi (two independent samples t test), *p<0,05; gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

Sağ ve sol kulakta ölçülen MOC (supresyon) değerleri (1 kHz, 1.4 kHz, 2 kHz, 2.8 kHz, 4 kHz, 6 kHz ve 8 kHz) için çalışma ve kontrol grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmuştur (p<0,05, Tablo 7).

5. TARTIŞMA

İşitme duyusu insanların bilişsel ve zihinsel gelişiminde rol oynayan hem birbirleri ile hem de çevreleri ile iletişim kurmasında en önemli duyularındandır. İşitme duyusunun algılanması kabaca dış kulak ile başlar ve orta kulak, iç kulak ve kortekse kadar devam eder. Bu sistem anatomik ve fizyolojik olarak komplike bir yapıya sahiptir. İç kulak bu komplike yapının en önemli bölümlerinden biridir. Anatomik konumundan dolayı fiziksel olarak çok iyi korunmasına rağmen fizyolojik olarak çok hassas bir yapıya sahiptir. Bu hassasiyet iç kulağın gürültü, ototoksik ilaç ve travmalara maruz kalmasını kolaylaştırır. Ayrıca yaşlılık da iç kulaktaki hücre kaybının nedenlerinden biridir. İç kulak hasarının gerek yaşlılık sonucu gerekse dış etkenler sonucu kalıcı olması durumunda tekrar düzelmesi mümkün olmamakta ve sensörinöral işitme kaybı meydana gelmektedir (127).

Yetişkinlerde yaşla beraber görülen sensörinöral işitme kayıplarından sonra en sık görülen gürültüye bağlı işitme kayıplarıdır (GBİK). 40 yaş altındaki yetişkinlerde ise GBİK ilk sıradadır (126). Özellikle bazı meslek grupları, hobi amaçlı yapılan bazı sporlar ve eğlence amaçlı yapılan etkinlikler sonucu kişiler yüksek şiddetteki seslere maruz kalmaktadır. Gürültünün şiddetiyle beraber iç kulakta meydana gelen hasar bazen geçici bazen de kalıcı olabilmektedir. Bu konu üzerinde yapılan son çalışmalardan biri gençler arasında GBİK insi dansının gittikçe artmakta olduğunu göstermiştir (160).

Daha önce yapılan çeşitli hayvan ve insan çalışmalarında gürültünün işitme sistemine verdiği zararlar araştırılmıştır. Gerek mekanik gerek fizyolojik zararları olduğu kanıtlanan gürültünün efferent sisteme olan etkisi tam olarak bilinmemekte ve özellikle insanlarda halen gizemini korumaktadır (166). Ateşli silah gürültüsüne maruz kalmanın işitsel etkileri birçok uluslararası çalışmada araştırılmıştır. Silah sesi gürültüsü, küçük kalibreli tüfekler, tabancalar ve av tüfeği için en yüksek ses basıncı seviyeleri, 0,22 kalibrelik bir tüfek için 140 dB SPL ile 0,30 kalibrelik bir tüfek için 175 dB SPL arasında değiştiği rapor edilmiştir (6, 148). Yaptığımız bu çalışmada patlayıcı silah kullanan bireylerin OAE'lar kullanılarak kontralateral supresyon ile efferent sistemleri araştırılmıştır. Çalışmaya 45 (yaş ort.: 33,04 ± 7,4) sağlıklı ve 45 (yaş ort.: 35,3 ± 8,5) ateşli silah kullanan birey katılmıştır ve efferent sistemleri değerlendirilmiştir. Çalışmamızda ayrıca bireylere saf ses odyometresi, konuşma testleri ve yüksek frekans odyometre testleri uygulanmıştır. Elde edilen bulgularda kontrol grubuna göre DPOAE değerlerinde düşüş gözlenmiş, supresyon elde edilememiş, saf ses eşiklerinde yükselme ve yüksek frekanslarda kayıp gözlenmiştir.

Yoğun sese veya gürültüye maruz kalma sonucunda geçici (GEK) ya da kalıcı (KEK) eşik kayması oluşabilir. Bununla birlikte, fare modeli kullanılarak yapılan bir çalışmada, GEK'den kısa bir süre sonra işitme eşikleri tamamen düzelse de, genç yaşlarda maruz kalınan GEK'lerin yaşa bağlı işitme kaybını hızlandırdığı tespit edilmiştir (151). Mevcut çalışmalar incelendiğinde GEK'lerin insan kulağı üzerindeki etkisine ilişkin longitudinal verilerin yetersiz olduğu görülmektedir. Gürültüye maruz kalan kişilerde gürültüde anlama güçlüğü, kulak çınlaması, yüksek sese hassasiyet gibi durumlar da zamanla gelişebilmektedir (151). Yaptığımız çalışmada çalışmaya dâhil ettiğimiz ateşli silah kullanan bireylerin durumlarını sorguladığımızda kulakta çınlama, özellikle uzun süre silah kullanan bireylerde gürültüde konuşmayı anlamada zorluk, işitme azlığı gibi durumlardan şikâyetçi oldukları gözlenmiştir.

Yakın zamanlara kadar gürültünün kokleadaki, dış tüylü hücrelere (DTH) yalnızca geçici tahribat yaptığı düşünülmekteydi. Son araştırmalar, GBİK oluşumuna neden olan bir dizi mekanizmayı ortaya çıkarmıştır. Kalıcı eşik yükselmelerine veya saçlı hücre ölümüne neden olmayan gürültü seviyelerine maruz kalmanın iç tüy hücrelerinde (İTH) koklear sinir sinapslarının yanı sıra, DTH'ler ile temas halinde olan MOC terminallerinin dejenerasyonuna neden olabileceği son çalışmalarda gösterilmiştir. Araştırmalar sonucunda GBİK'nin temel nedeni, gürültünün koklear saç hücrelerine verdiği hasar ve buna bağlı sorunların meydana getirdiği İTH'ler ile işitsel sinir lifleri arasında oluşan bir sinaps kaybı oluşmasıdır (8, 79). Bu çalışmalarda GEK olsa bile ribon sinapslarında önemli hasarlar olabileceği ve bunun da dejenerasyona bağlı sinaptopati olabileceği ileri sürülmüştür. Sinaptopati, gürültüye bağlı koklear travmanın akut evresinde iç saç hücreleri ve onların afferent nöronları arasındaki bağlantıların kaybına neden olmakta ve büyük olasılıkla glutamat eksitotoksitesinin sinaptik sonrası terminallerde meydana gelen hasar sonucunda olduğu düşünülmektedir. Glutamat eksitotoksitesisi; yüksek glutamat seviyelerinin postsinaptik hücreleri aşırı uyarması ve hücre gövdelerinin ve dendritlerin şişmesine neden olabilen bir durumdur (62, 167). Çalışmamızda ateşli silah gürültüsüne maruz kalan bireyler gürültü maruziyetinden en az üç aylık bir süre sonunda teste alındıkları için GEK oluşan bireyler tespit edilememiştir. Bu konuda elde edilen bilgiler kişilerin sözlü ifadeleridir. Bireylerin ifadesine göre silah kullanımından sonra ilk bir hafta içinde kulakta çınlama, baş ağrısı ve işitme azlığı fark ettikleri ve sonrasında işitmelerinde düzelme olsa da çınlamamın dönem dönem varlığından rahatsız olduklarıdır.

Bireyleri yüksek yoğunluklu gürültüye maruz bırakan faaliyetlerden bazıları da, askeri kariyer, güvenlik mensupları veya spor amaçlı yapılan avcılıkta yaygın olarak kullanılan silah atışlarıdır. Yapılan faaliyetlere bağlı olarak, bu kişiler sürekli ve/veya aralıklı gürültüye

(örneğin telsiz iletişim cihazları, araç sirenleri vb.) ve ateşli silahlardan gelen gürültüye maruz kalabilmektedir (168).

Otoakustik emisyon (OAE) testi, gürültü bağlı işitme kaybının (GBİK) erken tanımlanması için önemli bir araçtır. Gürültü ile oluşan koklear anormalliklerin ilk belirtileri objektif, hızlı ve kolay bir şekilde OAE testi ile tanımlanabilir. İç kulaktaki dış tüy hücreleri gürültü gibi dış etkenlere karşı hassastır. Bu nedenle OAE'lar GBİK teşhisi için koklear fonksiyonların izlenmesinde odyometreyi desteklemek için değerli bilgiler sağlar. Bu testin etkinliği gürültüye maruz kalan askeri personelde birkaç çalışmada değerlendirilmiştir. İsrail'de yapılan bir çalışmada, askeri personelde GBİK teşhisi için OAE testi kullanılmış ve çıkan sonuçta kötü işitme eşiklerine sahip olan bireylerin OAE değerleri de düşük çıkmıştır (169). Yaptığımız çalışmada ateşli silah kullanan ve kullanmayan bireylerde DPOAE testi ve kontralateral supresyon testi uygulanmıştır. Böylece hem DTH'lerin hem de efferent sistemin etkinliği değerlendirilmiştir. Sonuçlara göre silah kullanan bireylerin DPOAE testinde SNR değerleri kontrol grubuna göre düşük çıkmış ve kontralateral supresyon elde edilememiştir. Bu durum bize ateşli silah kullanan bireylerde efferent sistemin gürültü baskılamada etkinliğini kaybettiğini düşündürmüştür. Bunun nedeni olarak her ne kadar gürültüye maruz kalma durumu odyograma yansımamış olsa da emisyonların sağlıklı gruba göre daha düşük olması ve supresyon alınamaması tüylü hücrelerdeki sinapsların dejenerasyona uğradığını düşündürmektedir. Bu konunun daha iyianlaşılması için üzerinde yapılacak daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır bu nedenle geniş bir örneklem grubunda farklı test bataryaları eklenerek sinaptopati varlığının, gürültüye maruz kalan bireylerde araştırılması gerektiğini düşünmekteyiz.

Askeri personelde yapılan başka bir çalışmada kulak koruyucu donanım olmaksızın ateşli silah gürültüsüne maruz kalmadan önce ve kaldıktan sonra DPOAE ölçümleri yapılmış ve patlayıcı gürültünün DPOAE üzerine etkinliği doğrulanmıştır (4). Sonuçta, DPOAE'nin kolay uygulanabilen bir test olması nedeniyle gürültünün koklea üzerindeki etkilerinin araştırılmasında izleme amacıyla kullanılabilecek bir test bataryası olabileceği düşünülmüştür (4). Brezilya donanmasındaki askeri personel üzerinde yapılan bir araştırmada, TEOAE ve DPOAE uygulayarak mesleki gürültüye maruz kalan 60 kişi ve maruz kalmayan 60 kontrol grubu karşılaştırılmış ve sonuçta, gürültüye maruz kalmayan askeri personelin gürültüye maruz kalan gruba kıyasla daha yüksek TEOAE kayıtlarına ve DPOAE amplitütlerine sahip olduğu görülmüştür. Yapılan başka bir çalışmada gürültüye maruz kalan askeri personelin yalnızca % 21.42'si iki taraflı TEOAE'ye sahipken, maruz kalmayan grupta % 54.16 olduğu tespit edilmiştir. Patlayıcı gürültüsüne sık sık maruz

kalmanın dış tüylü hücrelere zarar verebileceğini gösteren bu fark önemli görülmüştür (170-172). Bizim çalışmamızda bu çalışmalarla uyumlu olarak ateşli silah kullanan bireyler ile kontrol grubu arasında DPOAE değerlerini karşılaştırdığımızda ateşli silah kullanan grubun SNR değerlerinde düşüş gözlenmiştir. Literatür incelendiğinde silah atışı yapan bireylerin işitme duyusunu incelemenin ve bu kişilere kendi işitme duyuları hakkında bilgilendirilmelerinin çok önemli olduğu ve böylece işitme koruma programlarının yapılabileceği bildirilmiştir (172).

Nörofizyolojik olarak MOC sistemi, DTH'lerin uyarılmasıyla meydana gelen mekanik tepkinin kazancını azaltarak kokleanın sese tepkisini zayıflattığı görülmektedir. Medial olivokoklear (MOC) efferent sistemi, memelilerde aktif bir mekanik DTH sisteminin önemli bir bileşenidir. Son çalışmalarda MOC fizyolojisi daha iyi anlaşılrsa da memelilerdeki biyolojik rolü belirsizliğini korumaktadır (166). Bazı çalışmalar MOC sisteminin, yoğun akustik maruziyet sırasında reseptör hasarını azaltacak şekilde hareket ederek koruyucu rol oynadığını göstermektedir. Bu koruyucu mekanizmanın aktifleşmesi için iç kulağın gürültüye maruz kalması gerekmektedir. Medial olivocochlear (MOC) efferent nöronlar seslerin DTH tarafından yükseltilmesini engelleyen negatif bir geri besleme kazanç kontrol sistemi oluşturur (173). MOC yolağının aktivasyonu, asetilkolinin DTH'lerin tabanında ACh reseptörleri üzerindeki etkisiyle koklear duyarlılığı azaltır (173). Yamane ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, Reaktif oksijen türlerinin (ROS) gürültüye maruz kaldıktan sonra, 7-10 gün kokleada kalabildiği ve bazalden apekse yayılma gösterdiği bildirilmiştir. Bu tür uzun süreli oksidatif stresin koklear hasarın ilerlemesine neden olduğu bilinmektedir (174). Yapılan farmakolojik çalışmalarda ACh'n aktivasyonu arttıran Reaktif Oksijen blokerlerinin yani bazı antioksidanların (glutatyon, NAC) kullanılmasının gürültüye maruz kaldıktan sonra oluşan tahribatı daha hızlı geri döndürdüğü tespit edilmiştir. Gürültüye maruz kalan meslek gruplarında koruyucu mekanizma olarak farmaokolojik ajanların kullanılması işitme kayıplarının yavaşlatılması ve engellenmesi açısından umut edici gelişmelerdir. Bu şekilde desteklenen MOC sisteminin GBİK'den korunmadaki rolünü daha uzun süre devam ettirebileceği gösterilmiştir. Çalışmamızın sonucu olarak patlayıcı gürültüye maruz kalan bireylerin efferent sistemlerinin koruyucu etkisini kaybettiği bulgusu elde edilmiştir. Bunun nedeninin ise mesleki süreç nedeniyle belli aralıklarla yıllarca gürültüye maruz kalınması ve sonuçta hem DTH sinapslarında hem de MOC efferentlerinde geri dönüşümsüz dejenerasyonun meydana gelmiş olabileceğini düşündürmüştür. Çalışmamızın sonuçlarına dayanarak patlayıcı gürültünün İTH ve DTH mekanizmalarında hasara yol açtığı ve efferent sistemi de etkilediği DPOAE ve supresyon testleri ile gösterdik.

Bundan sonraki süreçte bu tür meslek gruplarının koruyucu mekanizmalara daha fazla önem vermesi hem koruma hem önlem alma açısından insan sağlığını koruyarak iş gücünü arttıracakı düşünmekteyiz.

GBİK'nın gürültüde anlama bozuklukları ile ilişkisi olup olmadığı gündemde olan konulardan biri olduğu bilinmektedir. Gürültülü ortamlarda iletişim kurmanın zorluklarının, aktif görevde bulunan ve emekli askeri personel için sosyal izolasyona, depresyona ve yaşam kalitesinin düşmesine neden olabileceği yönünde teoriler vardır (175). Pestalozza ve Lazzaroni yapıları çalışmalarda ilk olarak, beyaz gürültü verilerek değerlendirilen konuşma tanımlama performansının, özellikle çentikli bir odyograma sahip olan bireylerde orantısız bir şekilde daha zayıf olduğunu, eğimli veya yükselen bir odyometrik konfigürasyona sahip bireylerde ise nispeten daha iyi olduğunu bildirmişlerdir (176). Bu da açık bir şekilde GBİK'nın gürültü geçmişine sahip bireylerde konuşma görevlerinde daha zayıf performans gösterdiklerini göstermektedir (177). Bizim çalışmamız ile benzerlik gösteren Alvord'un yapmış olduğu bir çalışmada normal işitmeye sahip bireyler çalışmaya dâhil edilmiştir. Ancak gürültüye maruz kalan gruptaki denekler, frekanslar arasında yaklaşık 5-10 dB daha zayıf işitmeye sahip olduğu bildirilmiştir. Gürültü seviyesi yüksek mesleklerde çalışan 10 erkek birey ile yoğun gürültüye maruz kalma öyküsü bildirmeyen kontrol grubuyla karşılaştırmış ve 60 dBHL'de sunulan kelime listeleri için, kontrol grubu % 80 doğru performansa sahipken, gürültüye maruz kalan grup % 70 doğru performans göstermiştir (178). Bizim çalışmamızda da benzer olarak ateşli silah kullanıp gürültüye bağlı işitme kaybı olan bireylerin sayısı yetersiz kalsa da hem işitme eşikleri hem de konuşmayı ayırt etme eşiklerinde normal değerlerin altında performans gösterdikleri görülmüştür. Bu da bize henüz odyograma yansımamış olan kayıplar olabileceğini düşündürmektedir.

Medial olivocochlear efferent sisteminin İşlevinin araştırıldığı bir çalışmada, doğal akustik ortamlardaki ortam gürültüsün (80–90 dB SPL), MOC tabanlı bir koruyucu etki uyandırdığı bilinen deneysel koşullarda kullanılan travmatize edici uyanların (100–150 dB SPL) doğal benzerlerine sahip olmadığını bildirilmiştir. Nispeten yüksek yoğunluklu gürültü az sayıda doğal akustik ortamda belgelenmesine rağmen, bu gürültü koşulları MOC sisteminin koruyucu etkilerini etkinleştirmek için yeterli olmadığı düşünülmektedir. Bu tür yüksek yoğunluklu gürültü ortamları MOC koruyucu etkilerini etkinleştirebilse bile, bu tür gürültü ortamlarının nadirliği, memeli MOC sisteminin gelişimindeki rollerinin küçük olacağını göstermektedir. Bunun yanında doğal ortam gürültüsünün özellikleri ile MOC tabanlı korumayı uyandırmak için gerekli deneysel koşullar arasındaki önemli tutarsızlık, MOC sisteminin iç kulağı akustik travmadan korumak için gelişmediğine dair güçlü kanıtlar

sağladığını düşünülmektedir (179). Bizim çalışmamızda elde ettiğimiz bulgularda patlayıcı gürültüye maruz kalmış kişilerde MOC sisteminin gürültü baskılamada etkinliğini kaybettiği sonucunu desteklemektedir. Çeşitli gürültü seviyelerine yapılan stimülasyonlar tipik olarak insan çalışmalarında kullanılamayacağından, efferent sistem korumasına ilişkin klinik çalışmaların gerçekleştirilmesi zordur. Patolojiyi incelemek ise imkânsızdır, bu nedenle sonuç ölçütleri işitme eşikleri, OAE ve elektrofizyolojik ile sınırlı kalmaktadır.

Akustik travma, patlama gibi yüksek yoğunluklu gürültüye tek ve kısa süreli maruz kalmanın neden olduğu orta/iç kulak yaralanmasından oluşur. Gürültüye maruz kalmanın ardından ani işitme kaybı, kulak çınlaması, kulakta dolgunluk, kulak zarının olası yırtılması ve kemikçik zincirinin kısmen veya tamamen tahrip olması gibi belirti meydana gelebilir (180). Sao Paulo'da yapılan bir çalışmada, çalışma ortamlarında 67-82 dB SPL arasında gürültüye maruz kalan 72 itfaiyeci; sinirlilik (% 20,8), baş ağrısı (% 14,5), dinleme güçlüğü (% 14), düzensiz uyku (% 13,5), kulak çınlaması (% 10,5) ve baş dönmesi (% 1,5) gibi şikâyetler tespit edilmiştir (181). Bizim çalışmamızda ateşli silah gürültüsüne maruz kalanların maruz kalma sıklıkları ve süreleri değerlendirilmiştir. Bireylerin yılda en az 2 fazla 6 kez ve 30 dk-6 sa. süre ile bu gürültüye maruz kaldıklarını beyan etmişlerdir. Ateşli silah kullanımından hemen sonra birkaç gün süre ile kulak çınlaması şikâyetlerinin devam ettiğini ayrıca kendilerinde huzursuzluk, sinirlilik ve baş ağrısı durumlarını gözediklerini bildirmişlerdir. Çalışmaya alındıkları zaman aralığında ise en az üç ay ateşli silah kullanmadıklarını sözlü olarak ifade etmişlerdir. Bu durumlar göze alındığında ele ettiğimiz sonuçlar, odyogramda görülmeyen geçici eşik kaymalarını düşündürmüştür.

Endüstriyel veya sürekli gürültüye maruz kalanlarda son yirmi yılda yapılan çalışmalar, gürültünün sol kulağı sağ kulaktan daha fazla etkilediğini ortaya koymuştur (182, 183). Benzer bir gözlem, silah sesleri gibi ani ve patlayıcı seslere maruz kalanlarda da bildirilmiştir (184, 185). İlginç bir şekilde, diğer çalışmalar ateşli silahların kullanımı ile işitme kaybının asimetrisi arasında önemli bir korelasyon bulamamış, ancak sol kulağın silah patlama gürültüsünden daha fazla etkilendiği görülmüştür (182, 186). Kulak çınlamasının sol kulakta sağ kulağa göre daha sık olduğu bildirilmiştir (187, 188). Ayrıca yapılan başka bir çalışmada yine benzer sonuçlar elde edilmiş ve ateşli silah kullanımının ipsilateral ve kontralateral kulak arasındaki işitme eşiklerinde asimetriye (5 ila 30 dB) neden olabileceği bildirilmiştir. İpsilateral kulak, sağ elini kullanan bir atıcının sağ kulağıdır ve tipik olarak işitme kaybı kontralateral (sol) kulak için daha kötü olduğu düşünülür. Taylor ve Williams'ın avcılarda yapmış olduğu bir çalışmada, işitme eşiklerinin sol kulakta 3, 4 ve 6 kHz'de 26 dB daha kötü olduğunu ve kontrol deneklerinde sadece 4 dB daha kötü olduğunu belirtmişlerdir

(189). Bu çalışmamızla uyumlu olarak bizim çalışmamızda da ateşli silah kullanan bireylerin yakınmalarının daha çok sol kulaklarında olduğunu belirtmişlerdir. Bireylerin söylemleri ile paralel olarak İşitme eşiklerinin de sağ kulağa kıyasla sol kulakta daha yüksek olduğu görülmüştür.

Chung ve arkadaşları, silah kullanıcılarının % 13'ünün silahlarını sol omzuna alarak kullandıklarını ve saf ton eşiklerinde asimetrinin 10 yıldan uzun süre silah atışı geçmişi olan atıcılar için 2 ila 8 kHz'de önemli olduğunu belirtmişlerdir (190). Çalışmamız ile uyumlu olan bu sonuçların daha güvenilir olması için daha fazla örneklem grubu ile yapılan çalışmalara ihtiyaç vardır.

Sataloff ve arkadaşları, tüfek-av tüfeği kullananların sol ve sağ elini kullanan silah kullanan bireylerde kulaklar arasındaki işitme kaybını karşılaştırmışlar ve solak atıcıların % 60'ının sağ kulağında daha fazla işitme kaybı olduğunu ve sağ elini kullananların % 66'sının sol kulakta daha fazla işitme kaybı olduğunu belirtmişlerdir (191). Agnew, asimetrik işitme kaybının ateşli silahın atış sırasında yerleştirilme şeklinden kaynaklandığını varsaymıştır (192).

GEK'nin geri kazanımı muhtemelen dış tüylü hücre stereosilisinin tektorial membrandan geri dönüşümlü olarak ayrılması bir sonucudur. Bunla ilişkili olarak hiperakuzi ve kulak çınlamasıda oluşabilmektedir (79, 193). Bununla birlikte, işitsel saf ses eşiklerinin geri kazanılması durumunda bile, Ribbon sinapslarda önemli hasar olabilir. Sinoptopati, gürültünün neden olduğu koklear travmanın akut fazında iç tüylü hücreler ve bunların afferent nöronları arasındaki bağlantıların kaybına neden olur ve büyük olasılıkla, sinaptik sonrası terminallerde hasara neden olan glutamat eksitotoksitesisinin bir sonucudur. Buna saf ses eşik kayması eşlik etmediği için "Gürültüye Bağlı Gizli İşitme Kaybı" olarak da adlandırılır (79, 193). Sinaptopatinin GBİK da ne ölçüde katkıda bulunduğu bilinmemekle birlikte, bazı işitsel nöropati tiplerindeki sinaptopatik hastalığa benzer bu sinaptopatik mekanizmaların GBİK da rol oynadığı tartışılmaktadır (193, 194). Bu aynı zamanda, sağlam tüy hücrelerini gösteren, ancak gürültüye bağlı yaygın spiral ganglion kaybı gösteren hayvanlarda yapılan araştırmalarla da desteklenmektedir (79). Çalışmamızda efferent sistem değerlendirilmiş fakat sinaptopati bakılamamıştır. Bundan sonra yapılacak çalışmalarda bu eksiklikler dikkate alınarak ABR I.dalgası ve akustik reflekslerin de ekleneceği daha geniş test batryasının kullanılacağı çalışmalar yapılması önerilmektedir.

Chung ve arkadaşları gürültüye en duyarlı frekansın sol kulakta 2 kHz olduğunu bildirmiş ve bu durumun küçük ama önemli bir interaural eşik farkını açıklayabileceğini ileri sürmüştür(195, 196). Pirila ve ark. sol kulaktaki hasarın erkeklerde kadınlara göre daha

belirgin olduğunu bildirmiş (185, 197), fakat Nageris ve arkadaşları ise böyle bir fark bulamamışlardır. Yaşla ilgili olarak Pirila ve arkadaşları, 5 ila 10 yaş arası çocuklarda işitme kaybında sol veya sağ baskınlık olmadığını belirtmektedir. Farkın yaşamın ilerleyen zamanlarında geliştiğini ve iç kulak seviyesinde olduğunu ileri sürmüşlerdir. Ayrıca diğer çalışmalar sol veya sağ elinin işitme kaybı asimetrisi üzerinde hiçbir etkisi olmadığını da belirtmişlerdir (184, 185). Bizim çalışmamızda silah kullanan bireylerin çoğunluğunda diğer çalışmalarla uyumlu olarak sözlü ifadelerinde daha çok sol kulakta rahatsızlık hissettiklerini bildirdiler. Elde ettiğimiz sonuçlarda sol kulakta çınlamanın daha fazla olduğu ve işitme eşiklerinin daha fazla düştüğü bulgusu elde edilmiştir.

İşitme problemi yaşayan bireylerde saf ses bulguları işitme problemini her zaman tam olarak açıklamayabilir. Böyle durumlarda konuşma testlerinin sonuçları bize yardımcı olabilmektedir. İşitme sistemindeki her bir bozulma işitme eşiklerini yükseltmez fakat gürültüde konuşmaları ayırt edilmesini ve konuşmanın algılanmasını zorlaştırması gibi işitmenin diğer işlevlerini de etkileyebilir (198). Kliniklerde kullanılan konuşma testleri santral işitme sinir sistemindeki var olabilecek lezyonları tespit etmede sınırlı olup; gürültüde konuşma testlerini kullanarak bu lezyonları belirlemek mümkün olabilir. Gürültü kaynaklı hasarı ölçmek için, saf ses eşiklerine ek olarak sessiz ve gürültüde konuşma tanıma testlerinin yapılması önerilir (79). Çalışma grubumuzda KAE ve KAS her ne kadar normal sınırlarda çıksa da konuşma testlerine yansımayan ve çalışmamızın sınırlılıklarından biri olan santral işitme sistemindeki lezyonların belirlenebilmesi için gürültüde konuşma testlerini içeren test bataryaları ile yapılan ek çalışmalara ihtiyaç olduğunu düşünmekteyiz.

Son çalışmalar, yüksek eşikli ve düşük spontan ateşlemeli işitsel sinir liflerinin (tip I), düşük eşikli yüksek spontan ateşlemeli liflere (tip II) kıyasla gürültü hasarına karşı daha savunmasız olduklarını göstermiştir. Bunun sebebinin ise tip I liflerin anatomik olarak sinir lifinin periferinde, tip II liflerin ise merkezde konumlanmış olmasıdır (199, 200). Güney Brezilya'da yapılan bir araştırmada, tabanca atışı yapan 101 askeri personel değerlendirilmiş ve bu deneklerin % 20.79'unun, sivillerden farklı olarak sensörinöral işitme kaybına sahip olduğu tespit edilmiştir (199, 200). Çalışmamızda ise ateşli silah kullanan 45 kişiden yalnızca % 13,3 kişide sensörinöral işitme kaybı görülmüştür. 250-8000 Hz arasındaki frekanslarda bütün eşiklerde kontrol grubuna göre yükselme istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek olsa da saf ses ortalamasına göre işitme kaybı yalnızca % 13,3 kişide tespit edilmiştir. Bunun yanında yüksek frekans odyometre testlerinde çalışma grubunda özellikle 14-18 kHz arasındaki frekanslarda yanıt alınamayan birey sayısı fazladır. Bu sonuçlar göze

alındığında sinir lifinin yapısından dolayı akustik travmaya maruz kalan bireylerin saf ses eşiklerinde bir değişiklik olmamasının nedenini açıklamaktadır

TEOAE ve DPOAE ve supresyon testlerinin sonuçları, ateşli silah gürültüsüne bağlı koklear hasarın erken tespiti için bu testlerin tek başına odyometreden daha önemli ve daha verimli olduğunu göstermektedir. Bu testler GBİK'nı tespit etmek için hızlı, objektif ve etkili olduğundan, gürültüye maruz kalan kişilerde işitmeyi izlemek için mesleki odyolojide daha fazla sayıda testler olabilir; bu nedenle bu testlerin, iş sağlığında epidemiyolojik sürveyans için ek bir araç olduğu düşünülmektedir.



6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada 45 ateşli silah kullanan bireyde ve 45 sağlıklı bireyde DPOAE ve kontralateral akustik stimülasyon testi ile efferent sistem değerlendirilmiştir ve aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

Çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçlar;

1. Ateşli silah kullanan bireylerde hiçbir frekansta kontralateral supresyon elde edilememiştir. Ateşlisilah kullanmayan bireylerde ise sadece 8 kHz de supresyon elde edilememiştir.
2. Ateşli silah kullanan ve kullanmayan bireylerde sağ ve sol kulakta ölçülen MOCR (supresyon) değerleri (1 kHz, 1.4 kHz, 2 kHz, 2.8 kHz, 4 kHz, 6 kHz ve 8 kHz) için gruplar arasında anlamlı farklılık bulunmuştur
3. Ateşli silah kullanan ve kullanmayan bireylerde sağ ve sol kulakta ölçülen DPOAE değerleri (1 kHz, 1.4 kHz, 2 kHz, 2.8 kHz, 4 kHz, 6 kHz ve 8 kHz) gruplar arasında anlamlı farklılık bulunmuştur.
4. Ateşli silah kullanan ve kullanmayan katılımcılarda hem sağ hem de sol kulakta 0.25 kHz, 0.5 kHz, 1 kHz, 2 kHz, 4 kHz, 8 kHz değerlerinde çalışma ve kontrol grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmuştur.
5. Ateşli silah kullanan ve kullanmayan bireylerde sağ ve sol kulakta ölçülen SSO, KAE ve KAS için gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmuştur.
6. Çalışma grubunda hem sağ hem de sol tarafta işitme kaybı olup olmaması ile yılda kaç kez (3 ya da 6 kez), kaç saat (0,5 saat, 1 saat, 2 saat), sağ ve sol kulakta tinnitus olup olmaması değişkenleri ile arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki saptanmamıştır.

Ateşli silahlara maruz kalan bireylerin sağlığı, gürültü seviyeleri yüksek olduğundan risk altındadır ve çalışmaya katılan bireylerin %13'ünün odyogramlarında sensörinöral işitme kaybı gösterilmiştir. Gruplar arasında işitme kaybı ististik açısından anlamlı bulunmasa da çalışma grubunun saf ses eşikleri ve yüksek frekans değerleri kontrol grubuna göre daha fazla yükselmiştir. Yine kontrol grubu ile karşılaştırıldığında, DPOAE testleinde SNR oranları düşmüş ve supresyon testlerinde yanıt elde edilememiştir.

Çalışmamız bu alanda yapılan sınırlı araştırmalardan olup ateşli silah kullanan bireylerde efferent sistem ile ilgili yapılmış tek çalışmadır. Çalışmamızın sonucunda patlayıcı gürültüye maruz kalan bireylerin efferent sisitemlerinin etkilendiği görülmüştür. Fakat daha net sonuçlara ulaşabilmek ve literatüre daha fazla katkıda bulunabilmek için bu

alanda ek test bataryaları kullanılarak çalışma grubunun gürültüden etkileniminin daha detaylı incelenmesi gerekmektedir. Bunun yanında çalışmamızın bir takım limitasyonları da mevcuttur. Vakaların özellikle koklear sinaptopati yönünden araştırılması gerektiği, DPOAE ve supresyon testlerine ek olarak gürültüde konuşma testleri, akustik refleksler ve ABR testlerinin de uygulanması bu çalışma grubundaki kayıpları belirlemede yön verici olacağı düşünülmektedir.

Patlayıcı gürültüye maruz kalanlar için özel bir değerlendirme protokolü oluşturulması ve bu değerlendirmelerin standartlaştırılması yönünden çalışmamızın farkındalık oluşturacağı düşünülmektedir. Özellikle bu işi meslek olarak yapan ve uzun yıllar boyunca ateşli silah kullanmak zorunda olan bireylerin periyodik işitme takibinin yapılmasının yanında işitme kayıplarının yansımadığı fakat hücre bazında etkilenimlerin olduğunun da görüldüğü bu çalışma ile daha detaylı ve farklı test bataryalarının kullanılması gerektiğinin ne kadar önemli olduğu görülmektedir.

Geri dönüşümü olmayan hasara maruz kalmadan önce işitmenin koruması ve koruyucu önlemler alınması hakkında farkındalık eğitimi gibi bilgilendirmeler ve rutin kontrollerin yapılması gerektiği düşünülmektedir. Ayrıca bu kontrollerin hasarı tespit etmede yetersiz kalan işitme testleri ile sınırlı kalmaması gerekmektedir. Çünkü işitmeye kalıcı eşik kayması oluştuktan sonra geri dönüş mümkün olmamaktadır. Bu nedenle hasar oluşmaması için mümkün olan tüm tedbirleri alırken, hasar olması durumunda ise detaylı bir test bataryası ile mümkün olduğu kadar hasarın en erken dönemde tespit edilmelidir. Böyle bir hasar varsa farmakolojik ajanların kullanılması gibi tedavi yoluna gidilmelidir.

Yoğun gürültüye maruz kalan bireylerin hem işitme hem de psikolojik ve fizyolojik sağlıklarının bozulabileceği göz önüne alındığında insan sağlığı açısından korumanın ve erken tespitin önemi anlaşılmaktadır. Bu nedenle bu alanda daha fazla araştırmaya ihtiyaç olduğu görüşündeyiz.

KAYNAKLAR

1. Nelson DI, Nelson RY, Concha-Barrientos M, Fingerhut M. The global burden of occupational noise-induced hearing loss. *American journal of industrial medicine*. 2005;48(6):446-58.
2. Chen G-D. Effect of hypoxia on noise-induced auditory impairment. *Hearing research*. 2002;172(1-2):186-95.
3. <https://www.asha.org/practice-portal/clinical-topics/spoken-language-disorders/language-in-brief/>. asha.
4. Balatsouras DG, Tsimpliris N, Korres S, Karapantzios I, Papadimitriou N, Danielidis V. The effect of impulse noise on distortion product otoacoustic emissions: efecto del ruido impulsivo en las emisiones otoacústicas por productos de distorsión. *International journal of audiology*. 2005;44(9):540-9.
5. Silva RCL, Zuba DCD. Perfil audiológico dos instrutores de tiro da polícia militar de Montes Claros-MG. *REVISTA CONSCIÊNCIA EXTENSÃO-RCEO*. 2008;1(1).
6. Murphy WJ, Flamme GA, Zechmann EL, Dektas C, Meinke DK, Stewart M, et al. Noise exposure profiles for small-caliber firearms from 1.5 to 6 meters. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2012;132(3):1905-.
7. Wang Y-P, Hsu W-C, Young Y-H. Vestibular evoked myogenic potentials in acute acoustic trauma. *Otology & Neurotology*. 2006;27(7):956-61.
8. Boero LE, Castagna VC, Di Guilmi MN, Goutman JD, Elgoyhen AB, Gómez-Casati ME. Enhancement of the medial olivocochlear system prevents hidden hearing loss. *Journal of Neuroscience*. 2018;38(34):7440-51.
9. Kemp DT. Stimulated acoustic emissions from within the human auditory system. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 1978;64(5):1386-91.
10. Kujawa SG, Liberman MC. Conditioning-related protection from acoustic injury: effects of chronic deafferentation and sham surgery. *Journal of neurophysiology*. 1997;78(6):3095-106.
11. Maison S, Micheyl C, Collet L. Influence of focused auditory attention on cochlear activity in humans. *Psychophysiology*. 2001;38(1):35-40.
12. Guinan Jr JJ. Olivocochlear efferents: anatomy, physiology, function, and the measurement of efferent effects in humans. *Ear and hearing*. 2006;27(6):589-607.
13. Cooper N, Guinan Jr J. Efferent-mediated control of basilar membrane motion. *The Journal of physiology*. 2006;576(1):49-54.
14. Moore KL, Persaud TVN, Torchia MG. *The Developing Human-E-Book: Clinically Oriented Embryology*: Elsevier Health Sciences; 2018.
15. Moore JK, Linthicum FH, Jr. The human auditory system: a timeline of development. *Int J Audiol*. 2007;46(9):460-78.
16. Locher H, Frijns JH, van Iperen L, de Groot JC, Huisman MA, Chuva de Sousa Lopes SM. Neurosensory development and cell fate determination in the human cochlea. *Neural Dev*. 2013;8:20.
17. Lim R, Brichta AM. Anatomical and physiological development of the human inner ear. *Hear Res*. 2016;338:9-21.
18. Eisenberg LS, Martinez AS, Boothroyd A, editors. *Perception of phonetic contrasts in infants: Development of the VRASPAC*. International congress series; 2004: Elsevier.
19. Powles-Glover N, Maconochie MJBdr. Prenatal and postnatal development of the mammalian ear. 2018;110(3):228-45.
20. Hill MJCHoPA. *Hearing Development*. 2016;1948:1.
21. Craig JA, Perkins J, Netter FH. *Atlas of neuroanatomy and neurophysiology: selections from the Netter Collection of medical illustrations*: Icon Custom Communications; 2002.
22. Santi P, Mancini P. Koklear anatomi ve santral işitme yolları (çeviri: F. Karayel). Koç C (Editör) *Cummings Otolaringoloji Baş ve Boyun Cerrahisi*.4:3373-97.

23. Raphael Y, Altschuler RA. Structure and innervation of the cochlea. *Brain research bulletin*. 2003;60(5-6):397-422.
24. Cummings C, Flint P, Haughey B, Robbins K, Thomas J, Harker L, et al. Cummings Otolaringoloji-Baş ve Boyun Cerrahisi. 4. Baskı Güneş Tıp Kitabevi. 2007.
25. Santi PA, Tsuprun VL. Cochlear microanatomy and ultrastructure. *Physiology of the Ear*. 1988;2:257-83.
26. Cummings C, Flint P, Haughey B, Robbins K, Thomas J, Harker L, et al. Cummings otolaringoloji baş ve boyun cerrahisi. Çev: Koç C. 2007;4.
27. Salt A. Dynamics of the inner ear fluids. *Physiology of the Ear*. 2001:333-55.
28. Kandel ER, Schwartz JH, Jessell TM, Siegelbaum S, Hudspeth AJ, Mack S. Principles of neural science: McGraw-hill New York; 2000.
29. Gacek RR, Gacek M. Anatomy of the auditory and vestibular systems. Dalam: Snow JB Jr, Ballenger JJ, penyunting Ballenger's otorhinolaryngology head and neck surgery Edisi ke-6 Ontario: BC Decker Inc. 2003:1-24.
30. Musiek FE, Baran JA. The auditory system: Anatomy, physiology, and clinical correlates: Plural Publishing; 2018.
31. Robinette MS, Glatcke TJ. Otoacoustic emissions: clinical applications: George Thieme Verlag; 2007.
32. Ashmore J. Biophysics of the cochlea—biomechanics and ion channelopathies. *British medical bulletin*. 2002;63(1):59-72.
33. Buchman C, Levine J, Balkany T, Lee K. Infections of the ear. *Essential Otolaryngology, Head & Neck Surgery*. 2003:462-511.
34. Glueckert R, Pfaller K, Kinnefors A, Rask-Andersen H, Schrott-Fischer A. Ultrastructure of the normal human organ of Corti. New anatomical findings in surgical specimens. *Acta otolaryngologica*. 2005;125(5):534-9.
35. Glueckert R, Pfaller K, Kinnefors A, Schrott-Fischer A, Rask-Andersen H. High resolution scanning electron microscopy of the human organ of Corti.: a study using freshly fixed surgical specimens. *Hearing research*. 2005;199(1-2):40-56.
36. Santos-Sacchi J, Shen W, Zheng J, Dallos P. Effects of membrane potential and tension on prestin, the outer hair cell lateral membrane motor protein. *The Journal of Physiology*. 2001;531(3):661-6.
37. Brown M, De Venecia R, Guinan J. Responses of medial olivocochlear neurons. *Experimental brain research*. 2003;153(4):491-8.
38. Stach BA, Ramachandran V. Clinical audiology: An introduction: Plural Publishing; 2021.
39. Andres M, Seifert M, Spalthoff C, Warren B, Weiss L, Giraldo D, et al. Auditory efferent system modulates mosquito hearing. *Current Biology*. 2016;26(15):2028-36.
40. Fuchs PA, Lauer AM. Efferent inhibition of the cochlea. *Cold Spring Harbor perspectives in medicine*. 2018:a033530.
41. Flint P. Cummings otolaryngology head and neck surgery, 5th edn. Mosby. Elsevier, Philadelphia. <http://www.mdconsult.com/public/book/view>; 2010.
42. Innes T. Ballenger's Otorhinolaryngology Head and Neck Surgery 16th Edn. The Journal of Laryngology and Otology. 2003;117(4):326.
43. Dallos P. Overview: cochlear neurobiology. *The cochlea*. 1996:1-43.
44. Akache F, Funnell WRJ, Daniel S. An experimental study of tympanic membrane and manubrium vibrations in rats. *Audiology and Neurotology*. 2007;12(1):49-58.
45. Mammano F, Bortolozzi M, Ortolano S, Anselmi F. Ca²⁺ signaling in the inner ear. *Physiology*. 2007;22(2):131-44.
46. Bell A. Hearing: travelling wave or resonance? *PLoS Biol*. 2004;2(10):e337.
47. Wever EG, Lawrence M, Von Békésy G. A note on recent developments in auditory theory. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 1954;40(6):508.
48. Von BG, Wever E. Experiments in hearing. McGraw Hill Book Company Incorporated; 1960.

49. Von Békésy G. Simplified model to demonstrate the energy flow and formation of traveling waves similar to those found in the cochlea. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 1956;42(12):930.
50. Kros CJ. Physiology of mammalian cochlear hair cells. *The cochlea*: Springer; 1996. p. 318-85.
51. Robles L, Ruggero MA. Mechanics of the mammalian cochlea. *Physiological reviews*. 2001;81(3):1305-52.
52. Pujol R, Nouvian R, Lenoir M. Hair cells: overview. Retrieved June. 2016;29:2018.
53. Lonsbury-Martin BL, Martin GK, Hannley MT. Physiology of the auditory and vestibular systems. *Ballenger's Otorhinolaryngology Head and Neck Surgery*. 2009;16:68-133.
54. AL K. Histoloji ve hücre biyolojisi patolojiye giriş. Demir R (Çeviri Editörü), Ankara: Palme Yayıncılık. 2006.
55. Matthews G, Fuchs PJNRN. The diverse roles of ribbon synapses in sensory neurotransmission. 2010;11(12):812-22.
56. Fairfield DA. Heat shock transcription factor 1 (HSF1) and the stress response in the auditory system: University of Michigan; 2004.
57. Bulut E, Öztürk L. Spontaneous otoacoustic emission recordings during contralateral pure-tone activation of medial olivocochlear reflex. *Physiology international*. 2017;104(2):171-82.
58. Kachar B, Brownell WE, Altschuler R, Fex J. Electrokinetic shape changes of cochlear outer hair cells. *Nature*. 1986;322(6077):365-8.
59. Brownell WE, Bader CR, Bertrand D, De Ribaupierre Y. Evoked mechanical responses of isolated cochlear outer hair cells. *Science*. 1985;227(4683):194-6.
60. Ashmore JJPr. Cochlear outer hair cell motility. 2008;88(1):173-210.
61. Zheng J, Anderson CT, Miller KK, Cheatham M, Dallos P. Identifying components of the hair-cell interactome involved in cochlear amplification. *BMC genomics*. 2009;10(1):1-16.
62. Wang Y, Hirose K, Liberman MC. Dynamics of noise-induced cellular injury and repair in the mouse cochlea. *Journal of the Association for Research in Otolaryngology*. 2002;3(3):248-68.
63. Cheatham MA, Huynh K, Gao J, Zuo J, Dallos PJTJop. Cochlear function in Prestin knockout mice. 2004;560(3):821-30.
64. Dallos P, Wu X, Cheatham MA, Gao J, Zheng J, Anderson CT, et al. Prestin-based outer hair cell motility is necessary for mammalian cochlear amplification. *Neuron*. 2008;58(3):333-9.
65. He DZ, Dallos P. Somatic stiffness of cochlear outer hair cells is voltage-dependent. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 1999;96(14):8223-8.
66. Zheng J, Shen W, He DZ, Long KB, Madison LD, Dallos P. Prestin is the motor protein of cochlear outer hair cells. *Nature*. 2000;405(6783):149-55.
67. Dallos P, Fakler B. Prestin, a new type of motor protein. *Nature Reviews Molecular Cell Biology*. 2002;3(2):104-11.
68. Smith CA, Sjöstrand FSJJoUR. A synaptic structure in the hair cells of the guinea pig cochlea. 1961;5(2):184-92.
69. Matsubara A, Laake JH, Davanger S, Usami S-i, Ottersen OPJJoN. Organization of AMPA receptor subunits at a glutamate synapse: a quantitative immunogold analysis of hair cell synapses in the rat organ of Corti. 1996;16(14):4457-67.
70. Liberman MJS. Single-neuron labeling in the cat auditory nerve. 1982;216(4551):1239-41.
71. Matsubara A, Laake JH, Davanger S, Usami S-i, Ottersen OP. Organization of AMPA receptor subunits at a glutamate synapse: a quantitative immunogold analysis of hair cell synapses in the rat organ of Corti. *Journal of Neuroscience*. 1996;16(14):4457-67.
72. Robertson D, Paki B. Role of L-type Ca²⁺ channels in transmitter release from mammalian inner hair cells. II. Single-neuron activity. *Journal of Neurophysiology*. 2002;87(6):2734-40.
73. Goutman JD, Elgoyhen AB, Gómez-Casati MEJFI. Cochlear hair cells: the sound-sensing machines. 2015;589(22):3354-61.

74. Karabulut H, Karabulut I, Dağlı M, Bayazit YA, BİLEN Ş, Aydın Y, et al. Evaluation of outer hair cell function and medial olivocochlear efferent system in patients with type II diabetes mellitus. *Turkish journal of medical sciences*. 2014;44(1):150-6.
75. Meyer AC, Frank T, Khimich D, Hoch G, Riedel D, Chapochnikov NM, et al. Tuning of synapse number, structure and function in the cochlea. *Nature neuroscience*. 2009;12(4):444.
76. Nayagam BA, Muniak MA, Ryugo DK. The spiral ganglion: connecting the peripheral and central auditory systems. *Hearing research*. 2011;278(1-2):2-20.
77. Weisz CJ, Lehar M, Hiel H, Glowatzki E, Fuchs PA. Synaptic transfer from outer hair cells to type II afferent fibers in the rat cochlea. *Journal of Neuroscience*. 2012;32(28):9528-36.
78. Liberman MC. Noise-induced and age-related hearing loss: new perspectives and potential therapies. *F1000Research*. 2017;6.
79. Kujawa SG, Liberman MC. Adding insult to injury: cochlear nerve degeneration after "temporary" noise-induced hearing loss. *Journal of Neuroscience*. 2009;29(45):14077-85.
80. Møller AR. *Hearing: anatomy, physiology, and disorders of the auditory system*: Plural Publishing; 2012.
81. Tollin DJ. The lateral superior olive: a functional role in sound source localization. *The neuroscientist*. 2003;9(2):127-43.
82. Darrow KN, Maison SF, Liberman MC. Cochlear efferent feedback balances interaural sensitivity. *Nature neuroscience*. 2006;9(12):1474-6.
83. Gelfand SA. *Hearing: An introduction to psychological and physiological acoustics*: CRC Press; 2017.
84. Barry K, Paolini A, Robertson D, Mulders W. Modulation of medial geniculate nucleus neuronal activity by electrical stimulation of the nucleus accumbens. *Neuroscience*. 2015;308:1-10.
85. Pastor MA, Vidaurre C, Fernández-Seara M, Villanueva A, Friston KJ. Frequency-specific coupling in the cortico-cerebellar auditory system. *Journal of neurophysiology*. 2008;100(4):1699-705.
86. Rasmussen GLJoCN. The olivary peduncle and other fiber projections of the superior olivary complex. 1946;84(2):141-219.
87. Guinan Jr JJJHr. Olivocochlear efferents: Their action, effects, measurement and uses, and the impact of the new conception of cochlear mechanical responses. 2018;362:38-47.
88. Ciuman RRJljobsI. The efferent system or olivocochlear function bundle—fine regulator and protector of hearing perception. 2010;6(4):276.
89. Masterton RB, Imig TJ. Neural mechanisms for sound localization. *Annual review of physiology*. 1984;46(1):275-87.
90. Guinan Jr JJ. Olivocochlear efferents: Their action, effects, measurement and uses, and the impact of the new conception of cochlear mechanical responses. *Hearing research*. 2018;362:38-47.
91. John H, Warren Y. Anatomy and physiology of hearing. *Otolaryngol Head Neck Surgery*. 1993;2:1441-61.
92. Cooper N, Guinan Jr J. Separate mechanical processes underlie fast and slow effects of medial olivocochlear efferent activity. *The Journal of physiology*. 2003;548(1):307-12.
93. Sridhar T, Liberman M, Brown M, Sewell W. A novel cholinergic "slow effect" of efferent stimulation on cochlear potentials in the guinea pig. *Journal of Neuroscience*. 1995;15(5):3667-78.
94. Darrow KN, Simons EJ, Dodds L, Liberman MC. Dopaminergic innervation of the mouse inner ear: evidence for a separate cytochemical group of cochlear efferent fibers. *Journal of Comparative Neurology*. 2006;498(3):403-14.
95. Groff JA, Liberman MC. Modulation of cochlear afferent response by the lateral olivocochlear system: activation via electrical stimulation of the inferior colliculus. *Journal of neurophysiology*. 2003;90(5):3178-200.
96. Guinan JJ, Jr. Olivocochlear efferents: anatomy, physiology, function, and the measurement of efferent effects in humans. *Ear Hear*. 2006;27(6):589-607.

97. De Venecia RK, Liberman MC, Guinan Jr JJ, Brown MCJJoCN. Medial olivocochlear reflex interneurons are located in the posteroventral cochlear nucleus: a kainic acid lesion study in guinea pigs. 2005;487(4):345-60.
98. Thompson GC, Thompson AM. Olivocochlear neurons in the squirrel monkey brainstem. *Journal of Comparative Neurology*. 1986;254(2):246-58.
99. Thompson GC, Thompson AMJJoCN. Olivocochlear neurons in the squirrel monkey brainstem. 1986;254(2):246-58.
100. Lilaonitkul W, Guinan Jr JJ. Reflex control of the human inner ear: a half-octave offset in medial efferent feedback that is consistent with an efferent role in the control of masking. *Journal of neurophysiology*. 2009;101(3):1394-406.
101. Warren III EH, Liberman MC. Effects of contralateral sound on auditory-nerve responses. I. Contributions of cochlear efferents. *Hearing research*. 1989;37(2):89-104.
102. Kawase T, Delgutte B, Liberman MC. Antimasking effects of the olivocochlear reflex. II. Enhancement of auditory-nerve response to masked tones. *Journal of neurophysiology*. 1993;70(6):2533-49.
103. Yi LJJoO. The Cochlear Amplifier: Is it Hair Bundle Motion of Outer Hair Cells? 2014;9(2):64-72.
104. Guinan JJ. Physiology of olivocochlear efferents. *The cochlea*: Springer; 1996. p. 435-502.
105. Kemp DTJBmb. Otoacoustic emissions, their origin in cochlear function, and use. 2002;63(1):223-41.
106. Penner M, Zhang T. Prevalence of spontaneous otoacoustic emissions in adults revisited. *Hearing Research*. 1997;103(1-2):28-34.
107. Kemp DT, Ryan S, Bray PJE, hearing. A guide to the effective use of otoacoustic emissions. 1990;11(2):93-105.
108. Goodman SS, Fitzpatrick DF, Ellison JC, Jesteadt W, Keefe DH. High-frequency click-evoked otoacoustic emissions and behavioral thresholds in humans. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2009;125(2):1014-32.
109. Katz J, Chasin M, English K, Hood LJ, Tillery KL. *Handbook of clinical audiology*. 2014.
110. Kemp DT. Evidence of mechanical nonlinearity and frequency selective wave amplification in the cochlea. *Archives of oto-rhino-laryngology*. 1979;224(1):37-45.
111. Probst R, Hauser R. Distortion product otoacoustic emissions in normal and hearing-impaired ears. *American journal of otolaryngology*. 1990;11(4):236-43.
112. Hall III JW, Baer JE, Chase PA, Schwaber MK. Clinical application of otoacoustic emissions: what do we know about factors influencing measurement and analysis? *Otolaryngology—Head and Neck Surgery*. 1994;110(1):22-38.
113. Salata JA, Jacobson JT, Strasnick B. Distortion-product otoacoustic emissions hearing screening in high-risk newborns. *Otolaryngology—Head and Neck Surgery*. 1998;118(1):37-43.
114. Brass D, Kemp D. Suppression of stimulus frequency otoacoustic emissions. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 1993;93(2):920-39.
115. Schairer KS, Ellison JC, Fitzpatrick D, Keefe DH. Use of stimulus-frequency otoacoustic emission latency and level to investigate cochlear mechanics in human ears. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2006;120(2):901-14.
116. Luxon LM, Luxon J, Furman JM, Martini A, Furman JM, Martini A, et al. *Textbook of audiological medicine*: Taylor & Francis Group; 2003.
117. Siegel JH, Kim D. Efferent neural control of cochlear mechanics? Olivocochlear bundle stimulation affects cochlear biomechanical nonlinearity. *Hearing research*. 1982;6(2):171-82.
118. Shera CAJE, hearing. Mechanisms of mammalian otoacoustic emission and their implications for the clinical utility of otoacoustic emissions. 2004;25(2):86-97.
119. -1 I. Acoustics—Description, measurement and assessment of environmental noise—Part 1: Basic quantities and assessment procedures. International Organization for Standardization Geneva, Switzerland; 2003.

120. Güler Ç, Pestisitler ÇZ. Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi No: 52. Ankara Sağlık Bakanlığı Sağlık Projesi Genel Koordinatörlüğü. 1997.
121. Güler Ç, Çobanoğlu Z, Baskı B. Gürültü. Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi. 1994;19.
122. Celestina M, Hrovat J, Kardous CA. Smartphone-based sound level measurement apps: Evaluation of compliance with international sound level meter standards. *Applied Acoustics*. 2018;139:119-28.
123. Erdoğan A, Kayıpları GBĞ, Odyoloji T. Ankara. Güneş Kitapevi. 2015:383-404.
124. Rossing T. Springer handbook of acoustics: Springer Science & Business Media; 2007.
125. Rimell AN, Mansfield NJ, Paddan GS. Design of digital filters for frequency weightings (A and C) required for risk assessments of workers exposed to noise. *Industrial health*. 2014:2013-0003.
126. Hu B. Noise-induced structural damage to the cochlea. *Noise-induced hearing loss*: Springer; 2012. p. 57-86.
127. Waqas M, Gao S, Ali MK, Ma Y, Li W. Inner Ear Hair Cell Protection in Mammals against the Noise-Induced Cochlear Damage. *Neural Plasticity*. 2018.
128. Flood L, Gleeson M. SCOTT-BROWN'S OTORHINOLARYNGOLOGY, HEAD AND NECK SURGERY. *The Journal of Laryngology and Otology*. 2008;122(9):1016.
129. Liberman MC. Chronic ultrastructural changes in acoustic trauma: serial-section reconstruction of stereocilia and cuticular plates. *Hearing research*. 1987;26(1):65-88.
130. Henderson D, Bielefeld EC, Harris KC, Hu BH. The role of oxidative stress in noise-induced hearing loss. *Ear and hearing*. 2006;27(1):1-19.
131. Le Prell CG, Yamashita D, Minami SB, Yamasoba T, Miller JM. Mechanisms of noise-induced hearing loss indicate multiple methods of prevention. *Hearing research*. 2007;226(1-2):22-43.
132. Miller J, Le Prell CG, Rybak L. *Free radicals in ENT Pathology*: Springer; 2015.
133. Dröge W. Free radicals in the physiological control of cell function. *Physiological reviews*. 2002.
134. Shi X, Nuttall AL. Upregulated iNOS and oxidative damage to the cochlear stria vascularis due to noise stress. *Brain research*. 2003;967(1-2):1-10.
135. Hu BH, Henderson D, Nicotera TM. Extremely rapid induction of outer hair cell apoptosis in the chinchilla cochlea following exposure to impulse noise. *Hearing research*. 2006;211(1-2):16-25.
136. Vlajkovic SM, Lee K-H, Wong ACY, Guo CX, Gupta R, Housley GD, et al. Adenosine amine congener mitigates noise-induced cochlear injury. *Purinergic Signalling*. 2010;6(2):273-81.
137. Liu Y-M, Li X-D, Guo X, Liu B, Lin A-H, Rao S-Q. Association between polymorphisms in SOD1 and noise-induced hearing loss in Chinese workers. *Acta oto-laryngologica*. 2010;130(4):477-86.
138. Yamashita D, Jiang H-Y, Schacht J, Miller JM. Delayed production of free radicals following noise exposure. *Brain research*. 2004;1019(1-2):201-9.
139. Seidman MD, Quirk WS, Shirwany NA. Mechanisms of alterations in the microcirculation of the cochlea. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 1999;884(1):226-32.
140. Ohinata Y, Miller JM, Altschuler RA, Schacht J. Intense noise induces formation of vasoactive lipid peroxidation products in the cochlea. *Brain research*. 2000;878(1-2):163-73.
141. Jaumann M, Dettling J, Gubelt M, Zimmermann U, Gerling A, Paquet-Durand F, et al. cGMP-Prkg1 signaling and Pde5 inhibition shelter cochlear hair cells and hearing function. *Nature medicine*. 2012;18(2):252-9.
142. Wakabayashi K, Fujioka M, Kanzaki S, Okano HJ, Shibata S, Yamashita D, et al. Blockade of interleukin-6 signaling suppressed cochlear inflammatory response and improved hearing impairment in noise-damaged mice cochlea. *Neuroscience research*. 2010;66(4):345-52.
143. Satoh H, Firestein GS, Billings PB, Harris JP, Keithley EM. Tumor Necrosis Factor- α , an Initiator, and Etanercept, an Inhibitor of Cochlear Inflammation. *The Laryngoscope*. 2002;112(9):1627-34.
144. Ryan AF, Kujawa SG, Hammill T, Le Prell C, Kil J. Temporary and permanent noise-induced threshold shifts: a review of basic and clinical observations. *Otology & neurotology: official publication of the American Otological Society, American Neurotology Society [and] European Academy of Otology and Neurotology*. 2016;37(8):e271.

145. Le TN, Straatman LV, Lea J, Westerberg B. Current insights in noise-induced hearing loss: a literature review of the underlying mechanism, pathophysiology, asymmetry, and management options. *Journal of Otolaryngology-Head & Neck Surgery*. 2017;46(1):1-15.
146. Bahaloo M, Davari MH, Sobhan M, Mirmohammadi SJ, Jalalian MT, Zare Sakhvidi MJ, et al. Hearing Thresholds Changes after MRI 1.5 T of Head and Neck. *Radiology research and practice*. 2019;2019.
147. Dobie RA. Medical-legal evaluation of hearing loss. *Ear and Hearing*. 2001;22(6):548.
148. Murphy WJ, Flamme GA, Campbell AR, Zechmann EL, Tasko SM, Lankford JE, et al. The reduction of gunshot noise and auditory risk through the use of firearm suppressors and low-velocity ammunition. *International journal of audiology*. 2018;57(sup1):S28-S41.
149. Plomp R. Auditory psychophysics. *Annual review of psychology*. 1975;26(1):207-32.
150. Liberman MC, Dodds LW. Single-neuron labeling and chronic cochlear pathology. III. Stereocilia damage and alterations of threshold tuning curves. *Hearing research*. 1984;16(1):55-74.
151. Kujawa SG, Liberman MC. Acceleration of age-related hearing loss by early noise exposure: evidence of a misspent youth. *Journal of Neuroscience*. 2006;26(7):2115-23.
152. Ruel J, Wang J, Rebillard G, Eybalin M, Lloyd R, Pujol R, et al. Physiology, pharmacology and plasticity at the inner hair cell synaptic complex. *Hearing research*. 2007;227(1-2):19-27.
153. Monzani D, Genovese E, Pini LA, Di Berardino F, Ciufelli MA, Galeazzi GM, et al. Nimodipine in otolaryngology: from past evidence to clinical perspectives. *ACTA otorhinolaryngologica italica*. 2015;35(3):135.
154. Lynch ED, Kil J. Compounds for the prevention and treatment of noise-induced hearing loss. *Drug discovery today*. 2005;10(19):1291-8.
155. Choi SH, Choi C-H. Noise-induced neural degeneration and therapeutic effect of antioxidant drugs. *Journal of audiology & otology*. 2015;19(3):111.
156. O'connell KA, Salvi R, Simpson GT. The effects of nimodipine, an L-channel calcium antagonist, on otoacoustic emissions in the chinchilla. *Otolaryngology--Head and Neck Surgery*. 1995;113(2):P146-P.
157. Mutlu A. Akustik travmaya bağlı oluşan işitme kaybında sentetik adrenokortikotropik hormon tedavisinin koruyuculuk etkisinin araştırılması: Başkent Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü; 2017.
158. Tahera Y, Meltser I, Johansson P, Bian Z, Stierna P, Hansson AC, et al. NF-κB mediated glucocorticoid response in the inner ear after acoustic trauma. *Journal of neuroscience research*. 2006;83(6):1066-76.
159. ŞENKAL ÖA, AYDIN E, AD KBB. Havacılıkta İşitme ve Gürültüye Bağlı İşitme Kayıpları. *Türkiye Klinikleri J Int Med Sci*. 2008;4:47.
160. Falasca V, Greco A, Ralli M. Noise induced hearing loss: the role of oxidative stress. *Otolaryngol Open J*. 2017;5:1-5.
161. Versfeld NJ, Daalder L, Festen JM, Houtgast T. Method for the selection of sentence materials for efficient measurement of the speech reception threshold. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2000;107(3):1671-84.
162. Plomp R, Mimpen A. Improving the reliability of testing the speech reception threshold for sentences. *Audiology*. 1979;18(1):43-52.
163. Hatzopoulos S, Stefano MD, Campbell K, Falgione D, Ricci D, Rosignoli M, et al. Cisplatin Ototoxicity in the Sprague Dawley Rat Evaluated by Distortion Product Otoacoustic Emissions: Ototoxicidad por Cisplatino en la rata Sprague Dawley evaluada mediante productos de distorsión de las emisiones otoacústicas. *Audiology*. 2001;40(5):253-64.
164. Khvoles R, Freeman S, Sohmer H. Transient evoked otoacoustic emissions in laboratory animals. *Audiology*. 1999;38(3):121-6.
165. James AL. The assessment of olivocochlear function in neonates with real-time distortion product otoacoustic emissions. *The Laryngoscope*. 2011;121(1):202-13.
166. Smith DW, Keil A. The biological role of the medial olivocochlear efferents in hearing: separating evolved function from exaptation. *Frontiers in systems neuroscience*. 2015;9:12.

167. Robertson D. Functional significance of dendritic swelling after loud sounds in the guinea pig cochlea. *Hearing research*. 1983;9(3):263-78.
168. Ylikoski ME. Prolonged exposure to gunfire noise among professional soldiers. *Scandinavian journal of work, environment & health*. 1994;87-92.
169. MF A. Emissões otoacústicas. Figueiredo MS Emissões otoacústicas e BERA São José dos Campos: Pulso. 2003:35-83.
170. Attias J, Horovitz G, El-Hatib N, Nageris B. Detection and clinical diagnosis of noise-induced hearing loss by otoacoustic emissions. *Noise and health*. 2001;3(12):19.
171. Konopka W, Pawlaczyk-Luszczynska M, Sliwinska-Kowalska M, Grzanka A, Zalewski P. Effects of impulse noise on transiently evoked otoacoustic emission in soldiers Efectos del ruido impulsivo sobre las emisiones otoacústicas evocadas por transitorios en soldados. *International journal of audiology*. 2005;44(1):3-7.
172. Souza D. Estudo comparativo das emissões otoacústicas evocadas em militares expostos e não expostos ao ruído [dissertação]. Rio de Janeiro (RJ): Universidade Veiga de Almeida. 2009.
173. Guinan JJ. Physiology of the medial and lateral olivocochlear systems. *Auditory and vestibular efferents*: Springer; 2011. p. 39-81.
174. Yamane H, Nakai Y, Takayama M, Iguchi H, Nakagawa T, Kojima A. Appearance of free radicals in the guinea pig inner ear after noise-induced acoustic trauma. *European Archives of Oto-rhino-laryngology*. 1995;252(8):504-8.
175. Alamgir H, Turner CA, Wong NJ, Cooper SP, Betancourt JA, Henry J, et al. The impact of hearing impairment and noise-induced hearing injury on quality of life in the active-duty military population: challenges to the study of this issue. *Military Medical Research*. 2016;3(1):1-8.
176. Pestalozza G, Lazzaroni A. Noise effect on speech perception in clinical and experimental types of deafness. *Acta oto-laryngologica*. 1954;44(4):350-8.
177. Jansen S, Luts H, Dejonckere P, Van Wieringen A, Wouters J. Exploring the sensitivity of speech-in-noise tests for noise-induced hearing loss. *International journal of audiology*. 2014;53(3):199-205.
178. Alvord LS. Cochlear dysfunction in "normal-hearing" patients with history of noise exposure. *Ear and hearing*. 1983;4(5):247-50.
179. Kirk EC, Smith DW. Protection from acoustic trauma is not a primary function of the medial olivocochlear efferent system. *Journal of the Association for Research in Otolaryngology*. 2003;4(4):445-65.
180. Nudelman A. PAIR. Rio de Janeiro: Revinter. 2001.
181. Sousa MNCd, Fiorini AC, Guzman MB. Incômodo causado pelo ruído a uma população de bombeiros. *Revista da Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia*. 2009;14(4):508-14.
182. May JJ, Marvel M, Regan M, Marvel LH, Pratt DS. Noise-induced hearing loss in randomly selected New York dairy farmers. *American journal of industrial medicine*. 1990;18(3):333-7.
183. Ostri B, Eller N, Dahlin E, Skylv G. Hearing impairment in orchestral musicians. *Scandinavian Audiology*. 1989;18(4):243-9.
184. Cox H, Ford G. Hearing loss associated with weapons noise exposure: when to investigate an asymmetrical loss. *The Journal of Laryngology & Otology*. 1995;109(4):291-5.
185. Nageris BI, Raveh E, Zilberberg M, Attias J. Asymmetry in noise-induced hearing loss: relevance of acoustic reflex and left or right handedness. *Otology & Neurotology*. 2007;28(4):434-7.
186. Kiukaanniemi H, Löppönen H, Sorri M. Noise-induced low-and high-frequency hearing losses in Finnish conscripts. *Military medicine*. 1992;157(9):480-2.
187. Axelsson A, Ringdahl A. Tinnitus—a study of its prevalence and characteristics. *British journal of audiology*. 1989;23(1):53-62.
188. Hazell J. Patterns of tinnitus: medical audiologic findings. *The Journal of laryngology and otology Supplement*. 1981(4):39-47.
189. Taylor GD, Williams E. Acoustic trauma in the sports hunter. *The Laryngoscope*. 1966;76(5):863-79.

190. Chung DY, Gannon RP, Willson GN, Mason K. Shooting, sensorineural hearing loss, and workers' compensation. *Journal of occupational medicine: official publication of the Industrial Medical Association*. 1981;23(7):481-4.
191. Sataloff J, Hawkshaw MJ, Sataloff RT. "Gun-shooting hearing loss": A pilot study. *ENT: Ear, Nose & Throat Journal*. 2010;89(1).
192. Agnew J. Gunshots and hearing. *Hear Instr*. 1987;38:10-2.
193. Shi L, Chang Y, Li X, Aiken S, Liu L, Wang J. Cochlear synaptopathy and noise-induced hidden hearing loss. *Neural plasticity*. 2016;2016.
194. Moser T, Starr A. Auditory neuropathy—neural and synaptic mechanisms. *Nature Reviews Neurology*. 2016;12(3):135.
195. Chung DY, Willson GN, Gannon RP. Lateral differences in susceptibility to noise damage. *Audiology*. 1983;22(2):199-205.
196. Chung DY, Mason K, Willson GN, Gannon RP. Asymmetrical noise exposure and hearing loss among shingle sawyers. *Journal of occupational medicine: official publication of the Industrial Medical Association*. 1983;25(7):541-3.
197. Pirilä T. Left-right asymmetry in the human response to experimental noise exposure: II. Pre-exposure hearing threshold and temporary threshold shift at 4 kHz frequency. *Acta otolaryngologica*. 1991;111(5):861-6.
198. Tokgoz-Yilmaz S, Kose SK, Turkyilmaz MD, Atay G. The role of the medial olivocochlear system in the complaints of understanding speech in noisy environments by individuals with normal hearing. *Auris Nasus Larynx*. 2013;40(6):521-4.
199. Furman AC, Kujawa SG, Liberman MC. Noise-induced cochlear neuropathy is selective for fibers with low spontaneous rates. *Journal of neurophysiology*. 2013;110(3):577-86.
200. Liberman LD, Liberman MC. Dynamics of cochlear synaptopathy after acoustic overexposure. *Journal of the Association for Research in Otolaryngology*. 2015;16(2):205-19.

EK 1. ETİK KURUL ONAYI



Sayı: 94603339-604 01 02/ 27444
Konu: Proje Onayı

23/09/2020

KULAK BURUN BOĞAZ HASTALIKLARI ANABİLİM DALINA

Kulak, Burun ve Boğaz Hastalıkları Anabilim Dalında görev yapmakta olan Prof. Dr. Hatice Seyra Erbek'in danışmanlığında Sağlık Bilimleri Enstitüsü (Odyoloji) Doktora Programı öğrencisi Fatma Kılıç'ın sorumluluğunda yürütülecek olan KA.20/314 nolu "Ateşli sıhah kullanan bireylerde patlayıcı gürültünün efferent sistem üzerine etkisinin araştırılması" başlıklı araştırma projesi Kurulumuz ve Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'nun 16/09/2020 tarih ve 20/93 sayılı kararı ile uygun görülmüştür. Projenin başlama tarihi ile çalışmanın sunulduğu kongre ve yayımlandığı dergi konusunda Kurulumuza bilgi verilmesini rica ederim.

e-imzalıdır

Prof. Dr.
Kurul Başkanı

Not: Çalışma bildirisi ve/veya makale haline geldiğinde "Gereç ve Yöntem" bölümüne aşağıdaki ifadelerden uygun olanının eklenmesi gerekmektedir.

— Bu çalışma Başkent Üniversitesi Tıp ve Sağlık Bilimleri Araştırma Kurulu ve Etik Kurulu tarafından onaylanmış (Proje no:) ve Başkent Üniversitesi Araştırma Fonu'na desteklenmiştir.

— This study was approved by Baskent University Institutional Review Board and Ethics Committee (Project no:) and supported by Baskent University Research Fund.

DAĞITIM

Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne
Kulak Burun Boğaz Hastalıkları Anabilim
Dalına



1993

BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ

GİRİŞİMSEL OLMAYAN KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU KARARI		
PROJE NO	KARAR SAYISI	KARAR TARİHİ
KA20/314	20/93	16/09/2020

Kulak, Burun ve Boğaz Hastalıkları Anabilim Dalında görev yapmakta olan Prof. Dr. Hatice Seyra Erbek tarafından yürütülecek olan KA20/314 nolu "Ateşli silah kullanan bireylerde patlayıcı gürültünün efferent sistem üzerine etkisinin araştırılması" başlıklı araştırma projesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu tarafından incelendi ve etik açıdan uygun olduğuna karar verildi.

EK 2. BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU



KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU

BİLİMSEL ARAŞTIRMALAR İÇİN BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU

LÜTFEN DİKKATLİCE OKUYUNUZ !!!

Bilimsel araştırma amaçlı klinik bir çalışmaya katılmak üzere davet edilmiş bulunmaktasınız. Bu çalışmada yer almayı kabul etmeden önce çalışmanın ne amaçla yapılmak istendiğini tam olarak anlamanız ve kararınızı, araştırma hakkında tam olarak bilgilendirildikten sonra özgürce vermeniz gerekmektedir. Bu bilgilendirme formu söz konusu araştırmayı ayrıntılı olarak tanıtmak amacıyla size özel olarak hazırlanmıştır. Lütfen bu formu dikkatlice okuyunuz. Araştırma ile ilgili olarak bu formda belirtildiği halde anlayamadığınız ya da belirtilemediğini fark ettiğiniz noktalar olursa hekiminize sorunuz ve sorularınıza açık yanıtlar isteyiniz. Bu araştırmaya katılıp katılmamakta serbestsiniz. Çalışmaya katılım **gönüllülük** esasına dayalıdır. Araştırma hakkında tam olarak bilgilendirildikten sonra, kararınızı özgürce verebilmeniz ve düşünmeniz için formu imzalamadan önce hekiminiz size zaman tanıyacaktır. Kararınız ne olursa olsun, hekimleriniz sizin tam sağlık halinizin sağlanmasına ve korunmasına yönelik görevlerini bundan sonra da eksiksiz yapacaklardır. Araştırmaya katılmayı kabul ettiğiniz takdirde formu imzalayınız.

1. ARAŞTIRMANIN ADI

Ateşli Silah Kullanan Bireylerde Patlayıcı Gürültünün Efferent Sistem (işitme sinir yolları) Üzerine Etkisinin Araştırılması

2. GÖNÜLLÜ SAYISI

Katılımcılar, Ankara Hastanesine başvuran 18-65 yaş arası yetişkin hastalardan seçilecektir. . Bu çalışmaya ateşli silah kullanan 34 birey ve kontrol grubu olarak 34 birey olmak üzere toplam 68 birey civarı dahil edilmesi öngörülmüştür.

Katılımcılar çalışmaya olasılıksız örnekleme yöntemlerinde gönüllülük esasına dayalı örnekleme yöntemi ile seçilmiştir.

3. ARAŞTIRMAYA KATILIM SÜRESİ

Bu araştırmada yer almanız için öngörülen süre toplam 1 saattir

4. ARAŞTIRMANIN AMACI

Çalışmamızın amacı, ateşli silahların patlamasıyla meydana gelen şiddetli gürültünün, bu silahları kullanan yetişkin bireylerde efferent sistem (işitme sinir yolları) fonksiyonlarının nasıl etkilendiğini tespit edebilmektir.

5. ARAŞTIRMAYA KATILMA KOŞULLARI

Bu araştırmaya dâhil edilebilmeniz için gereken koşullar şunlardır:

Kontrol grubu için;

- 18-65 yaş aralığında olmak
- Gürültülü ortamlarda çalışmıyor olmak
- Ani patlamalı şiddetli sese maruz kalmamış olmak
- Yüksek sesle ve kulaklıkla müzik dinlemiyor olmak
- İşitmesi normal olmak
- Psikolojik, nörolojik bozukluğu olmamak,
- Kafa tramvası geçirmemiş olmak
- Metabolik, kardiyovasküler, endokrin, enfeksiyöz ve otolojik hastalık ile tanılanmamış olması
-

Deney grubu için;

- 18-65 yaş aralığında olmak
- Belli aralıklarla ateşli silah kullanıyor olmak
- Psikolojik, nörolojik bozukluğu olmamak,
- Kafa tramvası geçirmemiş olmak
- Son 3 ay içinde steroid tedavi almamış olmak
- Hipertansiyon hastası olmamak
- Metabolik, kardiyovasküler, endokrin ve enfeksiyöz hastalık ile tanılanmamış olmak

6. ARAŞTIRMANIN YÖNTEMİ

Araştırma için öncelikle size ilk olarak sosyo-demografik anket doldurulacaktır.

İkinci olarak, işitme ve konuşma testleriniz yapılacaktır bunun için kulaklık takmanızı isteyerek yönergelerle uymanız istenecektir. İşitme testi sırasında her bip sesi duyduğunuzda butona basmanız istenecektir.

Konuşma testinde isesize söylenen tek heceli ve 3 heceli kelimeleri tekrar etmeniz istenecektir.

Üçüncü olarak orta kulağınızı değerlendirmek amacıyla timpanometrik değerlendirme yapılacaktır. Bunun için de yine kulaklarınıza prop takılarak değerlendirme yapılacaktır.

Dördüncü olarak, iç kulakta bulunan tüylü hücreleri ve işitsel yolları değerlendirmek için otoakustik emisyon testleri ile beraber supresyon testi yapılacaktır. bunun için yine kulaklık takılarak sessiz ortamda ölçümlerinizi tamamlanacaktır.

Tüm testlerin tamamlanması yaklaşık 40 dk sürmesi planlanmaktadır.

7. GÖNÜLLÜNÜN SORUMLULUKLARI

- 1. Araştırma planına ve araştırmacının önerilerine uymalısınız.*
- 2. Uygulama süresi boyunca önerilen dışında herhangi bir ilaç kullanmamalısınız veya zorunlu olarak ilaç almanız durumunda mutlaka sorumlu araştırmacıyı bilgilendirmelisiniz.*
- 3. Yüksek gürültüye maruz kaldıysanız ne zaman ve ne kadar süre maruz kaldığınızı bildirmelisiniz.*
- 4. Araştırma sırasında sizi rahatsız eden herhangi bir tıbbi durumu sorumlu araştırmacıya bildirmelisiniz.*

8. ARAŞTIRMADAN BEKLENEN OLASI YARARLAR

Araştırmamız yalnızca bilimsel amaçlı olup sizin doğrudan yarar görmeniz ya da tedavinizin seyrini değiştirmesi beklenmemektedir. Ancak, bu araştırmadan elde edilen sonuçlar sizin gibi yüksek sese maruz kalmak zorunda olan bireylerde kişilerin zarar görmeden önleyici tedbirler alınmasında insanlığa katkı sağlayacaktır.

9. ARAŞTIRMADAN KAYNAKLANABİLECEK OLASI RİSKLER

Araştırmada kan alma işlemi gibi girişimsel bir işlem yapılmayacağı için herhangi bir hayati risk faktörü bulunmamaktadır. Yapılacak olan İşitme ve Otoakustik Emisyon Testleri geçici süreyle rahatsızlık hissi yaratabilir. Herhangi bir olası sorunda gerekli tedbirler uzman hekimler ve araştırmacı tarafından alınacaktır.

10. ARAŞTIRMADAN KAYNAKLANABİLECEK HERHANGİ BİR ZARARLANMA DURUMUNDA YÜKÜMLÜLÜK / SORUMLULUK DURUMU

Araştırma nedeniyle bir zarar görmeniz söz konusu olursa, tedavi için gereken masraflar Başkent Üniversitesi tarafından karşılanacaktır.

11. ARAŞTIRMA SÜRESİNCE ÇIKABİLECEK SORUNLARDA ARANACAK KİŞİ

Uygulama süresince, zorunlu olarak araştırma dışı ilaç almak durumunda kaldığınızda Sorumlu Araştırmacıyı önceden bilgilendirmek için, araştırma hakkında ek bilgiler almak için ya da araştırma ile ilgili herhangi bir sorun, istenmeyen etki veya diğer rahatsızlıklarınız için herhangi bir saatte adresi ve telefonu aşağıda belirtilen ilgili hekime ulaşabilirsiniz.

12. GİDERLERİN KARŞILANMASI VE ÖDEMELER

Bu araştırmaya katılmanız için veya araştırmadan kaynaklanabilecek giderler için sizden herhangi bir ücret istenmeyecektir. Hastalığınızın gerektirdiği tetkiklere ilave olarak yapılacak her türlü tetkik, fizik muayene ve diğer araştırma giderleri size veya güvencesi altında bulunduğunuz resmi ya da özel hiçbir kuruma ödetilmeyecektir.

13. ARAŞTIRMAYI DESTEKLEYEN KURUM

Araştırmayı destekleyen kurum Başkent Üniversitesi'dir.

14. GÖNÜLLÜYE HERHANGİ BİR ÖDEME YAPILIP YAPILMAYACAĞI

Bu araştırmaya katılmanızla, araştırma ile ilgili çıkabilecek zorunlu masraflar tarafımızdan karşılanacaktır. Bunun dışında size veya yasal temsilcilerinize herhangi bir maddi katkı sağlanmayacaktır.

15. BİLGİLERİN GİZLİLİĞİ

Araştırma süresince elde edilen sizinle ilgili tıbbi bilgiler size özel bir kod numarası ile kaydedilecektir. Size ait her türlü tıbbi bilgi gizli tutulacaktır. Araştırmanın sonuçları yalnızca bilimsel amaçla kullanılacaktır. Araştırma yayınlansa bile kimlik bilgileriniz verilmeyecektir. Ancak, gerektiğinde araştırmanın izleyicileri, yoklama yapanlar, etik kurullar ve resmi makamlar tıbbi bilgilerinize ulaşabilecektir. Siz de istediğinizde kendinize ait tıbbi bilgilere ulaşabileceksiniz.

16. ARAŞTIRMA DIŞI BIRAKILMA KOŞULLARI

Uygulanan tedavi şemasının gereklerini yerine getirmemeniz, araştırma programını aksatmanız, araştırmaya bağlı veya araştırmadan bağımsız gelişebilecek istenmeyen bir etkiye maruz kalmanız vb. nedenlerle hekiminiz sizin izniniz olmadan sizi araştırmadan çıkarabilir. Bu durum size uygulanan tedavide herhangi bir değişikliğe neden olmayacaktır.

Ancak araştırma dışı bırakılmanız durumunda da, sizinle ilgili tıbbi veriler bilimsel amaçla kullanılabilir.

17. ARAŞTIRMADA UYGULANACAK TEDAVİ DIŞINDAKİ DİĞER TEDAVİLER

Size konan tanı için uygulanabilecek, işitme ve konuşma testleri, otoakustik emisyon, MOC supresyon testi, timpanometri, ve sosyo-demografik bilgi formu dışında herhangi başka bir test ya da işlem yapılmayacaktır.

18. ARAŞTIRMAYA KATILMAYI REDDETME VEYA AYRILMA DURUMU

Bu araştırmada yer almak tamamen sizin isteğinize bağlıdır. Araştırmada yer almayı reddedebilirsiniz ya da herhangi bir aşamada araştırmadan ayrılabilirsiniz; araştırmada yer almayı reddetmeniz veya katıldıktan sonra vazgeçmeniz halinde de kararınız size uygulanan tedavide herhangi bir değişikliğe neden olmayacaktır.

Araştırmadan çekilmeniz ya da araştırmacı tarafından çıkarılmanız durumunda da, sizle ilgili tıbbi veriler bilimsel amaçla kullanılabilecektir.

19. YENİ BİLGİLERİN PAYLAŞILMASI VE ARAŞTIRMANIN DURDURULMASI

Araştırma sürerken, araştırmayla ilgili olumlu veya olumsuz yeni tıbbi bilgi ve sonuçlar en kısa sürede size veya yasal temsilcinize iletilecektir. Bu sonuçlar sizin araştırmaya devam etme isteğinizi etkileyebilir. Bu durumda karar verene kadar araştırmanın durdurulmasını isteyebilirsiniz.

(Katılımcının/Hastanın/Anne-Baba/Yasal Temsilcinin Beyanı)

Sayın Prof. Dr. yürütücülüğünde, araştırmacı Uzm. Ody. tarafından Başkent Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi Kulak Burun Boğaz Anabilim Dalı Nörootoloji Kliniği'nde bir araştırma yapılacağı belirtilerek bu araştırma ile ilgili yukarıdaki bilgiler bana aktarıldı. Bu bilgilerden sonra böyle bir araştırmaya “katılımcı” (gönüllü) olarak davet edildim.

Eğer bu araştırmaya katılırsam araştırmacı ile aramda kalması gereken bana ait bilgilerin gizliliğine bu araştırma sırasında da büyük özen ve saygı ile yaklaşılabileceğine inanıyorum. Araştırma sonuçlarının eğitim ve bilimsel amaçlarla kullanımı sırasında kişisel bilgilerimin özenle korunacağı konusunda bana gerekli güvence verildi.

Araştırmanın yürütülmesi sırasında herhangi bir sebep göstermeden araştırmadan çekilebilirim (Ancak araştırmacıları zor durumda bırakmamak için araştırmadan çekileceğimi önceden bildirmemim uygun olacağının bilincindeyim). Ayrıca, tıbbi durumuma herhangi bir zarar verilmemesi koşuluyla araştırmacı tarafından araştırma dışı tutulabilirim.

Araştırma için yapılacak harcamalarla ilgili herhangi bir parasal sorumluluk altına girmiyorum. Bana da bir ödeme yapılmayacaktır.

Araştırma uygulamasından kaynaklanan nedenlerle herhangi bir sağlık sorununun ortaya çıkması halinde, her türlü tıbbi müdahalenin sağlanacağı konusunda gerekli güvence verildi. Bu tıbbi müdahalelerle ilgili olarak da parasal bir yük altına girmeyeceğim anlatıldı.

Bu araştırmaya katılmak zorunda değilim ve katılmayabilirim. Araştırmaya katılmam konusunda zorlayıcı bir davranışla karşılaşmış değilim. Eğer katılmayı reddedersem, bu durumun tıbbi bakımına ve hekim ile olan ilişkiye herhangi bir zarar getirmeyeceğini de biliyorum.

ARAŞTIRMAYA KATILMA ONAYI

Yukarıda yer alan ve araştırmaya başlanmadan önce gönüllüye verilmesi gereken bilgileri gösteren 5 sayfalık metni okudum ve sözlü olarak dinledim. Aklıma gelen tüm soruları araştırmacıya sordum, yazılı ve sözlü olarak bana yapılan tüm açıklamaları ayrıntılarıyla anlamış bulunmaktayım. Araştırmaya katılmayı isteyip istemediğime karar vermem için bana yeterli zaman tanındı. Bu koşullar altında, bana ait tıbbi bilgilerin 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 formu imzalamakla yerel yasaların bana sağladığı hakları kaybetmeyeceğimi biliyorum.

Bu formun imzalı ve tarihli bir kopyası bana verildi.

GÖNÜLLÜ		İMZASI
<i>İSİM SOYİSİM</i>		
<i>ADRES</i>		
<i>TELEFON</i>		
<i>TARİH</i>		

VASİ (Varsa)		İMZASI
<i>İSİM SOYİSİM</i>		
<i>ADRES</i>		
<i>TELEFON</i>		
<i>TARİH</i>		

ARAŞTIRMACI		İMZASI
<i>İSİM SOYİSİM ve GÖREVİ</i>		
<i>ADRES</i>		
<i>TELEFON</i>		
<i>TARİH</i>		

ONAM ALMA İŞİNE BAŞINDAN SONUNA KADAR TANIKLIK EDEN KURULUŞ GÖREVLİSİ		İMZASI
<i>İSİM SOYİSİM ve GÖREVİ</i>		
<i>ADRES</i>		
<i>TELEFON</i>		
<i>TARİH</i>		



ANAMNEZ FORMU**Tarih:****1- KİŞİSEL BİLGİLER :**

Hasta kodu:

Yaşı:

Meslek:

Doğum tarihi:

Cinsiyet:

Telefon:

2- İŞİTME HİKAYESİ:*1-İşitme ile ilgili her hangi bir şikayetiniz var mı?*

a) Var ☐	b) Yok ☐
---------------------------------	---------------------------------

2-Ailenizdeki herhangi birinde işitme kaybı var mı?

a) Evet ☐	b) Hayır ☐
• Doğuştan ☐	
• Sonradan kazanılan ☐	

3-Geçmişte işitme ile ilgili bir şikâyetiniz oldu mu?

A) Evet ☐	B) Hayır ☐
----------------------------------	-----------------------------------

4-Gürültülü ve kalabalık ortamlarda işitmede güçlük çekiyor musunuz?

a) Evet ☐	b) Hayır ☐
----------------------------------	-----------------------------------

5-Sesleri duyuyor fakat anlamada zorlanıyor musunuz?

a) Evet ☐	b) Hayır ☐
----------------------------------	-----------------------------------

6-Kalabalık ve gürültülü ortamlarda konuşulanları anlamada zorlanıyor musunuz?

a) Evet ☐	b) Hayır ☐
----------------------------------	-----------------------------------

7- Kulaklarınız ile ilgili herhangi bir şikâyetiniz var mı?

a) Var ☐	a) Yok ☐
---------------------------------	---------------------------------

Varsa,

• Ağrı ☐	• Dolgunluk ☐
• Akıntı ☐	• Diğer ☐

8-Kafa travması geçirdiniz mi?

a) Evet ☐	b) Hayır ☐
----------------------------------	-----------------------------------

9-Kulak çınlamanız var mı? Varsa hangi kulakta?

a) Var ☐	Sağ kulak ☐	Sol kulak ☐
b) Yok ☐		

3- GÜRÜLTÜ MARUZİYETİ HİKAYESİ:

1-Gün içinde sürekli ve yüksek şiddette gürültüye maruz kalıyor musunuz?

a) Evet ☐	b) Hayır ☐
----------------------------------	-----------------------------------

2-Mevcut işinizde gürültüye maruz kalıyor musunuz?

c) Evet ☐	d) Hayır ☐
----------------------------------	-----------------------------------

• İş nedeniyle ☐
• Patlayıcı gürültü ☐
• Ateşli silah kullanımı ☐

3-Gürültüye maruz kalıyorsanız, maruz kaldığınız süre nedir?

.....dk	sa	gün	ay	yıl
---------	---------	----------	---------	----------

4-Gürültüye maruz kaldığınız sürede koruyucu kulaklık kullanıyor musunuz?

a) Evet ☐	b) Hayır ☐
----------------------------------	-----------------------------------

5-Yüksek sesle ve/veya kulaklıkla müzik dinliyor musunuz?

a) Evet ☐	b) Hayır ☐
----------------------------------	-----------------------------------

Dinliyorsanız ,

.....dk	sa
---------	---------

6-Gürültü maruziyeti sonrası sonrası işitmede azalma (dk,sa) hissettiniz mi?

.....dk	sa
---------	---------

7-Gürültü maruziyeti sonrası sonrası kulak çınlamanız (dk,sa, gün) oldu mu?

.....dk	sa	gün
---------	---------	----------

4- MEDİKAL HİKAYE:

1-Kronik bir rahatsızlığınız var mı?

a) Var ☐	b) Yok ☐
---------------------------------	---------------------------------

• Hipertansiyon	☐
• Tiroid hastalıkları	☐
• Nörolojik bozukluklar	☐
• Psikolojik bozukluklar	☐
• Diabet	☐
• Romatoid Artrit	☐

2-Düzenli olarak kullandığınız bir ilaç var mı?

a) Var ☐	b) Yok ☐
---------------------------------	---------------------------------

Varsa :

1-	3-
2-	4-

3-Covit-19 geçiren birisi ile temas ettiniz mi?

a) Evet ☐	b) Hayır ☐
----------------------------------	-----------------------------------

4-Covit-19 geçirdiniz mi?

c) Evet ☐	d) Hayır ☐
----------------------------------	-----------------------------------

Covit-19 geçirdiyseniz :

a) Evde ☐	b) Hastanede ☐
----------------------------------	---------------------------------------

c) Yoğun bakım ☐	d) Entübe ☐
• Kaç gün:	• Kaç gün:

e) Yüksek ateş ☐	f) Zatüre ☐
---	------------------------------------

g) İşitme kaybı ☐	h) Hafıza sorunları ☐
--	--