

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

**MANYETİK REZONANS GÖRÜNTÜLEME CİHAZI İLE ÇALIŞAN
RADYOLOJİ TEKNİKERLERİNDE GÜRÜLTÜNÜN İŞİTME
ÜZERİNE ETKİSİNİN KONTROL GRUBU İLE
KARŞILAŞTIRILMASI**

HAZIRLAYAN

CEVAHİR BULUT TURAY

DOKTORA TEZİ

ANKARA-2025

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

**MANYETİK REZONANS GÖRÜNTÜLEME CİHAZI İLE ÇALIŞAN
RADYOLOJİ TEKNİKERLERİNDE GÜRÜLTÜNÜN İŞİTME
ÜZERİNE ETKİSİNİN KONTROL GRUBU İLE
KARŞILAŞTIRILMASI**

HAZIRLAYAN

CEVAHİR BULUT TURAY

DOKTORA TEZİ

TEZ DANIŞMANI

PROF. DR. LEVENT NACİ ÖZLÜOĞLU

ANKARA-2025

BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

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

Tez Savunma Tarihi: 26/06/2025

Tez Adı: Manyetik Rezonans Görüntüleme Cihazı İle Çalışan Radyoloji Teknikerlerinde Gürültünün İşitme Üzerine Etkisinin Kontrol Grubu İle Karşılaştırılması

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

İmza

ONAY

Enstitü Müdürü

Tarih: ... / ... /

BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
DOKTORA TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU

Tarih: 12/06/ 2025

Öğrencinin Adı, Soyadı: Cevahir Bulut TURAY

Öğrencinin Numarası: 22120354

Anabilim Dalı: Kulak Burun Boğaz Hastalıkları

Programı: Odyoloji Doktora Programı

Danışmanın Unvanı/Adı, Soyadı: Prof. Dr. Levent Naci ÖZLÜOĞLU

Tez Başlığı: Manyetik Rezonans Görüntüleme Cihazı İle Çalışan Radyoloji Teknikerlerinde Gürültünün İşitme Üzerine Etkisinin Kontrol Grubu İle Karşılaştırılması

Yukarıda başlığı belirtilen Doktora tez çalışmamın; Giriş, Ana Bölümler ve Sonuç Bölümünden oluşan, toplam 63 sayfalık kısmına ilişkin, 12/06/2025 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı %16'dır. Uygulanan filtrelemeler:

1. Kaynakça hariç
2. Alıntılar hariç
3. Beş (5) kelimeden 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:12/06/ 2025

Öğrenci Danışmanı Unvan, Ad, Soyad, İmza

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimimin başlangıcından itibaren özellikle doktora öğrenimim süresince bilgi ve deneyimiyle her aşamada rehberlik eden, akademik gelişimime katkı sağlayan ve güler yüzünü hiçbir zaman esirgemeyen değerli tez danışmanım Başkent Üniversitesi Kulak Burun Boğaz Hastalıkları Anabilim Dalı

Doktora eğitimim boyunca bana destek olan, bilgi ve deneyimlerini paylaşan Sayın

Doktora öğrenimimin esnasında bilgi ve deneyimlerini esirgemeyen, akademik ilerlememe katkıda bulunan değerli hocalarım Sayın

Tez savunma sınav jürimde bulunarak onurlandıran, bilgi ve birikimleri ile doktora sürecime katkıda bulunan değerli hocalarım Sayın

Doktora eğitimim boyunca yardımlarını esirgemeyen değerli klinik arkadaşlarım

Bu yolculuğa başladıktan sonra motivasyon ve teşvikleriyle her zaman katkılarını hissettiğim sevgili dostum

Doktora eğitimim boyunca birlikte ders aldığım, dostluklarını yanımda hissettiğim tüm sınıf arkadaşlarıma ve tezime gönüllü olarak katılan ve sabırla testin bitmesi için çaba sarf eden tüm hastalarım teşekkür ediyorum.

Eğitim hayatımda ve hedeflerime ulaşmamda sonsuz desteklerini gördüğüm ve her türlü çalışmamda destek olan, hayatımın her aşamasında maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen canım ailem, babam İsmail TURAY'a, annem Perihan TURAY'a ve abim Taylan TURAY'a kayınvalidem Aynur MAVİ'ye ve kayınpederim Fahri MAVİ'ye, her gün

yanımda olan, tüm iyi ve kötü anlarda beni destekleyen, sonsuz sevgisi için sevgili eşim Özge MAVİ TURAY'a ve hayatıma anlam katan biricik oğlum Umut'a en derin teşekkürlerimi sunarım.

En içten dileklerimle teşekkür ederim.

Cevahir Bulut TURAY



ÖZET

Cevahir Bulut TURAY. Manyetik Rezonans Görüntüleme Cihazı İle Çalışan Radyoloji Teknikerlerinde Gürültünün İşitme Üzerine Etkisinin Kontrol Grubu İle Karşılaştırılması. Başkent Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Kulak Burun Boğaz Anabilim Dalı, Odyoloji Doktora Programı, 2025

Bu çalışma, Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG) cihazı ile çalışan radyoloji teknikerlerinin, cihazın oluşturduğu yüksek düzeydeki akustik gürültüye maruziyetinin işitme sistemine olan etkilerini değerlendirmek amacıyla planlanmıştır. MRG cihazlarının çalışması sırasında ortaya çıkan sesler, 100 dB'yi aşabilen seviyelere ulaşabilmekte ve uzun süreli maruziyet durumunda iç kulakta geri dönüşü olmayan koklear hasarlara neden olabilmektedir. Bu bağlamda çalışmanın amacı, MRG cihazıyla çalışan radyoloji teknikerlerinin koklear fonksiyonlarının, benzer yaş ve meslek grubundan ancak MRG ile çalışmayan sağlıklı kontrol grubu ile karşılaştırılarak değerlendirilmesidir.

Çalışmaya, yaşları 21 ile 48 arasında değişen 34 radyoloji teknikeri ile yaşları 21 ile 45 arasında değişen 32 kontrol grubu üyesi dahil edilmiştir. Katılımcıların tamamına işitme sistemine dair detaylı odyolojik değerlendirmeler yapılmıştır. Bu değerlendirmeler arasında saf ses odyometrisi, yüksek frekans odyometrisi, Transient Evoked Otoakustik Emisyon (TEOAE), Distortion Product Otoakustik Emisyon (DPOAE) ve Tinnitus Engellilik Envanteri (THI) testleri yer almaktadır. Ayrıca radyoloji teknikerlerinin çalıştığı MRG odalarında 15 dk gürültü ölçümleri yapılmış ve en yüksek anlık ses düzeyinin 105.1 dB'e kadar çıktığı tespit edilmiştir.

Bulgular, MRG cihazı ile çalışan teknikerler kontrol grubu ile kıyaslandığında, TEOAE ve DPOAE sonuçlarında anlamlı bir farklılık gözlenmedi. Saf ses odyometri ve yüksek frekans odyometri sonuçlarında anlamlı farklılıklar olduğu gözlenmektedir. Saf ses odyometride 500(kapıya yakın olan kulak p -value=0.0295 kapıya uzak olan kulak p -value=0.0046), 1000 Hz'de (kapıya yakın olan kulak p -value=0.0469 kapıya uzak olan kulak p -value=0.0008) her iki kulakta eşiklerde düşme gözlenmiştir. Çalışma grubunda kapıya yakın olan kulak ve uzak olan kulak kendi aralarında kıyaslandığında ise 4000(p -value=0,0274), 6000(p -value=0,0497) ve 8000 Hz'de (p -value=0,0478) asimetric eşik kayması tespit edilmiştir. Yüksek frekans odyometri sonuçlarında ise çalışma grubu ve

kontrol grubu kıyaslandığında kapaıya yakın olan kulakta 10.000(p-value=0,0405), 12.500(p-value=0,0273), 14.000(p-value=0,0075), 16.000(p-value=0,0002), 18.000 Hz'de (p-value=0,0144) ve kapaıya uzak olan kulakta 16.000 Hz'de (p-value=0,0049) anlamlı sonuçlar elde edilmiştir. Çalışma grubunda kapaıya yakın olan kulak ve uzak olan kulak kendi aralarında değeriendirildiğinde 16.000 Hz'de (p-value=0,0345) asimetrik eşik kayması tespit edilmiştir.

Sonuç olarak, radyoloji teknikerlerinde uzun süreli MRG cihaz gürültüsüne maruz kalmaları neticesinde özellikle yüksek frekanslarda işitme kaybı oluşabilmektedir. Bu sonuçlar, klinik ortamlarda çalışan personelin işitme sağlığının korunması amacıyla gürültü kontrol önlemlerinin ve işitme koruyucu ekipman kullanımının teşvik edilmesinin gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Anahtar Sözcükler: Gürültüye Bağlı İşitme Kaybı, Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG), İşitme Yüksek Frekans Odyometrisi, Transient Evoked Otoakustik Emisyon (TEOAE), Distorsion Product Otoakustik Emisyon (DPOAE).

ABSTRACT

Cevahir Bulut TURAY. Evaluation of the Impact of Magnetic Resonance Imaging Device Noise on Hearing in Radiology Technicians: A Comparative Study with a Control Group. Başkent University Institute of Health Sciences, Department of Otorhinolaryngology, Audiology Doctorate Program, 2025

This study was designed to evaluate the effects of exposure to high levels of acoustic noise generated by Magnetic Resonance Imaging (MRI) devices on the auditory system of radiology technicians working with such equipment. The sounds produced during the operation of MRI devices can exceed 100 dB and, with prolonged exposure, may lead to irreversible cochlear damage. In this context, the aim of the study was to assess the cochlear functions of radiology technicians working with MRI devices by comparing them with a healthy control group of similar age and professional background who do not work with MRI.

The study included 34 radiology technicians aged between 21 and 48 years, and 32 control group participants aged between 21 and 45 years. All participants underwent comprehensive audiological evaluations. These evaluations included Pure-Tone Audiometry, High-Frequency Audiometry, Transient Evoked Otoacoustic Emissions (TEOAE), Distortion Product Otoacoustic Emissions (DPOAE), and the Tinnitus Handicap Inventory (THI). Additionally, 15-minute noise measurements were conducted in the MRI rooms where the technicians worked, and the peak instantaneous sound level was found to reach up to 105.1 dB.

When comparing the MRI technicians to the control group, no statistically significant differences were found in the TEOAE and DPOAE results. However, significant differences were observed in the results of Pure-Tone Audiometry and High-Frequency Audiometry. In Pure-Tone Audiometry, threshold shifts were observed at 500 Hz (ear closer to the door p-value = 0.0295; ear farther from the door p-value = 0.0046) and at 1000 Hz (ear closer to the door p-value = 0.0469; ear farther from the door p-value = 0.0008) in both ears. Within the study group, when comparing the ear closer to the MRI room door with the opposite ear, asymmetric threshold shifts were observed at 4000 Hz (p-value = 0.0274), 6000 Hz (p-value = 0.0497), and 8000 Hz (p-value = 0.0478).

In the High-Frequency Audiometry results, significant differences were observed between the study and control groups in the ear closer to the door at 10,000 Hz (p-value = 0.0405), 12,500 Hz (p-value = 0.0273), 14,000 Hz (p-value = 0.0075), 16,000 Hz (p-value = 0.0002), and 18,000 Hz (p-value = 0.0144), and in the ear farther from the door at 16,000 Hz (p-value = 0.0049). Furthermore, within the study group, an asymmetric threshold shift was detected at 16,000 Hz (p-value = 0.0345) when comparing the two ears.

In conclusion, long-term exposure to MRI device noise in radiology technicians may result in hearing loss, particularly at high frequencies. These findings highlight the necessity of implementing noise control measures and promoting the use of hearing protection equipment to preserve the auditory health of personnel working in clinical environments.

Keywords: Noise Induced Hearing Loss, Magnetic Resonance Imaging (MRI), Hearing, High Frequency Audiometry, Transient Evoked Otoacoustic Emissions (TEOAE), Distortion Product Otoacoustic Emissions (DPOAE).

ETİK KURUL ONAYI

Bu tez çalışması, Başkent Üniversitesi Tıp ve Sağlık Bilimleri Araştırma Kurulu (Proje no: KA24/119) ve Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu (22/05/2024 tarih ve 24/122 sayılı karar) onayıyla gerçekleştirilmiştir.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
ÖZET	iii
ABSTRACT	v
ETİK KURUL ONAYI	vii
İÇİNDEKİLER.....	viii
TABLolar LİSTESİ	x
ŞEKİLLER LİSTESİ	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Gürültü	3
2.2. Gürültüye Bağlı İşitme Kaybı (GBİK).....	3
2.2.1. Gürültüye bağlı eşik kayması.....	4
2.2.1.1. Geçici Eşik Kayması (GEK).....	5
2.2.1.2 Kalıcı Eşik Kayması (KEK)	6
2.2.1.3. Akustik Travma	7
2.2.2. Gürültüye bağlı işitme kaybının mekanizması.....	7
2.2.2.1. Mekanik hasar.....	7
2.2.2.2. Metabolik hasar.....	8
2.2.2.3. İnflamatuar ve immün hasar	8
2.2.2.4. Genetik faktörler	9
2.2.2.5 Diğer faktörler	9
2.3 Başın Gölge Etkisi.....	9
2.3. İşitmenin Değerlendirilmesi.....	11
2.3.1. Saf ses odyometrisi	11
2.3.2. Konuşma odyometrisi	12
2.3.3. Yüksek frekans odyometrisi.....	12
2.3.4 Otoakustik emisyon.....	13
2.3.4.1. Transient evoked otoakustik emisyon (TEOAE).....	15
2.3.4.2. Distortion product otoakustik emisyon (DPOAE).....	15

2.3.4.3 Stimulus frequency otoakustik emisyon (SFOAE)	16
2.3.5 Tinnitus engellilik envanteri.....	16
2.4. Manyetik rezonans görüntüleme	17
3. GEREÇ VE YÖNTEM	18
3.1. Bireyler	18
3.2. Odyolojik Değerlendirme	19
3.2.1. İmmitansmetre	19
3.2.2. Odyometre.....	19
3.2.3. Otoakustik Emisyon	20
3.3. Tinnitus engellilik envanteri	20
3.4. Manyetik Rezonans Görüntüleme Cihazı.....	22
3.5. Gürültü Ölçümü.....	22
3.2. Verilerin İstatistiksel Analizi	23
4. BULGULAR	24
4.1. Demografik Veriler	24
4.2. Gürültü Ölçümü.....	25
4.3. Transient Evoked Otoakustik Emisyon Sonuçları	27
4.4. Distortion Product Otoakustik Emisyon Sonuçları.....	30
4.5. Saf Ses Odyometri Sonuçları	33
4.6. Yüksek Frekans Odyometri Sonuçları	39
4.7.Tinnitus Engellilik Envanteri	43
5. TARTIŞMA.....	44
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	55
KAYNAKLAR.....	56

EKLER

EK 1: Araştırma Projesi Etik Kurul Onayı

EK 2: Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formu

TABLÖLAR LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 1. İşitme kaybının sınıflandırılması (37).....	12
Tablo 2. Çalışma Grubu Cinsiyet Dağılımı.....	24
Tablo 3. Çalışma Grubu Yaş ve Çalışma Süresi Dağılımı.....	24
Tablo 4. Kontrol Grubu Cinsiyet Dağılımı.....	24
Tablo 5. Kontrol Grubu Yaş ve Çalışma Süresi Dağılımı.....	25
Tablo 6. Kapiya Yakın Olan Kulak ve Kapiya Uzak Olan Kulak Anlık En Yüksek Ses Değerleri.....	26
Tablo 7. TEOAE Çalışma Grubu ile Kontrol Grubunun Karşılaştırılması.....	28
Tablo 8. Çalışma Grubunda Kapiya Yakın Olan Kulak ve Kapiya Uzak Olan Kulak TEOAE Karşılaştırması.....	29
Tablo 9. DPOAE Çalışma Grubu ile Kontrol Grubunun Karşılaştırılması.....	32
Tablo 10. Çalışma Grubunda Kapiya Yakın Olan Kulak ve Kapiya Uzak Olan Kulak DPOAE Karşılaştırması.....	33
Tablo 11. Saf Ses Odyometri Çalışma Grubu ile Kontrol Grubunun Karşılaştırılması.....	35
Tablo 12. Çalışma Grubunda Kapiya Yakın Olan Kulak ve Kapiya Uzak Olan Kulak Saf Ses Odyometri Karşılaştırılması.....	37
Tablo 13. 4000 Hz’de çalışma süresi ile asimetrik işitme eşikleri değerlendirmesi.....	37
Tablo 14. 6000 Hz’de çalışma süresi ile asimetrik işitme eşikleri değerlendirmesi.....	37
Tablo 15. 8000 Hz’de çalışma süresi ile asimetrik işitme eşikleri değerlendirmesi.....	38
Tablo 16. Yüksek Frekans Odyometri Çalışma Grubu ile Kontrol Grubunun Karşılaştırılması.....	41

Tablo 17. Çalışma Grubunda Kapiya Yakın Olan Kulak ve Kapiya Uzak Olan Kulak Yüksek Frekans Odyometri Karşılaştırması.....	42
Tablo 18. 12500 Hz’de çalışma süresi ile asimetric işitme eşikleri değerdendirmesi	42
Tablo 19. 1000,12500, 14000, 16000 Hz ortalamalarının çalışma süresi ile asimetric işitme eşikleri değerdendirmesi.....	43



ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 1. Gürültüye maruziyet sonrası odyogramda 4000 Hz’de çentik görünümü	6
Şekil 2.MRG cihaz ve operatör odası krokisi.....	22
Şekil 3. Svan971, Svan958	23



SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

MRG	manyetik rezonans görüntüleme
GEK	geçici eşik kayması
KEK	kalıcı eşik kayması
AT	akustik travma
dB	desibel
NIOSH	Ulusal İş Sağlığı ve Güvenliği Enstitüsü
OSHA	Mesleki Güvenlik ve Sağlık İdaresi
SPL	ses basınç seviyesi
Hz	hertz
OAE	otoakustik emisyon
EOAE	uyarılmış otoakustik emisyon
SOAE	spontan otoakustik emisyon
TEOAE	transient evoked otoakustik emisyon
DPOAE	distortion product otoakustik emisyon
SFOAE	stimulus-frequency otoakustik emisyon
SNR	sinyal gürültü oranı
ABR	işitsel beyin sapı yanıtı
daPa	dacapaskal
KBB	kulak burun boğaz
SD	standart deviasyon
Min	minimum değer
Max	maksimum değer
ASSR	auditory steady-state response (işitsel kararlı durum yanıtları)

1. GİRİŞ

Teknolojinin ilerlemesiyle birlikte makineleşme oranının arttığı bilinmektedir. Bu gelişmeler hayatımızı olumlu bir şekilde etkilese de, beraberinde bazı olumsuz durumları da getirmiştir. Bu olumsuzluklardan biri de gürültüdür. Gürültüyü kısaca tanımlamak gerekirse; “hoşa gitmeyen, istenmeyen, rahatsız edici ses” olarak tanımlamak mümkündür. Gürültü, insan sağlığı üzerinde çeşitli olumsuz etkilere sahiptir. Bu olumsuzlukların en başında işitme duyumuz olmak üzere birçok organ ve sistemi olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Gürültüye bağlı işitme kaybı işitsel sistemin gürültülü bir ortama uzun süre maruz kalması sonucu oluşan duyuusal kayıptır ve tedavi edilemez. Ancak bu durum, gürültüye maruz kalmadan önce önlenabilir. Gürültü, sensörinöral işitme kayıplarının başlıca nedenlerinden biridir. Ateşli silahların ateşlenmesi, inşaat makineleri ve iş makinelerinin oluşturduğu gürültüler, yüksek sesle müzik dinleme alışkanlıkları gibi faktörler mesleki sağlık problemleri olarak karşımıza çıkmaktadır.

Günümüzde çevresel gürültü yaygın bir sorun haline gelmeye başladı. Hemen hemen herkes gürültüye maruz kalmaya başladı. Hızla büyüyen şehirlerde, konut ve sanayi bölgelerinin plansız bir şekilde iç içe geçmesi, trafik yoğunluğunun artışı ve elektronik ve mekanik cihazların günlük yaşamda daha fazla yer alması, gürültüye karşı duyulan rahatsızlıkları artırmaktadır. Bu durum, insanların dinlenebilecekleri, çalışabilecekleri ve kısacası huzurlu bir şekilde yaşayabilecekleri alanların giderek azalmasına yol açmaktadır.

İşyerinde gürültüye maruz kalma nedeniyle oluşan işitme kaybı dünya çapında önemli bir sağlık sorunudur (1, 2). Mesleki gürültü kaynaklı işitme kaybı yaygın bir mesleki hastalıktır. On sekizinci yüzyıldan beri, raporlar bakır madencilerinin metal üzerinde çekiçleme yaparken oluşan gürültüye bağlı olarak işitme kaybı yaşadıklarını belirtmektedir (3, 4). Mesleki gürültü kaynaklı işitme kaybı bir bireyin başkalarıyla iletişim kurma yeteneğini sınırlayabilir ve artan sosyal strese, üzüntüye, özgüvenin azalmasına, zayıf öz kimliğe ve kişilerarası kötü ilişkilere yol açabilir. Genellikle, işitme kaybı iletişimi, kişisel ilgi alanlarını ve bilişi engelleyebilir (5, 6). Hafif derecede işitme kaybı olan yaşlı kişilerde demans riski iki kat artarken, ileri derecede işitme kaybı olan kişilerde demans riski beş kat artmaktadır (7).

Yüksek sese maruz kalmanın geri döndürülemez sensörinöral işitme kaybına neden olduğu bilinmektedir. Dünya Sağlık Örgütü'ne göre, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde,

mesleki gürültü için en uygun maruz kalma süresi 85 dB(A)'da günlük 8 saattir. Bu sınırın üzerindeki gürültünün kalıcı işitme kaybı için risk oluşturduğu bilinmektedir. Aslında yeni çalışmalarda, daha önce zararsız olduğu düşünülen orta düzeydeki gürültü seviyelerinin işitsel sistemin fizyolojisinde kalıcı değişikliklere neden olabileceği gösterilmiştir (8).

Manyetik rezonans görüntüleme (MRG), tıp alanının birçok yerinde sıklıkla kullanılan bir görüntüleme yöntemidir. Ülkemiz, MRG'yi tanı ve takip amacıyla sıklıkla kullanan ülkelerden biridir. MRG'de, manyetik rezonans sinyalinin üç boyutta kodlanabilmesini sağlamak için birbirine dik üç set bobinden oluşan gradyan sargılar kullanılır. Görüntüleme sırasında duyulan sesler, bu gradyan sargılarının titreşimi sonucu oluşur. Wagner ve ark. MRG'nin 86,5 dBA seviyesinde ses basıncı ürettiğini ve bu basıncın 120 dBA'ya kadar çıkabildiğini göstermiştir (9). MRG'nin bu yüksek gürültüsü, geçici veya kalıcı eşik kaymasına neden olabilir (8).

Çalışmamızın amacı Manyetik rezonans görüntüleme cihazı ile çalışan radyoloji teknikerlerinin MRG gürültüsü maruziyetini ölçülüp yüksek frekans odyometre, Tinnitus Engellilik Envanteri, TEOAE ve DPOAE testleri ile işitme fonksiyonları ve dış tüy hücre fonksiyonlarının değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Çalışan teknikerlerin çalışma süreleri göz önünde bulundurularak MRG cihazının gürültü maruziyetinin, işitme kaybının iç kulak düzeyinde etkilenmiş olup olmadığı araştırılacaktır.

Hipotezler;

H₀: Manyetik rezonans görüntüleme cihazlarından kaynaklanan gürültünün, radyoloji teknikerlerinin işitme eşikleri üzerinde etkisi yoktur.

H₁: Manyetik rezonans görüntüleme cihazlarından kaynaklanan gürültünün, radyoloji teknikerlerinin işitme eşikleri üzerinde etkisi vardır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Gürültü

Teknolojinin de gelişmesiyle birlikte son zamanlarda çevreyi olumsuz bir yönde etkileyen faktörlerden biriside gürültüdür. Genel anlamda gürültü; istenmeyen, rahatsızlık verici ve hoş karşılanmayan sesler olarak tanımlanır. Ses, nesnel bir kavramdır; ölçülebilir ve bireyler arasında farklılık göstermez. Buna karşılık, gürültü öznel bir olgudur ve kişiden kişiye değişen bir algıya sahiptir (10). Gürültünün insan sağlığı üzerinde çeşitli olumsuz etkileri bulunmaktadır. Bu etkiler arasında iletişim bozuklukları, stres düzeyinde artış, dikkat ve konsantrasyon sorunları, çalışma verimliliğinde düşüş, uyku problemleri, kalp-damar hastalıkları, kulak çınlaması (tinnitus) ve işitme kaybı gibi ciddi sonuçlar yer almaktadır. Bu etkiler içerisinde en yaygın olanı ise işitme üzerindeki zararlardır (11).

2.2. Gürültüye Bağlı İşitme Kaybı (GBİK)

Her gün çevremizde televizyon, radyodan, ev aletleri ve trafikten gelen sesler gibi sesler duyarız. Normalde bu sesler işitmemize zarar vermeyen güvenli seviyelerdedir. Ancak sesler çok yüksek olduğunda, kısa bir süre için bile zararlı olabilir. Bu sesler iç kulaktaki hassas yapılara zarar verebilir ve gürültüye bağlı işitme kaybına neden olabilir.

Gürültüye maruz kalma, giderek yaşanan bir nüfusta işitme kaybının başlıca nedenlerinden biridir. Dünya Sağlık Örgütüne göre, dünya nüfusunun yaklaşık %10'u potansiyel olarak işitme kaybına neden olabilecek ses basınç seviyelerine maruz kalmaktadır. Gürültüye endüstriyel maruziyetin yanı sıra, giderek artan eğlence gürültüsü, dinlenme alanlarındaki gürültü, ulaşım gürültüsü veya kişisel müzik çalarlardan dinlenen yüksek sesli müzik gibi mesleki olmayan gürültü maruziyetinden de kaynaklanmaktadır (12).

Aşırı ses basınç seviyelerine maruz kalmanın neden olduğu gürültüye bağlı işitme kaybı, çok yüksek gürültü seviyelerine bir kez maruz kalma veya orta ses seviyelerinde gürültüye uzun süre maruz kalma nedeniyle ortaya çıkabilir. Gürültüye bağlı işitme kaybının erken evrelerinde, kalıcı eşik kayması, gürültüye maruziyetin sona ermesinden sonra ortadan kalkan geçici eşik kayması olaylarının tekrarlanması sonucu meydana gelebilir (12).

Güçlü ses enerjisine sahip akustik şok, geçici veya kalıcı hücrel patolojilere neden olur. Tüy hücreleri, özellikle dış tüy hücreleri gürültü travmasının en çok etkilenen hücreleridir. Gürültüye maruz kalma, tüy hücrelerinin ödemine ve sonunda geri döndürülemez harabiyete neden olur. Gürültüye bağlı işitsel tüy hücrelerinin bozulmasına, stereosilyaların deformasyonu, kaybı ve uç bağlantılarının dejenerasyonu da eşlik eder. Birbirine bağlı stereosilyaları birbirine bağlayan tip linklerin kaybı, gürültüye duyarlılığı azaltmak yerine artırır. Aşırı akustik uyarım ayrıca tüy hücreleri ve spiral ganglion hücreleri arasındaki sinaptik bağlantıların azalmasına, afferent sinir liflerinde ödeme ve işitsel sinir dejenerasyonuna neden olabilir (13).

Gürültüye bağlı işitme kaybı irreversibl bir durum olduğundan, önlenmesi öncelik haline gelmelidir. Gürültü, ortalama olarak 3200 Hz merkez frekansına sahip geniş bir frekans aralığında etkili olur. Bu frekans dağılımı nedeniyle, işitme üzerindeki olumsuz etkileri genellikle odyogramda 4000 ile 6000 Hz arasındaki frekanslarda daha belirgin şekilde ortaya çıkar (14). Gürültüye bağlı işitme kaybının ilk belirtileri düzenli yapılan odyogramda 3000 Hz, 4000 Hz ve 6000 Hz frekanslarında bir çentik şeklinde gözlenebilir ve endüstride çalışanların işitmesini izlemek için kullanılır. Geçici eşik kayıplarının izlenmesi erken bir farmakolojik müdahaleye de olanak tanır (12).

2.2.1. Gürültüye bağlı eşik kayması

Gürültüye bağlı işitme kayıpları geçici eşik kayması veya kalıcı eşik kayması olarak iki farklı kategoride sınıflandırılır. Akustik travma ise kalıcı eşik kaymasının bir alt türü olarak tanımlanmaktadır.

2.2.1.1. Geçici Eşik Kayması (GEK)

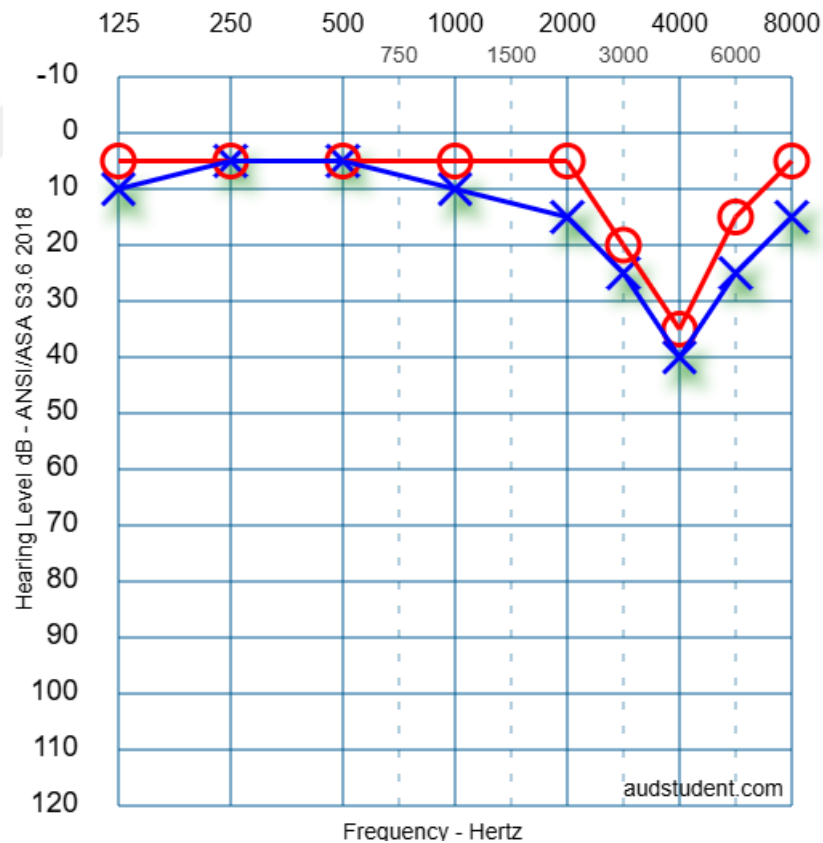
Geçici eşik kayması, kişilerin yoğun gürültüye maruz kalmalarının ardından ortaya çıkan ve genellikle 16 ila 48 saat süren işitme hassasiyetinde azalma durumudur (15). Bu süreçte bireyin sesleri ayırt etme yetisi zayıflayabilir ve çınlama gibi şikâyetler ortaya çıkabilir. Bu durumun geçici mi yoksa kalıcı mı olduğu, en erken 3 hafta sonra, ideal olarak ise bir ay içinde yapılacak işitme testleri ile değerlendirilebilir. GEK'in büyük bir kısmı birkaç gün içerisinde kendiliğinden düzelme eğilimindedir. İşitme eşikleri zamanla kademeli olarak normale dönebilir. Ancak, travmadan 14 gün sonra hâlâ düzelmemiş bir eşik kayması varsa, bu durumun 30. günde de devam etme olasılığı artar. Eşik kaymasının süresi, iyileşme derecesi ve tedaviye verilen yanıt, kişisel faktörlere bağlı olarak değişkenlik gösterebilir (16).

85 dB ve üzeri gürültüye tekrar tekrar maruz kalmanın GEK' yol açtığı bilinmektedir. Bu tür geçici kayıplar; kulakta dolgunluk hissi, çınlama gibi belirtilerle kendini gösterebilir ve gürültüye maruziyet devam ettiği takdirde, kalıcı işitme kaybına dönüşme riski taşır. Özellikle genç bireylerde meydana gelen geçici eşik kayıpları, koklear sinir hasarına ve sinaptik bağlantılarda dejenerasyonuna yol açabilir (16). Bu durum, ilerleyen yaşlarda daha erken dönemde işitme kaybı yaşanmasına neden olabilir. Kısa süreli ya da ani ses travmaları da geçici eşik kaymalarına sebep olabilir; bu tür kayıplar genellikle 16 ila 48 saat içerisinde ortadan kalkar (16). İki dakikadan uzun süren ancak 16 saatten kısa devam eden işitsel hassasiyet kaybı, işitsel sistemdeki hücrelerde yorgunluğa bağlı geçici bir fizyolojik durum olarak değerlendirilir. Eğer bu durum 16 saatten uzun sürerse, "uzamış geçici eşik kayması" olarak adlandırılır. GEK sürecinde sadece hücresel değil, aynı zamanda moleküler düzeyde de kalıcı değişikliklerin meydana geldiği düşünülmektedir. Gürültü maruziyeti uzadığında, iç kulaktaki tüylü hücrelerin yapılarında, tektorial ve bazal membran işleyişlerinde ve spiral ganglionda hücre kayıpları gibi hasarlar oluşabilir. Bu tür hasarlar kalıcı işitme kaybına yol açabilir. Ayrıca, merkezi işitsel yollarda da etkilenme gözlemlenebilir. Özellikle koklear çekirdek ve inferior kollikulus bölgelerinde sinir dejenerasyonları oluşabilir ve bu, nörotransmitter dengesizlikleriyle kendini gösterebilir (17).

ICD-10 hastalık sınıflamasına göre geçici eşik kayması (H93.24) ve kalıcı eşik kayması (H83.3) birbirinden ayrı tanımlar olarak kodlanmaktadır. Tanının doğru yapılabilmesi için, varsa eşlik eden çınlama (H93.1) ya da seslere karşı aşırı hassasiyet (hiperakuzi – H93.23) gibi belirtiler de ayrıca kodlanmalıdır (17).

2.2.1.2 Kalıcı Eşik Kayması (KEK)

Gürültü kaynaklı işitme kaybının başlıca belirtisi progresif işitme kaybıdır. Geçici ve orta düzeyde gürültüye maruz kalma, GEK'e yol açabilir ve işitme birkaç saat veya gün sonra iyileşebilir (18). Kalıcı eşik kayması (KEK) zamanla iyileşse de, tekrarlanan gürültü kaynaklı olaylar işitsel liflerde ilerleyici bir dejenerasyona neden olur. Sonuç olarak işitme organının erken yaşlanmasına neden olur ve konuşma iletişiminde zorluklara yol açabilir. Bu da işitme engelli kişilerin yaşam kalitesini ve sosyal katılım düzeyini etkileyerek izolasyonlarını ve demans hastalığının gelişmesini destekler (12). Zamanında müdahale edilmemesi veya gürültüye maruz kalmanın devam etmesi durumunda, uzun süreli gürültüye maruz kalma, sesi algılayan çok sayıda tüy hücresinin ölümü sonucunda KEK'e neden olabilir. Yüksek frekanslı işitme genellikle gürültüye karşı daha duyarlıdır ve gürültü kaynaklı işitme kaybının erken evresinde yaklaşık 4 kHz işitmede bir odyometrik çentik meydana gelir (19). Tipik bir çentik Şekil 2.1.2'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Gürültüye maruziyet sonrası odyogramda 4000 Hz'de çentik görünümü

Hayvan modellerinde eşik kaymasının 3 hafta sonrasına kadar iyileşebildiği gösterilmiştir. Bireylerdeki test değişkenliği göz önüne alındığında geçici eşik kayması ve kalıcı eşik kayması seviyesi iyi tanımlanmamış olabilir bu karışıklığın önüne geçebilmek için Ulusal İş sağlığı ve Güvenliği Enstitüsü (NIOSH) standart eşik kayması tanımını getirmiş ve birkaç standart ile belirlemiştir. İş Güvenliği ve Sağlığı İdaresi (OSHA) kişinin son iki odyogramına göre 2000, 3000, 4000 Hz' ortalama olarak işitme eşiğinde 10 desibel (dB) artış standart eşik kayması olarak belirtmektedir. Ulusal İş Sağlığı ve Güvenliği Enstitüsü'nün önerdiği standart eşik kayması tanımı "her iki kulakta ardışık iki odyometri testi ile belirlenen 500, 1000, 2000, 3000, 4000 veya 6000 Hz'de işitme eşiği seviyesinde 15 dB'lik bir artış" olup, yanlış pozitif bulguları azaltmak için ikinci testin gerekli olduğunu söylemektedir (20). Amerikan Savunma Bakanlığı ise standart eşik kaymasını 2000, 3000, 4000 Hz'de 10 dB veya daha fazla olan artış olarak kabul etmektedir (DoD I 6055.12, 2010; ASHA,) (16).

Hem ses seviyesi yoğunluğu hem de maruz kalma süresi, zamanla yavaşça gelişen gürültüye bağlı işitme kaybına katkıda bulunur. Şu anda, Ulusal İş sağlığı ve Güvenliği Enstitüsünün gürültü için önerdiği maruz kalma sınırı 8 saatlik zaman ağırlıklı ortalama olarak 85 dBA'dır. Bu seviyede veya üzerindeki maruziyetler tehlikeli olarak kabul edilir (21).

2.2.1.3. Akustik Travma

Gürültü yoğunluğu aşırı yüksek ve süresi çok kısaysa (örneğin bir top atışı sesi), bu durum akut akustik travma adı verilen işitme sisteminde akut ciddi hasara neden olabilir. 140 dB'yi aşan gürültü yoğunluğu, gürültüye maruz kaldıktan hemen sonra ciddi sağırılığa ve kulak çınlamasına neden olur. Akut akustik travmaya genellikle timpanik membran perforasyonu ve gürültü hasarından sonra kulak kanaması ve kemikçik zincirinde dislokasyon gelişebilir (22).

2.2.2. Gürültüye bağlı işitme kaybının mekanizması

2.2.2.1. Mekanik hasar

Genel olarak, gürültü yoğunluğu aşırı yüksek olduğunda, kokleanın mekanik hasarının, gürültü kaynaklı işitme kaybının ana patolojik değişikliği olduğuna inanılmaktadır. Güçlü gürültü enerjisi iç kulağa iletilir ve perilenf ve endolenfin şiddetli bir şekilde dalgalanmasına neden olur. Bu da silleri iç ve dış tüy hücrelerinden ayırır ve tüy hücrelerinin etkili titreşim

uyarısı almasını zorlaştırır. Oluşan titreşim ayrıca tüy hücrelerini baziler membrandan ayırabilir ve bu da şerit sinapslarının bozulmasına neden olur. Sonuç olarak, kalan sinapslar optimum işlevini sürdüremez ve tüy hücrelerinin kodlama yeteneği bozulur. Bu, hastaların gürültülü bir ortamda olduklarında dili anlamada zorluk çekmelerine neden olur (23, 24).

Gürültü sürekli olarak iç kulağa etki ediyorsa, bu iç tüy hücrelerinin ve dış tüy hücrelerinin tahribi sensörinöral işitme kaybına neden olabilir. Tüy hücreleri, rejenerasyon yeteneği olmayan oldukça farklılaşmış hücrelerdir (22), bu nedenle yoğun gürültüye maruz kalmayı önlemek çok önemlidir ve üzerinde önemle durulmalıdır.

2.2.2.2. Metabolik hasar

Gürültüye maruz kalma, koklear kan damarlarının kasılmasına ve reaktif oksijen türleri gibi büyük miktarda serbest radikal üreten hücre enerji metabolizmasının bozukluklarına neden olabilir. İç kulaktaki damarların genişlemesi de iskemi-reperfüzyon hasarı olarak bilinen serbest radikalleri üretebilir. Bu olay sonucunda reaktif oksijen oluşur. Oluşan reaktif oksijen apoptozu (programlı hücre ölümü) indükleyerek kokleada kalıcı hasara neden olur. Gürültüye maruz kalma, çok sayıda voltaja bağlı Ca^{2+} kanalının açılmasına neden olarak, saç hücrelerine Ca^{2+} akışına yol açabilir. Gürültü kaynaklı işitme kaybı, aşırı Ca^{2+} seviyeleriyle yakından ilişkilidir çünkü bunlar reaktif oksijen türlerinden bağımsız olarak apoptozu tetikleyebilir (25).

2.2.2.3. İnflamatuar ve immün hasar

İç kulak güçlü bir bağışıklık kapasitesine sahiptir. Koklea, sadece immün düzenleyici moleküller üretebilen bağışıklık dışı hücreleri değil, aynı zamanda iç kulağın bağışıklık ve inflammatuar reaksiyonunda rol oynayabilen birçok bağışıklık hücresi türünü de içerir (26). Gürültüye maruz kaldıktan sonra, koklear bağışıklık ve inflammatuar reaksiyonlar 1-2 gün içinde ortaya çıkar, 3-7 günde zirveye ulaşır ve sonra yavaşça kaybolur. Esas görevi immün yanıtlara katkı sağlamak olmayan hücrelerde immünoregülatuar moleküller üreterek bu yanıtlara katkıda bulunur. Gürültü maruziyeti sonrasında kokleada immün ve inflammatuar proteinlerinin sentezide artış olduğunu bildiren çalışmalar bulunmaktadır (27, 28).

2.2.2.4. Genetik faktörler

Günümüzde 200'den fazla genin işitme kaybı ile ilişkili olduğu bilinmesine rağmen, yalnızca birkaçı gürültü kaynaklı işitme kaybıyla doğrudan ilişkilendirilmiştir. Yapılan bazı çalışmalarda bazı genlerin genetik yatkınlıkla gürültüye bağlı işitme kaybı arasındaki ilişkiyi anlamada önemli rol oynamaktadır. İnsanlarda gürültü maruziyet düzeyleri nedeniyle genetik yatkınlıkların belirlenmesi zordur (29, 30).

Oksidatif stresle ilişkili bazı genlerdeki varyasyonlar, antioksidan savunmayı zayıflatarak gürültüye bağlı işitme kaybı riskini artırabilir. K^+ metabolizmasında görevli bazı genler iç kulaktaki iyon dengesini etkileyerek işitme kaybına neden olabilir. Bu genler, stres yanıtı yoluyla duyarlılığı etkilerken; bazı genlerde, işitsel iletim yolunu etkileyen proteinleri kodlamakta ve bu genlerdeki mutasyonlar gürültüye bağlı işitme kaybı ile ilişkilendirilmektedir (29, 30).

2.2.2.5 Diğer faktörler

Gürültüye maruz kalmanın sadece işitsel sistem üzerinde doğrudan bir etkisi yoktur, aynı zamanda fizyolojik ve psikolojik strese de neden olur. Gürültü, işitsel sistemin duyarlılığını düzenleyen hipotalamus-hipofiz-adrenal eksenini aktive edebilir. Kokleada adrenokortikotropin salgılatıcı faktör reseptörleri (hipotalamus-hipofiz-adrenal fonksiyonunda anahtar faktör) yoksa, farelerdeki hormon dengesi bozulur ve bu fareler gürültüye maruz kalmaya daha duyarlı hale gelir. İnsanlar da gürültüye maruz kaldıklarında benzer fizyolojik ve psikolojik tepkiler yaşayabilir (31).

2.3 Başın Gölge Etkisi

İnsanlar sol ve sağ kulakları arasındaki ses yoğunluğu farklarını algılayabilirler. Bu fark, sesin çeşitli frekanslarda ilerlemesinden kaynaklanır. Düşük frekanslı bir ses kaynağından sağ kulağa dik açıyla geldiğinde, dalga boyu büyük olduğu için sesin sol kulağa yansımaya izin verir, böylece iki kulak tarafından algılanan ses yoğunluğu çok farklı olmaz. Ancak ses yüksek frekanslarda hareket ettiğinde, dalga boyu nispeten daha kısadır ve baş sol kulağa giden sesi engeller; böylece iki kulak tarafından algılanan yoğunluk farkı daha büyüktür. Bu olguya başın gölge etkisi denir (32).

Başın gölge etkisi nedeniyle, bireyler bir ses kaynağını hem kulaklar arası zaman farkına hem de kulaklar arası yoğunluk farklarına dayanarak sesi lokalize edebilirler (33). Başın gölge etkisi, ortam sesleri için gerekli bir işleme aracıdır (34). Başın gölgesi etkisi beynin iki kulaktan gelen sesleri entegre edip işlemesi sonucu değil, fiziksel olarak meydana gelir. Başın gölge etkisi frekansa bağlıdır. Yüksek frekanslı bilgiler (1500 Hz'den büyük frekanslar) düşük frekanslı bilgilerden daha fazla etkilenir çünkü yüksek frekanslı seslerin dalga boyları başın boyutuna kıyasla kısadır. Bu nedenle, yüksek frekanslı sesler düşük frekanslı seslerden çok daha fazla zayıflatılacaktır. Yüksek frekanslar yaklaşık 20 dB veya daha fazla, düşük frekanslar ise yaklaşık 3-6 dB kadar zayıflayabilir (35).



2.3. İşitmenin Değerlendirilmesi

2.3.1. Saf ses odyometrisi

Saf ses odyometrisi, bireyin işitme eşiğini yani duyabileceği en düşük ses seviyesini belirlemek amacıyla yapılan subjektif bir işitme testidir. En yaygın kullanılan işitme testlerinden biridir. Bu testle bireyin dış kulaktan başlayarak işitsel kortekse kadar olan işitme sistemi değerlendirilir. İşitme testi sırasında elde edilen değerler kaydedilir ve buna odyogram adı verilir.

İşitme kaybının tipini belirlemek amaçlı hem hava yolu ölçümleri hem de kemik yolu ölçümleri birlikte yapılır. Saf ses olarak belirli frekanslarda ve amplitüdde ses uyaranları verilerek yapılır. Rutin klinik uygulamalarında 125-8000 Hz arasında saf ses uyaranları ile ölçümler yapılır. Yapılan bu yöntemle frekans spesifik ölçümlerde yapılır. Genellikle ses geçirmez bir odyometri kabininde yapılır. Kişiye kulaklık (hava yolu) veya kemik vibratörü (kemik yolu) takılır. Sağ ve sol kulak ayrı ayrı test edilir. Hasta, bir ses duyduğunda düğmeye basar veya el kaldırır. En düşük duyabildiği ses seviyesi (işitme eşiği) belirlenir. İşitme eşikleri belirlendikten sonra 500, 1000, 2000 Hz’de belirlenen değerlerin ortalaması alınarak saf ses ortalaması belirlenir. Bu değer işitme değerlendirmesi için önemlidir. Bu değerlere bakılarak işitme kaybının derecesi belirlenir. İşitme kaybının değerlendirmesi farklı yazarlara göre derecelendirilmiştir. Bu derecelendirme Tablo 1’de gösterilmiştir (36).

İşitme düzeyi kişiler arası farklılık gösterir ve ortamda bulunan bir ses dalgası birçok faktöre bağlı olarak bireyler arası değişik ses basınç düzeylerinde algılanabilir. İşitme düzeyi bilateral olarak hava yolu saf ses ortalamasına (SSO) göre yapılır. Yapılan odyometrik değerlendirmeler sonucuna göre SSO’nı Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organization-WHO) 500, 1000, 2000 ve 4000 Hz’deki sesin sessizlikten ayırt edildiği düzeylerin ortalaması alınarak hesaplanabileceğini belirtmiştir.

Tablo 1. İşitme kaybının sınıflandırılması (37)

İşitme Kaybı Dercesi	Goodman 1965	Jerger ve Jerge 1980	Nortern ve Downs 2002
Kayıp Yok	<26	<21	<16
Çok Hafif			16-25
Hafif	26-40	21-40	26-30
Orta Derece	41-55	41-60	30-50
Orta ileri derece	56-70		
İleri derece	71-90	61-80	51-70
Çok ileri derece	>90	>80	>70

2.3.2. Konuşma odyometrisi

Konuşma odyometrisi, bir bireyin konuşulan dili algılama ve anlama yeteneğini değerlendiren odyolojik değerlendirmelerin temel bir parçasıdır. Saf ton odyometrisi ile birleştirildiğinde, konuşma odyometrisi işitme kaybının daha kapsamlı bir değerlendirmesini sağlar ve bir odyologun araç setinde temel bir testtir. Belirli frekanslarda işitme eşiklerini ölçen saf ton odyometrisinin aksine, bu araç bir kişinin karmaşık konuşma sinyallerini ne kadar etkili bir şekilde tanıyıp işleyebildiğini değerlendirir (38, 39).

Konuşma odyometrisi, işitme kaybının türünü ve ciddiyetini teşhis etmede, rehabilitasyon planlamada ve çeşitli dinleme ortamlarında konuşma anlayışını iyileştirmek için işitme cihazları takmada yardımcı olur. Bu yöntem, bir hastanın tolerans seviyeleri, konuşma uyarlarıyla ilgili rahatsızlık ve kelime tanıma yeteneği hakkında içgörüler sağlar. Bu bilgi, özellikle gürültülü ortamlarda işitme cihazları ve diğer amplifikasyon cihazları için uygun kazanç ve maksimum çıkış ayarlarını belirlemek ve odyolojik rehabilitasyonu yönetmek için çok önemlidir (39).

2.3.3. Yüksek frekans odyometrisi

Erken teşhis, hemen hemen her hastalığın tedavisinin anahtarı olduğundan, işitme bozukluklarını erken bir aşamada teşhis edebilen bir yöntem bulmak büyük önem taşır. 8-20 kHz frekans aralığındaki işitme eşiklerini incelemek için kullanılan bir yöntem olan yüksek frekans odyometri, bu bağlamda değerli olabilir çünkü işitme eşiklerindeki hasar genellikle ilk olarak bu frekanslarda gözlemlenebilir. Bu nedenle yüksek frekans odyometri, işitme kaybını orta ve düşük frekanslarda kayıp başlamadan önce tespit edebilen çok yararlı bir testtir. Yüksek frekans odyometri onlarca yıldır araştırılıyor ancak ticari olarak temin edilebilen ekipmanların

yetersizliği ve kalibrasyon önerilerinin standart hale getirilmemiş olması uzun süredir kullanımını sınırlandırıyor (40). Yüksek frekans odyometrinin akustik travmanın özellikle yüksek frekans olan 14-16 kHz'deki etkilerini daha iyi teşhis ettiğine dair yayınlar mevcuttur. Yüksek frekans odyometre, 8 kHz üzerindeki frekansları değerlendirerek, konvansiyonel odyometrinin kaçırabileceği erken işitme kayıplarını tespit edebilir. Bu, özellikle gürültüye maruz kalan bireylerde ve ototoksik ilaç kullanan hastalarda önemlidir. Çalışmalar, yüksek frekans odyometrenin bu tür durumlarda daha hassas olduğunu göstermektedir (41). Ototoksik ilaçlar, genellikle yüksek frekanslarda işitme kaybına neden olur. Yüksek frekans odyometre, bu tür ilaçların işitme üzerindeki etkilerini erken dönemde saptamada konvansiyonel odyometriden daha etkilidir (42). Tinnitus şikayeti olan bireylerde, yüksek frekans odyometre yüksek frekanslardaki işitme kayıplarını belirleyerek tanı ve danışmanlık süreçlerine katkı sağlar. Presbiakuzi genellikle yüksek frekanslarda başlar. Yüksek frekans odyometre bu tür kayıpların erken dönemlerinde tanı koymada daha etkilidir (40). Yüksek frekans odyometrisi, konvansiyonel odyometriye göre işitme kaybının erken tespiti, ototoksik etkilerin izlenmesi, tinnitus değerlendirmesi ve yaşa bağlı değişikliklerin izlenmesi gibi alanlarda üstünlük sağlar. Bu nedenle, özellikle risk altındaki bireylerde YFO'nun rutin değerlendirmelere dahil edilmesi önerilmektedir.

2.3.4 Otoakustik emisyon

Otoakustik emisyonlar (OAE), amplifikasyondan sonra dış kulak kanalında kaydedilebilen düşük yoğunluklu ses enerjisinden oluşur. OAE'ler kokleadan, özellikle dış tüy hücrelerinden kaynaklanmasıyla birlikte iç kulağın da işlevini objektif olarak değerlendirmek için önemli bir araçtır. Her yaşta yapılabilen, hızlı, objektif, non-invaziv ve kolay uygulanabilen bir işlemdir. OAE'ler işitme kaybını ölçmek için değil, varlığını tespit etmek için kullanılır, çünkü normal işlev gören tüm kulaklarda bulunurlar. Davranışsal işitsel eşikler 30 dB'nin üzerinde olduğuunda, yani hafif bile olsa herhangi bir derecede işitme kaybı olduğuunda OAE'ler ortadan kalkar (43).

Otoakustik emisyonlar (OAE), periferik işitme sisteminin akustik uyarılara verdiği fizyolojik yanıtları objektif bir şekilde değerlendirmeyi mümkün kılan ölçümlerdir. OAE varlığı, prenöral düzeyde koklear yanıtların sağlıklı olduğunu göstermesi açısından klinik değerlendirmede önemli bir göstergedir (44, 45).

OAE'lerin, yenidoğan ve okul çağındaki işitme taramaları, koklear ve retrokoklear işitme kayıplarının ayırıcı tanısında, gürültüye veya ototoksik ilaçlara maruz kalan deneklerin izlenmesinde, ani ve ilerleyici işitme kaybının ilerlemesinin analiz edilmesi ve tanımlanmasında, koklear disfonksiyonun incelenmesinde olmak üzere çeşitli klinik kullanımları vardır. OAE'ler, test edilmesi zor olanlar da dahil olmak üzere tüm yaş gruplarında test edilebilir (46).

Gürültüye bağlı işitme sisteminde oluşan koklear hasarlar, henüz odyograma yansımada OAE'ler ile erken tespit edilebilmektedir (47).

Normal işitme eşiklerine sahip bireylerde görülen tinnitus olgularında, tinnitus frekansının belirlenmesinde otoakustik emisyonlardan yararlanılabilmektedir. Bu yöntem sayesinde, tinnitusa yol açabilecek koklear düzeydeki disfonksiyonların saptanması mümkün hale gelmektedir (44, 45).

Otoakustik emisyonlar (OAE), hastanın aktif katılımını gerektirmeyen elektrofizyolojik testlerdir. Fonksiyonel işitme kaybından şüphelenilen durumlarda kullanıldığında, emisyonların elde edilmesi koklear fonksiyonların sağlam olduğunu göstermektedir (44).

OAE, kokleadaki tüylü hücrelerden kaynaklanan yanıtlardır. Bu nedenle, işitme yollarının daha üst (merkezi) düzeylerindeki bozukluklar hakkında doğrudan bilgi sağlamaz. Ancak, işitsel beyin sapı yanıtları (ABR) ile birlikte kullanıldığında, nöral işitme bozukluklarını sensör işitme kayıplarından ayırt etmede değerli bir tanı aracı olarak kullanılabilmektedir (44).

Ototoksik ilaç etkisi, özellikle yüksek frekanslarda ölçüm yapıldığında, OAE genliğinde meydana gelen azalmalar ile görülebilmektedir. Bu azalmalar çoğu zaman işitme eşiklerindeki ölçülebilir değişikliklerden önce gözlemlenmektedir. OAE'lerin, dış tüylü hücre hasarını yansıtan güvenilir bir biyobelirteç olarak kullanılabilmektedir (44).

Otoakustik emisyonlar Spontan ve uyarılmış olarak ikiye ayrılmaktadır.

Spontan otoakustik emisyon herhangi bir akustik uyaran olmadan meydana gelen emisyonudur.

Uyarılmış otoakustik emisyonlar önemli bir özelliği uyarı seviyesinin bir fonksiyonu olarak amplitütün nonlinear olarak büyümesidir. Uyarılmış otoakustik emisyonlar verilen akustik uyarının türüne göre temel olarak 3 ayrı gruba sınıflandırılır. bunlardan birincisi transit evoked otoakustik emisyon ikincisi distortion product otoakustik emisyon üçüncüsü stimulus frequency otoakustik emisyonudur.

2.3.4.1. Transient evoked otoakustik emisyon (TEOAE)

Kemp tarafından ilk raporlanan emisyon türü olan TEOAE'ler, klik veya tone burst uyarı sonucunda 4-20 ms içinde oluşan kısa latanslı cevaplardır (48, 49). TEOAE, koklear kökenli işitme bozukluğunun tespiti için önemli bir araçtır, çünkü sinir aksiyon potansiyellerinden bağımsız olarak, invaziv olmayan ve objektif bir şekilde koklear fonksiyonunun mekanik yönlerinin incelenmesine olanak tanır. Bu yöntem işitme bozukluğunu ölçmez, ancak varlığını tespit eder. Bu nedenle, bu olgunun varlığı koklear mekanizmanın bütünlüğünü doğrulayabilir ve kokleanın dış tüy hücrelerinin otoakustik aktivitesinin işlevselliğini belirleyebilir. TEOAE, işitme eşikleri 30 dB'den daha iyi olan tüm bireylerden elde edilebilir (50). Bu özelliği sayesinde yenidoğan işitme taramalarında, işitsel nöropati spektrum bozukluğu olan bireylerin belirlenmesinde, fonksiyonel işitme bozukluklarının ayırt edilmesinde ve test iş birliği göstermeyen bireylerin değerlendirilmesinde güvenilir bir ölçüm yöntemi olarak kullanılmaktadır (44, 45).

TEOAE analizinde, yanıtın gücü ile arka plan gürültüsünün gücü arasındaki fark dB cinsinden değerlendirilir. Bu fark, sinyal-gürültü oranı (SNR) olarak adlandırılır ve genellikle $SNR \geq 3$ dB olan değerler klinik olarak anlamlı ve geçerli kabul edilir (44, 45).

2.3.4.2. Distortion product otoakustik emisyon (DPOAE)

DPOAE, "f1" ve "f2" olarak isimlendirilen iki tane primer saf sesin eş zamanlı kulağa gönderilmesi sonucunda elde edilmektedir. Bu iki ton kokleada farklı dalgalar şeklinde ilerlemekte ve dalgaların üst üste geldiği yerde emisyon ortaya çıkmaktadır. 40-50 dB'den daha iyi işitme eşikleri olması durumunda elde edilmektedir. DPOAE, 8kHz.'e kadar frekansa spesifik ölçüm yapmayı sağlamaktadır. En net cevaplar, 2f1-f2 frekansında meydana gelen intermodülasyon distorsiyon cevaplarıdır (51).

2.3.4.3 Stimulus frequency otoakustik emisyon (SFOAE)

SFOAE, kulağa verilen sürekli saf ses sonucunda elde edilmektedir. Uyaran ile aynı anda ortaya çıkan cevaplar olduğu için birbirinden ayırmak için özel teknikler gerekmektedir. Bundan dolayı klinikte nadiren kullanılmaktadır (52).

2.3.5 Tinnitus engellilik envanteri

Tinnitus, dışarıdan bir akustik uyaran olmaksızın kulaklarda veya başın içinde çınlama, uğultu vb. ses algılanmasıdır. Çok yaygın bir işitsel şikayettir. Görülme sıklığı çeşitli çalışmalarda değişmekle birlikte yetişkinlerde %4-37 arasında görülürken, 50 yaş ve üzeri yetişkinlerde bu oran %17-30'a çıkmaktadır (53). Kadınlar ve erkekler neredeyse eşit şekilde etkilenir ve yaygınlık ileri yaşlarda artar. Ana risk faktörleri gürültüye maruz kalma, işitme kaybı ve zihinsel stres faktörleridir (54). Tinnitusun uzaması ve şiddetinin artmasıyla depresyon ve anksiyeteden intihar düşüncelerine kadar değişen farklı psikolojik sorunların yanı sıra dikkat ve konsantrasyon güçlüğüne yol açtığı, yaşam keyfini azalttığı, uyku sorunlarına yol açtığı, sosyal aktiviteleri ve ilişkileri etkilediği ve işitme sorunlarını artırdığı bilinmektedir. Tüm bu faktörler yaşam kalitesinde önemli ölçüde düşüşe yol açmaktadır., Ayrıntılı değerlendirme, tinnitus tedavisi ve terapisi için kritik öneme sahiptir. Ancak tinnitusun nesnel olarak ölçülmesi çok zordur çünkü kişiden kişiye değişen bir algıdır. Tinnitusun psikoakustik yönlerinin ölçümü (perde ve ses yüksekliği eşleşmesi, minimal maskeleme seviyesi) nesnel bir ölçümdür. Ancak, tinnitus olarak algılanan sesin psikoakustik özellikleri ile bir bireyin hayatı üzerindeki etkisi arasındaki korelasyon zayıftır. Tinnituslu kişiler tarafından algılanan sesin yoğunluğu ve frekansı benzer olsada, tinnitus şiddeti farklı seviyelerde bulunabilir. Bu nedenle, öz bildirim ölçekleri tinnitus şiddetinin değerlendirilmesinde önemli bir role sahiptir. Öz bildirimli tinnitus handikap ölçekleri, tinnitus danışmanlığı, terapi ve terapi sonuçlarının ölçülmesi gibi klinik süreçlerde kullanılır (53). Tinnitus engellilike envanteri geçerlilik ve güvenilirlik çalışması Aksoy ve arkadaşları tarafından yapılmıştır. Tinnitus hastalarında semptomları değerlendirmede kullanılabilen tutarlı ve güvenli bir ölçümdür (55).

Gürültüye maruz kalan işçiler arasında kulak çınlaması yaygınlığı genel nüfustan çok daha yüksektir (56). Orduda çalışanlarda çok daha yüksektir (57). Gürültüye bağlı işitme kayıplı bireylerin çoğunda bilateral kulak çınlaması görülebilir. Daha düşük oranlarda tek taraflı kulak çınlaması da bildirilmiştir (58, 59). Kulak çınlaması sol tarafta daha yaygındır ve bu gürültüye

bağlı işitme kaybında belgelenen asimetri ile tutarlıdır (59). Kulak çınlamasının şiddeti gürültüye bağlı işitme kaybı derecesi ile ilişkili olabilir (60, 61). Tinnitusun anksiyete, depresyon ve uyku bozuklukları gibi diğer eşlik eden hastalıklarla ilişkili olmasının yanı sıra, gürültü kaynaklı tinnitus işçilerin yaşam kalitesini olumsuz etkiler ve askeri personel için tinnitus askeri operasyon sırasında dikkat dağınıcı olabilir (57, 61-63).

2.4. Manyetik rezonans görüntüleme

Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG), manyetik alan ve radyo frekansı darbeleri kullanarak vücuttaki iç yapıların ayrıntılı görüntülerini elde etmeyi sağlayan gelişmiş bir tanı yöntemidir. Nükleer manyetik rezonans ilkesine dayanan bu teknoloji, özellikle yumuşak dokuların değerlendirilmesinde bilgisayarlı tomografi gibi iyonizan radyasyon kullanan yöntemlere kıyasla önemli avantajlar sunar (64).

MRG cihazları; güçlü bir ana mıknatıs, gradyan mıknatısları ve radyo frekans verici-alıcı sistemlerinden oluşur. Bu sistemler, vücuttaki su moleküllerinde bulunan hidrojen atomlarının manyetik alanla etkileşimini analiz ederek görüntü oluşturur. Hidrojen atomlarının rezonans frekansları, çevresel doku özelliklerine göre farklılık gösterdiğinden, dokular arasında kontrast sağlanması mümkün olur (65).

MRG güvenli bir görüntüleme yöntemi olmakla birlikte, bazı riskler barındırmaktadır. Kalp pili, koklear implant, ferromanyetik protez gibi elektromanyetik alanlardan etkilenebilecek cihazlara sahip bireylerde MRG uygulanması ciddi komplikasyonlara yol açabilir (65). Bu nedenle detaylı bir ön tarama formu ile hastanın medikal öyküsünün dikkatli alınması zorunludur.

Ayrıca MRG prosedürü sırasında oluşan yüksek düzeydeki akustik gürültü, geçici ya da kalıcı işitme kaybı riski oluşturabilir. Bu nedenle hastaların kulak koruyucular (kulak tıkacı veya aktif gürültü azaltıcı kulaklık) ile korunması önerilmektedir (66).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Bireyler

Bu çalışma, Başkent Üniversitesi Tıp ve Sağlık Bilimleri Araştırma Kurulu (Proje no: KA24/119) Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu tarafından 22/05/2024 tarih ve 24/122 sayılı karar onayıyla gerçekleştirilmiştir. Başkent Üniversitesi Araştırma Fonu ile desteklenmiştir. Çalışma prospektif gözlemsel (vaka-kontrol) olarak planlanmıştır. Çalışma için güç analizi G*Power (3.1.9.4) programı kullanılarak yapılmıştır. Yapılan analiz sonucuna göre (%80 güç; $\alpha=0.05$) 32 kişi çalışma grubunda 32 kişi kontrol grubunda olmak üzere toplam en az 64 bireyin çalışmaya dahil edilmesi planlanmıştır. Çalışma grubunda bulunan 32 kişi Ankara bölgesinde bulunan çeşitli hastanelerin radyoloji bölümünde manyetik rezonans görüntüleme cihazı ile çalışan radyoloji teknikerlerinden alınmıştır. Kontrol grubunda ise Ankara bölgesinde bulunan çeşitli hastanelerin radyoloji bölümünde MR dışında ve gürültüsüz ortamda çalışan radyoloji teknikerleri alınmıştır. Çalışma Başkent Üniversitesi Ankara Hastanesi Kulak Burun Boğaz polikliniğinde yapılmıştır. Katılımcılar, çalışma hakkında bilgi verilerek gönüllü olur formu imzaları alınan gönüllülerden oluşturulmuştur.

Katılımcılara öncelikle bir KBB uzmanı tarafından tam kulak burun boğaz muayenesi yapılmıştır. Daha sonrasında her katılımcıya timpanogram, TEOAE, DPOAE, yüksek frekans odyometri testleri ve tinnitus engellilik envanteri uygulanmıştır.

Başkent üniversitesi hastanesi radyoloji bölümünde bulunan MRG cihaz odasında ve teknikerlerin bulunduğu operatör odasında gürültü ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

Çalışmaya Dahil Edilme Kriterleri

Çalışma Grubunda

1. Yaşları 18-50 yaşları arasında olan,
2. Daha önce kulak ameliyatı geçirmemiş,
3. Tip A timpanometriye sahip,
4. İşitme kaybı tanısı almamış olan,
5. Herhangi bir orta kulak patolojisine sahip olmayan radyoloji teknikerlerinden oluşturulmuştur

Kontrol Grubunda

1. 18-50 yaşları arasında olan
2. Aynı meslek gruplarında MRG cihazı ile çalışmayan,
3. İşitme kaybı tanısı olmayan,
4. Hiçbir ek engeli olmayan sağlıklı bireylerden oluşturulmuştur.

Çalışmadan Dışlanma Kriterleri

1. 18 yaşından küçük olanlar ve 50 yaşından büyük olanlar
2. İşitme kaybı tanısı almış olan bireyler
3. Tip A timpanogram eğrisinin elde edilemediği bireyler
4. Kulak cerrahisi geçiren bireyler
5. Gebeler
6. Kanser tanı ve tedavisi almış olan bireyler
7. Ototoksik ilaç kullananlar

3.2. Odyolojik Değerlendirme

Tüm katılımcılara saf ses odyometri, yüksek frekans odyometri, otoakustik emisyon (TEOAE, DPOAE), timpanometri testleri ve tinnitus engellilik envanteri uygulanmıştır.

3.2.1. İmmitansmetre

Tüm bireylerin immitransmetrik ölçümleri Grason Stadler (GSI) Tymptar Version 2 elektroakustik immitansmetre ile yapılmıştır. 226 Hz'lik prob ton kullanılarak timpanogram ve statik admitans kaydedilmiştir. Timpanogram kaydı, hava basıncı +200 ile -400 daPa arasında 200 daPa /saniye oranında değiştirilerek kaydedilmiştir.

3.2.2. Odyometre

Klinik uygulamalarda işitme düzeyinin belirlenmesinde en yaygın kullanılan yöntemlerden biri saf ses odyometrisidir. Bu testte, farklı frekanslardaki saf sesler, odyometre adı verilen bir cihaz aracılığıyla baş bantlı kulaklıklar, kulak içi yerleştirilen aparat, hoparlör ya da vibratör gibi iletim araçlarıyla bireyin kulağına iletilir. Belirli frekanslarda uygulanan bu uyaranlara karşı kişinin verdiği yanıtlar değerlendirilerek işitme eşiği belirlenir ve bireyin bu uyaranlara karşı duyarlılığı ölçülür.

Saf ses odyometri testinde iki farklı ses iletim yolu kullanılır: hava yolu ve kemik yolu. Hava yolu ölçümleri genellikle 125 Hz ile 8000 Hz arasındaki frekanslarda gerçekleştirilirken, kemik yolu ölçümleri daha sınırlı olarak 500 Hz ile 4000 Hz arasındaki frekanslarda yapılır. Bu ölçümler sırasında sesin şiddeti kademeli olarak artırılıp azaltılır. Elde edilen verilerle dış, orta ve iç kulağın işitme sürecindeki bütünlüğü değerlendirilebilir. Ayrıca hava ve kemik yolu eşiklerinin karşılaştırılması, işitme kaybının türü hakkında klinisyene önemli bilgiler sunar.

Ölçümler Interacoustics-Clinical Audiometer AC40 cihazı ile, Industrial Acoustic Company (IAC) standardındaki sessiz odalarda yapıldı. Hava yolu işitme düzeyleri 250 - 8000 Hz arasındaki frekanslarda TDH-39 Telephonic HB-7 kulaklık kullanılarak, 10000, 12000, 14000 ve 16000 Hz arasındaki frekanslardaki işitme eşikleri MX 41 kulaklık kullanılarak saptandı. Kemik yolu eşikleri 500- 4000 Hz frekansları arasında, Radioear B-71 kemik vibratörü kullanılarak ölçüldü.

3.2.3. Otoakustik Emisyon

Otoakustik emisyon ölçümü Echoport ILO292 cihazı (Otodynamics Ltd., London, United Kingdom) ILOV6 yazılımı TEOAE ve DPOAE modu kullanılarak gerçekleştirildi. Ölçümler sırasında stimulus şiddeti 80 ± 3 dB SPL idi. Distorsiyon ürünü otoakustik emisyonlar (DPOAE) sabit frekans ve şiddette iki saf ses verilerek f_2 ve f_1 frekansları arasındaki oran (f_2/f_1) 1.22 olacak şekilde alındı. Uyarın şiddeti f_1 frekansı için L1(65), ve f_2 frekansı için L2 (55) olarak alınarak ve $L_1 > L_2$ olacak şekilde 10 dB SPL düzeyinde tutuldu. Test süresi yaklaşık 60-90 sn arasındaydı. Ölçümler gürültü düzeyinin 45 dB'i geçmediği bir odada yapıldı.

3.3. Tinnitus engellilik envanteri

Tinnitus Engellik Envanteri, bireylerin kulak çınlamasının günlük yaşam üzerindeki etkisini değerlendirmek amacıyla kullanılan öz-bildirimli bir ölçme aracıdır. Uygulama süreci şu şekilde gerçekleştirilmiştir:

Envanteri yanıtlayacak kişiye, bu testin kulak çınlamasının yaşam kalitesi üzerindeki etkilerini değerlendirmeye yönelik olduğu açık ve sade bir dille anlatıldı. Gönüllülük esasına göre katılım sağlanır ve kişisel verilerin gizli tutulacağı belirtilir. Test toplam 25 maddeden oluşmaktadır. Her bir maddeye "Evet", "Bazen" veya "Hayır" şeklinde yanıt verilir. Bu seçenekler sırasıyla 4, 2 ve 0 puan olarak değerlendirilir. Verilen yanıtlar puanlanarak toplam

skor elde edilir. Bu puan, tinnitus'un bireyin yaşamı üzerindeki engelleyici etkisinin düzeyini gösterir. Skorlar şu şekilde sınıflandırılabilir:

0–16: En az düzeyde etki

18–36: Hafif düzeyde engellilik

38–56: Orta düzeyde engellilik

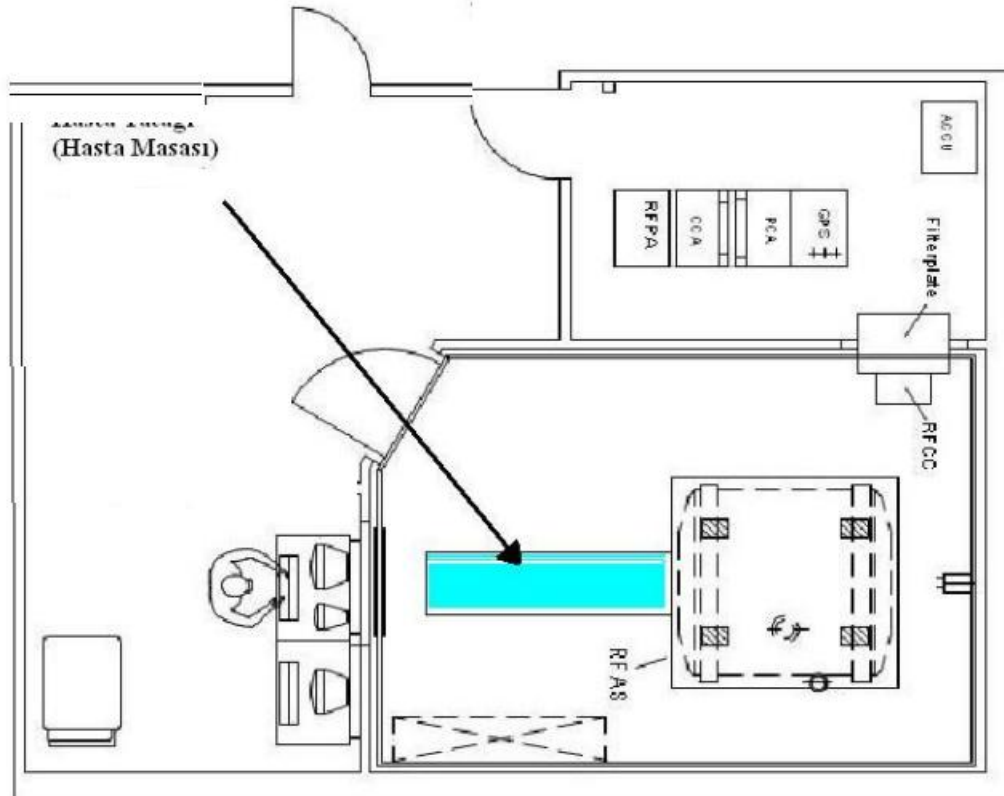
58–76: Şiddetli düzeyde engellilik

78–100: Çok şiddetli düzeyde engellilik



3.4. Manyetik Rezonans Görüntüleme Cihazı

Başkent Üniversitesi Ankara Hastanesinde 1.5 Tesla Magnetom, Avanto device (Siemens, Germany), 1.5 Tesla Magnetom Siemens Symphony tim (Siemens, Germany) MRG cihazları kullanılmaktadır. Başkent Üniversitesi Ankara Hastanesinde MRG cihaz odası krokisi Şekil... da gösterilmiştir.



Şekil 2.MRG cihaz ve operatör odası krokisi

3.5. Gürültü Ölçümü

Gürültü ölçümü Svan 971 (Svantek Polonya) ve Svan 958 (Svantek Polonya) ile yapılan bir görüntüleme esnasında 15 dk yapılmıştır. Şekil 3.1’de sırasıyla Svan 104, Svan 971 ve Svan 958 gösterilmiştir. Svan 958 ve Svan 971 IEC 61672:2002’e uygun tip 1, 1/1 ve 1/3 oktav gerçek zaman (real-time) analizleri olan ses seviyesi ölçen cihazdır. Ölçümler A filtresi ve peak değerleri için C filtresi kullanılarak 1/3 oktav bandında fast modunda ölçülmüştür. Gürültü maruziyet ölçümü Svan 104 IEC 61672:2002’e uygun tip 2, 1/1 oktav gerçek zaman (real-time) analizleri olan ses seviyesi ölçen cihazdır.



Şekil 3. Svan971, Svan958

3.2. Verilerin İstatistiksel Analizi

İstatistiksel analiz için gruplar arası karşılaştırma yapılarak ve çalışmanın hipotezleri incelendi. Araştırma hipotezinin test edilebilmesi için gerekli örnek genişliği hesaplamaları G*Power 3.1.9.4 programı ile yapılmıştır. %80 test gücünü %95 güven düzeyinde sağlayacak olan Çalışma grubu $n_1=32$ ve kontrol grubu $n_2=32$ olmak üzere örneklem büyüklüğü toplam 64 kişi olarak hesaplanmış olmasına rağmen Çalışma kontrol grubu $n_1=34$ kişi, kontrol grubu $n_2=32$ kişi olarak tamamlanmıştır. Gruplar arasında nicel değişkenler açısından farklılıkların incelenmesinde parametrik test varsayımları sağlanıyorsa Student t testi veya Tek Yönlü Varyans Analizi, varsayımlar sağlanmıyorsa Mann-Whitney U testi veya Kruskal-Wallis testi kullanıldı. İlişkisel incelenen hipotezde ise parametrik varsayımların sağlanması durumunda Pearson korelasyon analizi, sağlanmadığında ise Spearman korelasyon analizi kullanıldı.

4. BULGULAR

4.1. Demografik Veriler

Çalışmaya toplam 66 kişi dahil edilmiştir. Çalışma grubunda 34 radyoloji teknikeri dahil edildi. Kontrol grubunda ise MRG cihazı ile çalışmayan 32 radyoloji teknikeri dahil edildi. Çalışma grubunun ortalama yaşı 34.56 olup 21 ile 48 arasında değişmekteydi. Çalışma süreleri ise ortalama 12.9 ± 7.73 yıl olup minimum 1 maksimum 26 yıl arasında değişmekte idi. Kontrol grubunun yaş ortalaması 32.68 olup 21 ile 45 arasında değişmekteydi. Çalışma süreleri ise ortalama 12.03 ± 7.7 yıl minimum 3 maksimum 23 yıl arasında değişmekteydi ve yaş ve çalışma süreleri dağılımı Tablo 3 ve Tablo 5’de gösterildi. Çalışma grubunun cinsiyet dağılımı %52.94’ü kadın, %47.06’sı erkek ve bu dağılım tablo 2’de gösterildi. Kontrol grubunun cinsiyet dağılımı %53.12’ü kadın, %46.88’i erkek ve bu dağılım tablo 4’de gösterildi.

Tablo 2. Çalışma Grubu Cinsiyet Dağılımı

Cinsiyet	Frekans	Yüzde (%)
Kadın	18	52.94%
Erkek	16	47.06%

Tablo 3. Çalışma Grubu Yaş ve Çalışma Süresi Dağılımı

Değişken	Ortalama	Standart Sapma	Min	25. Yüzdelik	Medyan	75. Yüzdelik	Maksimum
Yaş	34.56	8.11	21	27.25	33.5	42.75	48
Çalışma süresi	12.94	7.73	1	5.5	11.5	19	26

Tablo 4. Kontrol Grubu Cinsiyet Dağılımı

Cinsiyet	Frekans	Yüzde (%)
Kadın	17	53.12%
Erkek	15	46.88%

Tablo 5. Kontrol Grubu Yaş ve Çalışma Süresi Dağılımı

Değişken	Ortalama	Standart Sapma	Min	25. Yüzdelik	Medyan	75. Yüzdelik	Maksimum
Yaş	32.68	5.71	21	28.25	32	36.75	45
Çalışma süresi	12.03	5.6	3	8	12	15.75	23

4.2. Gürültü Ölçümü

Manyetik rezonans görüntüleme esnasında Svan 971 ve Svan 958 ile yapılan gürültü ölçümlerinde eşdeğer ses basınç seviyesinin ortalaması 99,9 dBA olarak ölçüldü ve en yüksek değer 116,9 dBA olarak ölçüldü. Radyoloji teknikerlerinin bulunduğu odada ise bu değerler ortalama 71,1 dBA ve anlık en yüksek değer ise 105,1 dBA olarak kaydedildi. Başın gölge etkisini yüksek frekanslarda gösterebilmek için eş zamanlı her iki kulak önünde ölçüm yapıldı ve anlık en yüksek ses değerleri karşılaştırıldı. Ölçüm sonuçları frekans dağılımı Tablo 6'da gösterilmiştir.

Tablo 6. Kapiya Yakın Olan Kulak ve Kapiya Uzak Olan Kulak Anlık En Yüksek Ses Değerleri

	Kapiya Uzak Olan Kulak	Kapiya Yakın Olan Kulak
Frekans [Hz]	1/3 Oct Lpeak [dB]	1/3 Oct Lpeak [dB]
1.25	1	9.3
5	12.2	12.6
8	11.1	13.1
10	16.3	13.5
12.5	16	13.5
16	18.9	22.3
20	30.7	27.4
25	29.5	27.3
31.5	30.6	30.8
40	32.3	35.3
50	38.2	34.2
63	34.1	35.3
80	40.9	38.3
100	57.1	51.3
125	50	54.2
160	57.5	56.8
200	61.7	62.8
250	69.5	62
315	68.3	71.6
400	75.1	67.8
500	73.3	70.8
630	70	71.4
800	72	75.8
1000	73.1	82.3
1250	80.2	77.8
1600	76	80.2
2000	74.7	83.6
2500	68.8	79.7
3150	69.8	79.6
4000	71.9	84.2
5000	65.5	86.1
6300	66.6	83.6
8000	58.9	80.9
10000	60.8	79.2
12500	54.9	81
16000	52.2	74.6
20000	45	69.5
Total A	85.3	94
Total C	87.4	93.5
Total Lin	94.1	95.1

4.3. Transient Evoked Otoakustik Emisyon Sonuçları

Grupların TEOAE değerleri ilk olarak kontrol grubu ile karşılaştırılarak Tablo 7’de gösterildi. Daha sonra çalışma grubu içerisinde kapıya yakın olan kulak ve kapıya uzak olan kulak olarak kendi aralarında karşılaştırıldı ve sonuçlar Tablo 8’de gösterildi.

Kapıya yakın olan kulak 1 kHz frekansta çalışma grubunun kontrol grubu ile sinyal gürültü oranları (SNR) karşılaştırıldığında p değeri 0.6233 olarak bulundu ve gruplar arası anlamlı bir farklılık elde edilmedi.

Kapıya uzak olan kulak 1 kHz frekansta çalışma grubunun kontrol grubu ile SNR’leri karşılaştırıldığında p değeri 0.1663 olarak bulundu ve gruplar arası anlamlı bir farklılık elde edilmedi.

Kapıya yakın olan kulak 1,4 kHz frekansta çalışma grubunun kontrol grubu ile SNR’leri karşılaştırıldığında p değeri 0.6640 olarak bulundu ve gruplar arası anlamlı bir farklılık elde edilmedi.

Kapıya uzak olan kulak 1,4 kHz frekansta çalışma grubunun kontrol grubu ile SNR’leri karşılaştırıldığında p değeri 0.4490 olarak bulundu ve gruplar arası anlamlı bir farklılık elde edilmedi.

Kapıya yakın olan kulak 2 kHz frekansta çalışma grubunun kontrol grubu ile SNR’leri karşılaştırıldığında p değeri 0.9389 olarak bulundu ve gruplar arası anlamlı bir farklılık elde edilmedi.

Kapıya uzak olan kulak 2 kHz frekansta çalışma grubunun kontrol grubu ile SNR’leri karşılaştırıldığında p değeri 0.6802 olarak bulundu ve gruplar arası anlamlı bir farklılık elde edilmedi.

Kapıya yakın olan kulak 2,8 kHz frekansta çalışma grubunun kontrol grubu ile SNR’leri karşılaştırıldığında p değeri 0.8352 olarak bulundu ve gruplar arası anlamlı bir farklılık elde edilmedi.

Kapıya uzak olan kulak 2,8 kHz frekansta çalışma grubunun kontrol grubu ile SNR'leri karşılaştırıldığında p değeri 0.7677 olarak bulundu ve gruplar arası anlamlı bir farklılık elde edilmedi.

Kapıya yakın olan kulak 4 kHz frekansta çalışma grubunun kontrol grubu ile SNR'leri karşılaştırıldığında p değeri 0.5051 olarak bulundu ve gruplar arası anlamlı bir farklılık elde edilmedi.

Kapıya uzak olan kulak 4 kHz frekansta çalışma grubunun kontrol grubu ile SNR'leri karşılaştırıldığında p değeri 0.1663 olarak bulundu ve gruplar arası anlamlı bir farklılık elde edilmedi.

Kapıya yakın olan kulak toplam cevapları çalışma grubunun kontrol grubu ile SNR'leri karşılaştırıldığında p değeri 0.4438 olarak bulundu ve gruplar arası anlamlı bir farklılık elde edilmedi.

Kapıya uzak olan kulak toplam cevapları çalışma grubunun kontrol grubu ile SNR'leri karşılaştırıldığında p değeri 0.4011 olarak bulundu ve gruplar arası anlamlı bir farklılık elde edilmedi.

Tablo 7. TEOAE Çalışma Grubu ile Kontrol Grubunun Karşılaştırılması

		U1	p değeri
Kapıya yakın olan kulak 1KHz TEOAE		520	0.6233
Kapıya uzak olan kulak 1KHz TEOAE		620	0.1663
Kapıya yakın olan kulak 1,4KHz TEOAE		511.5	0.6640
Kapıya uzak olan kulak 1,4KHz TEOAE		554.5	0.4490
Kapıya yakın olan kulak 2KHz TEOAE		424	0.9389
Kapıya uzak olan kulak 2KHz TEOAE		508	0.6802
Kapıya yakın olan kulak 2,8KHz TEOAE		468.5	0.8352
Kapıya uzak olan kulak 2,8KHz TEOAE		487.5	0.7677
Kapıya yakın olan kulak 4KHz TEOAE		543.5	0.5051
Kapıya uzak olan kulak 4KHz TEOAE		462.5	0.8536
Ltotal reponse Kapıya yakın olan kulak TEOAE		555.5	0.4438
Rtotal response Kapıya uzak olan kulak TEOAE		564	0.4011

U1 Mann-Whitney U test değeri, İstatistiksel anlamlılık *p<0.05.

1 kHz frekansta çalışma grubunun kapıya yakın olan kulak ve kapıya uzak olan kulak ölçümlerinin SNR'leri karşılaştırıldığında p değeri 0.2944 olarak bulundu ve gruplar arası anlamlı bir farklılık elde edilmedi.

1,4 kHz frekansta çalışma grubunun kapıya yakın olan kulak ve kapıya uzak olan kulak ölçümlerinin SNR'leri karşılaştırıldığında p değeri 0.1007 olarak bulundu ve gruplar arası anlamlı bir farklılık elde edilmedi.

2 kHz frekansta çalışma grubunun kapıya yakın olan kulak ve kapıya uzak olan kulak ölçümlerinin SNR'leri karşılaştırıldığında p değeri 0.8152 olarak bulundu ve gruplar arası anlamlı bir farklılık elde edilmedi.

2,8 kHz frekansta çalışma grubunun kapıya yakın olan kulak ve kapıya uzak olan kulak ölçümlerinin SNR'leri karşılaştırıldığında p değeri 0.6322 olarak bulundu ve gruplar arası anlamlı bir farklılık elde edilmedi.

4 kHz frekansta çalışma grubunun kapıya yakın olan kulak ve kapıya uzak olan kulak ölçümlerinin SNR'leri karşılaştırıldığında p değeri 0.6562 olarak bulundu ve gruplar arası anlamlı bir farklılık elde edilmedi.

Toplam cevap olarak çalışma grubunun kapıya yakın olan kulak ve kapıya uzak olan kulak ölçümlerinin SNR'leri karşılaştırıldığında p değeri 0.2083 olarak bulundu ve gruplar arası anlamlı bir farklılık elde edilmedi.

Tablo 8. Çalışma Grubunda Kapıya Yakın Olan Kulak ve Kapıya Uzak Olan Kulak TEOAE Karşılaştırması

	U1	p değeri
1KHz TEOAE	330.5	0.2944
1,4KHz TEOAE	352	0.1007
2KHz TEOAE	245	0.8152
2,8KHz TEOAE	278.5	0.6322
4KHz TEOAE	258	0.6562
Ltotal reponse TEOAE	346.5	0.2083

U1 Mann-Whitney U test değeri, İstatistiksel anlamlılık *p<0.05.

4.4. Distortion Product Otoakustik Emisyon Sonuçları

Grupların DPOEA değerleri ilk olarak kontrol grubu ile karşılaştırılarak Tablo 9’da gösterildi. Daha sonra çalışma grubu içerisinde kapıya yakın olan kulak ve kapıya uzak olan kulak olarak kendi aralarında karşılaştırıldı ve Tablo 10’da verildi.

Kapıya yakın olan kulak 1 kHz frekansta çalışma grubunun kontrol grubu ile SNR’leri karşılaştırıldığında p değeri 0.6617 olarak bulundu ve gruplar arası anlamlı bir farklılık elde edilmedi.

Kapıya uzak olan kulak 1 kHz frekansta çalışma grubunun kontrol grubu ile SNR’leri karşılaştırıldığında p değeri 0.7497 olarak bulundu ve gruplar arası anlamlı bir farklılık elde edilmedi.

Kapıya yakın olan kulak 1,4 kHz frekansta çalışma grubunun kontrol grubu ile SNR’leri karşılaştırıldığında p değeri 0.7755 olarak bulundu ve gruplar arası anlamlı bir farklılık elde edilmedi.

Kapıya uzak olan kulak 1,4 kHz frekansta çalışma grubunun kontrol grubu ile SNR’leri karşılaştırıldığında p değeri 0.7160 olarak bulundu ve gruplar arası anlamlı bir farklılık elde edilmedi.

Kapıya yakın olan kulak 2 kHz frekansta çalışma grubunun kontrol grubu ile SNR’leri karşılaştırıldığında p değeri 0.8969 olarak bulundu ve gruplar arası anlamlı bir farklılık elde edilmedi.

Kapıya uzak olan kulak 2 kHz frekansta çalışma grubunun kontrol grubu ile SNR’leri karşılaştırıldığında p değeri 0.6451 olarak bulundu ve gruplar arası anlamlı bir farklılık elde edilmedi.

Kapıya yakın olan kulak 2,8 kHz frekansta çalışma grubunun kontrol grubu ile SNR’leri karşılaştırıldığında p değeri 0.9405 olarak bulundu ve gruplar arası anlamlı bir farklılık elde edilmedi.

Kapıya uzak olan kulak 2,8 kHz frekansta çalışma grubunun kontrol grubu ile SNR'leri karşılaştırıldığında p değeri 0.9402 olarak bulundu ve gruplar arası anlamlı bir farklılık elde edilmedi.

Kapıya yakın olan kulak 4 kHz frekansta çalışma grubunun kontrol grubu ile SNR'leri karşılaştırıldığında p değeri 0.8934 olarak bulundu ve gruplar arası anlamlı bir farklılık elde edilmedi.

Kapıya uzak olan kulak 4 kHz frekansta çalışma grubunun kontrol grubu ile SNR'leri karşılaştırıldığında p değeri 0.8746 olarak bulundu ve gruplar arası anlamlı bir farklılık elde edilmedi.

Kapıya yakın olan kulak 6 kHz frekansta çalışma grubunun kontrol grubu ile SNR'leri karşılaştırıldığında p değeri 0.8922 olarak bulundu ve gruplar arası anlamlı bir farklılık elde edilmedi.

Kapıya uzak olan kulak 6 kHz frekansta çalışma grubunun kontrol grubu ile SNR'leri karşılaştırıldığında p değeri 0.4795 olarak bulundu ve gruplar arası anlamlı bir farklılık elde edilmedi.

Kapıya yakın olan kulak 8 kHz frekansta çalışma grubunun kontrol grubu ile SNR'leri karşılaştırıldığında p değeri 0.3152 olarak bulundu ve gruplar arası anlamlı bir farklılık elde edilmedi.

Kapıya uzak olan kulak 8 kHz frekansta çalışma grubunun kontrol grubu ile SNR'leri karşılaştırıldığında p değeri 0.2928 olarak bulundu ve gruplar arası anlamlı bir farklılık elde edilmedi.

Tablo 9. DPOAE Çalışma Grubu ile Kontrol Grubunun Karşılaştırılması

	U1	p değeri
Kapıya yakın olan kulak 1KHz DPOAE	512	0.6617
Kapıya uzak olan kulak 1KHz DPOAE	492	0.7497
Kapıya yakın olan kulak 1,4KHz DPOAE	485.5	0.7755
Kapıya uzak olan kulak 1,4KHz DPOAE	500	0.7160
Kapıya yakın olan kulak 2KHz DPOAE	446	0.8969
Kapıya uzak olan kulak 2KHz DPOAE	515.5	0.6451
Kapıya yakın olan kulak 2,8KHz DPOAE	423	0.9405
Kapıya uzak olan kulak 2,8KHz DPOAE	422	0.9420
Kapıya yakın olan kulak 4KHz DPOAE	447.5	0.8934
Kapıya uzak olan kulak 4KHz DPOAE	455	0.8746
Kapıya yakın olan kulak 6 kHz DPOAE	448	0.8922
Kapıya uzak olan kulak 6kHz DPOAE	548.5	0.4795
Kapıya yakın olan kulak 8 kHz DPOAE	582	0.3152
Kapıya uzak olan kulak 8kHz DPOAE	587	0.2928

U1 Mann-Whitney U test değeri, İstatistiksel anlamlılık *p<0.05.

1 kHz frekansta çalışma grubunun kapıya yakın olan kulak ve kapıya uzak olan kulak ölçümlerinin SNR'leri karşılaştırıldığında p değeri 0.0924 olarak bulundu ve gruplar arası anlamlı bir farklılık elde edilmedi.

1,4 kHz frekansta çalışma grubunun kapıya yakın olan kulak ve kapıya uzak olan kulak ölçümlerinin SNR'leri karşılaştırıldığında p değeri 0.5403 olarak bulundu ve gruplar arası anlamlı bir farklılık elde edilmedi.

2 kHz frekansta çalışma grubunun kapıya yakın olan kulak ve kapıya uzak olan kulak ölçümlerinin SNR'leri karşılaştırıldığında p değeri 0.9579 olarak bulundu ve gruplar arası anlamlı bir farklılık elde edilmedi.

2,8 kHz frekansta çalışma grubunun kapıya yakın olan kulak ve kapıya uzak olan kulak ölçümlerinin SNR'leri karşılaştırıldığında p değeri 0.7716 olarak bulundu ve gruplar arası anlamlı bir farklılık elde edilmedi.

4 kHz frekansta çalışma grubunun kapıya yakın olan kulak ve kapıya uzak olan kulak ölçümlerinin SNR'leri karşılaştırıldığında p değeri 0.8198 olarak bulundu ve gruplar arası anlamlı bir farklılık elde edilmedi.

6 kHz frekansta çalışma grubunun kapıya yakın olan kulak ve kapıya uzak olan kulak ölçümlerinin SNR'leri karşılaştırıldığında p değeri 0.9552 olarak bulundu ve gruplar arası anlamlı bir farklılık elde edilmedi.

8 kHz frekansta çalışma grubunun kapıya yakın olan kulak ve kapıya uzak olan kulak ölçümlerinin SNR'leri karşılaştırıldığında p değeri 0.1607 olarak bulundu ve gruplar arası anlamlı bir farklılık elde edilmedi.

Tablo 10. Çalışma Grubunda Kapıya Yakın Olan Kulak ve Kapıya Uzak Olan Kulak DPOAE Karşılaştırması

	U1	p değeri
1KHz DPOAE	376.5	0.0924
1,4KHz DPOAE	292	0.5403
2KHz DPOAE	197	0.9579
2,8KHz DPOAE	254	0.7716
4KHz DPOAE	244	0.8198
6 kHz DPOAE	185.5	0.9552
8 kHz DPOAE	336	0.1607

U1 Mann-Whitney U test değeri, İstatistiksel anlamlılık *p<0.05.

4.5. Saf Ses Odyometri Sonuçları

Grupların saf ses odyometri değerleri ilk olarak kontrol grubu ile karşılaştırılarak Tablo 11'de gösterildi. Daha sonra çalışma grubu içerisinde kapıya yakın olan kulak ve kapıya uzak olan kulak olarak kendi aralarında karşılaştırıldı ve Tablo 12 verildi.

Kapıya yakın olan kulak 125 Hz frekansta çalışma grubunun kontrol grubu ile SNR'leri karşılaştırıldığında p değeri 0.0919 olarak bulundu ve gruplar arası anlamlı bir farklılık elde edilmedi.

Kapıya uzak olan kulak 125 Hz frekansta çalışma grubunun kontrol grubu ile SNR'leri karşılaştırıldığında p değeri 0.6014 olarak bulundu ve gruplar arası anlamlı bir farklılık elde edilmedi.

Kapıya yakın olan kulak 250 Hz frekansta çalışma grubunun kontrol grubu ile SNR'leri karşılaştırıldığında p değeri 0.0697 olarak bulundu ve gruplar arası anlamlı bir farklılık elde edilmedi.

Kapıya uzak olan kulak 250 Hz frekansta çalışma grubunun kontrol grubu ile SNR'leri karşılaştırıldığında p değeri 0.2023 olarak bulundu ve gruplar arası anlamlı bir farklılık elde edilmedi.

Kapıya yakın olan kulak 500 Hz frekansta çalışma grubunun kontrol grubu ile SNR'leri karşılaştırıldığında p değeri 0.0295 olarak bulundu ve gruplar arası anlamlı bir farklılık elde edildi.

Kapıya uzak olan kulak 500 Hz frekansta çalışma grubunun kontrol grubu ile SNR'leri karşılaştırıldığında p değeri 0.0046 olarak bulundu ve gruplar arası anlamlı bir farklılık elde edildi.

Kapıya yakın olan kulak 1000 Hz frekansta çalışma grubunun kontrol grubu ile SNR'leri karşılaştırıldığında p değeri 0.0469 olarak bulundu ve gruplar arası anlamlı bir farklılık elde edildi.

Kapıya uzak olan kulak 1000 Hz frekansta çalışma grubunun kontrol grubu ile SNR'leri karşılaştırıldığında p değeri 0.0008 olarak bulundu ve gruplar arası anlamlı bir farklılık elde edildi.

Kapıya yakın olan kulak 2000 Hz frekansta çalışma grubunun kontrol grubu ile SNR'leri karşılaştırıldığında p değeri 0.1366 olarak bulundu ve gruplar arası anlamlı bir farklılık elde edilmedi.

Kapıya uzak olan kulak 2000 Hz frekansta çalışma grubunun kontrol grubu ile SNR'leri karşılaştırıldığında p değeri 0.0840 olarak bulundu ve gruplar arası anlamlı bir farklılık elde edilmedi.

Kapıya yakın olan kulak 4000 Hz frekansta çalışma grubunun kontrol grubu ile SNR'leri karşılaştırıldığında p değeri 0.0970 olarak bulundu ve gruplar arası anlamlı bir farklılık elde edilmedi.

Kapıya uzak olan kulak 4000 Hz frekansta çalışma grubunun kontrol grubu ile SNR'leri karşılaştırıldığında p değeri 0.2668 olarak bulundu ve gruplar arası anlamlı bir farklılık elde edilmedi.

Kapıya yakın olan kulak 6000 Hz frekansta çalışma grubunun kontrol grubu ile SNR'leri karşılaştırıldığında p değeri 0.1155 olarak bulundu ve gruplar arası anlamlı bir farklılık elde edilmedi.

Kapıya uzak olan kulak 6000 Hz frekansta çalışma grubunun kontrol grubu ile SNR'leri karşılaştırıldığında p değeri 0.4921 olarak bulundu ve gruplar arası anlamlı bir farklılık elde edilmedi.

Kapıya yakın olan kulak 8000 Hz frekansta çalışma grubunun kontrol grubu ile SNR'leri karşılaştırıldığında p değeri 0.0917 olarak bulundu ve gruplar arası anlamlı bir farklılık elde edilmedi.

Kapıya uzak olan kulak 8000 Hz frekansta çalışma grubunun kontrol grubu ile SNR'leri karşılaştırıldığında p değeri 0.5288 olarak bulundu ve gruplar arası anlamlı bir farklılık elde edilmedi.

Tablo 11. Saf Ses Odyometri Çalışma Grubu ile Kontrol Grubunun Karşılaştırılması

	U1	p değeri
Kapıya yakın olan kulak 125Hz	640	0.0919
Kapıya uzak olan kulak 125Hz	526	0.6014
Kapıya yakın olan kulak 250Hz	652.5	0.0697
Kapıya uzak olan kulak 250Hz	605	0.2023
Kapıya yakın olan kulak 500 Hz	683.5	0.0295
Kapıya uzak olan kulak 500 Hz	737	0.0046
Kapıya yakın olan kulak 1000 Hz	667	0.0469
Kapıya uzak olan kulak 1000 Hz	771	0.0008
Kapıya yakın olan kulak 2000 Hz	624	0.1366
Kapıya uzak olan kulak 2000 Hz	645	0.0840
Kapıya yakın olan kulak 4000 Hz	642.5	0.0970
Kapıya uzak olan kulak 4000 Hz	591	0.2668
Kapıya yakın olan kulak 6000 Hz	635	0.1155
Kapıya uzak olan kulak 6000 Hz	546	0.4921
Kapıya yakın olan kulak 8000 Hz	646	0.0917
Kapıya uzak olan kulak 8000 Hz	539	0.5288

U1 Mann-Whitney U test değeri, İstatistiksel anlamlılık *p<0.05.

125 Hz frekansta dB olarak ölçülen değerlerin çalışma grubunun kapıya yakın olan kulak ve kapıya uzak olan kulak karşılaştırıldığında p değeri 0.1857 olarak bulundu ve gruplar arası anlamlı bir farklılık elde edilmedi.

250 Hz frekansta dB olarak ölçülen değerlerin çalışma grubunun kapıya yakın olan kulak ve kapıya uzak olan kulak karşılaştırıldığında p değeri 0.5661 olarak bulundu ve gruplar arası anlamlı bir farklılık elde edilmedi.

500 Hz frekansta dB olarak ölçülen değerlerin çalışma grubunun kapıya yakın olan kulak ve kapıya uzak olan kulak karşılaştırıldığında p değeri 0.8399 olarak bulundu ve gruplar arası anlamlı bir farklılık elde edilmedi.

1000 Hz frekansta dB olarak ölçülen değerlerin çalışma grubunun kapıya yakın olan kulak ve kapıya uzak olan kulak karşılaştırıldığında p değeri 0.5000 olarak bulundu ve gruplar arası anlamlı bir farklılık elde edilmedi.

2000 Hz frekansta dB olarak ölçülen değerlerin çalışma grubunun kapıya yakın olan kulak ve kapıya uzak olan kulak karşılaştırıldığında p değeri 0.6615 olarak bulundu ve gruplar arası anlamlı bir farklılık elde edilmedi.

4000 Hz frekansta dB olarak ölçülen değerlerin çalışma grubunun kapıya yakın olan kulak ve kapıya uzak olan kulak karşılaştırıldığında p değeri 0.0274 olarak bulundu ve gruplar arası anlamlı bir farklılık elde edildi.

6000 Hz frekansta dB olarak ölçülen değerlerin çalışma grubunun kapıya yakın olan kulak ve kapıya uzak olan kulak karşılaştırıldığında p değeri 0.0497 olarak bulundu ve gruplar arası anlamlı bir farklılık elde edildi.

8000 Hz frekansta dB olarak ölçülen değerlerin çalışma grubunun kapıya yakın olan kulak ve kapıya uzak olan kulak karşılaştırıldığında p değeri 0.0478 olarak bulundu ve gruplar arası anlamlı bir farklılık elde edildi.

Kapıya yakın olan kulak saf ses ortalaması (500, 1000, 2000, 4000 Hz) dB olarak ölçülen değerlerin çalışma grubunun kapıya yakın olan kulak ve kapıya uzak olan kulak karşılaştırıldığında p değeri 0.1213 olarak bulundu ve gruplar arası anlamlı bir farklılık elde edilmedi.

Tablo 12. Çalışma Grubunda Kapiya Yakın Olan Kulak ve Kapiya Uzak Olan Kulak Saf Ses Odyometri Karşılaştırılması

	U1	p değeri
125Hz	50	0.1857
250Hz	50	0.5661
500 Hz	50	0.8399
1000 Hz	45.5	0.5000
2000 Hz	53	0.6615
4000 Hz	155.5	0.0274
6000 Hz	190	0.0497
8000 Hz	177	0.0478
Saf ses ortalaması (500, 1000, 2000, 4000 Hz)	289	0.1213

U1 Mann-Whitney U test değeri, İstatistiksel anlamlılık *p<0.05.

4000 Hz frekansta çalışma grubunun kapiya yakın olan kulak ve kapiya uzak olan kulakta dB olarak ölçülen değerlerin çalışma süreleriyle karşılaştırıldığında p değeri 0.0478 olarak bulundu ve gruplar arası anlamlı bir farklılık elde edildi.

Tablo 13. 4000 Hz’de çalışma süresi ile asimetrik işitme eşikleri değerlendirmesi

4000	coef	std err	t	P> t
Çalışma Süresi	0.2295	0.096	2.384	0.023

İstatistiksel anlamlılık *p<0.05.

6000 Hz frekansta çalışma grubunun kapiya yakın olan kulak ve kapiya uzak olan kulakta dB olarak ölçülen değerlerin çalışma süreleriyle karşılaştırıldığında p değeri 0.019 olarak bulundu ve gruplar arası anlamlı bir farklılık elde edildi.

Tablo 14. 6000 Hz’de çalışma süresi ile asimetrik işitme eşikleri değerlendirmesi

6000	coef	std err	t	P> t
Çalışma Süresi	0.3449	0.140	2.469	0.019

İstatistiksel anlamlılık *p<0.05.

8000 Hz frekansta çalışma grubunun kapiya yakın olan kulak ve kapiya uzak olan kulakta dB olarak ölçülen değerlerin çalışma süreleriyle karşılaştırıldığında p değeri 0.0580 olarak bulundu ve gruplar arası anlamlı bir farklılık elde edilmedi.

Tablo 15. 8000 Hz’de çalışma süresi ile asimetric işitme eşikleri değerdendirmesi

8000	coef	std err	t	P> t
Çalışma Süresi	0.2602	0.133	1.961	0.0580

İstatistiksel anlamlılık *p<0.05.

4.6. Yüksek Frekans Odyometri Sonuçları

Grupların saf ses odyometri değerleri ilk olarak kontrol grubu ile karşılaştırılarak Tablo 13'de gösterildi. Daha sonra çalışma grubu içerisinde kapıya yakın olan kulak ve kapıya uzak olan kulak olarak kendi aralarında karşılaştırıldı ve Tablo 14'de verildi.

Kapıya yakın olan kulak 9000 Hz frekansta çalışma grubunun kontrol grubu ile SNR'leri karşılaştırıldığında p değeri 0.1826 olarak bulundu ve gruplar arası anlamlı bir farklılık elde edilmedi.

Kapıya uzak olan kulak 9000 Hz frekansta çalışma grubunun kontrol grubu ile SNR'leri karşılaştırıldığında p değeri 0.3368 olarak bulundu ve gruplar arası anlamlı bir farklılık elde edilmedi.

Kapıya yakın olan kulak 10000 Hz frekansta çalışma grubunun kontrol grubu ile SNR'leri karşılaştırıldığında p değeri 0.0405 olarak bulundu ve gruplar arası anlamlı bir farklılık elde edildi.

Kapıya uzak olan kulak 10000 Hz frekansta çalışma grubunun kontrol grubu ile SNR'leri karşılaştırıldığında p değeri 0.2811 olarak bulundu ve gruplar arası anlamlı bir farklılık elde edilmedi.

Kapıya yakın olan kulak 11200 Hz frekansta çalışma grubunun kontrol grubu ile SNR'leri karşılaştırıldığında p değeri 0.1194 olarak bulundu ve gruplar arası anlamlı bir farklılık elde edilmedi.

Kapıya uzak olan kulak 11200 Hz frekansta çalışma grubunun kontrol grubu ile SNR'leri karşılaştırıldığında p değeri 0.2759 olarak bulundu ve gruplar arası anlamlı bir farklılık elde edilmedi.

Kapıya yakın olan kulak 12500 Hz frekansta çalışma grubunun kontrol grubu ile SNR'leri karşılaştırıldığında p değeri 0.0273 olarak bulundu ve gruplar arası anlamlı bir farklılık elde edildi.

Kapıya uzak olan kulak 12500 Hz frekansta çalışma grubunun kontrol grubu ile SNR'leri karşılaştırıldığında p değeri 0.2563 olarak bulundu ve gruplar arası anlamlı bir farklılık elde edilmedi.

Kapıya yakın olan kulak 14000 Hz frekansta çalışma grubunun kontrol grubu ile SNR'leri karşılaştırıldığında p değeri 0.0075 olarak bulundu ve gruplar arası anlamlı bir farklılık elde edildi.

Kapıya uzak olan kulak 14000 Hz frekansta çalışma grubunun kontrol grubu ile SNR'leri karşılaştırıldığında p değeri 0.0865 olarak bulundu ve gruplar arası anlamlı bir farklılık elde edilmedi.

Kapıya yakın olan kulak 16000 Hz frekansta çalışma grubunun kontrol grubu ile SNR'leri karşılaştırıldığında p değeri 0.0002 olarak bulundu ve gruplar arası anlamlı bir farklılık elde edildi.

Kapıya uzak olan kulak 16000 Hz frekansta çalışma grubunun kontrol grubu ile SNR'leri karşılaştırıldığında p değeri 0.0049 olarak bulundu ve gruplar arası anlamlı bir farklılık elde edildi.

Kapıya yakın olan kulak 18000 Hz frekansta çalışma grubunun kontrol grubu ile SNR'leri karşılaştırıldığında p değeri 0.0144 olarak bulundu ve gruplar arası anlamlı bir farklılık elde edildi.

Kapıya uzak olan kulak 18000 Hz frekansta çalışma grubunun kontrol grubu ile SNR'leri karşılaştırıldığında p değeri 0.0736 olarak bulundu ve gruplar arası anlamlı bir farklılık elde edilmedi.

Tablo 16. Yüksek Frekans Odyometri Çalışma Grubu ile Kontrol Grubunun Karşılaştırılması

	U1	p-value
Kapıya yakın olan kulak 9000 Hz	613	0.1826
Kapıya uzak olan kulak 9000 Hz	576.5	0.3368
Kapıya yakın olan kulak 10000 Hz	677	0.0405
Kapıya uzak olan kulak 10000 Hz	588.5	0.2811
Kapıya yakın olan kulak 11200 Hz	634.5	0.1194
Kapıya uzak olan kulak 11200 Hz	590	0.2759
Kapıya yakın olan kulak 12500 Hz	692.5	0.0273
Kapıya uzak olan kulak 12500 Hz	595	0.2563
Kapıya yakın olan kulak 14000 Hz	733	0.0075
Kapıya uzak olan kulak 14000 Hz	650	0.0865
Kapıya yakın olan kulak 16000 Hz	817.5	0.0002
Kapıya uzak olan kulak 16000 Hz	745	0.0049
Kapıya yakın olan kulak 18000 Hz	702.5	0.0144
Kapıya uzak olan kulak 18000 Hz	646	0.0736

U1 Mann-Whitney U test değeri, İstatistiksel anlamlılık *p<0.05.

9000 Hz frekansta dB olarak ölçülen değerlerin çalışma grubunun kapıya yakın olan kulak ve kapıya uzak olan kulak karşılaştırıldığında p değeri 0.2856 olarak bulundu ve gruplar arası anlamlı bir farklılık elde edilmedi.

10000 Hz frekansta dB olarak ölçülen değerlerin çalışma grubunun kapıya yakın olan kulak ve kapıya uzak olan kulak karşılaştırıldığında p değeri 0.0559 olarak bulundu ve gruplar arası anlamlı bir farklılık elde edilmedi.

11200 Hz frekansta dB olarak ölçülen değerlerin çalışma grubunun kapıya yakın olan kulak ve kapıya uzak olan kulak karşılaştırıldığında p değeri 0.2397 olarak bulundu ve gruplar arası anlamlı bir farklılık elde edilmedi.

12500 Hz frekansta dB olarak ölçülen değerlerin çalışma grubunun kapıya yakın olan kulak ve kapıya uzak olan kulak karşılaştırıldığında p değeri 0.0677 olarak bulundu ve gruplar arası anlamlı farklılık elde edilmedi..

14000 Hz frekansta dB olarak ölçülen değerlerin çalışma grubunun kapıya yakın olan kulak ve kapıya uzak olan kulak karşılaştırıldığında p değeri 0.4322 olarak bulundu ve gruplar arası anlamlı bir farklılık elde edilmedi.

16000 Hz frekansta dB olarak ölçülen değerlerin çalışma grubunun kapıya yakın olan kulak ve kapıya uzak olan kulak karşılaştırıldığında p değeri 0.0345 olarak bulundu ve gruplar arası anlamlı bir farklılık elde edildi.

18000 Hz frekansta dB olarak ölçülen değerlerin çalışma grubunun kapıya yakın olan kulak ve kapıya uzak olan kulak karşılaştırıldığında p değeri 0.5000 olarak bulundu ve gruplar arası anlamlı bir farklılık elde edilmedi.

Yüksek frekans saf ses ortalaması (10000, 12500, 14000, 16000 Hz) frekansta dB olarak ölçülen değerlerin çalışma grubunun kapıya yakın olan kulak ve kapıya uzak olan kulak karşılaştırıldığında p değeri 0.0827 olarak bulundu ve gruplar arası anlamlı bir farklılık elde edilmedi.

Tablo 17. Çalışma Grubunda Kapıya Yakın Olan Kulak ve Kapıya Uzak Olan Kulak Yüksek Frekans Odyometri Karşılaştırması

	U1	p-value
9000 Hz	143.5	0.2856
10000 Hz	253.5	0.0559
11200 Hz	203	0.2397
12500 Hz	217	0.0677
14000 Hz	196	0.4322
16000 Hz	300.5	0.0345
18000 Hz	14	0.5000
Yüksek frekans saf ses ortalaması 10000, 12500, 14000, 16000 Hz	358	0.0827

U1 Mann-Whitney U test değeri, İstatistiksel anlamlılık *p<0.05.

10000 Hz frekansta çalışma grubunun kapıya yakın olan kulak ve kapıya uzak olan kulakta dB olarak ölçülen değerlerin çalışma süreleriyle karşılaştırıldığında p değeri 0.0450 olarak bulundu ve gruplar arası anlamlı bir farklılık elde edildi.

Tablo 18. 12500 Hz’de çalışma süresi ile asimetrik işitme eşikleri değerlendirmesi

12500	coef	std err	t	P> t
Çalışma Süresi	0.3743	0.112	3.354	0.0020

İstatistiksel anlamlılık *p<0.05.

1000,12500, 14000, 16000 Hz’de çalışma grubunun kapıya yakın olan kulak ve kapıya uzak olan kulakta dB olarak ölçülen değerlerin ortalaması çalışma süreleriyle karşılaştırıldığında p değeri 0.0020 olarak bulundu ve gruplar arası anlamlı bir farklılık elde edildi.

Tablo 19. 1000,12500, 14000, 16000 Hz ortalamalarının çalışma süresi ile asimetrik işitme eşikleri değerlendirmesi

1000,12500, 14000, 16000 Ort.	coef	std err	t	P> t
Çalışma Süresi	0.2851	0.093	3.073	0.0040

İstatistiksel anlamlılık *p<0.05.

4.7. Tinnitus Engellilik Envanteri

Çalışmaya katılan bireylerin hepsine tinnitus engellilik envanteri uygulanmadan önce kişilere tinnitusun olup olmadığı sorulmuştur. Çalışmaya katılan bireylerin hiçbirisi tinnitus olmadığını belirtmiştir. Bu nedenle tinnitus engellilik envanteri uygulanmamış ve herhangi bir değerlendirmeye alınmamıştır.

5. TARTIŞMA

Bu çalışmaya, yaşları 21 ile 48 arasında değişen 34 radyoloji teknikeri ile yaşları 21 ile 45 arasında değişen 32 kişiden oluşan kontrol grubu dâhil edilmiştir. Tüm katılımcılara işitme sistemlerini değerlendirmeye yönelik kapsamlı odyolojik testler uygulanmıştır. Bu testler arasında saf ses odyometrisi, yüksek frekans odyometrisi, TEOAE, DPOAE ve Tinnitus Engellilik Envanteri yer almaktadır. Ayrıca, radyoloji teknikerlerinin görev yaptığı MRG odalarında 15 dakikalık süreyle gürültü düzeyi ölçülmüş ve en yüksek anlık ses seviyesinin 105.1 dB'e ulaştığı belirlenmiştir.

Elde edilen bulgulara göre, MRG cihazı ile çalışan teknikerler ile kontrol grubu arasında TEOAE ve DPOAE sonuçları bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır. Buna karşın, saf ses odyometri ve yüksek frekans odyometri sonuçları anlamlı düzeyde farklılık göstermektedir. Saf ses odyometrik incelemede, 500 Hz (kapıya yakın olan kulak $p=0.0295$; kapıya uzak olan kulak $p=0.0046$) ve 1000 Hz (kapıya yakın olan kulak $p=0.0469$; kapıya uzak olan kulak $p=0.0008$) frekanslarında her iki kulakta işitme eşiklerinde düşüş gözlemlenmiştir. Çalışma grubunda, kapıya yakın ve uzak kulaklar karşılaştırıldığında ise 4000 Hz ($p=0.0274$), 6000 Hz ($p=0.0497$) ve 8000 Hz ($p=0.0478$) frekanslarında anlamlı düzeyde asimetric eşik kayıpları tespit edilmiştir.

Yüksek frekans odyometri sonuçları değerlendirildiğinde, çalışma grubu ile kontrol grubu arasında kapıya yakın olan kulakta 10.000 Hz ($p=0.0405$), 12.500 Hz ($p=0.0273$), 14.000 Hz ($p=0.0075$), 16.000 Hz ($p=0.0002$) ve 18.000 Hz ($p=0.0144$); kapıya uzak olan kulakta ise 16.000 Hz ($p=0.0049$) frekanslarında istatistiksel olarak anlamlı farklar bulunmuştur. Aynı zamanda, çalışma grubunda kapıya yakın ve uzak kulaklar arasında 16.000 Hz frekansında ($p=0.0345$) asimetric eşik kayıpları belirlenmiştir.

Yüksek sese bağlı işitme hasarı geçici veya kalıcı olabilir. Geçici eşik kayması, genellikle gürültüye maruz kaldıktan sonraki 48 saat içinde düzelen geçici bir işitme azalması olarak tanımlanır (67). Geçici olmasına rağmen, bunu deneyimleyen kişilerde ilerleyen yaşamlarında kalıcı işitme kaybı geliştirme riski artar (68). Birçok kişi yüksek sese maruz kaldıktan sonra geçici eşik kayması yaşar ve bu, maruziyetin sona ermesinden birkaç saat sonra kaybolur; ancak bazı kişilerde işitme kaybı, gürültüye maruziyetten birkaç saat uzak kaldıktan sonra bile devam edebilir. KEK'te, dış tüy hücreleri bazı mekanizmalar nedeniyle dejenere olur

(69). Yüksek şiddetli gürültüye maruz kalma, kokleanın kendini onarmasını bozarak kalıcı işitme kaybına yol açabilir. Meydana gelen irreversibl süreçler, öncelikle koklea içindeki tüy hücresi kaybı ve işlev bozukluğu ile bağlantılıdır. Buna ek olarak, nöral yapılarda ve kokleanın yan duvar yapılarında meydana gelen hasarlar, uzun vadede işitme bozukluklarının gelişimine katkıda bulunabilir (70). Yüksek şiddetli sesler, kokleaya mekanik hasar verebilir. Bu hasar, stereosilya adı verilen hassas tüy hücre yapılarının doğrudan dejenerasyonunu içerebilir (70). Gürültünün insanlar üzerindeki en ciddi olumsuz etkisi, özellikle tüy hücreleri olmak üzere işitme sistemi üzerindedir (71).

Manyetik rezonans görüntüleme, tıpta farklı disiplinlerde yaygın olarak kullanılan bir görüntüleme yöntemidir ve avantajları nedeniyle uygulaması artmaktadır. Avantajlarının yanı sıra, MRG cihazları hem operatörler hem de hastalar için tehlikeli olabilecek gürültü üretir. Basit rahatsızlık, kaygı, sözlü iletişimde zorluk, kan basıncında ve nabız hızında değişiklikler ve geçici veya kalıcı işitme eşiği kayması gibi olumsuz etkilere neden olabilir (72, 73). MRG prosedürü sırasında gürültünün ana kaynağı, işitsel sisteme ulaşan gradyan manyetik alan tarafından üretilen titreşimdir. Tasarımda önemli ilerlemeler kaydedilmesine ve gradyan bobininin tanıtılmasına rağmen, yüksek hızlı MRG cihazlarına duyulan ihtiyaç, yüksek ses üreten cihazların üretilmesine yol açmıştır (74). Yüksek düzeyde gürültüye maruz kalma, hastaların görüntüleme sırasında yaşayabilecekleri sorunlardan biridir ve bu yüksek gürültü geçici veya kalıcı eşik kaymasına neden olabilir (69). Wagner ve arkadaşları, MRG'nin hastanın kulağında 79,5 ila 86,5 dBA arasında bir ses basınç seviyesi ve en yüksek anlık ses düzeyinin 120 dBA'ya kadar çıktığını bulmuşlardır (9). Başka bir çalışmada Turay ve arkadaşları eşdeğer ses basınç seviyesini ortalama olarak 91,1-106,7 dBA arasında değiştiğini göstermişlerdir (8). Çalışmamızda ise MRG cihaz odasında yapılan ölçümlerde ortalama eşdeğer ses basınç seviyesi 99.9 dBA ve en yüksek değer olarak 116.9 dBA olarak ölçtük. Radyoloji teknisyenlerinin bulunduğu kontrol odasında ise ölçülen ortalama eşdeğer ses basınç seviyesi 71,1 dBA, en yüksek anlık değer ise 105,1 dBA olarak kaydedildi. Bu değerler mevcut yasal maruziyet sınırlarının altında olsa da, anlık ses düzeylerinin kulak sağlığı açısından önemli olabileceği unutulmamalıdır.

Price ve ark., farklı alan güçlerine (0,2 ila 3 Tesla) sahip MRG tarayıcıları tarafından üretilen gürültüyü değerlendirdiler. Alan gücü arttıkça gürültü seviyesinin de arttığını bildirmişlerdir (82,5 dB'den 118,3 dB'ye).(75) Ancak, MRG cihazları tarafından üretilen ses

basıncının yalnızca alan gücüne bağlı olmadığı görülmektedir; 3 Tesla cihazlar için 125,7 ila 130,7 dB ve 1,5 Tesla cihazlar için 101,8 ila 111,7 dB aralığı bildirilmiştir (76).

Mollasadeghi ve arkadaşları vaka sunumunda 1,5 tesla MRG cihazı ile görüntüleme yapılan bir hastada 25 dk MRG cihazı gürültüsüne maruz kaldıktan sonra bilateral hafif derecede işitme kaybı yaşadığını ve 3 ay sonra düzelmediğini dile getirmişlerdir (77). Benzer şekilde, de Wilde ve arkadaşları işitme koruması olmadan 0,5 Tesla MRG sonrasında şiddetli baş ağrısı ve baş dönmesiyle birlikte işitme kaybı vakası bildirmişlerdir (78). Govindaraju ve arkadaşları da 3 Tesla MRG prosedüründen sonra tek taraflı işitme kaybı ve kulak çınlaması vakası bildirdiler (79). Biz de yapmış olduğumuz çalışmada MRG cihazı ile çalışan radyoloji teknikerlerinin işitme sistemini değerlendirdik. DPOAE, TEOAE, normal odyometre ve yüksek frekans odyometre ile değerlendirmelerini yaptık. Sonuçlarda radyoloji teknisyenlerinin saf ses odyometrisinde 500 ve 1000 Hz'de her iki kulakta, yüksek frekans odyometrisinde ise kapıya yakın olan kulakta 10 000, 14 000, 16 000 ve 18 000 Hz'de, kapıya uzak olan kulakta 18 000 Hz'de kontrol grubuna kıyasla anlamlı eşik artışları saptandı; OAE testlerinde ise gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadı. Tinnitus engellilik envanteri uygulanmak üzere her bir katılımcıya tinnitusun olup olmadığı sorulmuştur. Her bir katılımcı tinnitus olmadığını belirtmiştir. Bu nedenle tinnitus engellilik envanteri uygulanmamış ve herhangi bir değerlendirmeye alınmamıştır.

Araştırmalar, tek bir silah atışının gürültü seviyesinin tüfekler ve kısa tüfekler (karabina) için 75 ila 90 dB arasında değişebileceğini göstermektedir. M-16 tüfeklerinden ve topçu ateşinden çıkan deşarjların sırasıyla 170 dB ve 180 dB'ye ulaşan daha da yüksek gürültü seviyeleri ürettiği belgelenmiştir. Bu kadar yüksek seslere maruz kalmak gürültüye bağlı işitme kaybına ve kalıcı işitme hasarına yol açabilir (80, 81). Hem canlı muharebe durumlarında hem de atış tatbikatlarında çeşitli ateşli silahlar kullanılır. Omuz silahları için optimum ateşleme pozisyonu, açılı bir kafa gerektirir ve bu da her iki kulağa ulaşan ses basıncında farklılığa yol açar. Bu nedenle, sağ elini kullanan atıcılar, başın gölgesi etkisi nedeniyle yaklaşık 40 dB'lik bir farkla, kapıya uzak olan kulaklarına kıyasla sol kulaklarında önemli ölçüde daha fazla gürültüye maruz kalırlar (82). K-2 tüfeğini ateşleyen Güney Koreli askeri personelde GBİK'i değerlendiren bir çalışmada, sağ elini kullanan kişilere kulak tıkacını sol kulaklarına takmaları

talimatı verilirken, sol elini kullanan kişilere kulak tıkacını sağ kulaklarına takmaları talimatı verildi. İşitme kaybının basın gölge etkisiyle önlendiğini gösterdiler (80).

Gürültüye bağlı işitme kaybı (GBİK) ve akustik travma, özellikle MR teknisyenleri gibi MR cihazlarının çalışması sırasında yüksek gürültü seviyelerine maruz kalan sağlık çalışanları için önemli mesleki sağlık riskleri oluşturmaktadır. Küresel nüfusun yaklaşık %12'sinin gürültüye bağlı işitme kaybı riski taşıdığı tahmin edilmekte olup, Amerika Birleşik Devletleri'ndeki gürültüye maruz kalan çalışanların yaklaşık %23'ünde işitme kaybı görülmektedir (83). Bu grup içinde yer alan MR teknisyenleri, görüntüleme sırasında ortaya çıkan sürekli yüksek ses düzeyleri nedeniyle GBİK açısından özellikle savunmasızdır ve bu durum koruyucu önlemlerin gerekliliğini vurgulamaktadır. Biz de yapmış olduğumuz çalışmada saf ses odyometri sonuçlarında kapıya yakın olan kulak ve kapıya uzak olan kulakta 500, 1000 Hz'de, yüksek frekans odyometri sonuçlarında kapıya yakın olan kulakta 10000, 14000, 16000, 18000 Hz'de kapıya uzak olan kulakta ise 18000 Hz'de kontrol grubuna göre anlamlı bir korelasyon gözlemledik. İlk sonuçlar elde edildikten sonra çalışma grubu içerisinde kapıya yakın olan kulak ve kapıya uzak olan kulak olarak kendi aralarında değerlendirdik. Yapmış olduğumuz değerlendirme sonucunda saf ses odyometride 4000, 6000, 8000 Hz'de, yüksek frekans odyometride ise 16000 Hz'de kulaklar arası anlamlı sonuçlar gözlemledik. Gözlemlediğimiz bu asimetrik farklılığının MRG cihazının giriş çıkış kapısının yönlerinden kaynakladığını düşündük. İzole edilen MRG cihaz odası ve tekniker odası olmak üzere iki bölümden oluşmaktadır. MRG cihazının gürültüsü her ne kadar izole edilmeye çalışılsa da ses basıncı izolasyonun en zayıf olduğu yerden yani giriş çıkış kapısı tarafından tekniker odasına yayılmaktadır. Teknikerlerin oturma pozisyonu düşünüldüğünde MRG giriş-çıkış tarafındaki kulak basın gölge etkisi nedeniyle daha yüksek sese maruz kalmaktadır. Kulaklar arasındaki asimetri bu şekilde açıklanabilir. Yapılan ortam gürültüsü ölçümünde radyoloji teknikerlerinin bulunduğu odada ortalama eş basınç seviyesi 71,1 olarak kaydedilmiştir. Bu ölçüm sonuçları iş sağlığı ve güvenliği kapsamında tehlike oluşturmamaktadır. Ancak anlık en yüksek ses ölçümlerine bakacak olursak bu değer 105,1 dB olarak kaydedilmiştir. Eş zamanlı her iki kulak önünde yapılan ölçümlerde yüksek frekanslardaki en yüksek anlık değerlerin giriş-çıkış kapısına yakın olan kulakta 26.1 dB'e kadar farklılık gözlemledik. Bu farklılık asimetrik eşik kaymasının nedeni olarak düşünülebilir.

Esmaeili ve ark. işitme kaybının yaş ve çalışma süresindeki artışla birlikte belirgin şekilde arttığını ortaya koymuştur. En yüksek işitme kayıpları, 30 yıl ve üzeri iş deneyimine

sahip bireylerde gözlenmiştir. Bu durumun olası nedenleri arasında yaşa bağlı fizyolojik değişiklikler ve presbiakuzi gibi yaşlanmaya bağlı işitme sorunları yer almaktadır(84). Başka bir çalışmada Majumdar ve ark., daha uzun çalışma süresinin (> 10 yıl) özellikle yüksek frekanslarda (3000 ve 4000 Hz) düşük frekanslara göre daha yüksek işitme kaybıyla bağlantılı olduğunu doğrulamıştır (85). Biz de yapmış olduğumuz çalışmada çalışma süresi ile asimetrik işitme eşiklerini değerlendirdik. Yapmış olduğumuz değerlendirme sonucunda 4000, 6000, 10000, 12500 Hz ve 1000,12500, 14000, 16000 Hz ortalama sonuçlarında çalışma süreleri ile anlamlı bir farklılık olduğunu bulduk.

GBİK için risk faktörleri yalnızca doğrudan gürültü maruziyetini değil, aynı zamanda uzun süreli maruziyeti ve yetersiz işitme korumasını da kapsamaktadır. Sistemik derlemeler, çok bileşenli müdahale stratejilerinin bu riskleri azaltmadaki etkinliğini göstermektedir (4, 86). Etkili gürültü azaltma yöntemleri arasında periyodik gürültü izleme, mühendislik kontrolleri ve kişisel işitme koruma önlemleri yer almaktadır. Ayrıca, düzenli odyometrik değerlendirmeler, işitme sağlığı izlemesinin kritik bir bileşenini oluşturmakta ve işitme kaybının başlangıcını gösterebilecek işitme eşiği değişikliklerinin erken saptanmasını sağlamaktadır (87).

Mehrotra ve ark. tarafından yapılan çalışmada Hindistan'ın Lucknow şehrindeki gönüllü kamyon şoförlerinin işitmeleri değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonucunda özellikle 4000, 8000 Hz'de sağ kulakta daha yüksek eşikler tespit etmişlerdir (88). Hindistanda yapılan bu çalışmada kamyonların direksiyonları sağ taraftadır ve şoförün kullandığı camda sağ tarafta kalmaktadır. Yapılan çalışmadaki asimetrik işitme kaybı başın gölge etkisinden kaynaklanabilir. Ancak bu çalışmada başın gölge etkisinden bahsedilmemiştir. Yapılan bu çalışmanın eksikliği olarak düşünülebilir. Biz de yapmış olduğumuz çalışmada yüksek frekanslarda kapıya yakın kulakta MR çıkış kapısına göre anlamlı sonuçlar elde ettik ve bu yüksek frekanslardaki eşik yükselmelerinin başın gölge etkisinden kaynaklanma sebebinin desteklemektedir. Yine biz çalışmamızda yüksek frekans odyometri kullandık buda bizim çalışmamızın üstünlüğü olarak düşünülebilir.

Özellikle yüksek gürültü ortamlarda çalışanlar için, işitme kaybının erken saptanması önemlidir. Kohort çalışmaları, odyometrik değerlendirmelerin zaman içindeki işitme değişikliklerini etkili bir şekilde izlediğini ve uzun vadeli işitme hasarını en aza indirecek yönetim stratejilerinin zamanında uygulanmasını mümkün kıldığını göstermiştir (89). MR teknisyenleri için işitme testlerinin rutin olarak entegre edilmesi, sadece bireysel işitme

düzeylerinin değerlendirilmesi için değil, aynı zamanda işitme kaybını önlemeye yönelik standart protokollerin uygulanması açısından da kritik öneme sahiptir.

İşitme korumasının önemini vurgulayan eğitim programları, aşırı gürültüyü azaltmak amacıyla çalışma ortamında yapılacak düzenlemelerle birlikte, bir güvenlik kültürünün oluşturulmasına katkı sağlayabilir. Gürültü maruziyetinin riskleri ve işitme koruma cihazlarının doğru kullanımı konusunda çalışanları bilgilendiren kapsamlı eğitim girişimleri, bu iş gücünde GBİK insidansını önemli ölçüde azaltmaktadır (90). Bu müdahalelerin uygulanması, çalışanların uyumunu teşvik ederken işitme sağlığını ön planda tutan bir çalışma ortamının gelişmesine katkıda bulunabilir.

Özetle, MR teknisyenlerinde gürültüye bağlı işitme kaybıyla ilgili mesleki tehlikelerin etkili bir şekilde ele alınması; prevalansın anlaşılmasına, risk faktörlerinin tanımlanmasına, erken tanının kolaylaştırılmasına ve güçlü önleme stratejilerinin uygulanmasına odaklanan çok yönlü bir yaklaşımı gerektirebilir. Düzenleyici çerçeveleri ve işyeri eğitimlerini de içeren kapsamlı müdahaleler, yüksek gürültülü ortamlarda çalışanların işitme sağlığını korumak için önemli olabilir.

Literatür, GBİK'yi önlemede çift katmanlı korumanın (kulak tıkaçları + kulak üstü kulaklık) tekli korumaya göre 10–15 dB ek gürültü azaltımı sağladığını ve böylece etkin dozun logaritmik olarak düşürüldüğünü vurgulamaktadır (90). Sistematik derlemeler, bu çok bileşenli stratejilerin birlikte uygulanmasının, tek başına kişisel koruyucu ekipman kullanımına göre daha etkili olduğunu ortaya koymuştur (4, 86).

Erken tanı ve izlem açısından, düzenli odyometrik testler, distortion product otoakustik emisyonlar ve işitsel beyin sapı yanıtlarının birlikte kullanılması önerilmektedir. Vu ve ark. tarafından yapılan prospektif çalışmada, OAE'deki 4 kHz civarındaki amplitüd kaybının, klinik eşik artışından önce ortaya çıktığı ve bu nedenle hassas bir erken gösterge sunduğu bildirilmiştir (87). Benzer şekilde Almaayeh ve ark., yıllık ABR incelemelerinin, özellikle yüksek alanlı cihazlarda çalışan teknisyenlerde subklinik sinirsel değişiklikleri yakalayabildiğini göstermiştir (83). Bu veriler, çalışmamızda kullandığımız kombine test panelinin klinik geçerliliğini desteklemektedir.

Sonuç olarak, MR teknolojisindeki alan gücü artışı ve hızlı görüntüleme sekansları, teknisyenleri 120 dB'nin üzerindeki tehlikeli gürültü düzeylerine maruz bırakmaktadır. IEC

standartlarının sık sık aşıldığı bu ortamlarda, çift katmanlı işitme koruması, mühendislik kontrolleri ve maruz kalma süresinin sınırlandırılması gibi önleyici yaklaşımlar zorunludur. Ayrıca düzenli odyolojik izlem, işitme eşiğindeki minimal değişiklikleri yakalayarak geri dönüşümsüz hasar oluşmadan müdahale şansı sunar. Çalışmamız, bu bütüncül stratejilerin MR teknisyenlerinin işitme sağlığını korumada kritik olduğunu bir kez daha ortaya koymakta ve kurumsal düzeyde kapsamlı işitme koruma programlarının yaygınlaştırılması gerektiğini vurgulamaktadır.

Sağlık çalışanlarında gürültüye bağlı işitme kaybı (GBİK), işitme açısından zorlu çalışma ortamları ve aşırı ses düzeylerine maruz kalma nedeniyle sağlık kuruluşlarında önemli bir sorun hâline gelmiştir. Özellikle acil servisler ve ameliyathaneler gibi bölümlerde görev yapan sağlık profesyonelleri, zamanla işitme bozulmasına yol açabilecek yüksek gürültü seviyelerine maruz kalmaktadır. Bu durumun yaygınlığını, risk faktörlerini, erken tanı yöntemlerini ve koruyucu önlemleri anlamak, sağlık çalışanlarının işitme sağlığını korumak açısından kritik öneme sahiptir.

Çalışmalar, sağlık çalışanlarının güvenli sınırları sıklıkla aşan gürültü seviyelerine maruz kaldığını ve bunun işitsel hasar riskini artırdığını göstermektedir. Örneğin MR tarayıcıları gibi tıbbi cihazların kullanıldığı hastane ortamlarında gürültü düzeyinin sürekli olarak 85 dB(A) eşiğinin üzerinde seyrettiği, bu eşiğin uzun süreli maruziyetlerde işitme kaybına yol açtığı bilinmektedir (91). Bu yüksek maruziyet, alarmlar, ekipman çalışması ve konuşmalar gibi çeşitli gürültü kaynaklarının günlük işitsel yükü kümülatif olarak artırması nedeniyle sağlık çalışanlarında GBİK riskini belirgin ölçüde yükseltir (91, 92).

Sağlık çalışanlarında GBİK için risk faktörleri çok yönlüdür; gürültüye maruz kalma süresi, ses şiddeti ve önceki tıbbi öykü ya da kişisel yaşam tarzı gibi bireysel duyarlılık etkenlerini içerir (92). Sekiz saatten uzun vardiyalar, özellikle uygun koruyucu önlemler alınmadan yüksek gürültülü alanlarda çalışanlarda riski artırmaktadır. Kanıtlar, sağlık profesyonellerinin işitme eşiklerinin zaman içinde olumsuz yönde kaydığını ve bu değişimin çalışma ortamına bağlı ilerleyici işitme kaybına işaret ettiğini ortaya koymaktadır (93).

GBİK riskini azaltmak için kapsamlı işitme koruma programlarının uygulanması esastır. Bu programlar; gürültülü alanların ses yalıtımı gibi mühendislik kontrollerini, daha sessiz çalışma aralıklarının planlanmasını ve aşırı gürültüye maruziyeti sınırlamaya yönelik idari

prosedürleri içerebilir. Kişisel koruyucu ekipman olarak özellikle işitme koruyucu cihazların kullanımı sağlık çalışanları arasında teşvik edilmelidir (91). Yüksek gürültülü ortamlarda kulak tıkacı veya kulaklık kullanımının önemini vurgulayan personel eğitimleri, işitme koruma çabalarını önemli ölçüde güçlendirir. İşitme güvenliğinin önemini öne çıkaran farkındalık kampanyaları, işyerinde gürültü azaltma stratejilerine uyumu artırarak çalışma kültürünü dönüştürebilir (94).

Ayrıca sağlık kurumları, gürültü maruziyeti ile ilişkili riskler ve işitme koruyucuların uygun kullanımı konusunda düzenli eğitim oturumları yürütmelidir. Bu eğitim ve öğretim stratejilerinin etkili bir şekilde uygulanması için multidisipliner bir yaklaşım şarttır; bu sayede yalnızca GBİK riski azaltılmaz, aynı zamanda genel işitme sağlığı da desteklenmiş olur (93, 95). Söz konusu eğitim programlarının düzenli iş sağlığı ve güvenliği eğitimleriyle bütünleştirilmesi, sağlık çalışanlarının işitme koruması için gerekli bilgi ve becerilerle donatılmasını sağlar.

Sonuç olarak, sağlık profesyonellerinde gürültüye bağlı işitme kaybı ile mücadele, risklerin kapsamlı şekilde anlaşılmasını, işitme sağlığının sürekli izlenmesini ve etkili koruyucu tedbirlerin hayata geçirilmesini gerektirir. Proaktif tarama, eğitim ve güçlendirilmiş koruyucu uygulamaların birleşimi sayesinde sağlık kurumları, yüksek gürültü maruziyeti ile ilişkili riskleri önemli ölçüde azaltabilir ve tüm sağlık çalışanları için daha sağlıklı bir işitme ortamı oluşturabilir. Sağlık sektörünün gelişmeye devam ettiği günümüzde, işitme sağlığını korumaya odaklanan ortak çabalar, sağlık profesyonellerinin esenliğinin sürdürülmesinde kilit rol oynayacaktır.

Geçici eşik kayması, gürültüye bağlı işitme kaybı ile ilişkili bir olgu olup, yoğun ses seviyelerine maruz kalmayı takiben işitme eşiklerinde geçici bir artışla karakterizedir. Bu durum, işitme hassasiyetinde geçici bir azalma olarak ortaya çıkar ve maruziyetten kısa bir süre sonra fark edilir; ancak genellikle geri dönüşümlüdür ve dinlenme veya azaltılmış gürültü maruziyeti sonrasında eşikler başlangıç seviyesine geri döner. GEK'in geri dönüşümlülüğünün ve hangi koşullarda ortaya çıktığının anlaşılması, özellikle gürültüye maruz kalmanın risk faktörü olduğu ortamlarda, işitme sağlığının korunması için kritik öneme sahiptir.

GEK, 90 ila 125 dB SPL gibi orta düzeydeki gürültü seviyelerine maruz kalma sonucunda meydana gelebilir ve bu eşik kaymasının derecesi, bireyler arasında ve gürültü

maruziyetinin şiddeti ve süresine bağlı olarak değişir (96). Örneğin, bu aralıktaki seslere maruziyetin, gürültü sona erdikten sonraki saatler ile günler içinde ortadan kalkabilen belirgin eşik kaymalarına yol açabileceği gösterilmiştir (97). Bu olgu, kokleadaki dış tüy hücrelerinin yapısal olarak sağlam kalabileceğini, ancak maruz kalınan yoğun işitsel uyarılar nedeniyle işlevlerinin geçici olarak bozulduğunu düşündürmektedir (98). GEK'den iyileşmeyi etkileyen faktörler arasında, gürültüye maruz kalma süresi, bireyin başlangıçtaki işitme hassasiyeti ve normal koklear fonksiyonun yeniden sağlanması yer almaktadır (98).

Kanıtlar, GEK'in genellikle geri dönüşümlü olduğunu, özellikle kısa süreli gürültü maruziyetlerinde bunun geçerli olduğunu desteklemektedir. Ancak, yeterli iyileşme süresi olmadan uzun süreli maruziyet, kalıcı eşik kaymalarına (KEK) ve geri dönüşsüz işitsel hasara yol açabilir (97, 99). Bu nedenle, işitme sağlığını korumak için kritik stratejiler arasında, uzun süreli veya tekrarlayan gürültü maruziyetini en aza indirmek ve işitsel sistem için yeterli toparlanma süresi sağlamak yer alır. Örneğin, işitme koruyucu cihazların kullanımı ve gürültülü ortamlarda planlı molalar, GEK'den toparlanmayı destekleyerek uzun vadeli işitme sağlığını korur (100, 101).

Özellikle yüksek sesli makinelerin veya konser gibi etkinliklerin yer aldığı iş ortamlarında, bireyler GEK yaşayabilir. Çalışmalar, aşırı gürültüye maruz kaldıktan sonra eşiklerin genellikle saatler veya günler içinde başlangıç seviyesine geri döndüğünü, özellikle iyi işitme sağlığına sahip olanlar ve etkili işitme koruma önlemleri alanlar arasında bu durumun daha sık görüldüğünü göstermektedir (99, 101).

GEK'den toparlanma, kokleanın işitsel girdideki geçici değişimlere uyum sağlama yeteneğini öne çıkarır. Bununla birlikte, GEK'in tekrarlayan yaşantıları, kalıcı eşik kayması olmasa bile, iç tüy hücreleri ile işitsel sinir lifleri arasındaki sinaptik bağlantıların zarar gördüğü koklear sinaptopatiye yol açabilir (102). GEK kendisi geri dönüşümlü olsa da, tekrar tekrar yaşanması, işitsel işlev üzerinde uzun vadeli önemli etkiler yaratabilir ve gürültüye bağlı işitsel hasarın klinik tablosunu karmaşıklştırabilir (102, 103).

Başka bir önemli husus, GEK ile kokleadaki oksidatif stres arasındaki ilişkidir. Bu durum, antioksidan tedavilerin gürültü maruziyetinin etkilerini hafifletebileceğini öne sürmektedir. Bazı çalışmalar, N-asetilsistein gibi bileşiklerin gürültüye bağlı oksidatif hasara karşı koruma sağlayabileceğini ve GEK'den toparlanmayı hızlandırabileceğini göstermiştir (29,

104). Ancak, bu tür tedavilerin GEK ve KEK’i çeşitli gürültü maruziyeti olan popülasyonlarda önlemedeki etkinliğini değerlendirmek için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır.

Sonuç olarak, GEK, gürültü maruziyeti ve işitme sağlığı arasındaki karmaşık ilişkiyi yansıtan geçici ancak önemli bir işitsel fenomendir. Özellikle kısa süreli gürültü maruziyeti sonrasında ve uygun önlemler alındığında, genellikle geri dönüşümlüdür. Buna rağmen, tekrarlayan veya uzun süreli yüksek gürültü maruziyeti, geri dönüşsüz hasara yol açabileceğinden, işitme sağlığının kritik olduğu ortamlarda etkili gürültü yönetimi stratejilerinin uygulanması zorunludur.

Gürültüye bağlı işitme kaybı (GBİK), tipik olarak her iki kulakta simetrik olarak görülsede, belirli koşullarda tek kulakta veya asimetrik olarak da ortaya çıkabilir. Bu durum, özellikle gürültü kaynağına daha yakın olan kulağın daha fazla maruz kalması nedeniyle meydana gelebilir.

Örneğin, el aletlerini genellikle tek elle kullanan işçilerde veya ateşli silah kullanan askerlerde, gürültüye maruz kalan kulakta daha belirgin işitme kaybı gözlemlenmiştir. Bu asimetri, gürültü kaynağının vücutta olan konumu ve kişinin baskın el kullanımına bağlı olarak değişebilir. Özellikle sağ elini kullanan bireylerde, silah sesi gibi ani ve yüksek seslerin sol kulağa daha fazla etki ettiği bildirilmiştir.

Bu nedenle, işitme kaybının değerlendirilmesinde sadece toplam maruziyet süresi ve şiddeti değil, aynı zamanda gürültü kaynağının konumu ve bireyin çalışma alışkanlıkları da dikkate alınmalıdır. Bu faktörler, işitme kaybının tek taraflı veya asimetrik olmasına katkıda bulunabilir.

Sonuç olarak, GBİK genellikle her iki kulağı etkilerken, belirli mesleki durumlarda tek kulakta veya asimetrik işitme kaybı da mümkündür. Bu durum, gürültü kaynağının konumu, bireyin çalışma alışkanlıkları ve maruziyet süresi gibi faktörlerle ilişkilidir.

Gürültüye bağlı işitme kaybı (GBİK) klasik olarak her iki kulakta simetrik, 3–6 kHz’te çentiğe yol açan bir klinik tablo olarak tanımlansa da, literatür tek-taraflı veya belirgin asimetrik olguların sanılandan daha sık görüldüğünü ortaya koymaktadır. Özellikle gürültü kaynağının yönlü olduğu durumlarda baş gölge etkisi nedeniyle kaynağa bakan kulak doğrudan, karşı kulak ise kısmen gölgelenmiş biçimde sese maruz kalır. Bu farklı maruziyet, kokleada toplanan

akustik enerjinin kulaklar arasında dB'ler düzeyinde değişmesine ve zamanla kalıcı eşik bir kulakta diğerinden daha yüksek olmasına zemin hazırlar. Ateşli silah kullanan sağ-el baskın atıcılarda kapiya yakın olan kulakta 10 dB'e varan daha kötü eşiklerin rapor edilmesi, yönlü gürültü maruziyetinin tipik bir örneğidir. Benzer şekilde dizel motor operatörleri, perçin makinesi veya hava çekiç operatörleri gibi tek yöne konumlanan endüstriyel çalışanlarda da motor veya makineye yakın kulakta belirgin yüksek frekans çentiklerinin geliştiği bildirilmiştir. Endüstriyel kohortlarda kulaklar arasında $\geq 10-15$ dB'lik farkla tanımlanan "anlamli asimetri" prevalansı %2 ile %23 arasında değişmektedir ve bu oran, işyerindeki gürültü haritasındaki yönlü farklılıklarla güçlü korelasyon göstermektedir.

Bu bulgular, GBİK tanısında yalnızca toplam maruziyet süresi ve şiddetinin değil, çalışanların pozisyonel alışkanlıkları ile gürültü kaynağının konumunun da ayrıntılı olarak sorgulanması gerektiğini vurgular. Klinik açıdan ≥ 15 dB'lik asimetri genellikle retro-koklear patoloji şüphesi doğarsada, belirgin tek yönlü gürültü öyküsü varlığında bu fark mesleki GBİK ile uyumlu kabul edilebilir. Hukuki boyutta ise asimetrik kayıpların işyeri kaynaklı olduğunun kanıtlanması, gürültü haritalama çalışmalarına ve kişisel dozimetre verilerine dayandırılmalıdır. Koruyucu stratejiler arasında çift katmanlı işitme koruması (kulak tıkaçları + kulak üstü kulaklık), makine-operatör arası ses bariyerleri, çalışan rotasyonu ve kaynak yönünün değiştirilmesi öne çıkmaktadır. Asimetrik eşik kayması gelişen çalışanlarda, maruziyet paternini değiştirmeye yönelik kişiselleştirilmiş iş yeri düzenlemeleri kalıcı işitme kaybının ilerlemesini engellemede kritik rol oynayabilir.

Bu çalışmanın temel sınırlılıklarından biri, katılımcıların geçmişteki ve mevcut çevresel gürültü maruziyet düzeylerinin tam olarak belirlenememesidir. Katılımcıların işitme sağlığını etkileyebilecek diğer mesleki veya çevresel gürültü kaynaklarına maruz kalıp kalmadıkları hakkında kesin ve detaylı bilgiye ulaşmak mümkün olmamıştır. Dolayısıyla, işitme eşiklerinde gözlenen değişikliklerin yalnızca MR cihazına bağlı gürültüden kaynaklandığını kesin olarak söylemek güçtür. Bu durum, elde edilen bulguların yorumlanmasında dikkatli olunmasını gerektirmektedir. Ayrıca, örneklem sayısının görece düşük olması, elde edilen sonuçların genellenebilirliğini sınırlandırabilir.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Çalışmamızın sonuçlarına bakıldığında;

1. TEAOE sonuçları incelendiğinde; 1 kHz, 1,4 kHz, 2 kHz, 2,8Hz, 4 kHz frekansları ve toplam yanıtta her iki kulakta çalışma grubu-kontrol grubu karşılaştırıldığında anlamlı bir farklılık bulunamamıştır. Çalışma grubunda kapıya yakın olan kulak ve kapıya uzak olan kulak ölçümleri arasında da anlamlı fark bulunamamıştır ($p>0,05$).

2. DPOAE sonuçları incelendiğinde; 1 kHz, 1,4 kHz, 2 kHz 2,8 kHz, 4kHz, 6 kHz ve 8 kHz frekanslarında her iki kulakta da çalışma grubu-kontrol grubu karşılaştırıldığında anlamlı bir farklılık bulunamamıştır. Çalışma grubunda kapıya yakın olan kulak ve kapıya uzak olan kulak ölçümleri arasında da anlamlı fark bulunamamıştır ($p>0,05$).

3. Saf ses odyometri ve yüksek frekans odyometri sonuçlarında hem düşük frekanslarda (500 ve 1000 Hz) hem de yüksek frekanslarda (kapıya yakın olan kulak 10.000, 12.500, 14.000, 16.000, 18.000 Hz kapıya uzak olan kulakta 16.000 Hz) anlamlı eşik artışları saptanmıştır. Bu durum, yüksek frekanstaki işitmenin daha erken etkilenebileceğini işaret etmektedir.

4. Ayrıca, kulaklar arasında gözlenen asimetric eşik farklılıklarının, MRG odasındaki giriş-çıkış kapısının konumuna ve başın gölgeleme etkisine bağlı olarak ortaya çıkabileceği değerlendirilmiştir.

5. Ortam gürültüsü ölçümleri yasal sınırlar içinde olsa da, en yüksek anlık değerlerin işitme sağlığı açısından dikkate alınması gerektiği vurgulanmalıdır.

6. Gürültüye bağlı işitme kaybıyla ilgili mesleki tehlikelerin etkili bir şekilde ele alınması, erken tanının kolaylaştırılmasına ve güçlü önleme stratejilerinin uygulanmasına odaklanan çok yönlü bir yaklaşımı gerektirebilir.

KAYNAKLAR

1. Nelson DI, Nelson RY, Concha-Barrientos M, Fingerhut M. The global burden of occupational noise-induced hearing loss. *American journal of industrial medicine*. 2005;48(6):446-58.
2. Śliwińska-Kowalska M, Zaborowski K. WHO environmental noise guidelines for the European region: a systematic review on environmental noise and permanent hearing loss and tinnitus. *International journal of environmental research and public health*. 2017;14(10):1139.
3. Vos T, Flaxman AD, Naghavi M, Lozano R, Michaud C, Ezzati M, et al. Years lived with disability (YLDs) for 1160 sequelae of 289 diseases and injuries 1990–2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. *The lancet*. 2012;380(9859):2163-96.
4. Hong O, Kerr MJ, Poling GL, Dhar S. Understanding and preventing noise-induced hearing loss. *Disease-a-month*. 2013;59(4):110-8.
5. Basner M, Babisch W, Davis A, Brink M, Clark C, Janssen S, et al. Auditory and non-auditory effects of noise on health. *The lancet*. 2014;383(9925):1325-32.
6. Masterson EA. Hearing impairment among noise-exposed workers—United States, 2003–2012. *MMWR Morbidity and mortality weekly report*. 2016;65.
7. Lin FR. Hearing loss in older adults: who's listening? *JAMA*. 2012;307(11):1147-8.
8. Turay CB, Ozer F, Yildirim T, Erbek S. Evaluation of the possible effect of magnetic resonance imaging noise on peripheral hearing organ with the otoacoustic emission. *American Journal of Otolaryngology*. 2020;41(6):102586.
9. Wagner W, Staud I, Frank G, Dammann F, Plontke S, Plinkert PK. Noise in magnetic resonance imaging: no risk for sensorineural function but increased amplitude variability of otoacoustic emissions. *The Laryngoscope*. 2003;113(7):1216-23.
10. Bilgili S, Gürtepe E, Türkel E, Altınoluk H, Hüsmen N, Bütün A, et al. Çevresel gürültü ölçüm ve değerlendirme kılavuzu. Çevre ve Orman Bakanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, Hava Yönetimi Dairesi Başkanlığı, Ankara. 2011.
11. Toprak R, Aktürk N. Gürültünün insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*. 2004;61(1):49-58.
12. Adam D, Małgorzata P-Ł, Kamil Z, Henrik PN, Anna W, Lars B, et al. The adaptation of noise-induced temporary hearing threshold shift predictive models for modelling the public health policy. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*. 2023;36(1):125.
13. Mao H, Chen Y. Noise-induced hearing loss: updates on molecular targets and potential interventions. *Neural Plasticity*. 2021;2021(1):4784385.

14. Belgin E, Şahlı A. Temel odyoloji. Baskı Ankara, Güneş Tıp Yayınevi. 2015;27:34.
15. Kirchner D. ACOEM guidance statement: occupational noise-induced hearing loss. JOEM. 2012;54:106.
16. Ryan AF, Kujawa SG, Hammill T, Le Prell C, Kil J. Temporary and permanent noise-induced threshold shifts: a review of basic and clinical observations. *Otology & Neurotology*. 2016;37(8):e271-e5.
17. Campbell K, Hammill T, Hoffer M, Kil J, Le Prell C. Guidelines for auditory threshold measurement for significant threshold shift. *Otology & Neurotology*. 2016;37(8):e263-e70.
18. Shi L, Liu K, Wang H, Zhang Y, Hong Z, Wang M, et al. Noise induced reversible changes of cochlear ribbon synapses contribute to temporary hearing loss in mice. *Acta otolaryngologica*. 2015;135(11):1093-102.
19. Ding T, Yan A, Liu K. What is noise-induced hearing loss? *British Journal of Hospital Medicine*. 2019;80(9):525-9.
20. Masterson EA, Sweeney MH, Deddens JA, Themann CL, Wall DK. Prevalence of workers with shifts in hearing by industry: a comparison of OSHA and NIOSH Hearing Shift Criteria. *Journal of occupational and environmental medicine*. 2014;56(4):446-55.
21. Williams EC, Ma Y, Loo DM, Schaefer Solle N, Millet B, Harris K, et al. Monitoring occupational noise exposure in firefighters using the apple watch. *International journal of environmental research and public health*. 2023;20(3):2315.
22. Medina-Garin DR, Dia A, Bedubourg G, Deparis X, Berger F, Michel R. Acute acoustic trauma in the French armed forces during 2007–2014. *Noise and health*. 2016;18(85):297-302.
23. Kujawa SG, Liberman MC. Synaptopathy in the noise-exposed and aging cochlea: Primary neural degeneration in acquired sensorineural hearing loss. *Hearing research*. 2015;330:191-9.
24. Van Eynde C, Denys S, Desloovere C, Wouters J, Verhaert N. Speech-in-noise testing as a marker for noise-induced hearing loss and tinnitus. *B-ent*. 2016;12(26/1):185-91.
25. Yamaguchi T, Yoneyama M, Ogita K. Calpain inhibitor alleviates permanent hearing loss induced by intense noise by preventing disruption of gap junction-mediated intercellular communication in the cochlear spiral ligament. *European Journal of Pharmacology*. 2017;803:187-94.
26. Fujioka M, Okano H, Ogawa K. Inflammatory and immune responses in the cochlea: potential therapeutic targets for sensorineural hearing loss. *Frontiers in pharmacology*. 2014;5:287.
27. Wood MB, Zuo J. The Contribution of Immune Infiltrates to Ototoxicity and Cochlear Hair Cell Loss. *Frontiers in cellular neuroscience*. 2017;11:106.

28. Ding T, Yan A, Liu K. What is noise-induced hearing loss? *British journal of hospital medicine* (London, England : 2005). 2019;80(9):525-9.
29. Honkura Y, Matsuo H, Murakami S, Sakiyama M, Mizutari K, Shiotani A, et al. NRF2 is a key target for prevention of noise-induced hearing loss by reducing oxidative damage of cochlea. *Scientific reports*. 2016;6(1):19329.
30. Guo H, Ding E, Sheng R, Cheng J, Cai W, Guo J, et al. Genetic variation in KCNQ4 gene is associated with susceptibility to noise-induced hearing loss in a Chinese population. *Environmental toxicology and pharmacology*. 2018;63:55-9.
31. Vetter DE. Cellular signaling protective against noise-induced hearing loss—A role for novel intrinsic cochlear signaling involving corticotropin-releasing factor? *Biochemical pharmacology*. 2015;97(1):1-15.
32. Festen J, Plomp R. Speech-reception threshold in noise with one and two hearing aids. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 1986;79(2):465-71.
33. Gelfand SA. *Hearing: An introduction to psychological and physiological acoustics*: CRC Press; 2017.
34. Van Wanrooij MM, Van Opstal AJ. Contribution of head shadow and pinna cues to chronic monaural sound localization. *Journal of Neuroscience*. 2004;24(17):4163-71.
35. Tyler RS, Dunn CC, Witt SA, Preece JP. Update on bilateral cochlear implantation. *Current opinion in otolaryngology & head and neck surgery*. 2003;11(5):388-93.
36. Turay CB. Manyetik rezonans görüntüleme yapılan hastalarda gürültünün periferik işitme organına olası etkisinin otoakustik emisyon cihazı ile değerlendirilmesi: Sağlık Bilimleri Enstitüsü; 2020.
37. Katz J, Chasin M, English KM, Hood LJ, Tillery KL. *Handbook of clinical audiology*: Wolters Kluwer Health Philadelphia, PA; 2015.
38. Billings CJ, Olsen TM, Charney L, Madsen BM, Holmes CE. Speech-in-Noise Testing: An Introduction for Audiologists. *Seminars in hearing*. 2024;45(1):55-82.
39. Naqvi Y, Sutton AE. Speech Audiometry. StatPearls. Treasure Island (FL) ineligible companies. Disclosure: Andrew Sutton declares no relevant financial relationships with ineligible companies.: StatPearls Publishing
- Copyright © 2025, StatPearls Publishing LLC.; 2025.
40. Škerková M, Kovalová M, Rychlý T, Tomášková H, Šlachťová H, Čada Z, et al. Extended high-frequency audiometry: hearing thresholds in adults. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*. 2023;280(2):565-72.

41. Škerková M, Kovalová M, Mrázková E. High-frequency audiometry for early detection of hearing loss: a narrative review. *International journal of environmental research and public health*. 2021;18(9):4702.
42. Luengrungrus K, Thanawirattananit P, Teeramatwanich W. Normative Data of Extended High Frequency Audiometry in Normal Hearing Subjects with Different Aged Groups. *Audiology Research*. 2024;14(6):1084-92.
43. Pinar M, Şan İ. Odyoloji biliminde otoakustik emisyonlar ve klinik kullanımı. *KTO Karatay Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*. 2021;2(1):37-46.
44. Fitzgerald T, Prieve B. Otoacoustic emissions. *Handbook of clinical audiology*. 2002;5:440-67.
45. Kemp DT. Understanding and using otoacoustic emissions: *Otodynamics*; 1997.
46. Takeda TB, Gil D. Transient otoacoustic emissions with tone pip in individuals with sensorineural hearing loss. *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology*. 2011;77:616-21.
47. Sliwinska-Kowalska M, Kotylo P. Otoacoustic emissions in industrial hearing loss assessment. *Noise and Health*. 2001;3(12):75-84.
48. Probst R, Coats A, Martin G, Lonsbury-Martin B. Spontaneous, click-, and toneburst-evoked otoacoustic emissions from normal ears. *Hearing research*. 1986;21(3):261-75.
49. Kemp DT. Stimulated acoustic emissions from within the human auditory system. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 1978;64(5):1386-91.
50. Silva GC, Delecrode CR, Kemp AT, Martins F, Cardoso ACV. Transient evoked and distortion product otoacoustic emissions in a group of neonates. *International Archives of Otorhinolaryngology*. 2015;19(03):255-8.
51. Whitehead M, Lonsbury-Martin B, Martin G. Evidence for two discrete sources of 2 f₁ - f₂ distortion-product otoacoustic emission in rabbit: I. Differential dependence on stimulus parameters. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 1992;91(3):1587-607.
52. Schairer KS, Fitzpatrick D, Keefe DH. Input-output functions for stimulus-frequency otoacoustic emissions in normal-hearing adult ears. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2003;114(2):944-66.
53. Kamışlı GİŞ, Çabuk GB, Aksoy S. Adaptation and Validation of the Turkish Version of the International Tinnitus Inventory. *Turkish Archives of Otorhinolaryngology*. 2023;61(3):109.
54. Mazurek B, Hesse G, Dobel C, Kratzsch V, Lahmann C, Sattel H. Chronic tinnitus: diagnosis and treatment. *Deutsches Ärzteblatt International*. 2022;119(13):219.
55. Aksoy S, Firat Y, Alpar R. The Tinnitus Handicap Inventory: a study of validity and reliability. *International tinnitus journal*. 2007;13(2):94.

56. Shargorodsky J, Curhan GC, Farwell WR. Prevalence and characteristics of tinnitus among US adults. *The American journal of medicine*. 2010;123(8):711-8.
57. Yankaskas K. Prelude: noise-induced tinnitus and hearing loss in the military. *Hearing research*. 2013;295:3-8.
58. Nageris BI, Attias J, Raveh E. Test-retest tinnitus characteristics in patients with noise-induced hearing loss. *American Journal of Otolaryngology*. 2010;31(3):181-4.
59. Flores LS, Teixeira AR, Rosito LPS, Seimetz BM, Dall'Igna C. Pitch and loudness from tinnitus in individuals with noise-induced hearing loss. *International Archives of Otorhinolaryngology*. 2016;20(03):248-53.
60. Mazurek B, Olze H, Haupt H, Szczepek AJ. The more the worse: the grade of noise-induced hearing loss associates with the severity of tinnitus. *International journal of environmental research and public health*. 2010;7(8):3071-9.
61. Dias A, Cordeiro R. Association between hearing loss level and degree of discomfort introduced by tinnitus in workers exposed to noise. *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology*. 2008;74(6):876-83.
62. Muluk NB, O uzturk O. Occupational noise-induced tinnitus: does it affect workers' quality of life? *Journal of Otolaryngology*. 2008;37(1):65-71.
63. Bhatt JM, Bhattacharyya N, Lin HW. Relationships between tinnitus and the prevalence of anxiety and depression. *The laryngoscope*. 2017;127(2):466-9.
64. Carr MW, Grey ML. Magnetic resonance imaging: overview, risks, and safety measures. *AJN The American Journal of Nursing*. 2002;102(12):26-33.
65. Shellock F. Magnetic resonance: safety, bioeffects, and patient monitoring. *Open Field Magnetic Resonance Imaging: Equipment, Diagnosis and Interventional Procedures*: Springer; 2000. p. 127-45.
66. Brummett RE, Talbot JM, Charuhas P. Potential hearing loss resulting from MR imaging. *Radiology*. 1988;169(2):539-40.
67. Coluk Y, Hizli O, Kayabasi S. Noise-induced hearing loss in Turkish special forces personnel. *Medicine*. 2025;104(8):e41685.
68. Kujawa SG, Liberman MC. Acceleration of age-related hearing loss by early noise exposure: evidence of a misspent youth. *Journal of Neuroscience*. 2006;26(7):2115-23.
69. Bahaloo M, Davari MH, Sobhan M, Mirmohammadi SJ, Jalalian MT, Zare Sakhvidi MJ, et al. Hearing thresholds changes after MRI 1.5 T of head and neck. *Radiology research and practice*. 2019;2019(1):8756579.
70. Kurabi A, Keithley EM, Housley GD, Ryan AF, Wong AC-Y. Cellular mechanisms of noise-induced hearing loss. *Hearing research*. 2017;349:129-37.

71. Baradarnfar MH, Karamifar K, Mehrparvar AH, Mollasadeghi A, Gharavi M, Karimi G, et al. Amplitude changes in otoacoustic emissions after exposure to industrial noise. *Noise and Health*. 2012;14(56):28-31.
72. McJury PhD M, Shellock PhD FG. Auditory noise associated with MR procedures: a review. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*. 2000;12(1):37-45.
73. Beis D, Hansen C. *Engineering noise control*. Taylor and Francis Group: New York, NY, USA; 2009.
74. Radomskij P, Schmidt M, Heron C, Prasher D. Effect of MRI noise on cochlear function. *The Lancet*. 2002;359(9316):1485-6.
75. Price DL, De Wilde JP, Papadaki AM, Curran JS, Kitney RI. Investigation of acoustic noise on 15 MRI scanners from 0.2 T to 3 T. *Journal of Magnetic Resonance Imaging: An Official Journal of the International Society for Magnetic Resonance in Medicine*. 2001;13(2):288-93.
76. Hattori Y, Fukatsu H, Ishigaki T. Measurement and evaluation of the acoustic noise of a 3 Tesla MR scanner. *Nagoya journal of medical science*. 2007;69(1/2):23.
77. Mollasadeghi A, Mehrparvar AH, Atighechi S, Davari MH, Shokouh P, Mostaghaci M, et al. Sensorineural hearing loss after magnetic resonance imaging. *Case reports in radiology*. 2013;2013:510258.
78. De Wilde J, Grainger D, Price D, Renaud C. Magnetic resonance imaging safety issues including an analysis of recorded incidents within the UK. *Progress in Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy*. 2007;51(1):37-48.
79. Govindaraju R, Omar R, Rajagopalan R, Norlisah R, Kwan-Hoong N. Hearing loss after noise exposure. *Auris Nasus Larynx*. 2011;38(4):519-22.
80. Moon S. Noise-induced hearing loss caused by gunshot in South Korean military service. *Military medicine*. 2007;172(4):421-5.
81. Kim H, Cho S-H, Lim H-S. The effect of gunshot or cannonade training during military service on hearing threshold levels. *Journal of Preventive Medicine and Public Health*. 1991;24(1):86-92.
82. Keim RJ. Sensorineural hearing loss associated with firearms. *Archives of Otolaryngology*. 1969;90(5):581-4.
83. Almaayeh M, Al-Musa A, Khader YS. Prevalence of noise induced hearing loss among Jordanian industrial workers and its associated factors. *Work*. 2018;61(2):267-71.
84. Esmaeili SV, Shakerian M, Lotfi S, Karimi A, Ghasemian H, Nakheipour M, et al. Noise-induced hearing loss and blood factors: results from a comprehensive cross-sectional study in Iran. *BMC Public Health*. 2025;25(1):1106.

85. Majumder J, Mehta C, Sen D. Excess risk estimates of hearing impairment of Indian professional drivers. *International Journal of Industrial Ergonomics*. 2009;39(1):234-8.
86. Moroe N, Khoza-Shangase K, Kanji A, Ntlhakana L. The management of occupational noise-induced hearing loss in the mining sector in Africa: A systematic review-1994 to 2016. *Noise & Vibration Worldwide*. 2018;49(5):181-90.
87. Vu Q-N, Ko E, Wisniewski SJ, Carpenter G, Laur H, Shermetaro C. Correlation of clinical factors and audiometric characteristics with MRI findings in patients with asymmetric sensorineural hearing loss. *Spartan Medical Research Journal*. 2018;3(2):7005.
88. Mehrotra A, Shukla SP, Shukla AK, Manar MK, Singh SK, Mehrotra M. Prevalence of Noise-Induced Hearing Loss among Truck Drivers: a Cross-Sectional Study in Lucknow. *Noise & health*. 2025;27(124):72-9.
89. Seixas NS, Neitzel R, Stover B, Sheppard L, Daniell B, Edelson J, et al. A multi-component intervention to promote hearing protector use among construction workers. *International journal of audiology*. 2011;50(sup1):S46-S56.
90. Morata TC, Meinke D. Uncovering effective strategies for hearing loss prevention. *Acoustics Australia*. 2016;44:67-75.
91. Solet J, Carballeira A, Buxton O, Wyshak G. Acoustics in the Environment of Care: An Interdisciplinary Harvard Medical School Research Project. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2008;123(5_Supplement):3193-.
92. Dudziński Ł, Czyżewski Ł, Kubiak T, Milczarczyk T. Causes of acoustic trauma among Polish State Fire Service officers: a review of incidents in 2015–2022. *Acta Neuropsychologica*. 2023;21:117-24.
93. Smith RM, Burgess C, Tahtis V, Marsden J, Seemungal BM. Why are patients with acute traumatic brain injury not routinely assessed or treated for vestibular dysfunction in the UK? A qualitative study. *BMJ open*. 2023;13(1):e067967.
94. okcu s. Realism analysis of synthesized healthcare sound environments. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2022;152(4_Supplement):A182-A.
95. Chaudhry M, Sharif H, Shah SM, Javed S, Mangrio S. Assessment of secondary traumatic stress in health care professionals working in tertiary care hospitals of Islamabad: Assessment of secondary traumatic stress in health care professionals. *Pakistan Journal of Health Sciences*. 2022:36-40.
96. Scheifele PMS, Marshall D, Lee S, Reid P, McCreery T, Byrne D. Canine hearing management. *Recent advances in canine medicine: IntechOpen*; 2022.
97. Chen D, Jia G, Zhang Y, Mao H, Zhao L, Li W, et al. Sox2 overexpression alleviates noise-induced hearing loss by inhibiting inflammation-related hair cell apoptosis. *Journal of neuroinflammation*. 2022;19(1):59.

98. Latheef MN, Karthikeyan P, Coumare VN. Effect of mastoid drilling on hearing of the contralateral normal ear in mastoidectomy. *Indian Journal of Otolaryngology and Head & Neck Surgery*. 2018;70:205-10.
99. Wang Q, Li W, Cai C, Hu P, Lai R. miR-153/KCNQ4 axis contributes to noise-induced hearing loss in a mouse model. *The Journal of Physiological Sciences*. 2021;71(1):28.
100. Schink T, Kreutz G, Busch V, Pigeot I, Ahrens W. Incidence and relative risk of hearing disorders in professional musicians. *Occupational and environmental medicine*. 2014;71(7):472-6.
101. Nurrokhmawati Y, Nataliningrum DM, Anggraeny D. Noise induced hearing loss among furniture factory workers PT Chitose Cimahi. *ACTA Medical Health Sciences*. 2022;1(1):10-8.
102. Yuan H, Wang X, Hill K, Chen J, Lemasters J, Yang S-M, et al. Autophagy attenuates noise-induced hearing loss by reducing oxidative stress. *Antioxidants & redox signaling*. 2015;22(15):1308-24.
103. Brungart DS, Barrett ME, Schurman J, Sheffield B, Ramos L, Martorana R, et al. Relationship between subjective reports of temporary threshold shift and the prevalence of hearing problems in military personnel. *Trends in Hearing*. 2019;23:2331216519872601.
104. Lin C-Y, Wu J-L, Shih T-S, Tsai P-J, Sun Y-M, Ma M-C, et al. N-Acetyl-cysteine against noise-induced temporary threshold shift in male workers. *Hearing research*. 2010;269(1-2):42-7.

EK 1: Araştırma Projesi Etik Kurul Onayı

Sayı : E-94603339-604.01-345741
Konu : Proje Onayı

28.05.2024

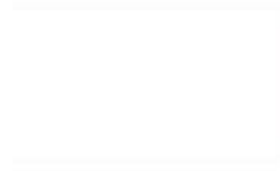
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Kulak Burun, Boğaz Hastalıkları Ana Bilim Dalında görev yapmakta olan danışmanlığında Sağlık Bilimleri Enstitüsü / Kulak, Burun, Boğaz Hastalıkları Ana Bilim Dalı, Odyoloji Doktora Programı öğrencisi Cevahir Bulut Turay'ın sorumluluğunda yürütülecek olan KA24/119 nolu "Manyetik rezonans görüntüleme cihazı ile çalışan radyoloji teknikerlerinde gürültünün işitme üzerine etkisinin kontrol grubu ile karşılaştırılması" başlıklı araştırma projesi Kurulumuz ve Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulunun 22/05/2024 tarih ve 24/122 sayılı kararı ile uygun görülmüştür. Projenin başlama tarihi ile çalışmanın sunulduğı kongre ve yayımlandığı dergi konusunda Kurulumuza bilgi verilmesini rica ederim.

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

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

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



EK 2: Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formu



KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU

BİLİMSEL ARAŞTIRMALAR İÇİN BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU

LÜTFEN DİKKATLİCE OKUYUNUZ !!!

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

Proje Başlığı: Manyetik Rezonans Görüntüleme Cihazı ile Çalışan Radyoloji Tekniklerinde Gürültünün İşitme Üzerine Etkisinin Kontrol Grubu ile Karşılaştırılması

Açıklama: Bu çalışma Manyetik Rezonans görüntüleme cihazı ile çalışan radyoloji teknikerlerinin ve kontrol grubunun, Saf Ses Odyometri, Timpanometri, Transient Evoked Otoakustik Emisyon ve Distorsiyon Product Otoakustik Emisyon Testleri ile MRI gürültüsünün işitmeye etki edip etmediğine bakılmak amacıyla yapılacaktır.

2. GÖNÜLLÜ SAYISI

Bu araştırmada yer alması öngörülen katılımcı sayısı **32**'tür.

3. ARAŞTIRMAYA KATILIM SÜRESİ

Bu araştırmada yer almanız için öngörülen test 40 dakikadır.

4. ARAŞTIRMANIN AMACI

Bu araştırmanın amacı, “Manyetik rezonans görüntüleme cihazı ile çalışan radyoloji teknikerlerinin MRG gürültüsü maruziyeti ölçülüp yüksek frekans odyometre, Tinnitus Engellilik Anketi, Transient Evoked Otoakustik Emisyon ve Distorsiyon product otoakustik emisyon testleri ile gürültünün işitmeyi etkileyip etkilemediğini araştırmaktır. değerlendirilmesi amaçlanmıştır”.

5. ARAŞTIRMAYA KATILMA KOŞULLARI

Bu araştırmaya dâhil edilebilmeniz için gereken koşullar şu şekildedir: olgular için 18 – 50 yaş aralığında olmanız yapılan otoskopik muayenede herhangi bir dış kulak yolu ve/veya timpanik membran (**kulak zarı**) patolojinizin (**bozukluğunuzun**) bulunmamış olması, Timpanometri de Tip A Timpanogram (**orta kulak basıncının normal eğrisi**) elde edilmesi, daha önce kulak ameliyatı geçirmemiş olmanız gerekmektedir.

6. ARAŞTIRMANIN YÖNTEMİ

Araştırma 15 dk. Emisyon testleri ve 25 yüksek frekans odyometri testi olmak üzere toplamda 40 dk. Sürecektir. Çalışmaya katılan bireyler öncelikle bir KBB uzmanı tarafından tam kulak burun muayenesi yapılacaktır. Çalışmaya uygun bireylere yüksek frekans saf ses odyometri testi (işitme testi) yapılacaktır. Bu test içeriğinde sizleri bir ses geçirmez kabin içerisine yerleştirileceksiniz ardından kulağınıza kulaklık takılarak, işitme seviyenizi ölçmek amacıyla ses verilecektir. Sizden sesleri duyduğunuzda düğmeye basmanız istenecektir. Saf ses odyometri testinden sonra uygulanacak olan test Timpanometri testidir. Timpanometri (orta kulak basınç) testinde, kulağınıza bir kulaklık takılacaktır. Herhangi bir düğmeye basmanıza gerek yoktur. Timpanometri testini geçen bireyler, Otoakustik Emisyon (iç kulak) testine tabii tutulacaktır. Bu testin içeriği; kulağınıza yerleştirilecek olan bir prob ucu ile kulağınıza bir ses gönderilecektir. Bu testin amacı gönderilen sesin, iç kulaktan yansıtmasını kaydetmeye dayalıdır.

7. GÖNÜLLÜNÜN SORUMLULUKLARI

Araştırma süresi boyunca uygulanan araştırma şemasına özen gösterme, araştırmacının önerilerine uyma katılımcının sorumluluklarındandır.

-Araştırma Sürecinde Birlikte Kullanılmasının Sakıncalı Olduğu Bilinen İlaçlar / Besinler

Araştırma sürecinde birlikte kullanılmasının sakıncalı olduğu bilinen ilaç/besin yoktur.

8. ARAŞTIRMADAN BEKLENEN OLASI YARARLAR

Araştırmamız yalnızca bilimsel amaçlı olup sizin doğrudan yarar görmeyiz ya da tedavinizin seyrini değiştirmesi beklenmemektedir. Ancak, bu araştırmadan elde edilen sonuçlar sizin gibi gürültülü ortamlarda çalışan bireylerin üzerinde farkındalık yaratıp kişisel koruyucu ekipmanlar kullanarak işitmenin korunmasına katkı sağlayacaktır.

9. ARAŞTIRMADAN KAYNAKLANABİLECEK OLASI RİSKLER

Araştırmamızda herhangi bir tıbbi uygulama yapılmayacak olup, uygulanacak olan testler sağlık açısından herhangi bir risk taşımamaktadır.

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

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

11. ARAŞTIRMA SÜRESİNCE ÇIKABİLECEK SORUNLARDA ARANACAK KİŞİ

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

İstediğinizde Günü 24 Saati Ulaşılabilir Hekimin Adres ve Telefonları:



12. GİDERLERİN KARŞILANMASI VE ÖDEMELER

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

13. ARAŞTIRMAYI DESTEKLEYEN KURUM

Araştırmayı destekleyen kurum Başkent Üniversitesi'dir.

14. GÖNÜLLÜYE HERHANGİ BİR ÖDEME YAPILIP YAPILMAYACAĞI

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

15. BİLGİLERİN GİZLİLİĞİ

Araştırma süresince elde edilen sizinle ilgili tıbbi bilgiler size özel bir kod numarası ile kaydedilecektir. Size ait her türlü tıbbi bilgi gizli tutulacaktır. Araştırmanın sonuçları yalnızca bilimsel amaçla kullanılacaktır. Araştırma yayınlansa bile kimlik bilgileriniz

verilmeyecektir. Ancak, gerektiğinde araştırmanın izleyicileri, yoklama yapanlar, etik kurullar ve resmi makamlar tıbbi bilgilerinize ulaşabilecektir. Siz de istediğinizde kendinize ait tıbbi bilgilere ulaşabileceksiniz.

16. ARAŞTIRMA DIŞI BIRAKILMA KOŞULLARI

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

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

17. ARAŞTIRMADA UYGULANACAK TEDAVİ DIŞINDAKİ DİĞER TEDAVİLER

Bu araştırmanın gereği olarak size uygulanacak bir tedavi bulunmamaktadır.

18. ARAŞTIRMAYA KATILMAYI REDDETME VEYA AYRILMA DURUMU

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

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

19. YENİ BİLGİLERİN PAYLAŞILMASI VE ARAŞTIRMANIN DURDURULMASI

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

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

Sayın Cevahir Bulut TURAY tarafından Başkent Üniversitesi Tıp Fakültesi Kulak Burun Boğaz Anabilim Dalı'nda tıbbi bir araştırma yapılacağı belirtilerek bu araştırma ile ilgili yukarıdaki bilgiler bana aktarıldı. Bu bilgilerden sonra böyle bir araştırmaya “katılımcı” (gönüllü) olarak davet edildim.

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

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

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

Araştırma uygulamasından kaynaklanan nedenlerle herhangi bir sağlık sorununun ortaya çıkması halinde, her türlü tıbbi müdahalenin sağlanacağı konusunda gerekli güvence verildi. Bu tıbbi müdahalelerle ilgili olarak da parasal bir yük altına girmeyeceğim anlatıldı. Bu araştırmaya katılmak zorunda değilim ve katılmayabilirim. Araştırmaya katılmam konusunda zorlayıcı bir davranışla karşılaşmış değilim. Eğer katılmayı reddedersem, bu durumun tıbbi bakımına ve hekim ile olan ilişkiye herhangi bir zarar getirmeyeceğini de biliyorum.

ARAŞTIRMAYA KATILMA ONAYI

Yukarıda yer alan ve araştırmaya başlanmadan önce gönüllüye verilmesi gereken bilgileri gösteren 5 sayfalık metni okudum ve sözlü olarak dinledim. Aklıma gelen tüm soruları araştırmacıya sordum, yazılı ve sözlü olarak bana yapılan tüm açıklamaları ayrıntılarıyla anlamış bulunmaktayım. Araştırmaya katılmayı isteyip istemediğime karar vermem için bana yeterli zaman tanındı. Bu koşullar altında, bana ait tıbbi bilgilerin gözden geçirilmesi, transfer edilmesi ve işlenmesi konusunda araştırma yürütücüsüne yetki veriyorum ve söz konusu araştırmaya ilişkin bana

GÖNÜLLÜ		İMZASI
İSİM SOYİSİM		
ADRES		
TELEFON		
TARİH		

VASİ (Varsa)		İMZASI
İSİM SOYİSİM		
ADRES		
TELEFON		
TARİH		

ARAŞTIRMACI		İMZASI
İSİM SOYİSİM ve GÖREVİ		
ADRES		
TELEFON		
TARİH		

ONAM ALMA İŞİNE BAŞINDAN SONUNA KADAR TANIKLIK EDEN KURULUŞ GÖREVLİSİ		İMZA
İSİM SOYİSİM ve GÖREVİ		
ADRES		
TELEFON		
TARİH		

