

**BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KULAK BURUN BOĞAZ HASTALIKLARI ANABİLİM DALI
ODYOLOĞİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**

**PİYADE VE TOPÇULARIN KONVANSİYONEL VE YÜKSEK
FREKANS İŞİTME EŞİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

HAZIRLAYAN

Ceren KARAÇAYLI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ANKARA - 2020

**BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KULAK BURUN BOĞAZ HASTALIKLARI ANABİLİM DALI
ODYOLOĞİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**

**PİYADE VE TOPÇULARIN KONVANSİYONEL VE YÜKSEK
FREKANS İŞİTME EŞİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

HAZIRLAYAN

Ceren KARAÇAYLI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TEZ DANIŞMANI

DOÇ. DR. EVREN HIZAL

ANKARA - 2020

BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Kulak Burun Boğaz Hastalıkları Anabilim Dalı Odyoloji Tezli Yüksek Lisans çerçevesinde Ceren Karaçaylı tarafından hazırlanan bu çalışma, aşağıdaki jüri tarafından Yüksek Lisans olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 14 / 08 / 2020

Tez Adı: PİYADE VE TOPÇULARIN KONVANSİYONEL VE YÜKSEK FREKANS İŞİTME EŞİKLERİNİN BELİRLENMESİ

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

İmza

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

..... Gerekli Durumda

.....

..... Gerekli Durumda

ONAY

.....

..... Enstitüsü Müdürü

Tarih: ... / ... /

BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU

Tarih: 21 / 07 / 2020

Öğrencinin Adı, Soyadı: Ceren Karaçaylı

Öğrencinin Numarası: 21710463

Anabilim Dalı: Kulak Burun Boğaz Hastalıkları

Programı: Odyoloji Tezli Yüksek Lisans

Danışmanın Unvanı/Adı, Soyadı: Doç. Dr. Evren Hızal

Tez Başlığı: Piyade ve Topçuların Konvansiyonel ve Yüksek Frekans İşitme Eşiklerinin Belirlenmesi

Yukarıda başlığı belirtilen Yüksek Lisans/Doktora tez çalışmamın; Giriş, Ana Bölümler ve Sonuç Bölümünden oluşan, toplam 47 sayfalık kısmına ilişkin, 21 / 07 / 2020 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından TURNITIN adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 10'dır. Uygulanan filtrelemeler:

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

Tarih: 21 / 07 / 2020

Öğrenci Danışmanı Unvan, Ad, Soyad, İmza:

.....
.....

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim süresince bilgi ve deneyimlerinden yararlanma olanağı bulduğum Başkent Üniversitesi Kulak Burun Boğaz Anabilim Dalı Başkanı Prof. Dr. Levent N. Özlüoğlu başta olmak üzere,

Tezimin her aşamasında bana yol gösteren, desteğini hiçbir zaman benden esirgemeyen, yüksek lisans eğitimime yaptığı bilimsel katkıları için minnettar olduğum, odyolojiyi sevmemi sağlayan saygıdeğer tez hocam Doç. Dr. Evren Hızal'a,

Yüksek lisans eğitimim boyunca bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım saygıdeğer hocalarım Prof. Dr. Selim S. Erbek, Prof. Dr. Seyra Erbek ve Prof. Dr. Adnan Fuat Büyüklü'ye,

Bilgi ve tecrübeleriyle bana ışık tutan, desteğini her daim hissettiğim saygıdeğer hocam Prof. Dr. Bülent Satar'a

Uzmanlık eğitimimin başından itibaren bana yol gösteren, bilgi ve tecrübelerini benden esirgemeyen, odyoloji eğitimime başlamama vesile olan ve desteğini her zaman hissettiren sayın hocam Prof. Dr. Rahmi Kılıç'a,

Odyoloji eğitimime başlamamda ve eğitimim sürecinde bana destek olan sayın hocam Prof. Dr. Mustafa Gerek'e,

Yüksek lisans eğitimim süresince bana sonsuz sabır gösteren, tezimin tüm aşamalarında elinden gelen desteği benden esirgemeyen değerli eşime teşekkürü borç bilirim.

Ceren Karaçaylı

ÖZET

Ceren Karaçaylı. Piyade ve Topçuların Konvansiyonel ve Yüksek Frekans İşitme Eşiklerinin Belirlenmesi. Başkent Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Kulak Burun Boğaz Anabilim Dalı Odyoloji Programı Yüksek Lisans Tezi, 2020

Yüksek şiddette sese maruz kalmanın işitme üzerine olumsuz etkilerinin olduğu bilinmektedir. Yüksek sese maruziyet ile ortaya çıkan bu etkilerin derecesi, sesin şiddeti, maruziyetin süresi ve sesin frekans aralığı ile ilişkilidir. Aynı zamanda, gürültüye duyarlılık, yaş, daha önceki işitme kaybı öyküsü gibi bireye bağlı özellikler de etkilidir. Yüksek sese maruziyet sonucu ortaya çıkan olumsuz etkiler temelde işitme kaybı ve tinnitus olarak sıralanabilir. Tekrarlayan akustik travmalar ve tinnitus askeri personelde sık görülen bir durumdur.

Bu çalışmanın amacı, silahlı kuvvetler personelinde muharip sınıflardan olan topçu ve piyade sınıfında saf ses işitme eşiklerinin belirlenmesi, olası işitme kaybı derecesinin belirlenmesi, ayrıca orduda geçirilen sürenin sonuçlar üzerine etkisi olup olmadığının incelenmesidir.

Bu çalışmaya 35 piyade, 30 topçu ve 43 kontrol dahil edilmiştir. Tüm katılımcılara otolojik muayene, konvansiyonel ve yüksek frekans saf ses odyometrisi yapılarak 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 6000, 8000, 10000, 12500, 14000, 16000 Hz frekanslarındaki işitme eşikleri ölçülmüştür.

Piyadelerde 125 Hz, 250 Hz, 14000 Hz frekanslarında sol kulak eşikleri sağ kulak eşiklerinden anlamlı olarak yüksek bulunmuştur ($p<0.05$). Topçularda 125 Hz, 250 Hz, 16000 Hz frekanslarında sağ kulak eşikleri sol kulak eşiklerinden anlamlı olarak daha yüksek bulunmuştur ($p<0.05$). 4000 Hz ve 12500 Hz arası frekanslarda tüm gruplarda frekanslar arasında anlamlı fark görülmüş, en yüksek eşikler topçu sınıfında, en düşük eşikler ise kontrol grubunda görülmüştür ($p<0.05$). 14000 Hz ve 16000 Hz frekanslarında topçu ve piyade sınıfları arasında anlamlı fark bulunamamıştır ancak her iki grupta da eşikler kontrol grubuna göre anlamlı olarak yüksektir ($p<0.05$).

Sonuç olarak, impulsif gürültü hem piyade hem de topçu sınıfı askerlerde belirli

frekanslarda daha yüksek saf ses eşikleri ile iliŐkilendirilebilir. Piyade grubunda daha çok sol kulağın, topçu grubunda ise daha çok sağ kulağın etkilendiği belirlenmiŐtir. Türk Silahlı Kuvvetlerinde işitme koruma programının uygulanması ve kiŐisel koruyucu ekipman kullanımının teşvik edilmesi, impulsif gürültünün olumsuz etkilerini azaltabilir.

Anahtar kelimeler: İŞitme kaybı, Piyade, Topçu, Yüksek frekans odyometri

ABSTRACT

Ceren Karaçaylı. Determination of Conventional and High Frequency Hearing Thresholds of Infantry and Artillery. Baskent University Institute of Health Sciences Department of Ear nose Throat Audiology Master Thesis, 2020.

It is known that exposure to high volume sound has negative effects on hearing. The degree of these effects that occur with exposure to loud sound is related to the severity of the sound, the duration of the exposure and the frequency range of the sound. Individual characteristics, such as noise sensitivity, age, and previous hearing loss history, are also effective. The negative effects resulting from exposure to loud sounds can be listed as hearing loss and tinnitus. Recurrent acoustic traumas and tinnitus are common in military personnel.

The aim of this study is to determine the pure tone auditory thresholds in the artillery and infantry class, which are among the combat classes in the armed forces personnel and to determine the degree of possible hearing loss, as well as to examine whether the time spent in the military has an impact on the results.

This study included 35 infantry, 30 artillery and 43 controls. Hearing thresholds at 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 6000, 8000, 10000, 12500, 14000, 16000 Hz frequencies were measured by conventional and high frequency pure tone audiometry.

The left ear thresholds at 125 Hz, 250 Hz, 14000 Hz frequencies in the infantry group were significantly higher than the right ear thresholds ($p < 0.05$). In the artillery group, right ear thresholds at 125 Hz, 250 Hz, 16000 Hz frequencies were significantly higher than left ear thresholds ($p < 0.05$). At frequencies between 4000 Hz and 12500 Hz, there was a significant difference between all groups, with the highest thresholds in the artillery group and the lowest thresholds in the control group ($p < 0.05$). No significant difference was found between the artillery and infantry classes at 14000 Hz and 16000 Hz frequencies, but both groups were significantly higher than the control group ($p < 0.05$).

In conclusion, impulsive noise can be interrelated with higher pure tone thresholds at some frequencies in both infantry and artillery classes. It was detected that left ear was affected more in infantry group and the right ear was affected more in artillery group. Implementation of a hearing protection program and promotion of personal protective equipment use in the Turkish Armed Forces might reduce negative effects of impulsive noise.

Key words: Hearing loss, Infantry, Artillery, High frequency audiometry

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
ÖZET	ii
ABSTRACT	iv
İÇİNDEKİLER.....	vi
TABLOLAR LİSTESİ	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	x
1.GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Periferik işitme sistemi.....	3
2.1.1. Dış kulak	4
2.1.2. Orta kulak	6
2.1.3. İç kulak	7
2.2. Santral işitme sistemi	8
2.2.1. Koklear sinir.....	9
2.2.2. Koklear nükleus	9
2.2. İşitme Sistemi Fizyolojisi	10
2.2.1. Ses dalgası ve özellikleri	10
2.2.2. İşitme.....	10
2.3. Gürültüye Bağlı İşitme Kayıpları	14
2.3.1 Gürültünün özellikleri.....	15
2.3.2. Gürültünün ölçülmesi.....	15
2.3.3. Akustik travma	16
2.3.4. Geçici eşik kayması.....	16
2.3.5. Kalıcı eşik kayması	17
3.1. Gürültüye Bağlı İşitme Kaybı Tanısında Kullanılan Odyolojik Testler ..	17
3.1.1 Saf ses odyometri	17
3.1.2. Genişletilmiş yüksek frekans odyometri.....	18
3.1.3 Otoakustik emisyonlar	18
3. GEREÇ VE YÖNTEM	19
3.1. Çalışma Grupları.....	19
3.2. Kontrol Grubu	19

3.3. Çalışma dışı bırakılma kriterleri:	20
3.4. İstatistiksel Yöntem	20
4. BULGULAR	21
4.1. Piyadelerde Sağ ve Sol Kulak Konvansiyonel ve Yüksek Frekans Odyometri Sonuçları.....	21
4.2. Topçularda Sağ ve Sol Kulak Konvansiyonel ve Yüksek Frekans Odyometri Sonuçları.....	23
4.3. Kontrol Grubunda Sağ ve Sol Kulak Konvansiyonel ve Yüksek Frekans Odyometri Sonuçları	24
4.4. Kulak ve Frekans Bazında Gruplar Arası Karşılaştırmalar	25
4.4.1. Sağ kulak	25
4.4.2. Sol kulak	27
4.4.3. Her iki (sağ ve sol) kulak.....	28
4.5. Gruplar Arası Alçak, Orta ve Yüksek Frekans Eşik Karşılaştırmaları ..	29
4.6. Gruplarda Alçak, Orta ve Yüksek Frekanslar için Sağ ve Sol Kulak Karşılaştırmaları	31
4.7. Gruplar içi Korelasyonlar	31
6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	40
KAYNAKLAR	41

TABLULAR LİSTESİ

Tablo 2.1. Gürültüye bağlı işitme sisteminde görülen hasarlar.....	16
Tablo 3.1. Katılımcılara sorulan sorular.....	21
Tablo 4.1. Katılımcıların yaşları.....	24
Tablo 4.2. Piyade grubunun işitme eşikleri.....	25
Tablo 4.3. Topçu grubunun işitme eşikleri.....	27
Tablo 4.4. Kontrol grubunun işitme eşikleri.....	29
Tablo 4.5. Sağ kulak işitme eşiklerinin gruplar arası karşılaştırmaları.....	30
Tablo 4.6. Sol kulak işitme eşiklerinin gruplar arası karşılaştırmaları.....	32
Tablo 4.7. Sağ ve sol kulakta frekans ortalamalarının gruplar arası farkları.....	35

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Dış, orta ve iç kulak yapılarının şematik gösterimi.....	3
Şekil 2.2. Aurikulanın anatomik yapısı.....	5
Şekil 2.3. Kulak zarında görülen önemli anatomik landmarklar.....	6
Şekil 2.4. Ortakulakta görülen önemli anatomik yapılar.....	7
Şekil 2.5. İç kulak kesiti.....	9
Şekil 2.6. Santral işitsel yollar. DAS: dorsal akustik stria, IAS intermediate akustik stria, VAS ventral akustik stria.....	10
Şekil 2.7. Timpanik membran ve oval pencere membranı arasındaki empedans uyumsuzluğunun şematik çizimi.....	12
Şekil 2.8. Kemikçik kaldırma mekanizmasının şematik gösterimi.....	13
Şekil 2.9. Kavisli zar etkisinin (catenary lever) şematik gösterimi.....	13
Şekil 2.10. Kokleada ilerleyen dalgaının şematik gösterimi.....	14
Şekil 2.11. Odyogramda 6000 Hz frekansında görülen çentik.....	18
Şekil 4.1. Tüm frekanslarda sağ ve sol kulaktan elde edilen toplam saf ses işitme eşikleri ortalamasının gruplara göre dağılımı.....	33
Şekil 4.2. Piyade grubundaki korelasyonlar.....	37
Şekil 4.3. Topçu grubundaki korelasyonlar.....	38

SİMGELER VE KISALTMALAR

dB	Desibel
DPOAE	Distorsiyon Ürünü Otoakustik Emisyonlar
GBİK	Gürültüye Bağlı İşitme Kaybı
Hz	Hertz (Hz)
IQR	Çeyrekler Arası Aralık
SD	Standart Sapma
SPL	Sound Pressure Level
OSHA	Occupational Safety and Health Administration
OAE	Otoakustik Emisyonlardan
TSK	Türk Silahlı Kuvvetleri
YFO	Yüksek Frekans Odyometri

1.GİRİŞ

Yüksek şiddette sese maruz kalmanın işitme üzerine olumsuz etkilerinin olduğu bilinmektedir. Yüksek sese maruziyet ile ortaya çıkan bu etkilerin derecesi, sesin şiddeti, maruziyetin süresi ve sesin frekans aralığı ile ilişkilidir. Aynı zamanda, gürültüye duyarlılık, yaş, daha önceki işitme kaybı öyküsü gibi bireye bağlı özellikler de etkilidir (1). Yüksek sese maruziyet sonucu ortaya çıkan olumsuz etkiler temelde işitme kaybı ve tinnitus olarak sıralanabilir. İşitme kaybının çok yüksek şiddette sese kısa süreli ya da anlık maruziyet sonucu gelişmesi akustik travma, daha düşük şiddette olmakla birlikte daha uzun süreli maruziyet sonucu gelişmesi ise gürültüye bağlı işitme kaybı olarak ifade edilir.

Tekrarlayan akustik travmalar ve tinnitus askeri personelde sık görülen bir durumdur (2). Askeri personelin işitme düzeyi ve gürültü arasındaki ilişkiyi inceleyen birçok yayın yapılmıştır (1-4). Askeri personelde meydana gelen işitme kaybı, helikopter, uçak ya da zırhlı araç gürültüsü gibi kronik bir maruziyete ya da top ateşi impulsif bir gürültüye bağlı olarak oluşabilir (4). Kanada ordusunda yapılan bir çalışmada, uzun süre gürültüye maruz kalan personelin yaklaşık %7 ila %26'sında orta dereceden ileri dereceye kadar, büyük oranda sol kulakta, özellikle 4 ve 6 kHz frekanslarında olmak üzere işitme kaybı olduğu görülmüştür. Bu personelin yarısına varan kısmında tinnitus ve tinnitusa bağlı yakınmalar mevcuttur (5). Muhr ve ark. 2006 yılında yaptıkları bir çalışmada, orduda geçirilen süre arttıkça işitme kaybının da arttığını belirlemişlerdir (3).

Gürültüye bağlı işitme kaybı, askeri personelin iş performansını çok ciddi bir biçimde etkileyebilir (4). Kara operasyonlarında, askerler keskin nişancıya olan uzaklığı ve merminin yönünü kesin bir biçimde tayin etmek, uyarı sinyallerini ve iletişim araçlarını duymak zorunda olduklarından gürültünün olumsuz sonuçları çok daha belirgin gözlenebilir (6). Gürültüye bağlı işitme kaybı, uyku kalitesinde bozulma, kognitif bozulma ve birçok kulak dışı semptomu yol açarak, insanların hayat kalitesini de ciddi oranda düşürür.

Türk Silahlı Kuvvetleri (TSK), Genelkurmay Başkanlığı Karargah ve Karargaha bağlı birlikler ile Kara Kuvvetleri Komutanlığı, Deniz Kuvvetleri Komutanlığı ve Hava Kuvvetleri Komutanlığından oluşmaktadır. 2017 yılı verilerine göre TSK bünyesinde 203 general/amiral, 26 278'i subay, 64 999'u astsubay olmak üzere toplam 359 273 askeri

personel bulunmaktadır. Bu dağılımda en büyük pay Kara Kuvvetleri Komutanlığına aittir. Kara Kuvvetleri teşkilatı muharip sınıflar ve yardımcı sınıflar olmak üzere ikiye ayrılır. Muharip sınıflar; Piyade, süvari, tank, topçu, hava savunma, kara havacılık, istihkam, muhabere ve istihbarattır (7). Bu muharip sınıflardan en fazla gürültüye maruz kalan gruplar topçu ve piyadelerdir. Havan topunun ses seviyesi 190 dB iken top atışına 100 m uzaktayken bile maruz kalınan ses seviyesi 145 dB'dir. Bir piyade tüfeği ateşlendiğinde ise tüfek tarafında kalan kulağa ulaşan ses seviyesi 140-159 dB'dir (8). Bu nedenle bu sınıflarda işitme kaybı ve tinnitus sıklıkla görülmektedir. Ancak gerek işitme kaybının özellikleri, gerekse orduda geçirilen sürenin işitme kaybı üzerine etkisi net değildir.

Bu çalışmanın amacı, silahlı kuvvetler personelinde muharip sınıflardan olan topçu ve piyade sınıfında saf ses işitme eşiklerinin belirlenmesi, olası işitme kaybı ve tinnitus varlığının ve sıklığının belirlenmesi, ayrıca orduda geçirilen sürenin sonuçlar üzerine etkisi olup olmadığının incelenmesidir.

2. GENEL BİLGİLER

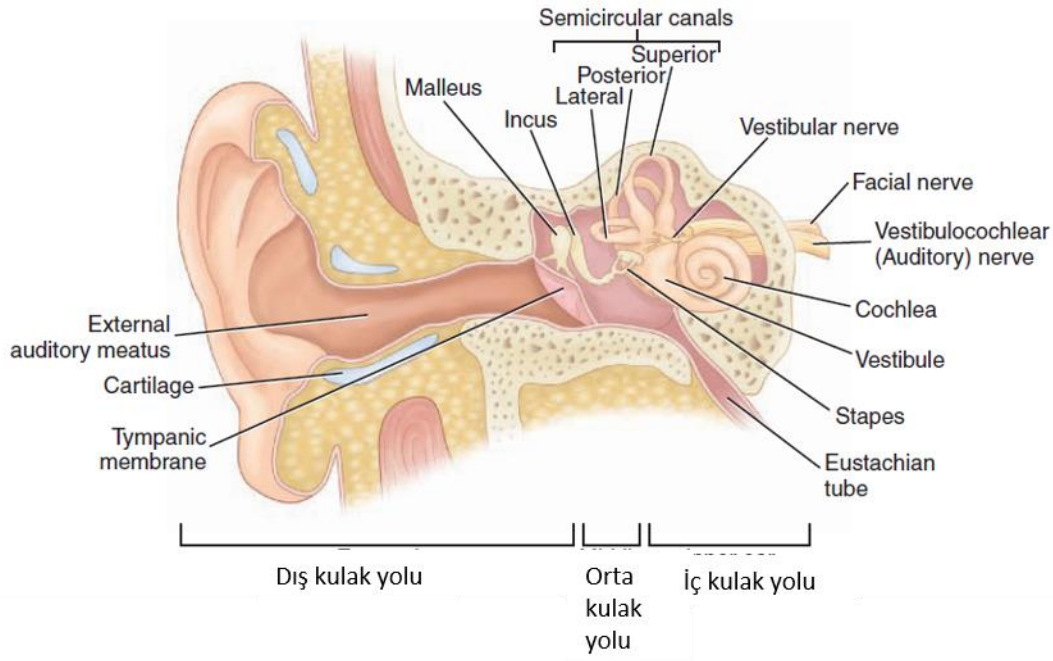
Günlük hayatta yapmakta olduğumuz pek çok aktivite işitmeyi gerektirir. İşitme sistemi o kadar mükemmel çalışır ki çoğu zaman nasıl çalıştığına dikkat etmeyiz. Bu yetenek tüm hayvanlar için muazzam bir hayatta kalma yeteneği sağlar. İnsanların sosyal bir iletişim kurabilmeleri için de akustik sinyalleri hızlı bir biçimde işleyebilen bir işitme sistemine ihtiyaç vardır (9).

İşitme sistemi santral ve periferik olmak üzere iki başlık altında incelenebilir. Periferik işitme sistemi dış, orta ve iç kulaktan oluşurken, santral işitme sistemi işitme siniri ve santral işitsel yollardan oluşur (10)

2.1. Periferik işitme sistemi

Kulak işitme ve denge sisteminin periferik bölümünü oluşturur ve temporal kemik içinde bulunur. Kulak üç bölüm olarak incelenir (11). Bu bölümler:

- Dış kulak
- Orta kulak
- İç kulak



Şekil 2.1. Dış, orta ve iç kulak yapılarının şematik gösterimi (Kaynak: Delmar/Cengage Learning)

2.1.1. Dış kulak

Dış kulak, kulak zarının lateralinde kalan dış kulak yolu, dış kulak yolunun kıkırdak parçası ve auriküladan oluşur.

Aurikula elastik fibrokartilajdan oluşmuştur ve üzeri perikondrium ve cilt ile çevrilidir. Pinna olarak da adlandırılır. Lateral yüzündeki cilt medial yüzündeki cilde göre perikondriuma daha sıkı yapışmıştır. Aurikulanın ses enerjisini yakalamak ve uzaydaki yerini lokalize etmek gibi önemli işlevleri vardır. *Heliks* aurikulanın en dış kısmını oluşturur ve kıvrımlı bir yapısı vardır. Heliksin postero-süperiorunda bulunan çıkıntılı kısma *auriküler tüberkül* ya da *Darwin'in tüberkülü* denir. Heliksin hemen anteriorunda bulunan yine heliks gibi kıvrımlı olan yapıya *antiheliks* adı verilir. Heliks ve antiheliks arasında bulunan girintili yapıya *skafoid fossa* adı verilir. Antihelix süperiorunda ikiye dallanarak *crura antihelicis* oluşturur. Crura antihelicis arasında kalan çukur alana *fossa triangülaris* adı verilir. Arka sınırını antiheliks yapıtı çukurluğa *konka aurikülaris* denir. Konka aurikülaris *krus heliks* tarafından ikiye bölünür. Üstte kalan bölüm *simba konka*, altta kalan bölüm ise *kavum konka*dır. Dış kulak yolunun anteriorunda bulunan kıkırdak çıkıntıya *tragus* denir. Tragusun postero-inferiorunda bulunan çıkıntıya *antitragus*, tragus ve antitragus arasında yer alan çentiğe *incisura intertragica* adı verilir. Antitragusun alt kısmında yer alan, kıkırdak içermeyen, areolar bağ dokusu ve yağ dokusu içeren yumuşak kısma lobül denir (11, 12). Aurikulanın anatomik yapısı Şekil 2'de gösterilmiştir.



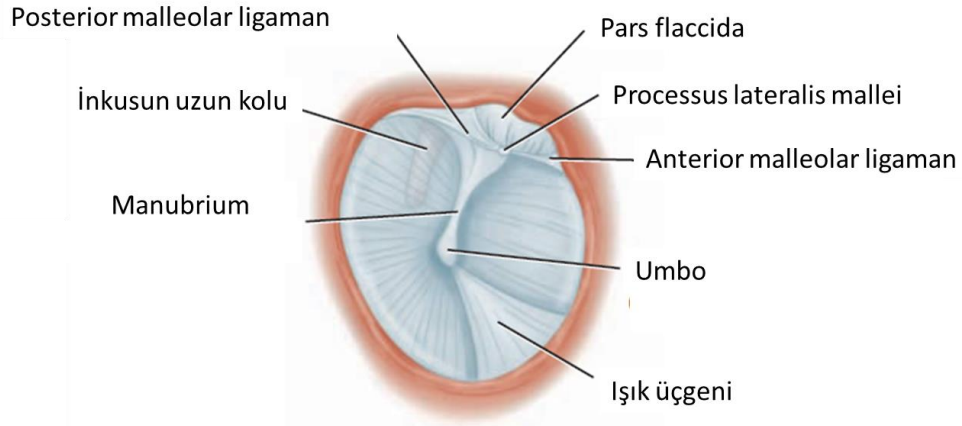
Şekil 2.2. Aurikulanın anatomik yapısı (12)

Dış kulak yolu 7 mm genişliğinde ve kavum konka tarafından ölçülürse 2.5 cm'dir. Eğer tragus tarafından ölçülürse uzunluğu yaklaşık 3 cm olur. Dış kulak yolunun lateral 1/3 kısmı kıkırdaktır. Medial 2/3 kısmı ise kemiktir. İki yerde daralır. İlk darlık kemik ve kıkırdak kısımların birleşme yeridir. İkinci darlık ise istmus adı verilen timpanik membranın yaklaşık 5 mm lateralinde olan alandır (11, 12).

Dış kulağın işitme üzerinde iki önemli etkisi vardır. Bunlardan ilki sesin lokalize edilmesine olan faydasıdır. Diğeri ise rezonans frekansının timpanik membran üzerinde yarattığı ses basıncına olan etkisidir (13).

Timpanik membran dış kulak ile orta kulak arasındaki sınırı oluşturur. İki boşluğu birbirinden ayıran, oldukça ince, üç katlı bir yapıdadır. Dış kulak yolunun epitel dokusu timpanik membranın da lateral tabakasını oluşturur. Orta kulak epiteli ise timpanik membranın medial tabakasını oluşturur. Bu iki tabaka arasında kalan, radyal ve sirküler liflerden oluşan fibroelastik doku ise timpanik membranın dayanıklılığını ve gerginliğini artırır (11).

Timpanik membran yaklaşık olarak 55 mm²'dir. Üzerinde önemli landmarklar bulunur. Bu landmarklar Şekil 3'te gösterilmiştir.



Şekil 2.3. Kulak zarında görülen önemli anatomik landmarklar (11)

Timpanik membran dış kulak yolundan bakıldığında hafif konkav olarak görülür. En derin noktasına *umbo* denir. Kulak zarının büyük bir bölümü fibröz doku içerse de *pars flaccida* içermez ve bu bölüm kulak zarının antero-superiorunda görülebilir. Pars flaccidanın her iki yanında *plica malleolaris anterior* ve *plica malleolaris posterior* bulunur. Timpanik membran ve malleus arasındaki bu sıkı bağlantılar akustik enerjinin kemikçik zincire iletimini sağlar. Timpanik membran yarı şeffaf bir yapıdadır. Bazı insanlarda zarın arkasından inkusun uzun kolu görülebilir (11).

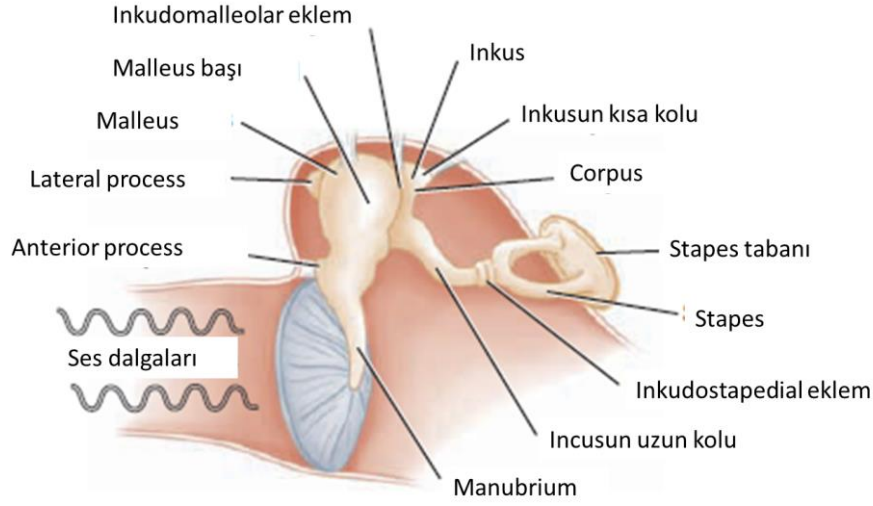
Timpanik membran oval bir yapıdadır. Süperior-inferior mesafesi yaklaşık 10 mm'dir. Anterior-posterior uzunluğu yaklaşık 9 mm'dir. Membran tabanla yaklaşık 55° açı yapacak şekilde yerleşmiştir. Timpanik membranın çevresinde timpanik sulkusa oturan fibrokartilaginöz bir halka vardır (11).

2.1.2. Orta kulak

Orta kulak küçük bir boşluktur ancak işitmede çok önemli bir rol alır. Bu boşlukta bulunan en önemli yapı vücudun en küçük kemikleri tarafından oluşturulan kemikçik zincirdir. Bu kemikçik zincir *malleus*, *inkus* ve *stapes* adı verilen üç küçük kemik tarafından oluşturulur. Birbiri ile eklem yapmış bu kemikçikler tarafından oluşturulan kemikçik zincir akustik enerjinin timpanik membrandan iç kulağa iletilmesinde rol oynar (11, 12).

Bu kemikçiklerden en büyüğü malleustur ve timpanik membran ile bağlantılıdır. Ağırlığı yaklaşık 23 mg'dır ve baş, boyun ve üç adet çıkıntıdan (manubrium mallei, anterior ve lateral çıkıntılar) oluşur. Malleus üç adet asıcı ligaman sistemi ile desteklenir.

Biri uzun biri kısa iki kol ve bir gövdeye sahip olan inkus yaklaşık 27 mg ağırlığındadır. Malleus ile gövde kısmı eklem yapar. Uzun kolu stapes başı ile eklem yapar. Vücuttaki en küçük kemik olan stapes yaklaşık 2.5 mg ağırlığındadır. Oval pencere üzerine oturur. Baş, boyun, bacaklar ve taban olarak dört bölümde incelenir (12). Kemikçik zincir Şekil 4'te gösterilmiştir.



Şekil 2.4. Ortakulakta görülen önemli anatomik yapılar (11)

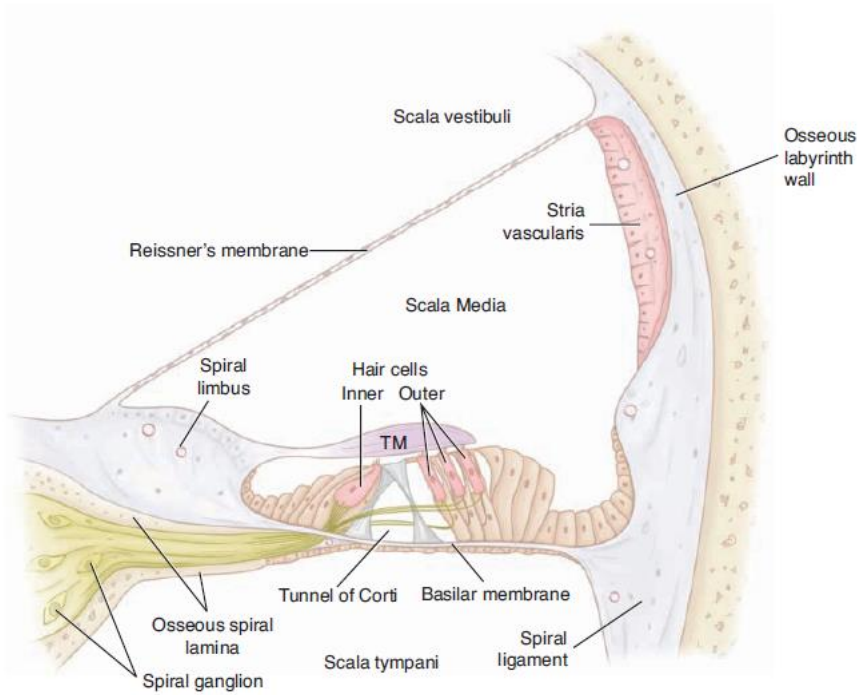
Orta kulakta kemikçiklere yapışan iki adet kas bulunur. Stapedius kası yaklaşık 6 mm uzunluğundadır. Orta kulak arka eminensia pyramidalis ile stapes başı arasında yer alır. Fasiyal sinirin n. stapedius dalı ile inerve edilir. Stapes tabanının ön kenarını laterale, posterior kenarını mediale çekerek iç kulağa iletilen ses şiddetini azaltır. Orta kulakta bulunan diğer kas tensör timpani kasıdır. Yaklaşık olarak 25 mm uzunluktadır. Eustachii tüpünün kıkırdak parçası ve sfenoid kemiğin ala majöründen başlar. Manubrium malleinin medial ve anterior kısmına yapışır. Trigeminal sinir tarafından inerve edilir. Hem stapedius hem de tensör timpani kası orta kulak sisteminin katılığını artırarak alçak frekanslardaki seslerin iç kulağa iletimini azaltır (11, 12).

2.1.3. İç kulak

İç kulak hem işitsel hem de vestibüler yapıları bir arada bulundurur. Temporal kemiğin petröz kısmında yer alır. İşitme ile ilgili olan bölümü koklea olarak adlandırılır (13).

İnsan kokleası uzunluğu 30-31 mm, çapı yaklaşık 7 mm, kendi üzerinde 2,5 tur dönüş yapan ve apekse doğru gittikçe çapı azalan salyangoz şeklinde bir yapıdır (14).

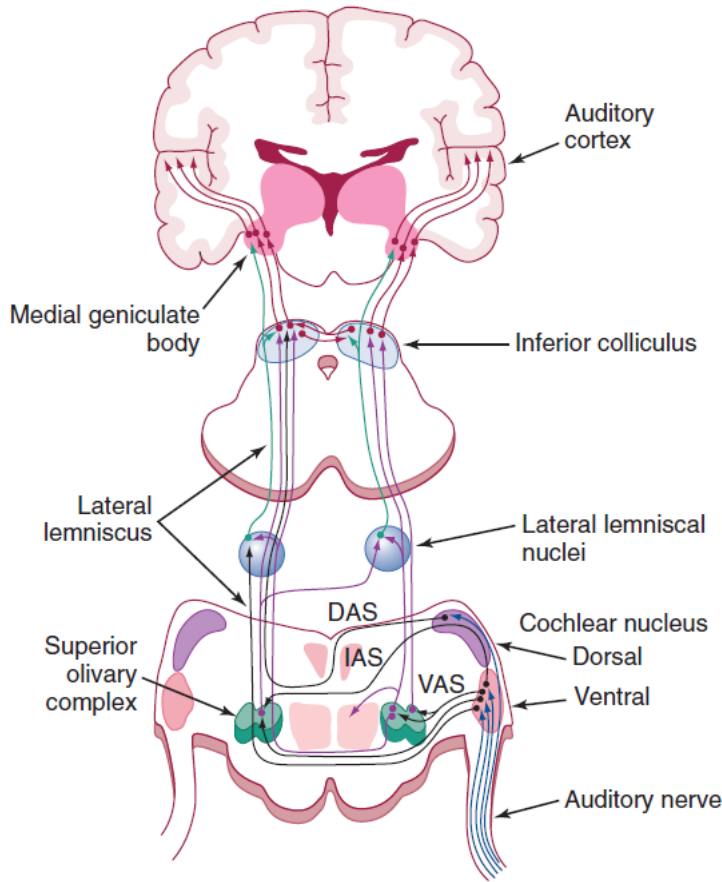
Kokleada üç adet içi sıvı dolu kanal bulunur. Bu kanallardan stapes tabanı ile başlayan skala vestibüli ve yuvarlak pencerede sonlanan skala timpani içinde, iyonik konsantrasyonu ekstraselüler sıvıya benzer, yüksek Na^+ ve düşük K^+ yoğunluğuna sahip perilemf sıvısı bulunur. Kokleanın ortasında bulunan, skala vestibüliden Reissner membranı ile skala timpaniden ise bazal membran ile ayrılan içinde hücre içi sıvısına benzeyen iyonik içeriği ile K^+ 'dan zengin Na^+ 'dan fakir endolenf bulunduran kanal ise skala mediadır. Skala timpani ve skala vestibüli birbirine helikotrema adı verilen bir yapı ile birbirine bağlanır. Baziler membran üzerinde yer alan korti organı baziler membran hareketlerini sinirsel uyarılara dönüştüren tüy hücrelerini içerir. İç ve dış olmak üzere iki çeşit tüy hücresi vardır. İnsan kokleasında 3 ila 5 sıra halinde yaklaşık 12.000 dış tüy hücresi bulunurken, tek sıra halinde bulunan yaklaşık 3.500 iç tüy hücresi bulunur (11, 15).



Şekil 2.5. İç kulak kesiti (Kaynak: Delmar/Cengage Learning)

2.2. Santral işitme sistemi

Santral işitsel yollar, işitme sinirini beyin sapı, thalamus, orta beyin ve serebral kortekse bağlayan tüm inen ve çıkan nöronal projeksiyonları içerir (16).



Şekil 2.6. Santral işitsel yollar. DAS: dorsal akustik stria, IAS intermediate akustik stria, VAS ventral akustik stria (16).

2.2.1. Koklear sinir

8. kranial sinir olan vestibulokoklear sinirin bir parçası olan koklear sinir, iç ve dış saçlı hücrelerden beyin sapına işitsel uyarıları taşıyan afferent lifler içerir. Bu sinirlerin hücre gövdeleri kokleadaki spiral ganglionda bulunur. Spiral ganglionda bulunan sinirler bipolardır ve %90 ila %95'i büyük ve miyelinli aksonlardan oluşur. Kalan %5 ila %10 lif ise daha ince ve miyelinsiz aksonlardan oluşur. Büyük olan nöronlara Tip I ganglion hücreleri denir ve iç saçlı hücreler ile bağlantısı vardır. Daha küçük olan liflere ise Tip II nöronlar denir ve bunlar dış saçlı hücreler ile etkileşime geçerler. Her iki tip hücre de koklear nükleusa projekte olur, lifleri koklear sinir içinde internal akustik kanaldan ve serebellopontin köşeden geçer (11, 16).

2.2.2. Koklear nükleus

Tüm periferik işitsel bilgiler, santral sinir sistemine koklear nükleus üzerinden iletilir. Koklear nükleus içerisinde ilk işitsel işleme meydana gelir. İnsanlarda dördüncü ventrikülün tabanında bulunur (16). Koklear nükleustaki nöronların aksonları ve

2.2. İşitme Sistemi Fizyolojisi

2.2.1. Ses dalgası ve özellikleri

Ses, ortamdaki moleküllerin sıkışma ve gevşemesine neden olarak yayılan bir çeşit titreşim enerjisidir. Sesin yayılma hızı ortamdaki içinde bulunduğu ortamın yoğunluk ve elastisitesine bağlıdır. Bir ortamın elastisitesi, kendisini oluşturan moleküller arasındaki mesafe azaldıkça artar. Bu nedenle de ses en hızlı katı, en yavaş ise gaz ortamda yayılır. Ses dalgalarının havadaki hızı 340 m/sn'dir (17, 18)

Ses dalgası havada ilerlerken moleküllerin sıkışması (kondensasyon) ve gevşemesi (rarefaksiyon) ile oluşan longitudinal dalgalardan oluşur. Bu dalganın ses kaynağından uzaklaştıkça genliği azalır (13).

Ses dalgası en basit haliyle sinüzoidal dalga olarak ifade edilir. Bir sinüzoidal dalgayı tarif edebilmek için üç özelliğinin belirtilmesi gerekmektedir. Bunlardan ilki frekanstır ve bir dalganın 1 saniye içinde kaç kez tekrarlandığını belirtir. Frekans birimi Hertz (Hz) ya da cycle per second (cps) olarak ifade edilir. İnsan kulağı 20 – 20.000 Hz arası sesleri duyabilir. Sinüzoidal dalganın ikinci özelliği amplitüddür. Sesin şiddetini ifade eder ve birimi desibel (dB)'dir. Desibel ismi Alexander Graham Bell'in isminden gelmektedir. Desibel logaritmik bir ölçüdür ve insan kulağının duyabildiği en düşük ses seviyesine göre mevcut sesin oranını ifade eder (12, 13, 19). Ses dalgasını tanımlamak için kullanılan son özellik ise fazdır. Faz sinüzoidal dalganın başlangıç pozisyonunu belirtmek için kullanılır (20).

Hareket eden herhangi bir nesne harekete karşı olan bir direnci yenmelidir. Bir ortamın empedansı ses dalgalarının hareketine karşı o ortamın gösterdiği dirençtir. Genel bir kural olarak eğer bir ortamdaki moleküllerin yoğunluğu artarsa, o ortamın ses dalgalarına karşı gösterdiği direnç artar. İki ortamın empedansı arasındaki fark ne kadar fazlaysa, yeni ortama geçemeyip yansıyan enerji miktarı o kadar fazla olur (18).

2.2.2. İşitme

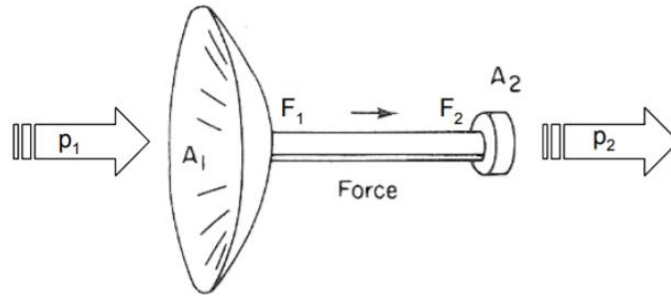
Ortamdaki ses dalgalarının işitme organlarımız tarafından tanınması ve santral sinir sistemindeki ilgili merkezler tarafından algılanması süreci işitme olarak tanımlanır. İşitme 4 süreçte gerçekleşir;

1) İletim (conduction) fazı: İlk aşamada ses dalgalarının işitilebilmesi için corti organına iletilmesi gerekir. Bu mekanik ve ses enerjisi ile gerçekleşen olaya iletim yani

conduction denir.

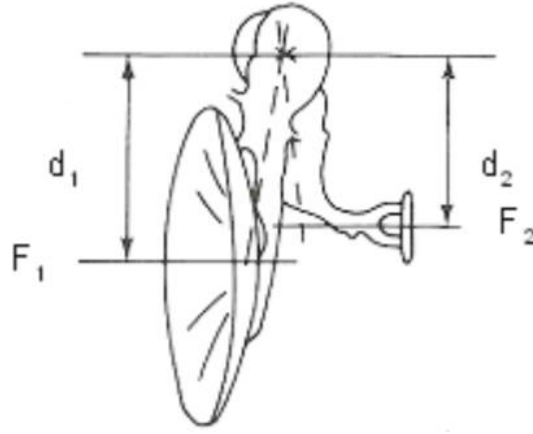
Ses dalgaları gaz dolu bir ortamdan iç kulakta bulunan sıvı ortama iletmeye çalışılırken iki ortam arasındaki akustik empedans farklarından dolayı yaklaşık olarak 30 dB'lik bir kayıp meydana gelir. Bu iletim sırasında büyük rol oynayan orta kulak, kulak zarı ve içinde bulundurduğu kemikçik zincir ile bu enerji kaybını çeşitli mekanizmalarla karşılar. Bu enerji kaybını karşılayan mekanizmalara empedans eşleştirme mekanizmaları denir ve üç tanedir (21).

a) Bu empedans eşleştirme mekanizmalarından en etkilisi alan oranı dönüşümüdür. Timpanik membran ve oval pencere alanları arasındaki farktan kaynaklanır. Bu mekanizma aşağıdaki şemada özetlenmiştir. Kulak zarının titreşen alanı yaklaşık 55 mm²'dir. Stapes tabanı ise yaklaşık 3.2 mm²'dir. Buna göre kulak zarının titreşen alanının oval pencere alanına oranı yaklaşık 17.2 kat daha fazladır. Bu oran yaklaşık 25 dB SPL (sound pressure level)'dir. Bu mekanizmaya "hidrolik kaldıraç (lever)" de denir (21).



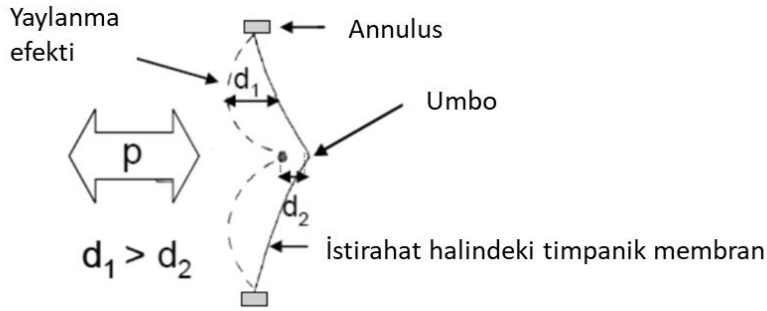
Şekil 2.7. timpanik membran ve oval pencere membranı arasındaki empedans uyumsuzluğunun şematik çizimi (21).

b) İkinci empedans eşleştirme mekanizması "Kemikçik kaldıraç (ossicular lever)" olarak adlandırılır. Malleus ve stapes arasındaki rotasyonel hareketi de içerir. Bu hareket, malleus ve inkus arasında sıkı bir bağ varken malleusun anterior ligamentiyle, inkusun ise posterior ligamentiyle orta kulak boşluğuna asılı olması nedeniyle olur. Bu düzenleme, merkezi bir pivot noktası (dayanak noktası) oluşturur. Malleus ve stapesin nispi dönme hareketine izin verir, böylece bir kaldıraç mekanizması oluşturur (21).



Şekil 2.8. Kemikçik kaldıraç mekanizmasının şematik gösterimi (21)

c) Üçüncü empedans eşleştirme mekanizması kavisli zar etkisidir. Bu etkiye “catenary lever” da denir. İlk olarak 1868 yılında Helmholtz tarafından açıklanmıştır. Helmholtz umbonun zarın diğer alanlarından daha az yer değiştirdiğini farketmiştir. Timpanik membranın anulusa yakın olan kısmı sıkı bir şekilde anulusa bağlanmıştır ve umboya yapışmak için mediale doğru bir kavis yapar. Böylece anulus ve umbo arasında titreşen zar, enerjinin umboya 2 kat ya da 6 dB SPL fazla iletilmesini sağlar. Yani bir kaldıraç etkisi oluşturur (21).

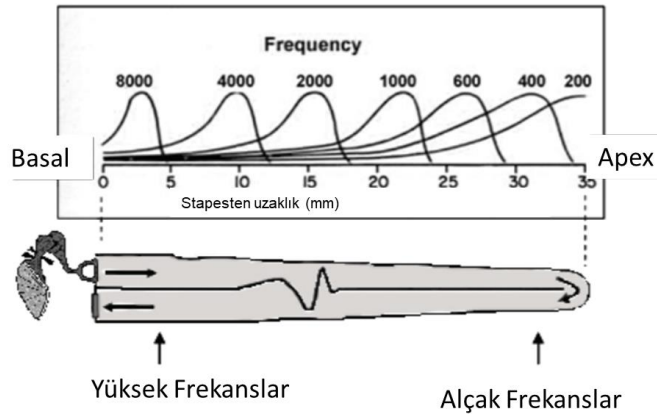


Şekil 2.9. Kavisli zar etkisinin (catenary lever) şematik gösterimi (21)

2. Dönüşüm (transduction) fazı: İç kulakta bulunan koklea, stapesin ilettiği mekanik enerjiyi santral sinir sistemine iletilebilmek üzere elektrokimyasal iletiye dönüştüren bir dönüştürücü (transducer) gibi çalışır. Bu işlemin ilk aşamasında stapesin yarattığı mekanik enerji, kokleanın içindeki sıvılarda hareketlenme yaparak baziler membranda bir dalgalanma hareketine yol açar. Baziler membranın hareketlenmesi iç ve dış saçlı hücrelerin stereosilyalarında hareketlenme başlatır. Dış saçlı hücreler gelen ses enerjisini yükselten bir amplifikatör görevi görürken, iç saçlı hücreler stereosilyaların mekanik hareketi ile nörotransmitter salınımına yol açarak vestibulokoklear sinirin koklear

parçasının aktive olmasını sağlayan sensör hücrelerdir (21).

Hem oval hem de yuvarlak pencere ileri geri hareket edebilen elastik membranlar ile örtülüdür. Oval pencerenin içeriye doğru yaptığı hareket, perilenf sıvısının skala vestibüliden skala timpaniye doğru itilmesini sağlar. Kokleanın apeksindeki helicotremanın perilenf skala timpaniye doğru hareket ettiğinde, skala timpanideki basıncı sabit tutabilmek için yuvarlak pencere membranı orta kulağa doğru hareketlenir. Stapesin skala vestibüliden uzaklaşması ise tam tersi bir harekete yol açarak yuvarlak pencere membranının içeri doğru hareketine yol açar. Stapesin yarattığı bu içe ve dışa doğru tekrarlayan hareket bazal membranda bir “ilerleyen dalga” oluşmasına yol açar. Baziler membran, farklı frekanslardaki ses uyarılarına farklı tepki verir ve maksimum yer değiştirmeye ulaştığı yeri ses dalgasının frekansına bağlıdır. Ses frekansı arttıkça baziler membrandaki maksimum yer değiştirme apeksten bazale doğru kayar. Bu özelliğe baziler membranın tonotopik organizasyonu denir (21).



Şekil 2.10. Kokleada ilerleyen dalganın şematik gösterimi (21)

İlerleyen dalga teorisi ilk kez 1953 yılında Békésy tarafından ortaya atılmıştır. Baziler membranın yer değiştirmesinin en yüksek olduğu noktanın ses dalgasının frekansına bağlı olduğunu ve hareketli dalga mekanizmasının koklea tarafından yapılan ses analizinden sorumlu olduğunu savunmuştur. Baziler membranın genişliği bazal turda yaklaşık 0.12 mm, apikal turda ise yaklaşık 0.5 mm'dir. Bu durum baziler membranın bazalde daha katı apekte ise daha esnek olmasını sağlar. İlerleyen dalga teorisine göre yüksek frekanslarda maksimum genliğin bazal turda alınma sebebi buradaki baziler membran katılığı ile açıklanmıştır (21, 22, 23).

3. Nöral şifre (neural coding) fazı: Tüy hücrelerinde bulunan stereosilyaların

mekanik hareketi elektrokimyasal enerjiye çevirmesi ile iç saçlı hücrelerin bazalinden nörotransmitter salınır ve sinir sistemine uyarı başlamış olur. Bu nörotransmitterler sinaptik aralıktan geçerek beyin sapı ile bağlantıyı sağlayan sinir liflerinin post sinaptik membranında bulunan spesifik reseptör alanlarına bağlanır. Eğer yeterli miktarda nörotransmitter salınırsa sinirde ateşleme meydana gelir ve oluşan elektriksel uyarı beyin sapına kadar iletilir.

Baziler membranın tonotopik organizasyonu koklear sinirde de devam eder. Kokleanın apeksindeki baziler membrandan gelen bilgileri taşıyan sinir lifleri işitme sinirinin merkezinde yer alırken, kokleanın bazal kısmındaki yüksek frekans bölgesinden gelen lifler işitme sinirinin periferinde yer alır (21).

4. Algı (cognition) – birleştirme (association) fazı: Koklear sinir vasıtasıyla gelen sinir iletimleri, santral sinir sistemine ait işitme merkezinde birleştirilir. Bu sayede ses anlamlandırılır ve karakteri anlaşılır hale gelir (23).

2.3. Gürültüye Bağlı İşitme Kayıpları

Yüksek sese maruziyet işitme kayıplarının en sık görülen sebeplerinden biridir. Gürültüye bağlı işitme kaybı (GBİK) akut ve kronik olarak ikiye ayrılabilir. Kronik GBİK'ları mesleki (occupational) yada mesleki olmayan (non-occupational) olarak ikiye ayrılır. Kronik GBİK'larının büyük çoğunluğu mesleki işitme kayıplarıdır ve günümüzde hala tedavi seçenekleri sınırlıdır.

Akut gürültüye bağlı işitme kaybı ikiye ayrılabilir. Bunlardan ilki akustik travmadır. İkincisi ise konser gibi yüksek sesli ortamda bulunmayla görülen akut gürültüye bağlı işitme kaybıdır. Akustik travma silah patlaması gibi yüksek sese çok kısa süreli maruz kalma ile meydana gelir. Maruziyet gerçekleşir gerçekleşmez, periferik işitme mekanizmasının elastik limitleri aşıldığı için mekanik olarak da iç kulakta hasar meydana gelir. Bu çeşit yaralanma ≥ 130 dBA gibi ciddi yüksek ses seviyelerinde meydana gelir. Diğer yandan akut gürültüye bağlı işitme kaybı dakikalar ve saatler arasında değişen sürelerde maruziyet sonrası meydana gelir. Örneğin konsere giden insanlar genellikle bu etkinliklerin sonrasında kulaklarında bir çınlama ya da dolgunluk hissederler. Bu tip hasar genellikle aşırı uyarıma bağlı metabolik hasar nedeniyle meydana gelir. Genellikle maruz kalınan ses seviyesi 100-120 dBA seviyelerindedir. GBİK sınıflaması Tablo 1'de verilmiştir.

Bazı akut gürültüye bağlı işitme kayıpları geri dönüşümlüdür. Bu iyileşme ihtimalini daha da arttırabilmek için steroid, hiperbarik oksijen terapisi ve dextranlar gibi çeşitli tedavi modaliteleri uygulanır (24).

Tablo 2.1. Gürültüye bağlı işitme sisteminde görülen hasarlar (24)

Sınıflama	Maruziyet	Maruziyet Süresi
Akut gürültüye bağlı işitme kaybı		
Akustik travma	Silah atışı Fişek	Anlık
Akut gürültüye bağlı işitme kaybı	Konser	Genellikle dakikalar ve saatler arasında
	Diğer ses kaynakları	
Kronik gürültüye bağlı işitme kaybı		
Mesleki gürültüye bağlı işitme kaybı	Uzun dönem gürültülü ortamda çalışma	5-15 yıl arası yada daha fazla
Mesleki olmayan gürültüye bağlı işitme kaybı	Uzun dönem gürültülüye maruz kalma	Hastadan hastaya değişir

2.3.1 Gürültünün özellikleri

Gürültü terimi ile genellikle huzursuzluk verici ya da istenmeyen sesler ifade edilir. Gürültü bazı alt tiplere ayrılır. Eğer gürültü sabit seviyede devam ediyorsa devamlı gürültü olarak tanımlanır. Eğer ses şiddeti artıp azalıyor ise fluktuan gürültü olarak adlandırılır. Eğer ses zaman içinde ara ara devam edip ara ara kesiliyorsa intermittan olarak adlandırılır. Patlama ya da iki metalin birbirine çarpması gibi çok kısa süreli yüksek ses çeşidine impulsif gürültü adı verilir (25).

2.3.2. Gürültünün ölçülmesi

Gürültünün en önemli parametresi şiddetidir. Ses şiddet birimi olarak dB kullanılır. Bununla birlikte dB ortamdaki sesin net ölçümünü vermez çünkü iki ses seviyesinin birbiri ile karşılaştırılmasını sağlayan logaritmik bir değerdir. Referans değer ise insan kulağının duyabildiği en düşük ses basıncı seviyesi olan 20 µPa kabul edilir.

Bir ortamdaki ses seviyesi “ses düzey ölçer (sound level metre)” adı verilen bir cihaz ile ölçülür. Bu cihazların belli kısıtlılıkları vardır ve ortamdaki tüm ses şiddetini ölçemez. Bu yüzden bu cihazlar önceden belirlenmiş frekans ve ses şiddeti aralığındaki sesleri ölçebilecek şekilde ayarlanır.

Gürültünün ölçülebilen şiddeti ile insan kulağı tarafından algılanan şiddeti (gürlük) arasında fark vardır. Ancak elimizde direkt olarak gürültünün gürlük değerini ölçebilecek bir cihaz olmadığı için belli filtreler geliştirilmiştir. Gürültü ölçümü sırasında kullanılan en yaygın filtreleme sistemi “A-skala” ya da dB(A)’dır. Bu skala insan kulağı için daha zararlı

olma potansiyeline sahip olan 1-8 kHz arasındaki sesleri içerir. dB(A) skalası dışında orta ve yüksek frekansları da içeren B ve C skalaları da vardır (26,27,28).

Gürültüye bağlı işitme kayıplarında maruz kalınan gürültünün sadece şiddetinin değil süresinin de etkili olduğu anlaşıldıktan sonra sadece ses seviyesini değil süresini de birlikte değerlendiren cihazlar geliştirilmiştir. Bu cihazlar daha çok mesleki ses maruziyetini belirlemede kullanılır. Ancak impulsif gürültüyü ölçmez (26).

2.3.3. Akustik travma

Akustik travma terim olarak impulsif bir gürültüye maruziyet sonrası gelişen işitme kaybını ifade eder (29). Genellikle bu tip gürültünün süresi 0.2 sn'dir (30). İnsan kulağında hasar yaratabilmesi için şiddetinin ortalama 130-140 dB SPL civarında olması gerekmektedir (31). Akustik travmada kokleada oluşan mekanik hasar, metabolik hasardan daha ön plandadır. Eğer 140 dB SPL ses seviyesini aşan kısa süreli ve iç kulağın elastik limitlerini aşan bir travma meydana gelirse, burada görülen işitme kaybı genellikle kalıcıdır. Bu hasarda korti organı genellikle bazal membrandan ayrılır, yapısı bozulur ve skar dokusu ile iyileşir. Bu tip yaralanmalarda sesin süresinden çok şiddeti önem kazanır. Bu seslere örnek olarak fişek (170 dB SPL), oyuncak tabanca (155 dB SPL), gerçek tabanca, güçlü bir tüfek ya da av tüfeği (160-170 dB SPL) verilebilir. (32)

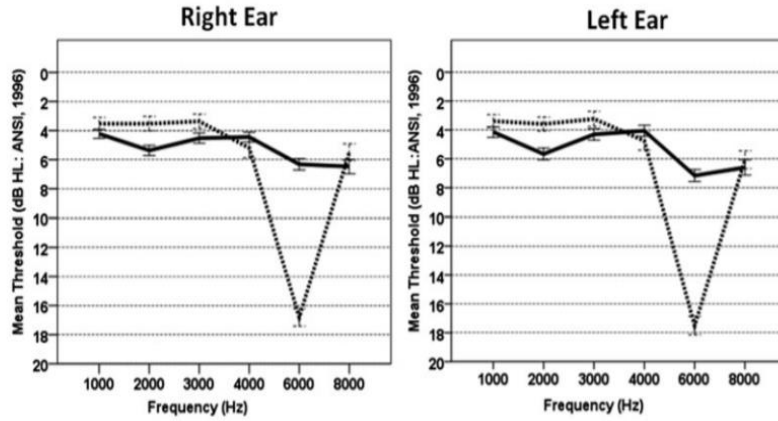
Akustik travmada hasta genellikle maruziyet sonrası kulağında meydana gelen çınlama şikayetinden yakınır. Kulak zarı çoğu zaman normal olmakla birlikte patlamaya maruz kalan bazı hastalarda timpanik membran perforasyonu ve beraberinde kemikçik zincir hasarı da görülebilir. Odyogramda genellikle 3-6 kHz arası işitme kaybı gözlenmekle birlikte, timpanik membran perforasyonu veya kemikçik zincir hasarı olan olgularda bu tabloya bir de iletim tipi işitme kaybı eklenir (25, 33, 34).

2.3.4. Geçici eşik kayması

Geçici eşik kayması gürültüye maruziyetten saniyeler sonra görülen kısa süreli ve geri dönüşümlü eşik kaymalarıdır. Bu eşik kaymaları, maruz kalınan sesin süresi ve şiddetine göre değişim gösterir. Genellikle maruz kalınan frekanslardan hafif yukarıda meydana gelir. Sesin şiddeti ve süresi arttıkça işitme kaybının derecesi de artar. 24 saat içinde normale dönmesi beklenir (26,35).

Gürültüye bağlı işitme kayıpları en sık 3-6 kHz frekanslarında görülür. Bunun nedenlerinden biri dış kulak yolu rezonans frekansının 3000 Hz civarında olması ve bu frekanslardaki gürültüyü kulak zarına yaklaşık 15 dB kazançla iletmesidir. Bu durum klinik olarak 3000 Hz, 4000 Hz ya da 6000 Hz frekanslarında karakteristik bir çentik

oluşmasına yol açar. Bu nedenle ortam gürültüsü ölçüleceği zaman bu frekanslara yoğunlaşan dB(A) skalası tercih edilir (36,37).



Şekil 2.11. Odyogramda 6000 Hz frekansında görülen çentik (36)

Geçici eşik kaymasının meydana gelebilmesi için belirlenebilen standart bir ses seviyesi ya da süresi mevcut değildir. Ancak yapılan çalışmalarda intermittan gürültünün sürekli gürültüye göre daha az hasar oluşturduğu gözlenmiştir. Geçici eşik kaymasının nedeni saçlı hücrelerin aşırı uyarılmasıdır. Bu durum meydana geldiğinde düşük şiddetteki ses seviyeleri duyulamaz. Her ne kadar geri dönüşümlü olsa da geçici eşik kaymalarına yol açabilecek seslerden uzak durmak gerekir çünkü bu eşik kaymaları tekrarlayan maruziyette gürültü çeşidine bağlı olmaksızın kalıcı eşik kaymalarına yol açabilir (38).

2.3.5. Kalıcı eşik kayması

Geçici eşik kaymasına yol açan gürültüye tekrarlayan maruziyet sonucu meydana gelen düzelmeyen eşik kaymalarına kalıcı eşik kayması dı verilir. Yapılan hayvan modellemelerinde geçici eşik kaymalarının 3 haftaya kadar devam edebildiği gözlenmiştir. Bu nedenle kalıcı eşik kayması tanısı 3 haftadan önce konamaz.

Kişiden kişiye ve testten teste hastaların verdiği cevapların değişmesi nedeniyle Amerikan İş Güvenliği ve Sağlığı İdaresi (The Occupational Safety and Health Administration, OSHA) bu eşik kaymalarına bir standart getirmiştir. Bu standarda göre kişinin başlangıç odyometrisine göre 2000 Hz, 3000 Hz ve 4000 Hz frekanslardaki eşiklerinde en az 10 dB yükselme olmalıdır (39,40).

3.1. Gürültüye Bağlı İşitme Kaybı Tanısında Kullanılan Odyolojik Testler

3.1.1 Saf ses odyometri

Bu hastaların değerlendirilmesinde klinik şartlarında ilk yapılan test konvansiyonel saf ses odyometridir. Saf ses odyometri, işitme kaybını belirlemede altın standart testtir.

Gürültünün etkilerini değerlendirmek için rutin olarak 0.5 kHz, 1 kHz, 2 kHz ve 3 kHz; bazı otörler tarafından da bu frekanslara ek olarak 4 kHz ve 6 kHz eşiklerinin değerlendirilmesi gerektiği belirtilmiştir. (41).

3.1.2. Genişletilmiş yüksek frekans odyometri

Gürültüye bağlı işitme kaybı tanısında fayda sağlayabilecek bir diğer test genişletilmiş yüksek frekans odyometri (YFO) testidir. Bu test 20 kHz'e kadar olan frekansları içerir (41). Son 40 yıl içinde YFO testinin ototoksik değişiklikleri konvansiyonel odyometri testine göre daha önce tespit ettiği farkedilmiştir. Bu nedenle de GBİK takibinde YFO kullanılması önerilmiştir. Ancak GBİK'nda görülen eşik yükselmelerinin değişken frekanslarda olması kullanım alanını bir miktar sınırlamaktadır. Bu nedenle de güncel uygulamalarda 8 kHz üzeri frekanslara işitme testi yapılmamaktadır (41).

3.1.3 Otoakustik emisyonlar

Gürültüye bağlı işitme kaybı tanısında kullanılan testlerden biri olan otoakustik emisyonlardan (OAE) daha çok distorsiyon ürünü otoakustik emisyonlar (DPOAE) tercih edilir. DPOAE dış tüylü hücreler hakkında çok sensitif ve objektif bilgi sağlar. Dış tüylü hücreler gürültüye karşı çok hassastır. Bu nedenle yapılan hayvan çalışmaları ile DPOAE'ların gürültüye bağlı hasarın belirlenmesinde çok hassas olduğu belirtilmiştir. Konvansiyonel SSO'ye göre daha erken dönemde bulgu verir. Ancak OAE'ların ulusal ve uluslararası kalibrasyon ve test standartları olmaması nedeniyle rutin klinik kullanımda DPOAE'lara yer verilmemiştir (41).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışma Başkent Üniversitesi Tıp ve Sağlık Bilimleri Araştırma Kurulu ve Etik Kurulu tarafından onaylanmış (Proje no: KA 19/180); uluslararası Helsinki Deklarasyonu'nda bildirilen kurallara uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Çalışma, Başkent Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Kulak Burun Boğaz Anabilim Dalı Odyoloji Yüksek Lisans Programı Tez Çalışması olarak, 01/06/2019 ile 31/12/2019 tarihleri arasında Gülhane Eğitim ve Araştırma Hastanesi Kulak Burun Boğaz Anabilim Dalı'nda yürütüldü.

3.1. Çalışma Grupları

Kulak Burun Boğaz polikliniğine periyodik kontrol muayenesi için başvuran ve çalışmaya katılmayı kabul eden 35 piyade sınıfı mensubu askeri personel ile 30 topçu sınıfı mensubu askeri personel çalışma gruplarına dahil edildi. Bu gruplardaki katılımcılara Tablo 3.1'de belirtilen sorular yöneltildi.

Tablo 3.1. Katılımcılara sorulan sorular

Katılımcı No:
Adı- Soyadı:
Yaşı:
Cinsiyeti:
Başvuru tarihi:
Sınıfı:
Kaç yıldır ordudasınız?
Kaç yıl aktif görev yaptınız?
Yılda kaç atış yapıyorsunuz?
Atışlar sırasında kulaklık kullanıyor musunuz?
Kullandığınız kulaklığın markası nedir?
Kaç yıldır kulaklık kullanıyorsunuz?
Kulaklıksız kaç yıl atış yaptınız?
Kulak çınlamanız var mı?
Dalıyor musunuz?
Hobi olarak atış yapıyor musunuz ya da işiniz dışında yüksek sese maruz kaldığınız bir durum var mı?
Sigara kullanıyor musunuz?
Günde kaç adet sigara kullanıyorsunuz?
Kaç yıldır sigara kullanıyorsunuz?
Kullandığınız ilaçları yazınız:
Ek hastalığınız var mı? Yazınız.

3.2. Kontrol Grubu

Çalışma süresi boyunca Kulak Burun Boğaz polikliniğine başvuran, kulak ile ilgili yakınması bulunmayan, askeri personel olmayan ve kulak muayenesi normal saptanan 43 gönüllü kontrol grubu olarak çalışmaya dahil edildi.

Kontrol ve çalışma gruplarındaki tüm katılımcılara otolojik muayene ile konvansiyonel ve yüksek frekans saf ses odyometrisi yapılarak 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 6000, 8000, 10000, 12500, 14000, 16000 Hz frekanslarındaki işitme eşikleri ölçüldü. İşitme testi çift cidarlı kabin içerisinde Interacoustics AC40 marka odyometre ile yapıldı. Konvansiyonel odyometri yapılırken supraaural TDH-39 kulaklık, yüksek frekans odyometri yapılırken ise Koss R/80 kulaklık kullanıldı. Saf ses ortalamaları 500 Hz, 1000 Hz ve 2000 Hz frekanslarındaki saf ses eşiklerinin aritmetik ortalaması alınarak hesaplandı. Çalışma grubu için başvuran personelin tamamı erkek olduğu için kontrol grubu da tamamen erkeklerden oluşturuldu.

3.3. Çalışma dışı bırakılma kriterleri:

1. Kadın olmak
2. Kulak zarı perforasyonu,
3. Kronik otit öyküsü,
4. Geçirilmiş kulak cerrahisi,
5. Sistemik hastalık,
6. Son 2 hafta içerisinde herhangi bir ilaç kullanım öyküsü olanlar,
7. Meslek dışında akustik travmaya maruz kalanlar
8. Kendi kullandıkları silah dışında bir patlama nedeniyle yaralananlar

3.4. İstatistiksel Yöntem

Veriler R Project programı ile analiz edildi (42-54). Grupların normal dağılıma uygunluğunun belirlenmesi için Shapiro Wilk testi kullanıldı. Veriler normal dağılıma uymadığı için bağımsız gruplar arasındaki analizi için Kruskal Wallis testi yapıldı. Gruplar arası anlamlı fark çıktığı zaman post hoc test olarak Conover testi ve Bonferroni düzeltmesi uygulandı. Sağ kulak sol kulak arasındaki farkların belirlenmesinde Wilcoxon Rank Sum testi yapıldı. İki grup ortalaması arasındaki fark araştırılırken Mann Whitney U Testi kullanıldı. Korelasyon analizlerinde “Spearman” korelasyon katsayısı kullanıldı. Tanımlayıcı istatistiklerde ortalama, standart sapma (SD), ortanca, minimum-maksimum değerler ve çeyrekler arası aralık (IQR) kullanıldı.

4. BULGULAR

Çalışmaya piyade grubunda 35, topçu grubunda 30 ve kontrol grubunda 43 olmak üzere toplam 108 katılımcı dahil edildi. Gruplar arasında yaş açısından anlamlı fark yoktu. Tüm grupların yaş için tanımlayıcı istatistikleri Tablo 4.1’de verilmiştir.

Tablo 4.1. Katılımcıların yaşları

	N	Mean	Sd	Median	Min	Max	IQR
<i>Kontrol</i>	43	30.74	7.23	32	22	50	11.5
<i>Piyade</i>	35	32.2	6.84	31	22	46	9
<i>Topçu</i>	30	33.93	7.05	32.5	25	50	11.25

SD: Standart sapma, Min: Minimum, Max: Maksimum, IQR: Çeyrekler arası aralık

Piyade grubu için görev yılı 9.8 ± 7.88 , topçu sınıfı için ise 12 ± 7.1 olarak bulundu. İki grup arasında görev yılı açısından anlamlı fark yoktu ($p=0.07$). Piyadelerde kulaklık kullanma oranı %14’tü ($n=5$). Ancak bu piyadelerden sadece 2 tanesi profesyonel kulaklık kullandıklarını beyan ettiler (%6). Topçu sınıfında ise kulaklık kullanan katılımcı yoktu. Çalışmaya katılan hiçbir katılımcıda tinnitus şikayeti yoktu. Piyade grubunda sigara içme oranı %45.71 ($n=16$) idi. Topçu grubunda sigara içme oranı %23.33 ($n=7$) idi. Kontrol grubunda ise sigara kullanma oranı %39,53 ($n=17$) idi.

4.1. Piyadelerde Sağ ve Sol Kulak Konvansiyonel ve Yüksek Frekans Odyometri Sonuçları

Piyade grubunda ölçüm yapılan tüm frekanslar için sağ ve sol kulakta saptanan saf ses işitme eşiği değerleri (dB HL) Tablo 4.2.’de verilmiştir.

Tablo 4.2. Piyade grubunun işitme eşikleri

		Mean	Sd	Median	Min	Max	IQR	P
125 Hz	<i>Sağ Kulak</i>	13.39	6.85	10	5	35	5	0.036*
	<i>Sol Kulak</i>	16	7.46	15	5	40	10	
250 Hz	<i>Sağ Kulak</i>	11.29	5.73	10	5	30	10	0.005*
	<i>Sol Kulak</i>	15	7.95	15	5	40	5	
500 Hz	<i>Sağ Kulak</i>	9.29	5.02	10	5	25	5	0.37
	<i>Sol Kulak</i>	10.43	7.01	10	5	35	5	
1000 Hz	<i>Sağ Kulak</i>	7.14	3.7	5	5	20	5	0.07

	<i>Sol Kulak</i>	8.14	5.57	5	5	30	5	
2000 Hz	<i>Sağ Kulak</i>	9.14	9.81	5	5	60	5	0.10
	<i>Sol Kulak</i>	10.29	10.43	5	5	60	5	
4000 Hz	<i>Sağ Kulak</i>	17.71	21.57	5	5	85	15	0.15
	<i>Sol Kulak</i>	20.43	23.87	10	5	100	15	
6000 Hz	<i>Sağ Kulak</i>	26	27.67	15	5	95	27.5	0.20
	<i>Sol Kulak</i>	29	28.92	15	5	105	27.5	
8000 Hz	<i>Sağ Kulak</i>	35.43	31.51	30	5	90	60	0.53
	<i>Sol Kulak</i>	35	31.34	25	5	90	57.5	
10000 Hz	<i>Sağ Kulak</i>	37	33.04	15	5	90	62.5	0.16
	<i>Sol Kulak</i>	40.29	32.38	35	5	95	60	
12500 Hz	<i>Sağ Kulak</i>	38.43	25.97	35	0	65	60	0.13
	<i>Sol Kulak</i>	41.86	29.98	40	5	80	60	
14000 Hz	<i>Sağ Kulak</i>	34.43	25.97	35	0	65	60	0.0037*
	<i>Sol Kulak</i>	39	24.94	40	5	65	47.5	
16000 Hz	<i>Sağ Kulak</i>	38.43	22.09	40	5	60	47.5	0.12
	<i>Sol Kulak</i>	41.43	19.42	45	5	60	30	
Saf Ses Ortalaması (500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz)	<i>Sağ Kulak</i>	8.49	4.78	7	5	28	4	0.04*
	<i>Sol Kulak</i>	9.69	6.01	7	5	30	6	

Grup karşılaştırmaları Wilcoxon bağımlı örneklem testi ile yapıldı.

Piyadelerde 125 Hz ($p=0.036$), 250 Hz ($p=0.005$) ve 14000 Hz ($p=0.0037$) frekanslarında saf ses eşiklerinin sol kulakta sağ kulağa göre anlamlı derecede yüksek olduğu saptandı.

Piyadelerde sağ ve sol kulak için saf ses ortalamaları (500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz) karşılaştırıldığında ise, sol kulak saf ses ortalamasının sağ kulak saf ses ortalamasına göre anlamlı derecede yüksek olduğu görüldü ($p=0.04$).

Piyadelerde ölçüm yapılan diğer frekanslara ait saf ses işitme eşikleri değerlendirildiğinde sağ kulak ile sol kulak arasında istatistiksel açıdan anlamlı farklılık saptanmadı ($p>0.05$).

4.2. Topçularda Sağ ve Sol Kulak Konvansiyonel ve Yüksek Frekans Odyometri Sonuçları

Topçu grubunda ölçüm yapılan tüm frekanslar için sağ ve sol kulakta saptanan saf ses işitme eşiği değerleri (dB HL) Tablo 4.3.'te verilmiştir.

Tablo 4.3. Topçu grubunun işitme eşikleri

		Mean	Sd	Median	Min	Max	IQR	P
125 Hz	<i>Sağ Kulak</i>	13.5	6.18	10	5	25	8.75	0.000*
	<i>Sol Kulak</i>	9	4.23	10	5	15	8.75	
250 Hz	<i>Sağ Kulak</i>	13	5.35	10	5	25	8.75	0.000*
	<i>Sol Kulak</i>	9.5	4.02	10	5	15	8.75	
500 Hz	<i>Sağ Kulak</i>	10.17	3.82	10	5	20	0	0.74
	<i>Sol Kulak</i>	10.33	5.07	10	5	20	10	
1000 Hz	<i>Sağ Kulak</i>	8	3.11	10	5	15	5	0.95
	<i>Sol Kulak</i>	7.83	3.64	5	5	15	5	
2000 Hz	<i>Sağ Kulak</i>	10.17	3.84	10	5	20	0	0.09
	<i>Sol Kulak</i>	10.33	5.07	10	5	20	10	
4000 Hz	<i>Sağ Kulak</i>	40.67	22.88	35	5	80	28.76	0.23
	<i>Sol Kulak</i>	37	31.5	15	5	85	58.75	
6000 Hz	<i>Sağ Kulak</i>	59.67	29.97	72.5	10	90	50	0.7
	<i>Sol Kulak</i>	57.67	30.11	57.5	5	95	25	
8000 Hz	<i>Sağ Kulak</i>	61.17	18.13	55	35	95	28.75	0.68
	<i>Sol Kulak</i>	59.83	22.26	70	30	90	48.75	
10000 Hz	<i>Sağ Kulak</i>	60.17	16.63	55	35	95	22.5	0.45
	<i>Sol Kulak</i>	57.67	25.25	70	25	95	50	
12500 Hz	<i>Sağ Kulak</i>	60.83	10.67	60	45	80	15	0.08
	<i>Sol Kulak</i>	54.33	22.85	60	25	80	50	
14000 Hz	<i>Sağ Kulak</i>	53.83	6.25	50	45	65	10	0.07
	<i>Sol Kulak</i>	45.83	20.85	55	10	65	43.74	
16000 Hz	<i>Sağ Kulak</i>	52.33	6.91	52.5	10	60	10	0.003*
	<i>Sol Kulak</i>	40.33	19.69	40	10	6*	45	

Saf Ses Ortalaması (500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz)	<i>Sağ Kulak</i>	10.3	4.2	10	5	27	4.75	0.23
	<i>Sol Kulak</i>	9.2	4.04	9	5	18	3	

Grup karşılaştırmaları Wilcoxon bağımlı örneklem testi ile yapıldı.

Topçularda 125 Hz (p=0.000), 250 Hz (p=0.000) ve 16000 Hz (p=0.003) frekanslarında saf ses eşiklerinin sağ kulakta sol kulağa göre anlamlı derecede yüksek olduğu saptandı.

Topçularda ölçüm yapılan diğer frekanslara ait saf ses işitme eşikleri ile saf ses ortalamaları (500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz) değerlendirildiğinde ise, sağ kulak ile sol kulak arasında istatistiksel açıdan anlamlı farklılık saptanmadı (p>0.05).

4.3. Kontrol Grubunda Sağ ve Sol Kulak Konvansiyonel ve Yüksek Frekans Odyometri Sonuçları

Kontrol grubunda ölçüm yapılan tüm frekanslar için sağ ve sol kulakta saptanan saf ses işitme eşiği değerleri (dB HL) Tablo 4.4.'te verilmiştir.

Tablo 4.4. Kontrol grubunun işitme eşikleri

		Mean	Sd	Median	Min	Max	IQR	P
125 Hz	<i>Sağ Kulak</i>	9.65	4.42	10	5	20	5	0.71
	<i>Sol Kulak</i>	9.88	4.01	10	5	20	7.5	
250 Hz	<i>Sağ Kulak</i>	9.07	3.66	10	5	15	5	0.18
	<i>Sol Kulak</i>	9.88	4.01	10	5	20	7.5	
500 Hz	<i>Sağ Kulak</i>	7.91	3.66	5	5	20	5	0.79
	<i>Sol Kulak</i>	8.02	3.47	5	5	15	5	
1000 Hz	<i>Sağ Kulak</i>	6.4	2.95	5	5	15	0	0.24
	<i>Sol Kulak</i>	6.86	3.09	5	5	15	5	
2000 Hz	<i>Sağ Kulak</i>	5.93	2.5	5	5	15	0	0.07
	<i>Sol Kulak</i>	6.86	9.94	5	5	25	2.5	
4000 Hz	<i>Sağ Kulak</i>	8.02	5.02	5	5	30	5	0.39
	<i>Sol Kulak</i>	8.84	7.06	5	5	35	5	
6000 Hz	<i>Sağ Kulak</i>	11.28	9.2	5	5	40	10	0.19

	<i>Sol Kulak</i>	11.74	8.58	10	5	35	15	
8000 Hz	<i>Sağ Kulak</i>	8.26	6.8	5	0	30	5	0.92
	<i>Sol Kulak</i>	8.14	7.07	5	0	35	5	
10000 Hz	<i>Sağ Kulak</i>	7.44	6.21	5	0	30	2.5	0.59
	<i>Sol Kulak</i>	8.14	6.55	5	0	35	5	
12500 Hz	<i>Sağ Kulak</i>	6.28	5.36	5	0	25	0	0.03*
	<i>Sol Kulak</i>	8.72	8.8	5	0	55	5	
14000 Hz	<i>Sağ Kulak</i>	7.79	7.58	5	-10	35	5	0.12
	<i>Sol Kulak</i>	9.19	7.71	5	0	40	5	
16000 Hz	<i>Sağ Kulak</i>	12.56	14.65	5	-15	55	12.5	0.058
	<i>Sol Kulak</i>	15.12	12.65	10	5	50	15	
Saf Ses Ortalaması (500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz)	<i>Sağ Kulak</i>	6.77	2.29	7	5	13	3	0.15
	<i>Sol Kulak</i>	7.35	2.64	7	5	15	3	

Grup karşılaştırmaları Wilcoxon bağımlı örneklem testi ile yapıldı.

Kontrol grubunda 12500 Hz frekansında saf ses eşiklerinin sol kulakta sağ kulağa göre anlamlı derecede yüksek olduğu saptandı ($p=0.03$). Ölçüm yapılan diğer frekanslara ait saf ses işitme eşikleri ile saf ses ortalamaları (500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz) değerlendirildiğinde ise, sağ kulak ile sol kulak arasında istatistiksel açıdan anlamlı farklılık saptanmadı ($p>0.05$).

4.4. Kulak ve Frekans Bazında Gruplar Arası Karşılaştırmalar

4.4.1. Sağ kulak

Sağ kulak için frekans bazında elde edilen eşik ortalamalarının gruplar arası karşılaştırmaları Tablo 4.5.'te verilmiştir.

Tablo 4.5. Sağ kulak işitme eşiklerinin gruplar arası karşılaştırmaları

	Piyade	Topçu	Kontrol	p
125 Hz				
Mean±SD	13.39±6.85	13.5±6.18	9.65±4.42	0.007*
250 Hz				
Mean±SD	11.29±5.73	13±5.35	9.07±3.66	0.007*
500 Hz				
Mean±SD	9.29±5.02	10.17±3.82	7.91±3.66	0.03*
1000 Hz				
Mean±SD	7.14±3.7	8±3.11	6.4±2.95	0.03*

2000 Hz				
Mean±SD	9.14±9.81	10.17±3.82	5.93±2.5	0.0003*
4000 Hz				
Mean±SD	17.71±21.57	37±31.5	8.02±5.02	0.000*
6000 Hz				
Mean±SD	26±27.67	59.67±29.97	11.28±9.2	0.000*
8000 Hz				
Mean±SD	35.43±31.51	61.17±18.13	8.26±6.8	0.000*
10000 Hz				
Mean±SD	37±33.04	57.67±25.25	7.44±6.21	0.000*
12500 Hz				
Mean±SD	38.43±31.43	60.83±10.67	6.28±5.36	0.000*
14000 Hz				
Mean±SD	34.43±25.97	45.83±20.85	7.79±7.58	0.000*
16000 Hz				
Mean±SD	38.43±22.09	40.33±19.69	15.12±12.65	0.000*

Grup karşılaştırmaları Kruskal Wallis testi ile yapıldı. Bonferroni düzeltmesi uygulandı. Post Hoc Conover testi uygulandı.

Sağ kulak 125 Hz saf ses eşikleri için yapılan gruplar arası karşılaştırmalarda piyade ve topçu grubu arasında anlamlı fark bulunmazken, her iki grupta eşiklerin kontrol grubuna göre daha yüksek olduğu bulunmuştur ($p=0.007$).

Sağ kulak 250 Hz ($p=0.007$), 500 Hz ($p=0.03$), 1000 Hz ($p=0.03$) ve 2000 Hz ($p=0.0003$) saf ses eşikleri için yapılan gruplar arası karşılaştırmalarda sadece topçu grubunda kontrol grubuna göre anlamlı olarak yüksek eşikler olduğu bulunurken, diğer gruplar arasında istatistiksel açıdan anlamlı fark tespit edilememiştir.

Sağ kulak 4000 Hz saf ses eşikleri için yapılan gruplar arası karşılaştırmalarda kontrol ve piyade grubu arasında anlamlı fark yokken topçu ve piyade grubu eşikleri kontrol grubundan anlamlı olarak yüksek bulunmuştur ($p<0.001$).

Sağ kulak 6000 Hz, 8000 Hz, 10000 Hz, 12500 Hz, 14000 Hz ve 16000 Hz saf ses eşikleri için yapılan gruplar arası karşılaştırmalarda tüm gruplar arasında anlamlı fark bulunmuştur. Bu frekansların tümünde topçu grubu eşikleri piyade grubundan, piyade grubu eşikleri de kontrol grubundan anlamlı olarak yüksektir ($p<0.001$).

Sağ kulak için tespit edilen saf ses ortalaması gruplar arasında karşılaştırıldığında, kontrol ve piyade grupları arasında anlamlı fark bulunmazken, topçu grubunda diğer iki gruptan anlamlı olarak yüksek olduğu bulunmuştur ($p<0.001$).

4.4.2. Sol kulak

Sol kulak için frekans bazında elde edilen eşik ortalamalarının gruplar arası karşılaştırmaları Tablo 4.6.'da verilmiştir.

Tablo 4.6. Sol kulak işitme eşiklerinin gruplar arası karşılaştırmaları

	Piyade	Topçu	Kontrol	p
125 Hz				
Mean±SD	16±7.46	9±4.23	9.88±4.01	0.000*
250 Hz				
Mean±SD	15±7.95	9.5±4.02	9.88±4.01	0.000*
500 Hz				
Mean±SD	10.43±7.01	10.33±5.07	8.02±3.47	0.12
1000 Hz				
Mean±SD	8.14±5.57	7.83±3.64	6.86±3.09	0.49
2000 Hz				
Mean±SD	10.29±10.43	10.33±5.07	6.86±9.94	0.2
4000 Hz				
Mean±SD	20.43±23.87	37±31.5	8.84±7.06	0.000*
6000 Hz				
Mean±SD	29±28.92	57.67±30.11	11.74±8.58	0.000*
8000 Hz				
Mean±SD	35±31.34	59.83±22.26	8.14±7.07	0.000*
10000 Hz				
Mean±SD	40.29±32.38	57.67±25.25	8.14±6.55	0.000*
12500 Hz				
Mean±SD	41.86±29.98	54.33±22.85	8.72±8.8	0.000*
14000 Hz				
Mean±SD	39±24.94	45.83±20.85	9.19±7.71	0.000*
16000 Hz				
Mean±SD	41.43±19.42	40.33±19.69	15.12±12.65	0.000*

Grup karşılaştırmaları Kruskal Wallis testi ile yapıldı. Bonferroni düzeltmesi uygulandı. Post Hoc Conover testi uygulandı.

Sol kulak 125 Hz ve 250 Hz saf ses eşikleri için yapılan gruplar arası karşılaştırmalarda kontrol ve topçu grupları arasında fark olmadığı, her iki frekansta ($p<0.001$) piyade grubu eşiklerinin diğer iki gruptan anlamlı olarak yüksek olduğu bulunmuştur.

Sol kulak 500 Hz ($p=0.12$), 1000 Hz ($p=0.49$) ve 2000 Hz ($p=0.2$) saf ses eşikleri için yapılan gruplar arası karşılaştırmalarda gruplar arasında istatistiksel açıdan anlamlı fark saptanmamıştır.

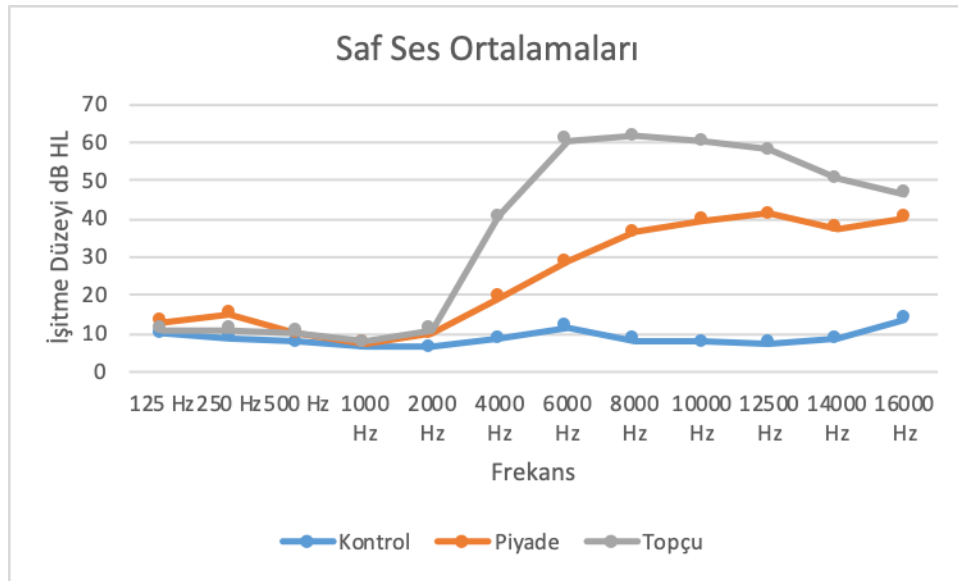
Sol kulak 4000 Hz, 14000 Hz ve 16000 Hz saf ses eşikleri için yapılan gruplar arası karşılaştırmalarda topçu ve piyade grubu arasında anlamlı fark yokken, her iki grupta eşiklerin kontrol grubuna göre daha yüksek olduğu bulunmuştur ($p<0.001$).

Sol kulak 6000 Hz, 8000 Hz, 10000 Hz ve 12500 Hz saf ses eşikleri için yapılan gruplar arası karşılaştırmalarda her frekans için tüm gruplar arasında anlamlı fark bulunmuştur. Bu frekanslarda topçu grubu eşikleri piyade grubu eşiklerinden, piyade grubu eşikleri de kontrol grubu eşiklerinden yüksektir ($p<0.001$).

Sol kulak için tespit edilen saf ses ortalaması karşılaştırıldığında, gruplar arasında istatistiksel açıdan anlamlı fark bulunmamıştır ($p=0.08$).

4.4.3. Her iki (sağ ve sol) kulak

Her iki kulağa ait saf ses işitme eşikleri toplamı ortalamasının frekans bazında gruplara göre dağılımı Şekil 4.1.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Tüm frekanslarda sağ ve sol kulaktan elde edilen toplam saf ses işitme eşikleri ortalamasının gruplara göre dağılımı

Her iki kulağa ait 125 Hz saf ses eşiklerinin piyade grubunda kontrol ve topçu gruplarına göre yüksek olduğu bulunmuştur ($p<0.001$).

Her iki kulağa ait 250 Hz saf ses eşiklerinin piyade grubunda kontrol grubuna göre yüksek olduğu bulunmuş ($p=0.01$), diğer gruplar arası karşılaştırmalarda anlamlı farklılık saptanmamıştır.

Her iki kulağa ait 500 Hz ($p=0.12$) ve 1000 Hz ($p=0.07$) saf ses eşikleri gruplar arasında anlamlı farklılık göstermemiştir.

Her iki kulağa ait 2000 Hz saf ses eşiklerinin topçu grubunda kontrol grubuna göre yüksek olduğu görülmüş ($p=0.03$), diğer gruplar arası karşılaştırmalarda anlamlı farklılık saptanmamıştır.

Her iki kulağa ait 4000 Hz, 6000 Hz, 8000 Hz, 10000 Hz ve 12500 Hz saf ses eşikleri gruplar arası karşılaştırıldığında, tüm gruplar arasında anlamlı fark olduğu görüldü ($p<0.001$). Bu frekanslarda en yüksek eşikler topçu grubunda, en düşük eşikler ise kontrol grubuna ait idi.

Her iki kulağa ait 14000 Hz ve 16000 Hz saf ses eşiklerinin kontrol grubunda diğer iki gruba göre daha düşük olduğu ($p<0.001$), topçu ve piyade grupları arasında ise anlamlı farklılık bulunmadığı saptandı.

4.5. Gruplar Arası Alçak, Orta ve Yüksek Frekans Eşik Karşılaştırmaları

Alçak (125 Hz, 250 Hz ve 500 Hz), orta (1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz ve 6000 Hz) ve yüksek (8000 Hz, 10000 Hz, 12500 Hz, 14000 Hz ve 16000 Hz) frekanslarda saptanan saf ses işitme eşiği ortalamalarının test edilen kulağa ve gruplara göre dağılımı Tablo 4.7.'de verilmiştir.

Tablo 4.7. Sağ ve sol kulakta frekans ortalamalarının gruplar arası farkları

			Mean	Sd	Median	Min	Max	IQR	P
Sağ Kulak	<i>Alçak Frekanslar</i>	<i>Piyade</i>	11.2	5.52	10	5	27	7	0.01*
		<i>Topçu</i>	12.1	4.93	10	5	23	6	
		<i>Kontrol</i>	8.86	3.26	8	5	15	7	
	<i>Orta Frekanslar</i>	<i>Piyade</i>	15.03	13.8	9	5	64	10	0.000*
		<i>Topçu</i>	30.1	14.72	33	6	60	19.75	
		<i>Kontrol</i>	7.93	3.93	6	5	21	4.5	
	<i>Yüksek Frekanslar</i>	<i>Piyade</i>	36.74	27.5	34	5	77	10	0.000*
		<i>Topçu</i>	57.67	9.53	55	43	79	19.75	
		<i>Kontrol</i>	8.47	5.01	6	5	21	4.5	
Sol Kulak	<i>Alçak Frekanslar</i>	<i>Piyade</i>	13.74	7	12	5	37	7	0.002*
		<i>Topçu</i>	9.63	3.75	10	5	15	6.75	
		<i>Kontrol</i>	9.19	3.43	8	5	17	6	

<i>Orta Frekanslar</i>	<i>Piyade</i>	17.03	15.08	10	5	71	12	0.000*
	<i>Topçu</i>	27.87	16.04	21.5	5	52	20	
	<i>Kontrol</i>	8.58	4.68	6	5	26	5.5	
<i>Yüksek Frekanslar</i>	<i>Piyade</i>	39.51	26.17	40	5	78	51	0.000*
	<i>Topçu</i>	51.6	21.77	61.5	20	78	44	
	<i>Kontrol</i>	9.86	6.66	7	5	38	6.5	

Grup karşılaştırmaları Kruskal Wallis testi ile yapıldı. Bonferroni düzeltmesi uygulandı. Post Hoc Conover testi uygulandı. (Alçak frekanslar: 125 Hz – 500 Hz, Orta frekanslar: 1000 Hz – 6000 Hz, Yüksek Frekanslar: 8000 Hz – 16000 Hz)

Sağ kulak alçak frekanslara ait (125 Hz, 250 Hz ve 500 Hz) saf ses eşik ortalamaları gruplar arası karşılaştırıldığında, kontrol ile piyade grupları arasında ve topçu ile piyade grupları arasında anlamlı fark olmadığı; topçu grubunda ise kontrol grubuna göre anlamlı olarak yüksek olduğu görüldü ($p=0.01$).

Sol kulak alçak frekanslara ait (125 Hz, 250 Hz ve 500 Hz) saf ses eşik ortalamaları gruplar arası karşılaştırıldığında, kontrol ile topçu grupları arasında anlamlı fark olmadığı; piyade grubunda ise diğer iki gruba göre yüksek olduğu bulundu ($p=0.002$).

Sağ kulak orta frekanslara ait (1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz ve 6000 Hz) saf ses eşik ortalamaları gruplar arası karşılaştırıldığında, tüm gruplar arasında anlamlı fark bulunduğu ($p<0.001$); değerlerin topçu grubunda en yüksek, kontrol grubunda ise en düşük olduğu saptandı.

Sol kulak orta frekanslara ait (1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz ve 6000 Hz) saf ses eşik ortalamaları gruplar arası karşılaştırıldığında, değerlerin piyade ve topçu grubunda kontrole göre daha yüksek olduğu ($p<0.001$); ancak piyade ile topçu grubu arasında anlamlı fark bulunmadığı saptandı ($p<0.001$).

Sağ kulak yüksek frekanslara ait (8000 Hz, 10000 Hz, 12500 Hz, 14000 Hz ve 16000 Hz) saf ses eşik ortalamaları gruplar arası karşılaştırıldığında, tüm gruplar arasında anlamlı fark bulunduğu ($p<0.001$); değerlerin topçu grubunda en yüksek, kontrol grubunda ise en düşük olduğu saptandı.

Sol kulak yüksek frekanslara ait (8000 Hz, 10000 Hz, 12500 Hz, 14000 Hz ve 16000 Hz) saf ses eşik ortalamaları gruplar arası karşılaştırıldığında, tüm gruplar arasında anlamlı fark bulunduğu ($p<0.001$); değerlerin topçu grubunda en yüksek, kontrol grubunda ise en düşük olduğu saptandı.

4.6. Gruplarda Alçak, Orta ve Yüksek Frekanslar için Sağ ve Sol Kulak

Karşılaştırmaları

Piyade grubunda alçak (125 Hz, 250 Hz ve 500 Hz) ve orta (1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz ve 6000 Hz) frekanslar için tespit edilen ortalama saf ses eşiklerinin sol kulakta sağ kulağa göre yüksek olduğu bulunmuştur ($p=0.01$).

Piyade grubunda yüksek frekanslar için sağ ve sol kulak karşılaştırıldığında sağ ve sol kulak arasında anlamlı fark bulunmamıştır ($p=0.09$).

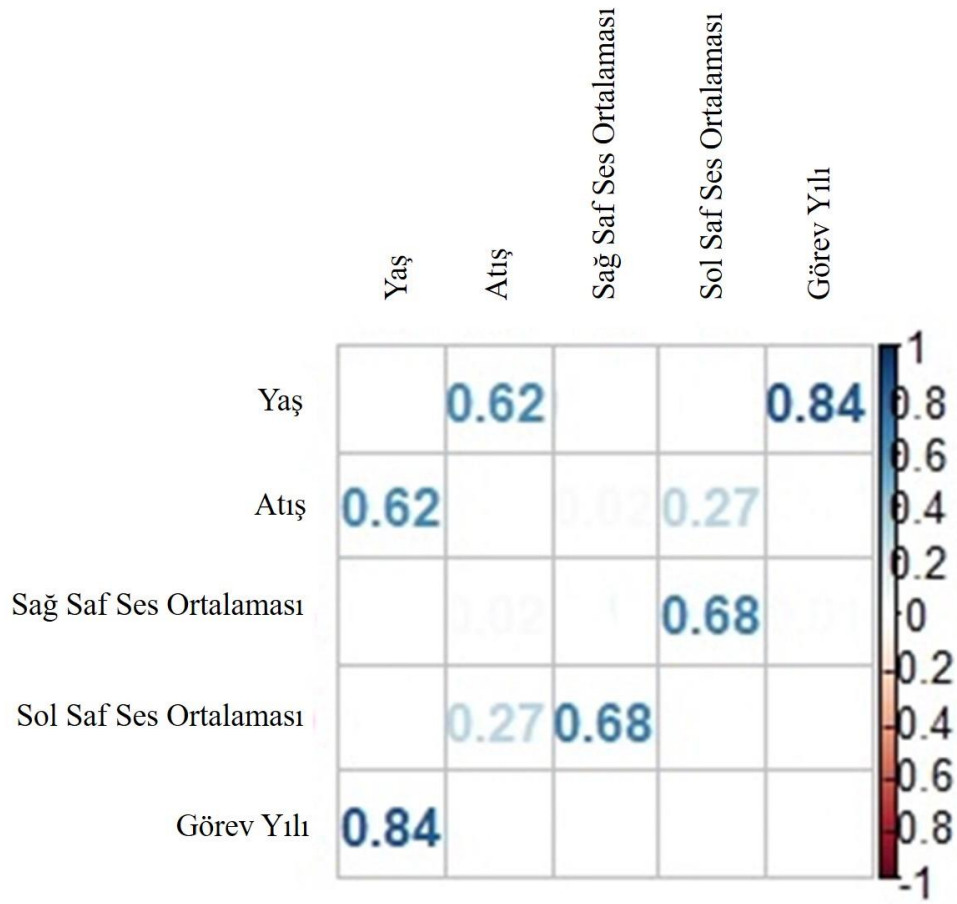
Topçu grubunda alçak (125 Hz, 250 Hz ve 500 Hz)($p=0.01$) ve orta (1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz ve 6000 Hz)($p=0.02$) frekanslar için tespit edilen ortalama saf ses eşiklerinin sağ kulakta sol kulağa göre yüksek olduğu bulunmuştur.

Topçu grubunda yüksek frekanslar için sağ ve sol kulak karşılaştırıldığında sağ ve sol kulak arasında anlamlı fark bulunmamıştır ($p=0.11$).

Kontrol grubunda alçak (125 Hz, 250 Hz ve 500 Hz)($p=0.36$), orta (1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz ve 6000 Hz)($p=0.06$) ve yüksek (8000 Hz, 10000 Hz, 12500 Hz, 14000 Hz ve 16000 Hz)($p=0.07$) frekanslar için sağ ve sol kulak arasında anlamlı fark bulunmamıştır.

4.7. Gruplar İçi Korelasyonlar

Piyade grubunda, yaş, görev yılı, atış sayısı ve kulağa göre saf ses ortalamaları arasındaki korelasyonlar Şekil 4.2.'de gösterilmiştir

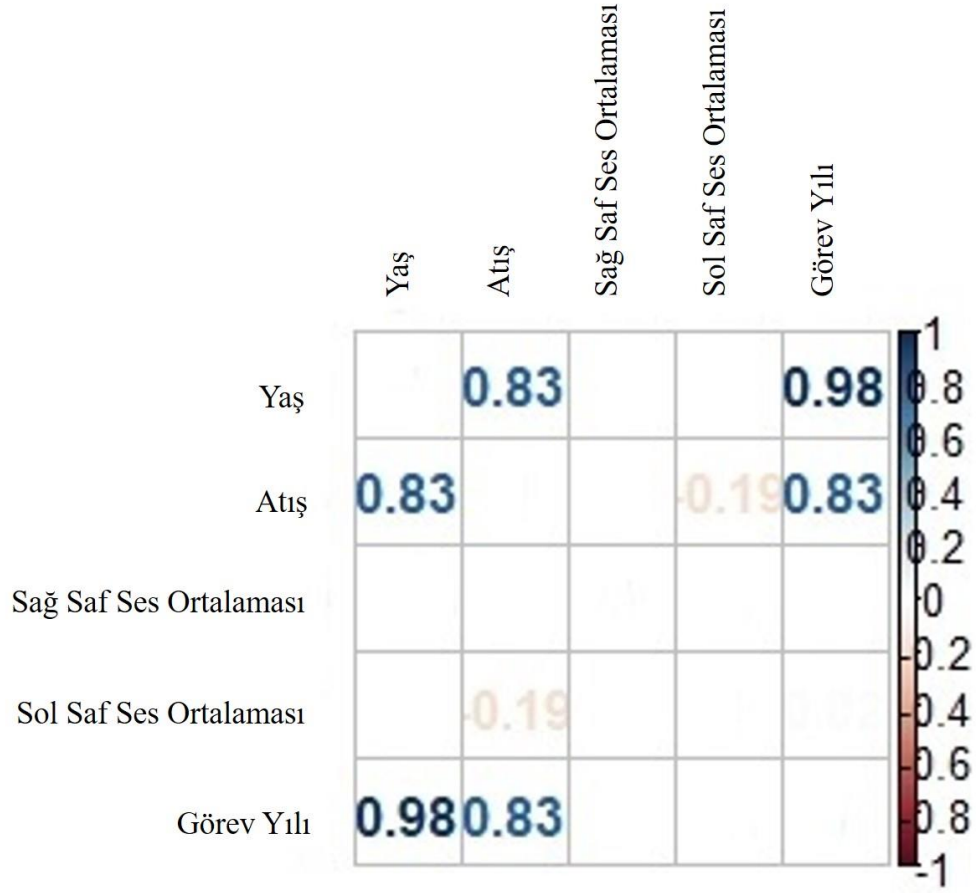


Şekil 4.2. Piyade grubundaki korelasyonlar

Piyadelerde yaş ile görev yılı arasında çok güçlü ($\rho=0.84$), yaş ile atış sayısı arasında ise güçlü düzeyde ($\rho=0.62$) pozitif korelasyon bulunmuştur.

Piyadelerde atış sayısı ile sağ kulak saf ses ortalamaları arasında çok düşük düzeyde ($\rho =0.02$), atış sayısı ile sol kulak saf ses ortalamaları arasında düşük düzeyde ($\rho=0.27$) pozitif korelasyon saptanmıştır. Sağ kulağa ait saf ses ortalamaları ile sol kulağa ait saf ses ortalamaları arasında ise güçlü pozitif korelasyon ($\rho=0.68$) mevcuttur.

Topçu grubunda, yaş, görev yılı, atış sayısı ve kulağa göre saf ses ortalamaları arasındaki korelasyonlar Şekil 4.3.'te gösterilmiştir.



Şekil 4.3. Topçu grubundaki korelasyonlar

Topçularda yaş ile hem görev yılı ($\rho=0.98$), hem de atış sayısı ($\rho=0.83$) arasında çok güçlü düzeyde pozitif korelasyon mevcuttur. Atış sayısı ile görev yılı arasında da çok güçlü pozitif korelasyon saptanmıştır ($\rho =0.83$). Atış sayısı ile sol kulak saf ses ortalamaları arasında ise çok düşük düzeyde negatif korelasyon gözlenmiştir ($\rho =-0.19$).

5. TARTIŞMA

Gürültüye bağlı işitme kaybı dünya çapında en çok görülen meslek hastalıklarından biridir. Engellilik düzeyinde işitme kaybı olan bireylerin %16'sının mesleki gürültü maruziyeti olduğu bildirilmiştir (55,56). Askerlik, özellikle muharip sınıflara bağlı görev yapan kişiler söz konusu olduğunda, gürültü maruziyetinin yüksek olduğu mesleklerden biridir. Amerika Birleşik Devletleri'nde yapılan bir araştırmada, deniz kuvvetlerinde görev yapan askeri personel için gürültü maruziyetinin en yaygın iş sağlığı tehlikesi olduğu ve bu personelin %29'unda işitme eşiklerinin bozulduğu bildirilmiştir (56). Amerikan Gazi İşleri Departmanı verilerine göre Amerikan ordusunda en sık ikinci karşılaşılan engellilik sebebi işitme kaybıdır. En sık engellilik sebebi ise tinnitus olarak bildirilmiştir (57).

Türk ordusuna kabul edilen tüm bireyler öncelikle ayrıntılı bir sağlık muayenesinden geçirilir. Bu muayenenin ayrıntıları Türk Silahlı Kuvvetler Sağlık Yeteneği Yönetmeliği'nde belirtilmiştir. Bu yönetmeliğe göre askeri öğrenci olarak kabul edilen herkes tam sağlam olmalıdır (58). Sonrasında da belirli aralıklarla “periyodik muayene” adı verilen sağlık kontrolleri yapılır. İşitme açısından askeri personelin TSK'da görev yapıp yapamayacağı ya da muharip sınıfta devam edip edemeyeceği, TSK Sağlık Yeteneği Yönetmeliği'nde saptanmış işitme eşiklerine göre belirlenir. Personel dağılımı açısından en büyük paya sahip olan Kara Kuvvetleri Komutanlığına ait personel, muharip sınıflar ve yardımcı sınıflar olmak üzere temelde iki farklı grupta görev almaktadır. Muharip sınıfta görev alan personelin daha fazla gürültüye maruz kalacağı öngörülebilir. Kullanılan silahların farklı olması nedeniyle farklı muharip sınıflarda gürültüden farklı derecelerde etkilenme olması beklenebilir. Piyade, süvari, tank, topçu, hava savunma, kara havacılık, istihkam, muhabere ve istihbarat şeklinde sıralanabilecek olan muharip sınıflardan ise en fazla gürültüye maruz kalanlar topçu ve piyade sınıflarıdır. Bununla birlikte, ordumuzda farklı muharip sınıflarda görev yapan askeri personelin işitmesinin değerlendirildiği bir çalışmaya literatürde rastlanmamıştır.

Pelausa ve ark. tarafından yapılan bir çalışmada, tamamen normal işitmeye sahip olarak Kanada ordusunun topçu, piyade ve tank sınıflarına kabul edilen askeri personelin 3 yıl sonra işitme eşiklerine bakılmış; 3 yılın sonunda bu gruplarda 6000 Hz frekansında bir çentik olduğu gözlenmiştir (59). Bizim çalışmamızda, 125 Hz ve 250 Hz frekanslarında piyade sınıfının işitme eşiklerinin kontrol grubuna göre yüksek olduğu; 500 Hz ve 1000 Hz

frekanslarında ise gruplar arasında anlamlı fark olmadığı görüldü. 2000 Hz frekansında sadece topçu ve kontrol grubu arasında fark vardı ve topçu grubu anlamlı olarak yüksek bulundu. 4000-12500 Hz frekanslarındaki saf ses işitme eşiklerinin ise topçu grubunda en yüksek, kontrol grubunda en düşük olduğu görüldü. 14000 ve 16000 Hz frekanslarında topçu ile piyade grupları arasında anlamlı fark görülmezden, kontrol grubundaki eşikler bu iki gruptan anlamlı olarak düşük bulundu. Çalışmamızda elde edilen sonuçlar, geniş bir frekans aralığında işitmenin olumsuz etkilenebileceğini, topçularda etkilenimin daha fazla olduğunu göstermiştir. Bizim çalışmamızda 6000 Hz frekansında çentik görülmedi; ancak bizim çalışmamıza dahil olan grubun mesleki maruziyet süresi Pelousa ve arkadaşlarının yaptığı çalışmadaki maruziyete göre daha yüksekti (59).

Farklı askeri sınıflar farklı silahlar kullanmaktadır. Silahlar enerjilerine göre yüksek, orta ve düşük enerjili olmak üzere üç sınıfa ayrılırlar. Örneğin piyade tüfeği düşük enerji sınıfına ait bir silahken, top yüksek enerji sınıfına aittir. Dolayısıyla bu silahları kullanan personellerin maruz kaldığı gürültü seviyeleri de birbirlerinden farklıdır. İstanbulluoğlu ve ark. (2016) yaptıkları bir çalışmada askeri personelin kullandıkları silahların meydana getirdiği gürültü seviyelerini belirlemişlerdir. Buna göre piyade tüfeği yaklaşık 140 ila 159 dB arası ses üretirken, havan topu 190 dB ses üretir (8). Ayrıca top atışlarının dağlık alanda yapılması da reverberasyon etkisiyle topçu sınıfının maruz kaldığı akustik enerjiyi daha da arttırmaktadır (60). Bizim çalışmamızda da 4000 Hz – 12500 Hz arası frekanslarda en fazla işitme kaybı topçu sınıfında görülmüştür. 14000 ve 16000 Hz frekanslarda ise topçu ve piyade sınıfları arasında anlamlı fark görülmezken her iki sınıfın da işitme eşiği ortalamaları kontrol grubundan anlamlı olarak yüksektir.

Niebuhr ve ark.'nın Amerika Birleşik Devletleri ordusunun periyodik muayene sonuçları ile yaptığı bir çalışmada (2006), piyade sınıfında sol kulakta sağ kulağa göre daha fazla işitme kaybı olduğu bildirilmiştir (61). Bu durum, sağ elini kullanan piyadelerin silahını ateşlerken nişan alabilmek için başlarını sağ omuza doğru yatırmasına ve neticede oluşan gölge etkisine bağlanmıştır (62). Nageris ve ark. ise, İsrail ordusundaki askerlerle yaptıkları çalışmada (2007), sol kulakta işitme kaybının sağa göre daha fazla görüldüğünü, ancak bunun sağ ya da sol el dominansına bağlı olmadığını belirtmiştir. Bu yazarlara göre sol kulakta işitme kaybının daha fazla görülmesi başın pozisyonuna değil, sağ tarafta efferent işitsel sistemin daha dominant olmasına bağlıdır (63). Asimetrik işitme kaybının asimetrik stapes refleksinden kaynaklandığını iddia eden araştırmacılar da mevcuttur.

Johnson ve ark. (1979) yaptıkları çalışmada 6 ile 12 yaş arası çocuklarda sağ el ve sol el kullanımına bağlı olmaksızın sağ taraftaki akustik refleksin daha hassas olduğunu ifade etmiştir. Normal işiten bu çocuklarda sağ kulakta refleks eşiklerinin 3 ila 7 dB daha düşük olduğu bulunmuştur (64). Ancak akustik travmanın daha çok yüksek frekansları etkilediği göz önüne alındığında, 2000 Hz ve daha alçak frekanslarda koruma sağlayan akustik refleksin tek başına kulaklar arasındaki asimetriyi açıklaması mümkün değildir (63).

Pirilä ve ark. el dominansının işitme eşikleri üzerine etkisini belirlemek için normal popülasyonu yansıtan bir çalışma grubu ile yaptıkları araştırmada, 4000 Hz’te daha belirgin olmak üzere 2000 Hz ile 8000 Hz arasında sol kulakta işitme eşiklerinin daha kötü olduğunu bulmuşlardır (65). Aynı çalışmada alçak frekans işitme eşiklerinin cinsiyet ayrımı olmaksızın sağ kulakta çok düşük oranda da olsa daha yüksek olduğu bildirilmiştir. 125 Hz ila 500 Hz arası frekansların ortalamaları karşılaştırıldığında sol kulaktaki işitmenin daha iyi olduğu görülmüş ancak gruplar arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır. Bu sonuçlardan yola çıkarak yazarlar özellikle silah kullanan popülasyonda nişan alırken başın pozisyonundan kaynaklanan bir koruyuculuk etkisi olmadığı sonucuna varmışlar ancak kulaklar arası işitme asimetrisinde el dominansının rolünü tamamen dışlayamamışlardır (65).

Askeri personelde meydana gelen asimetrik işitme kaybını açıklamaya yönelik çalışmalardan birinde Job ve ark. el dominansı yerine askeri personelin nişan alırken yaptığı göz tercihlerini incelemiştir (66). Nişan alırken hem sağ hem de sol gözünü kullananlarda özellikle 6000 Hz ve 7000 Hz eşiklerinin sol kulakta daha kötü bulunmuştur. Yine nişan alınan göz fark yaratmaksızın alçak frekans eşiklerinin ise sol kulakta sağ kulağa göre daha iyi olduğu görülmüştür. Sonuç olarak yazarlar, işitmedeki asimetriyi kokleanın intrinsik özelliklerine bağlamış; sağ kokleanın sol kokleaya göre gürültüye daha dayanıklı olabileceğini öne sürmüşlerdir (66).

Bu çalışmada sonuçları değerlendirilen piyade grubunda 125 Hz, 250 Hz, 14000 Hz ve 16000 Hz frekanslarında işitme eşikleri sol kulakta daha yüksek idi. Piyadelerde, alçak frekans saf ses eşikleri (125 Hz, 250 Hz ve 500 Hz) ile üç frekans (500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz) saf ses ortalamasının da sol kulakta daha yüksek olduğu görüldü. Ancak sağ kulakta da alçak frekans eşiklerinin topçu grubunda kontrol grubuna göre anlamlı olarak yüksek olduğu görüldü. Bu sonuç akustik travmanın etkileri yorumlanırken tek etkenin efferent

işitsel sistem dominansı ya da özellikle alçak frekanslar göz önüne alındığında akustik refleks olmadığını düşündürmektedir.

Bu çalışmada sonuçları değerlendirilen topçu grubunda ise 125 Hz, 250 Hz ve 16000 Hz frekanslarında sağ kulakta işitme eşikleri daha yüksek bulundu. Ancak üç frekans (500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz) saf ses ortalamaları arasında anlamlı fark bulunamadı. Bunun sebebi mermiyi namluya yerleştirdikten sonra arkasını dönen topçunun sağ kulağının topa daha yakın olması olabilir. Job ve ark., yaptıkları çalışmada alçak frekanslarda sol kulakta daha iyi eşikler elde etmişlerdir (66). Bu bulgular da çalışmamızla uyumludur. Ancak piyade, topçu ve kontrol grubu beraber değerlendirildiğinde, her ne kadar piyade sınıfında sol kulak sağa göre daha fazla etkilense de 125 Hz frekansında sağ kulaktaki işitme eşikleri kontrol grubuna göre anlamlı derecede yüksek bulunmuştur. Yine 6000 Hz ve üzerindeki frekanslarda da sağ kulakta tüm gruplar arasında anlamlı fark bulunmuş ve en yüksek saf ses eşikleri topçu grubunda, en düşük saf ses eşikleri ise kontrol grubunda gözlenmiştir.

Gürültüye bağlı işitme kayıplarında beklenen karakteristik işitme kaybı genellikle 4000 ve 6000 Hz frekanslarında olsa da tekrarlayan maruziyetlerde alçak frekanslarda da işitme kaybı görülebilmektedir (67). Çalışmamızda 125 Hz için, sağ kulakta hem piyade hem de topçu grubunda, sol kulakta ise piyade grubunda, saf ses eşikleri kontrol grubuna göre yüksek bulunmuştur. Sağ kulaktan farklı olarak sol kulakta 250 Hz saf ses işitme eşikleri de kontrol grubundan anlamlı olarak yüksek bulunmuştur. Konuşma frekanslarını kapsayan 500 Hz, 1000 Hz ve 2000 Hz frekanslarında sol kulakta gruplar arasında anlamlı fark görülmezken, sağ kulakta bu frekanslarda topçu grubu eşikleri kontrol grubuna göre anlamlı olarak yüksek bulunmuştur. Topçu ve piyade gruplarının görev yılları açısından iki grup arasında anlamlı fark bulunmasa da topçu grubunun görev yılı ortalaması piyade grubundan daha yüksektir. Aynı zamanda topçu grubunun maruz kaldığı gürültünün piyade grubuna göre daha yüksek olduğu göz önüne alındığında topçu grubunda sağ kulakta konuşma frekanslarında da işitme kaybı gözlenmesi şaşırtıcı değildir. Ancak gruplar arasında anlamlı fark görülse bile 2000 Hz ve altı frekanslarda saf ses eşik ortalamaları hiçbir grupta 15 dB HL'in üzerine çıkmamıştır. Amerikan Konuşma ve İşitme Derneği'nin belirlediği kriterlere göre 15 dB ve altındaki işitme seviyeleri normal kabul edilmektedir (68). Dolayısı ile bu frekanslarda klinik bir işitme kaybından bahsetmek mümkün değildir.

Norveç Deniz Kuvvetlerinde 2014 yılında yapılan bir çalışmada orduda geçirilen hizmet süresi ile işitme kaybı arasında bir korelasyon olduğu görülmüş ve hizmet süresinin işitme kaybı için iyi bir gösterge olabileceği ifade edilmiştir (56). Aynı çalışmada en belirgin işitme kaybının 1000 Hz, 3000 Hz ve 4000 Hz frekanslarında olduğu belirtilmiş; hazırlanan bir anket ile personele kulak koruyucu kullanıp kullanmadıkları sorulmuş, ancak kullanılan kulak koruyucunun niteliği hakkında bir bilgi verilmemiştir. Elde edilen şaşırtıcı sonuç ise işitme eşikleri ile koruyucu ekipman arasında bir korelasyon bulunmamasıdır (56). Bizim çalışmamızda kulaklık kullandığını beyan eden katılımcı oranı %14'tür (n=5). Ancak bunların sadece 2'si (%6) düzenli olarak profesyonel kulaklık kullandığını beyan etmiştir. Bu yüzden de koruyucu kulaklık kullanmanın işitme üzerine etkileri değerlendirilememiştir. Ayrıca çalışmamızda yaş ile görev yılı arasında çok güçlü pozitif korelasyon bulunmuştur. Yaş ile atış sayısı arasında da beklenebileceği gibi güçlü bir korelasyon vardır. Ancak atış sayısı ve işitme eşikleri arasında Irgens-Hansen ve ark. (56) yaptığı çalışmada buldukları kadar güçlü bir korelasyon bulunmamış; sağ kulakta atış sayısı ile saf ses ortalaması arasında çok düşük düzeyde korelasyon bulunurken, sol kulakta düşük derecede korelasyon görülmüştür. Sağ ve sol kulak saf ses ortalamaları arasında da kuvvetli düzeyde pozitif korelasyon mevcuttur. Saf ses ortalamaları arasındaki pozitif korelasyon, işitme kaybı asimetrik olsa da her iki saf ses ortalamasının birbiri ile paralel olarak yükseldiğini göstermiştir. Bizim çalışmamızda Irgens-Hansen ve ark. (56)'nın çalışmasından farklı olarak orduda geçirilen görev süresi ile saf ses ortalamaları arasında hem piyade hem de topçu sınıflarında korelasyon görülmemiştir. Bunun sebebi her iki çalışma grubunda da işitme kaybının dramatik olarak 4000 Hz ve üzerinde görülmesi olabilir.

Amerika Birleşik Devletleri, İngiltere, Belçik ve Norveç gibi ülkelerde askeri personel için işitme tarama programları mevcuttur. Bu ülkelerden biri olan Belçika'da maruz kalınabilen devamlı gürültü ve impulsif gürültüler için yasal sınırlar belirlemiştir. Bu sınıra göre maruz kalınabilecek devamlı ses seviyesi 87 dB, impulsif ses seviyesi ise 140 dB'den fazla olamaz. Sonuç olarak bu ses seviyelerine maruz kalan askeri personelde gürültüye bağlı işitme kaybı gelişmesi kaçınılmazdır. Bu nedenle de Belçika 2003 yılında askeri personel için işitme koruma programı başlatmıştır (1). Türk ordusunda hali hazırda uygulanan bir işitme koruma programı mevcut değildir. Koruyucu ekipman kullandığını beyan eden personelden sadece 2'si düzenli olarak kulaklık kullandığını belirtmiş, diğerleri de kendi imkanları ile kulaklık temin ettiklerini ve düzenli kullanmadıklarını ifade etmişlerdir. Çalışmamıza dahil olan askeri personellerin özellikle yüksek frekans işitme

ortalamları karşılaştırıldığında tüm gruplar arasında anlamlı fark bulunmuş, en yüksek eşikler topçu sınıfında elde edilirken en düşük eşikler kontrol grubunda elde edilmiştir. Özellikle kara operasyonlarında, askerlerin kendilerine doğru atılan mermilerin ne çeşit bir silaha ait olduklarını ve hangi yönden geldiğini anlayabilmeleri gerektiğinden, muharip sınıftaki askerler için işitme kaybı yaşamsal önemde olabilir (6). Gürültüye bağlı işitme kaybı, ileri dönemlerde uyku düzeninin bozulması, hipertansiyon, taşikardi, artmış kortizol düzeyi, psikolojik stres gibi ikincil sağlık sorunları ile de ilişkilendirilmiştir (69).

Amerika Birleşik Devletlerinde işitmeyi koruyucu ekipmanlar savaş sahasında giyilen kamuflajların bir parçası olarak kompozit başlığa monte halde kullanılmaktadır (6). Geliştirilen kulaklıklar, akıllı teknolojiler sayesinde konuşma sesinin net olarak kulağa iletilmesini sağlarken, belirli standartlara uygun şekilde, yüksek şiddetteki sesleri azaltarak akustik travmaya karşı koruyucu olabilirler (70). 2009 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nde yapılan bir araştırmaya göre 444583 askeri personel işitme kaybı nedeniyle, 395324 askeri personel ise tinnitus nedeniyle engellilik tazminatı almaktadır (71). Ülkemizde işitme kaybı nedeniyle tazminat alan personele dair yapılmış çalışmaya rastlanmamıştır. Ancak, gerek eğitimler, gerekse silahlı çatışmalar sırasında impulsif gürültüye maruz kalan çok sayıda askeri personel olduğu düşünülmektedir. Bu personelin gürültüye bağlı işitme kaybının olumsuz etkilerinden korunması için gerekli tedbirlerin alınması, işitme koruyucu programların uygulanması ve koruyucu ekipman kullanımının teşvik edilmesi gerekmektedir.

6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

1. Piyadelerde 125 Hz, 250 Hz, 14000 Hz frekanslarında sol kulak eşikleri sağ kulak eşiklerinden anlamlı olarak yüksek bulunmuştur. Diğer frekanslarda sağ kulak ve sol kulak arasında anlamlı fark bulunamamıştır.
2. Topçularda 125 Hz, 250 Hz, 16000 Hz frekanslarında sağ kulak eşikleri sol kulak eşiklerinden anlamlı olarak daha yüksek bulunmuştur. Diğer frekanslarda sağ ve sol kulak eşikleri arasında anlamlı fark bulunamamıştır.
3. 125 Hz ortalamaları gruplar arası karşılaştırıldığında piyade grubunun ortalaması, kontrol ve topçu gruplarından anlamlı olarak yüksek bulunmuştur.
4. 250 Hz ortalamaları gruplar arası karşılaştırıldığında sadece piyade ve kontrol grupları arasında anlamlı fark görülmüş, diğer gruplar arasında anlamlı fark görülmemiştir. Piyade grubu kontrol grubuna göre anlamlı olarak yüksek bulunmuştur.
5. 2000 Hz ortalamaları gruplar arası karşılaştırıldığında sadece topçu ve kontrol grupları arasında anlamlı fark görülmüş, diğer gruplar arasında anlamlı fark görülmemiştir. Topçu grubu kontrol grubuna göre anlamlı olarak yüksek bulunmuştur.
6. 4000 Hz ve 12500 Hz arası frekanslarda tüm frekanslar arasında anlamlı fark görülmüş, en yüksek eşikler topçu sınıfında, en düşük eşikler ise kontrol grubunda görülmüştür.
7. 14000 Hz ve 16000 Hz frekanslarında topçu ve piyade sınıfları arasında anlamlı fark bulunamamıştır ancak her iki grup da kontrol grubuna göre anlamlı olarak yüksektir.
8. Piyadelerde kulaklık kullanma oranı %14'tü (n=5). Ancak bu piyadelerden sadece 2 tanesi profesyonel kulaklık kullandıklarını beyan ettiler (%6). Topçu sınıfında ise kulaklık kullanan katılımcı yoktu.
9. Türk Silahlı Kuvvetleri bünyesinde oluşturulan işitme koruma programı mevcut değildir ancak gürültüye bağlı işitme kaybının etkilerinin önlenmesi için ordu mensupları bu konuda bilgilendirilmeli ve gerekli ekipmanlar sağlanmalıdır.

KAYNAKLAR

1. Collée A, Legrand C, Govaerts B, Van Der Veken P, De Boodt F, Degrave E. Occupational exposure to noise and the prevalence of hearing loss in a Belgian military population: a cross-sectional study. *Noise Health*. 2011;13(50):64-70
2. Muhr P, Rosenhall U. The influence of military service on auditory health and the efficacy of a Hearing Conservation Program. *Noise Health*. 2011;13(53):320-7.
3. Muhr P, Månsson B, Hellström PA. A study of hearing changes among military conscripts in the Swedish Army. *Int J Audiol* 2006;45(4):247-51.
4. Luha A, Merisalu E, Reinvee M, Kinnas S, Jögeva R, Orru H. In-vehicle noise exposure among military personnel depending on type of vehicle, riding compartment and road surface. *J R Army Med Corps*. 2019;Jan 24:jramc-2018-001091.
5. Abel SM. Hearing loss in military aviation and other trades: investigation of prevalence and risk factors. *Aviat Space Environ Med* 2005;76(12):1128–35.
6. US Army Aeromedical Reference and waiver guide 2016
7. Resmi Gazete. 20.03.2010/27527
8. İstanbulluoğlu H, Kır T. Mesleki Gürültü Maruziyeti (Askeri Personel Örneği). *TAF Prev Med Bull* 2016;15(4):376-81.
9. Brownell WE. How the ear works-nature's solutions for listening. *Volta Rev*. 1997;99(5):9-28.
10. Qing Z, Mao-Li D. (2009). Anatomy and physiology of peripheral auditory system and common causes of hearing loss. *Journal of Otology*, 4(1), 7-14.

11. Seikel AJ, Anatomy of Hearing. Anatomy & Physiology for Speech, Language, and Hearing, 4th edition (Seikel AJ, ed) Delmar, Cengage Learning 447-478, 2010
12. Aslan A. Kulak Anatomisi. Kulak Burun Boğaz Hastalıkları ve Baş Boyun Cerrahisi (Koç C, ed) Ankara, Güneş Kitabevi 47-64, 2013
13. Moore BC. The Nature of Sound and the Structure and Function of the Auditory System. An introduction to the psychology of hearing. (Moore BC, ed) Danvers, Brill 1-55, 2012
14. Pelliccia P, Venail F, Bonafé A, et al. Cochlea size variability and implications in clinical practice. Acta Otorhinolaryngol Ital. 2014;34(1):42-49.
15. Pickles, JO. Auditory pathways: anatomy and physiology. Handbook of clinical neurology. Vol. 129. Elsevier 2015; 3-25
16. Flint PW., Haughey BH., Robbins KT., Thomas, JR., Niparko, JK., Lund, VJ., Lesperance MM. Anatomy of the Auditory System. Cummings otolaryngology-head and neck surgery e-book. Elsevier Health Sciences. 2014;1987-1993
17. Belgin E. İşitme Sisteminde Akustik Prensipler. Temel Odyoloji (Belgin E, ed). Ankara, Güneş Kitabevi. 2015;19-25.
18. Martin, FN., Clark, JG. Sound and Its Measurement. Introduction to audiology. Boston, Allyn and Bacon 1997;30-68.
19. Goodwin J, Acoustic and electroacoustics, In:Kerr, A.G.,Grooves, J.Editors. Scott-Brown's Otolaryngology. 5th edition, Vol 1. Basic Sciences, London. 1987;1-67.
20. Bess, FH. Nature of Sound. Audiology, The Fundamentals. 4th edition. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia. 1995;23-52
21. Rash, CE. Sensation perception and cognition issues. Helmet mounted displays. SPIE Press, Alabama 2009; 307-332

22. Duckert LG. Anatomy of the skull base, temporal bone, external ear and middle ear. Otolaryngology Head & Neck Surgery(Cummings CW, Fredrickson JM, Harker LA, Krause CJ, Richardson MA, Schuller DE eds). 3rd ed. St Louis,Mosby-year Book. 1988;2533-46.
23. Guyton AC, Hall JE. Textbook of Medical Physiology. 12th ed. Philadelphia: WB Saunders Company. 2011; 633-9.
24. Wada T, Sano H, Nishio SY, Kitoh R, Ikezono T, Iwasaki S, Kaga K, Matsubara A, Matsunaga T, Murata T, Naito Y, Suzuki M, Takahashi H, Tono T, Yamashita H, Hara A, Usami SI. Differences between acoustic trauma and other types of acute noise-induced hearing loss in terms of treatment and hearing prognosis. Acta Otolaryngol. 2017;137(sup565):S48-S52.
25. Dobie RA. Medical-legal evaluation of hearing loss. Von Nostrand Reinhold, New York. 1993;
26. Akyıldız N. Kulak Hastalıkları ve Mikrocerrahisi II(Akyıldız N,ed).Ankara, Bilimsel Tıp Yayınevi,2002.,
27. Önerci M. Kulak Burun Boğaz ve Baş Boyun Cerrahisi. Ankara, Hacettepe Üniversitesi Basımevi. 2016;449-460.
28. Sataloff RT, Sataloff J. The Physics of Sound. Occupational hearing loss. New York, CRC Press 2016;7-22
29. Mardassi A, Turki S, Mbarek H, Hachicha A, Benzarti S, Abouda M. Acute acoustic trauma: how to manage and how to prevent? Tunis Med. 2016;94(11):664.
30. Suter AH. Occupational Hearing Loss from Non-Gaussian Noise. Semin Hear. 2017;38(3):225-62.
31. Kemaloglu YK, Tutar H. Gürültüye bağlı işitme kayıpları ve akustik travma. Turkiye Klinikleri J ENT-Special Topics. 2013;6(1):44-54.

32. Bingham, Eula, and Barbara Cohrssen, eds. *Patty's Toxicology*, 6 Volume Set. John Wiley & Son. Noise and Ultrasound (William W. Clark, Ph.D. and Jerome R. Cox, D.Sc.). 2012;79-132
33. Clark WW, Bohne BA. Effects of noise on hearing. *JAMA*. 1999;281(17):1658-9.
34. Shulman JB, Lambert PR, Goodhill V. Acoustic Trauma-and noise-induced hearing loss. *The Ear. Comprehensive Otolology*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins. 2000;773-83.
35. Abdulla, S. (1998). Noise-induced hearing loss: the future is hear. *Mol Med Today*. 1998;4(7):284-5.
36. Bhatt IS, Guthrie ON. Analysis of audiometric notch as a noise-induced hearing loss phenotype in US youth: data from the National Health And Nutrition Examination Survey, 2005–2010. *Int J Audiol*. 2017;56(6):392-9.
37. Noise and Hearing Loss. NIH Consensus Statement Online 1990 Jan 22-24;8(1):1-24
38. Saedi B, Ghasemi M, Motiee M, Mojtahed M, Safavi A. Transient threshold shift after gunshot noise exposure. *B-ENT*. 2013;9(2):133-9.
39. 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. *Otol Neurotol*. 2016;37(8): e271-5.
40. <https://www.osha.gov/>
41. Le Prell CG, Henderson D, Fay RR, Popper AN. Noise-induced hearing loss: scientific advances. *Springer Science & Business Media*. 2011;40.

42. R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2013. URL <http://www.R-project.org/>.
43. Dominic Comtois. summarytools: Tools to Quickly and Neatly Summarize Data. R package version 0.9.4. 2019 <https://CRAN.R-project.org/package=summarytools>
44. Revelle W. psych: Procedures for Personality and Psychological Research, Northwestern University, Evanston, Illinois, USA, <https://CRAN.R-project.org/package=psych> Version = 1.8.12. 2018
45. Hadley W, Romain F, Lionel H, Kirill M. dplyr: A Grammar of Data Manipulation. R package version 0.8.3. 2019. <https://CRAN.R-project.org/package=dplyr>
46. Juergen Gross and Uwe Ligges. nortest: Tests for Normality. R package version 1.0-4. 2015. <https://CRAN.R-project.org/package=nortest>
47. John Fox and Sanford Weisberg. An {R} Companion to Applied Regression, Third Edition. Thousand Oaks CA: Sage. 2019
URL:<https://socialsciences.mcmaster.ca/jfox/Books/Companion/>
48. Thorsten Pohlert. PMCMRplus: Calculate Pairwise Multiple Comparisons of Mean Rank Sums Extended. R package version 1.4.2. 2019. <https://CRAN.R-project.org/package=PMCMRplus>
49. Dag, O., Dolgun, A., Konar, N.M. (2018). onewaytests: An R Package for One-Way Tests in Independent Groups Designs. The R Journal. 2018;10(1):175-99.
50. Felipe de M. agricolae: Statistical Procedures for Agricultural Research. R package version 1.3-1. 2019 <https://CRAN.R-project.org/package=agricolae>
51. Salvatore M. rcompanion: Functions to Support Extension Education Program Evaluation. R package version 2.3.7. 2019 <https://CRAN.R-project.org/package=rcompanion>

52. Pohlert T. *_The Pairwise Multiple Comparison of Mean Ranks Package (PMCMR)_*. R package, <URL: <https://CRAN.R-project.org/package=PMCMR>>. 2014
53. Taiyun W, Viliam S. R package "corrplot": Visualization of a Correlation Matrix (Version 0.84). Available from <https://github.com/taiyun/corrplot>. 2017
54. Seongho K. ppcor: Partial and Semi-Partial (Part) Correlation. R package version 1.1. 2015. <https://CRAN.R-project.org/package=ppcor>
55. Nelson DI, Nelson RY, Concha-Barrientos M, Fingerhut M. The global burden of occupational noise-induced hearing loss. *Am J Ind Med.* 2005;48(6): 446-58.
56. Irgens-Hansen K, Sunde E, Bråtveit M, Baste V, Oftedal G, Koefoed V, Lind O, Moen BE. Hearing loss in the royal Norwegian navy: a cross-sectional study. *Int Arch Occup Environ Health.* 2015;88(5):641-9.
57. Gordon JS, Griest SE, Thielman EJ, Carlson KF, Helt WJ, Lewis MS, Blankenship C, Austin D, Theodoroff SM, Henry JA. Audiologic characteristics in a sample of recently-separated military Veterans: The Noise Outcomes in Servicemembers Epidemiology Study (NOISE Study). *Hear Res.* 2017;349: 21-30.
58. https://www.tsk.tr/Content/pdf/insan_kaynaklari/TSK-Saglik-Yetenegi-Yonetmeligi.pdf
59. Pelausa EO, Abel SM, Simard J, Dempsey I. Prevention of noise-induced hearing loss in the Canadian military. *J Otolaryngol.* 1995;24(5):271-80.
60. Job A, Cardinal F, Michel H, Klein C, Ressiot E, Gauthier J. Tinnitus and Associated Handicaps in the French Mountain Artillery: Assessment by the Tinnitus Handicap Inventory. *Mil Med.* 2018;183(9-10):e302-e306.
61. Niebuhr DW, Completo JD, Helfer TM, Chandler DW. A comparison of the military entrance processing station screening audiogram with the Defense Occupational

and Environmental Health Readiness System reference audiogram at Fort Sill, Oklahoma, in 2000. *Mil Med.* 2006;171(2):117-21.

62. Meinke DK, Finan DS, Flamme GA, Murphy WJ, Stewart M, Lankford JE, Tasko S. Prevention of noise-induced hearing loss from recreational firearms. In *Seminars in hearing.* Thieme Medical Publishers. 2017;38(4):267-81.

63. Nageris BI, Raveh E, Zilberberg M, Attias J. Asymmetry in noise-induced hearing loss: relevance of acoustic reflex and left or right handedness. *Otol Neurotol.* 2007;28(4), 434-7.

64. Johnson DW, Sherman RE. Normal development and ear effect for contralateral acoustic reflex in children six to twelve years old. *Dev Med Child Neurol.* 1979;21(5):572-81.

65. Pirilä T, Jounio-Ervasti K, Sorri M. Hearing asymmetry among left-handed and right-handed persons in a random population. *Scand Audiol.* 1991;20(4):223-6.

66. Job A, Grateau P, Picard J. Intrinsic differences in hearing performances between ears revealed by the asymmetrical shooting posture in the army. *Hear Res.* 1998;122(1-2), 119-24.

67. Chenqing L, Daxiong D, Yuhua Z, et al. Auditory characteristics of noise-exposed members crossing age-related groups. *J Otol.* 2018;13(2):75-79. doi:10.1016/j.joto.2018.05.003

68. <https://www.asha.org/uploadedFiles/AIS-Hearing-Loss-Types-Degree-Configuration.pdf>

69. Seidman MD, Standring RT. Noise and quality of life. *Int J Environ Res Public Health.* 2010;7(10):3730-8.

70. <https://blog.ansi.org/2017/08/measuring-noise-reduction-hearing-protective-ansi-epa/>

71. Saunders GH, Griest SE. Hearing loss in veterans and the need for hearing loss prevention programs. *Noise Health*. 2009;11(42):14-21.