



**T.C.**  
**BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ**  
**SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**KULAK BURUN BOĞAZ ANABİLİM DALI**  
**ODYOLOJİ ve KONUŞMA SES BOZUKLUKLARI**  
**YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**

**ORKESTRA SANATÇILARINDA İŞİTMENİN ODYOMETRİ**  
**VE GEÇİCİ UYARILMIŞ OTOAKUSTİK EMİSYON**  
**TESTLERİYLE DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Sermin KUMDAKCI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ANKARA, 2016**



**T.C.**  
**BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ**  
**SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**KULAK BURUN BOĞAZ ANABİLİM DALI**  
**ODYOLOJİ ve KONUŞMA SES BOZUKLUKLARI**  
**YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**

**ORKESTRA SANATÇILARINDA İŞİTMENİN ODYOMETRİ**  
**VE GEÇİCİ UYARILMIŞ OTOAKUSTİK EMİSYON**  
**TESTLERİYLE DEĞERLENDİRİLMESİ**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Sermin KUMDAKCI**  
**Tez Danışmanı**  
**Prof.Dr. Levent Naci ÖZLÜOĞLU**

**ANKARA, 2016**

## KABUL VE ONAY SAYFASI

T.C.  
BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Odyoloji Tezli Yüksek Lisans Programı çerçevesinde Sermin Kurdamak tarafından yürütülmüş olan bu çalışma, aşağıdaki jüri tarafından Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 05/09/2016

Tez Konusu: "Orkestra Sanatçılarında İşitmenin Odyometri ve Geçisi Uyarılmış Otoakustik Emisyon Testleriyle Değerlendirilmesi"

TEZ DANIŞMANI: Prof. Dr. Levent N. ÖZLÜOĞLU

### TEZ JÜRİSİ ÜYELERİ

Prof. Dr. Levent N. Özlüoğlu

Başkent Üniversitesi

Prof. Dr. Selim S. Erbek

Başkent Üniversitesi

Doç. Dr. Didem Türkyılmaz

Hacettepe Üniversitesi

ONAY: Bu tez, Başkent Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği'nin ilgili maddeleri uyarınca yukarıdaki jüri üyeleri tarafından uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulunun 05 / 09 / 2016 tarih ve ... Karar Sayısı ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Rengin ERDAL  
Enstitü Müdürü

## TEŞEKKÜR

Tezimizin konusunun belirlenmesinde, araştırma aşamasında, yön tayininde ve tamamlanmasında bilimsel ve manevi desteği ile bana yol gösteren değerli hocam ve tez danışmanım Sayın Prof.Dr.Levent N. Özlüoğlu'na bana ayırdığı değerli zamanı ve sağladığı destek için teşekkür ederim.

Tezimin başlangıcından bitimine kadar bana inanan, yardımlarını esirgemeyen, her zaman yanımda olan, tez konumun belirlenmesi, çalışmamın planlanması ve gerçekleştirilmesi sırasında desteklerini esirgemeyen, aynı zamanda bilimsel bakış açıları sayesinde hayatımda yeni bir pencere açmamı sağlayan Sayın Prof.Dr.Selim S. Erbek ve Prof.Dr.H.Seyra Erbek'e teşekkür ederim.

Yüksek lisans eğitimim boyunca ilminden faydalandığım, insani ve ahlaki değerleri ile de örnek edindiğim, öğrencisi olmaktan onur duyduğum ve ayrıca tecrübelerinden ve bilgisinden yararlanırken göstermiş olduğu hoşgörü ve sabırdan dolayı değerli hocam Prof. Dr. Ayşe Gül Güven'e teşekkür ederim.

Orkestra sanatçılarına ulaşmamı sağlayan sevgili dostum Aslıhan Sağıroğulları ve eşi Harun Sağıroğulları'na, her biri ile çalışmaktan büyük keyif aldığım sanatçılığı iş olarak edinmeyip, hayatlarına da yansıtan ve bu sayede testlerden keyif almamı sağlayan değerli Hacettepe Senfoni Orkestrası müzisyenlerine teşekkür ederim.

Birlikte pek çok çalışmaya imza attığımız, dostlukları ile hep yanımda olan The Last Ozalit grubuna (Şule Mıdık, Ayşe Rezan Bayat, Hale Hançer, Onur M. Mentşe, Ümit Yerli), diğer dönem arkadaşlarıma ve güzel dostum Nurcan Acar'a minnettarım.

Son olarak bu süreçte eğitimim için her türlü imkanı ve koşulu sağlayan yol arkadaşım, eşim Serkan Kumdakçı'ya, birlikte geçirmek istediğimiz zamanlarından çalmama rağmen sabırla bekleyen canım oğlum Çınar ve canım kızım Irmak'a, manevi destekleriyle her zaman bana güç veren, her ihtiyacım olduğunda koşup gelen canım annem, babam, ablam ve abime sonsuz teşekkür ederim.

## ÖZET

**Sermin KUMDAKCI- Orkestra Sanatçılarında İşitmenin Odyometri ve Geçici Uyarılmış Otoakustik Emisyon Testleriyle Değerlendirilmesi. Başkent Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Kulak Burun Boğaz Anabilim Dalı Odyoloji ve Konuşma Ses Bozuklukları Yüksek Lisans Tezi. 2016.**

Profesyonel orkestra sanatçıları mesleki yaşamlarında devamlı olarak, prova ve konserler boyunca ortalama 79-98 dB ses şiddetindeki müziğe maruz kalmaktadırlar. Orkestra sanatçılarının maruz kaldıkları ses şiddeti orkestrada bulunduğu yer ve çaldığı alete göre iç kulağa zarar verici seviyelere çıkmaktadır. Çalışmamızın amacı; orkestra sanatçılarında işitmenin odyometri, transient uyarılmış otoakustik emisyon (TEOAE) ve kontralateral supresyon testi ile detaylı olarak incelemektir.

Çalışmaya 30 orkestra sanatçısı, müzikle ilgilenmeyen ve sürekli ve/veya ani gürültüye maruz kalmamış 30 kişi kontrol grubu olmak üzere toplam 60 kişi alınmıştır. İşitme eşikleri ölçümünden sonra her iki grubun uyarılmış otoakustik emisyon testiyle değerlendirmesi iki aşamalı olarak ölçülmüştür. Orkestra sanatçıları (OS) ve kontrol grubu ilk olarak kontralateral akustik stimülasyon (KAS) verilmeden önce TEOAE testiyle ölçülmüştür. Sonrasında 70 dB dar band KAS verilerek aynı anda TEOAE testiyle ölçülmüştür.

Orkestra sanatçılarının yaş ortalaması  $36,83 \pm 6,3$ , kontrol grubunun yaş ortalaması  $35,83 \pm 6,8$  olup, fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ( $p=0,56$ ). OS'nin ve kontrol grubunun saf ses işitme eşikleri arasında sağ kulakta 2000 Hz ve sol kulakta 16000 Hz frekansları haricinde anlamlı bir fark bulunmamıştır. Orkestra sanatçılarından alınan TEOAE yanıtları kontrol grubuna göre tüm frekanslarda anlamlı derecede azdır.

Orkestra sanatçıları grubunda kontralateral akustik uyaran verilirken yapılan 1000 Hz, 2800 Hz ve 4000 Hz frekanslarında daha düşük değerlerde emisyon elde edilmiştir. Fark istatistiksel olarak anlamlıdır ( $p<0,05$ ). 1400 Hz ve 2000 Hz frekanslarında elde edilen emisyon değerleri arasında anlamlı bir fark elde edilememiştir. Kontrol grubunda KAS verilmeden ve KAS verilirken yapılan TEOAE ölçüm sonuçları karşılaştırıldığında, 4000Hz frekansı hariç tüm frekanslarda emisyon değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı düşüş saptanmıştır.

Kontrol grubunda OS'ye göre 1000 Hz ve 2000 Hz frekanslarında daha fazla kontralateral supresyon olduğu görölmüş ancak diğer frekanslarda anlamlı bir fark elde edilememiştir. Orkestra sanatçılarında prova süresi arttıkça TEOAE değerlerinde düşüş olduğu saptanmıştır. Kontralateral supresyon değerlerinde anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir.

Çalışmamızda elde ettiğimiz bulgular sonucunda orkestra sanatçılarının yüksek ses maruz kalmalarına rağmen saf ses işitme eşiklerinin beklenenden iyi olmasına karşılık, TEOAE değerlerinde gözlenen düşüş, gürültüye bağlı işitme kaybının erken dönemde tespitinde saf ses odyometrinin yeterli olmayabileceğine dair bir fikir oluşturmuştur. Her iki grubun supresyon değerlerinde 2 frekans haricindeki farklılık sonucu gürültünün işitmeyi iç kulak düzeyinde etkilediği ancak işitsel efferent sistem üzerinde belirgin bir etkisinin olmadığı söylenebilir.

**Anahtar Kelimeler:** Orkestra sanatçuları, gürültüye bağlı işitme kaybı, odyometri, geçici uyarılmış otoakustik emisyon (TEOAE), yüksek frekans işitme kaybı, kontralateral supresyon

## ABSTRACT

**Sermin KUMDAKCI - Evaluation Of Hearing With Audiometry And Transient Evoked Otoacoustic Emission Tests in Orchestra Musicians. Başkent University, Institute of Health Sciences M. Sc. Thesis in Audiology and Speech – Voice Disorders, 2016.**

Professional orchestra musicians have consistently been exposed to 79-98 dB sound intensity of music occupationally during rehearsal and concerts. The sound intensity that orchestra professionals exposed can reach at levels that can damage the inner ear depending on the place and the played instrument of the musician. Aim of our study is detailed investigation of hearing of orchestra musicians by audiometry, transient evoked otoacoustic emission (TEOAE), and contralateral suppression test.

A total of 60 individuals, including 30 orchestra musicians and 30 people who have not been involved in music and who have not been exposed to constant and/or instant noise as a control. After hearing threshold measurements, assessment of both groups' evoked otoacoustic emission test was measured in two-stage. Firstly, orchestra musicians and the controls were measured by TEOAE test prior to contralateral acoustic stimulation (CAS). Afterwards, 70 dB narrow band CAS was applied and measured by TEOAE test simultaneously.

Age average of orchestra musicians (OM) is  $36.83 \pm 6.3$  and control group is  $35.83 \pm 6.8$  and no statistically significant difference was ( $p=0.56$ ). Statistically significant differences were found only for pure sound hearing thresholds of OM and control groups at 2000 Hz in the right ear and 16000 Hz in the left ear. TEOAE responses from the orchestra musicians were found to be relatively lower than those in control group for all frequencies.

Lower emission levels were observed at 1000 Hz, 2800 Hz, and 4000 Hz frequencies while applying contralateral acoustic stimulus in orchestra musicians group and the difference is statistically significant ( $p<0.05$ ). No statistically significant difference was found for the emission levels at 1400 Hz and 2000 Hz

frequencies. When TEOAE measurement results applied with and without CAS are compared, statistically significant decreases in emission levels were found for all frequencies, except 4000Hz. More contralateral suppression were found in control group than OM at 1000 Hz and 2000 Hz frequencies but no significant difference was found for other frequencies. Decrease in TEOAE levels was estimated as the rehearsal time of the orchestra musicians increases. No difference was observed in contralateral suppression levels.

As a result of this study, even though orchestra musicians are exposed to louder sound, their pure sound hearing thresholds are better than expected, whereas decrease in their TEOAE levels indicates that pure sound audiometry may not be sufficient in early diagnosis of hearing loss by noise. Difference in suppression levels of both groups, except for 2 frequencies, shows that noise affect the hearing in inner ear, but no clear effect on auditory efferent system.

**Keywords:** Orchestra musician, noise-induced hearing loss, transient evoked otoacoustic emission (TEOAE), high frequency hearing loss, contralateral suppression



# İÇİNDEKİLER

ONAY SAYFASI .....	İİİ
TEŞEKKÜR.....	İV
ÖZET.....	V
ABSTRACT.....	Vİİ
İÇİNDEKİLER .....	İX
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	X
ŞEKİLLER.....	Xİ
TABLolar .....	Xİİ
1.GİRİŞ .....	1
2.GENEL BİLGİLER .....	3
2.1.Orkestra .....	3
2.2.Gürültü .....	3
2.2.1. Gürültüye bağlı işitme kaybı .....	4
2.2.2. Gürültüye bağlı eşik değişiklikleri .....	7
2.2.3. Gürültü ve müzik.....	7
2.2.4. Gürültüye maruz kalma süresi .....	9
2.3. Müzisyenlerde Akustik Travma.....	11
2.4. Konuşma ve Müzik İlişkisi .....	12
2.4.1. Konuşma ve müziğin dinamik aralığı .....	12
2.4.2. Konuşma ve müziğin işitsel alanı .....	12
2.5.Odyolojik Testler .....	14
2.5.1. Saf ses Odyometri .....	14
2.5.2. Akustik immitans (akustik iletkenlik) kavramı ve timpanometri .....	16
2.5.3. Otoakustik emisyonlar .....	19
3.GEREÇ VE YÖNTEM .....	25
4.BULGULAR.....	28
5.TARTIŞMA .....	33
6.SONUÇ VE ÖNERİLER.....	40
7.KAYNAKLAR .....	42

## SİMGELER ve KISALTMALAR

dB	: Decibel
Hz	: Hertz
mmho	: Acoustic millimho
daPa	: Decapascal
OS	: Orkestra sanatçıları
GBİK	: Gürültüye bağlı işitme kaybı
SSO	: Saf ses ortalaması
GED	: Geçici eşik değişikliği
KED	: Kalıcı eşik değişikliği
SNİK	: Sensorinöral işitme kaybı
OAE	: Otoakustik emisyon
DPOAE	: Distorsiyon ürünü otoakustik emisyonlar
TEOAE	: Geçici uyarılmış otoakustik emisyonlar
SPL	: Sound pressure level
HL	: Hearing level
DTH	: Dış tüylü hücreler
KAS	: Kontralateral akustik uyaran
MOC	: Medial olivokoklear
MOCB:	:Medial Olivocochelar Bundle
MOCR	: Medial olivokoklear refleks
SOC	: Superior Olivary Kompleks

## ŞEKİLLER

<b>Şekil 1:</b> Gürültüye bağlı işitme kaybı odyogramı.....	6
<b>Şekil 2:</b> Konuşmanın işitsel alanı .....	13
<b>Şekil 3:</b> Müziğin işitsel alanı .....	13
<b>Şekil 4:</b> Timpanogram sınıflandırılması .....	17
<b>Şekil 5:</b> Akustik refleks arkı .....	18

## TABLÖLAR

<b>Tablo 1.</b> Müzik enstrümanların 3 metre uzaklıktan ölçülen ortalama ses şiddet seviyeleri .....	8
<b>Tablo 2.</b> Günlük hayatta sık rastlanan sesler ve bunların şiddetleri .....	10
<b>Tablo 3.</b> Amerikan İş Sağlığı ve Güvenliği Başkanlığının İşitme Sağlığı Koruma Programında yayınladığı günlük maruz kalınan ses şiddeti-süre miktarları .....	11
<b>Tablo 4.</b> Yetişkinlerde kullanılan işitme kaybı sınıflandırması .....	15
<b>Tablo 5.</b> Çalışma olgularının yaş ortalaması .....	28
<b>Tablo 6.</b> Gruplar arası sağ ve sol kulak 250Hz-16000Hz saf ses işitme eşik ortalamalarının karşılaştırılması .....	29
<b>Tablo 7.</b> Orkestra sanatçılarının ve kontrol grubunun TEOAE sonuçlarının karşılaştırılması .....	29
<b>Tablo 8.</b> Orkestra sanatçıları için kontralateral akustik stimülasyon öncesi ve KAS sırasında TEOAE değerleri .....	30
<b>Tablo 9.</b> Kontrol grubu için kontralateral akustik stimülasyon öncesi ve KAS sırasında TEOAE değerleri .....	31
<b>Tablo 10.</b> Gruplar arası kontralateral supresyon seviyesinin (dB) karşılaştırılması .....	31
<b>Tablo 11.</b> Prova süresi ile TEOAE ve Kontralateral Supresyon değerleri arasındaki korelasyon.....	32

# 1.GİRİŞ

Devamlı ya da aralıklı gürültüye uzun süreli maruz kalma sonucu gürültüye bağlı işitme kaybı görülebilir. (1).Gürültüye bağlı işitme kayıpları ABD’ de en sık rastlanılan meslek hastalığıdır (2)

Dünya genelinde erişkin işitme kayıplarının ortalama %16’ sı mesleki yüksek gürültüye maruz kalma ile sebebiyle ortaya çıkmaktadır(3) .

Uluslararası Çalışma Örgütü ve Dünya Sağlık Örgütü tarafından yapılan iş sağlığı tanımı şu şekildedir: “İş sağlığı, bütün mesleklerde çalışanların bedensel, ruhsal ve sosyal yönden iyilik hallerini en üst düzeyde sürdürme ve daha üst düzeylere çıkarma çalışmalarıdır” (4).

Meslek hastalıkları işe özgü olan ve doğrudan işin yürütümü sırasında ortaya çıkan, sebebi yalnızca işyerinde olan sağlık sorunlarıdır. Hastalık ve yapılan iş(meslek) arasında nedensel bir bağlantı vardır (5). Pekçok insan için şikayet nedeni olmayan durumlar orkestra sanatçılığı meslek grubu için oldukça sıkıntı verici sorunlar yumağı haline gelebilir.

Orkestrayı tanımlamak gerekirse; dört ana enstrüman grubundan çeşitli elemanların birlikte müzik yaptığı, büyüklüğü esere göre değişebilen çalgılar topluluğudur. Elli ya da daha az müzisyenden oluşan görece küçük orkestralar oda orkestrası olarak adlandırılabilir. Tam kadro bir orkestra ise yaklaşık 100 kişiden oluşur ve senfoni orkestrası ya da filarmoni orkestrası olarak anılabilir.

Orkestra sanatçılarının problemlerinden biri maruz kaldıkları yüksek sese bağlı olarak oluşan işitme kayıplarıdır. Mesleklerini icra etmek için müzisyenlerin işitme organlarına olan ihtiyacı göz önüne alındığında, sesin şiddetinin önemi daha fazla anlaşılmaktadır. Bu durum mesleksel işitme kaybı olarak da tanımlanmaktadır(5).

Müzisyenler bireysel ve grup provalarında yüksek sese maruz kalırlar ve provalarda konserlere göre önemsenecek derecede fazla zaman geçirirler. Gürültüye maruz kalma miktarı, gürültüye bağlı işitme kaybı olma riskinin yüksekliğini belirler (6). Müzisyenler çoğunlukla konser ve provalar süresince 79-98 dB ses şiddeti aralığında sese maruz kalırlar (7).

Bizim planladığımız çalışmada odyolojik değerlendirmede iç kulağın etkilenimine yönelik cevapların araştırıldığı geçici uyarılmış otoakustik emisyon ve gürültüye maruz kalmanın medial olivokoklear efferent sistem aktivitesi üzerine olan etkilerinin araştırıldığı kontralateral supresyon (MOCR) testleri test bataryasına eklenecektir.

Çalışmamızın amacı; orkestra sanatçılarında işitmenin odyometri, ve transient uyarılmış otoakustik emisyon (TEOAE) testleriyle değerlendirilmesidir.

H1 : Orkestra sanatçılarında yüksek sese maruziyet işitmeyi iç kulak düzeyinde etkiler.

H0 : Orkestra sanatçılarında yüksek sese maruziyet işitmeyi iç kulak düzeyinde etkilemez.

## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1.Orkestra

Çok sesli ya da tek sesli müzik icra eden ve birbirinde farklı çeşitli çalgılardan oluşan geniş seslendirme topluluğuna *orkestra* adı verilmektedir. Senfonik orkestralar, yapıları bakımından pek çok müzisyenin katılımıyla oluşan büyük seslendirme topluluklarıdır (8).

Senfonik eserleri çalacak biçimde düzenlenmiş; yaylı, üflemeli ve vurmali çalgıları çalan müzisyenlerden oluşan büyük orkestraya senfoni orkestrası denir. Senfoni orkestraları konser performanslarının ilk kısmında genellikle bir soliste eşlik ederler. Bazı senfonik eserlerde ise koro ile birlikte de çalmaktadır. Senfoni orkestrasında yer alan çalgılar yapıları, ses renkleri ve sesin elde edilme yöntemine göre dört ana gruba ayrılır. Bunlar; yaylı çalgılar, tahta üflemeli çalgılar, bakır üflemeli çalgılar ve vurmali çalgılardır (9).

### 2.2. Gürültü

Gürültü, istenmeyen ses veya ses kirliliği olarak tanımlanabilir. Ses, ölçülebilir, varlığı kişiye bağlı olarak değişmeyen nesnel bir kavramdır. Gürültü ise kişiye özel ve öznel bir kavramdır. Damlayan musluk sesi veya trafik sesi gibi istenmeyen ses olarak tanımlayabileceğimiz gürültünün çeşitleri vardır. Örneğin, bir arabanın sesi onun iyi çalışıp çalışmadığı hakkında bilgi verir veya bir müzik sisteminin sesi sahibine çok hoş gelebilir fakat komşusu için rahatsız edici olabilir. Bir ambulansın sireninin özellikle rahatsız edici ve önemli bilgi verici özelliği vardır. Gürültü öznel bir kavram olduğu için ölçümü de subjektiftir (10).

Gürültü tipleri frekans spektrumu ve ses seviyesinin zaman içinde değişmesine bağlı olarak ikiye ayrılmaktadır (11).

1.Frekans spektrumuna göre gürültü:

a)Geniş bant gürültü

b)Dar bant gürültü

2.İşitsel özelliklerine göre gürültü:

a) Sabit gürültü: Şiddeti kendi içinde en fazla 5 dB fark gösteren ve sürekli tekrarlayan gürültüdür.

b)Dalgalı gürültü: Sürekli tekrarlayan bir gürültüdür fakat sabit gürültüden farklı

olarak şiddet seviyeleri arasında aşamalı ani olarak oluşan 5dB'den fazla fark vardır.

c) Aralıklı gürültü: Kesik kesik tekrarlayan gürültüdür.

d) Darbeli(vurmalı)gürültü: Aniden oluşan gürültüdür. Kısa sürelidir ve şok dalgası yaratır (11).

### 2.2.1. Gürültüye bağlı işitme kaybı

Gürültü işitme duyusunda ya aniden ortaya çıkan ya da zamanla gelişen bir hasar meydana getirir. Ani oluşan etkiler, ani ve yüksek bir sesin kulak zarını zedelemesi ya da hassas korti organının fizyolojik yapısını düzelmeyecek şekilde bozması sonucu oluşur. Bununla birlikte, sürekli işitme kayıpları ise ani hasar oluşturmayacak düzeydeki gürültüde uzun süre kalınması durumunda ortaya çıkar. Yüksek şiddetli ses, tüy hücrelerine zarar verir, korti organında çökme oluşturur veya işitme sinir hücrelerini etkileyerek işitme duyusuna zarar verir. İşitme duyusu hasarı sonucu oluşan eşik kaymasının sürekli ya da geçici olması, eşik kaymasının derecesi, maruz kalınan gürültü düzeyine, gürültünün frekansa dağılımına, kişinin gürültüye maruz kalma süresine ve kişisel duyarlılığa bağlıdır (12).

Yüksek seviyede verilen bir dar band gürültü tüylü hücre hasarı için yeterlidir ve bu kayıp maruz kalınan frekansın 1,5 oktav yukarısında bir frekans kaybına neden olur(13). Bununla birlikte düşük miktardaki geçici eşik değişikliği olması durumunda, eşik değişikliği uyarının frekansında gerçekleşir.

İş ortamlarında ya da diğer ortamlarda zarar verici gürültüye maruz kalan kişiler çoğunlukla geniş band seslere maruz kalmaktadırlar fakat gürültüye bağlı işitme kaybının erken dönemlerinde bu kişilerin işitme kayıpları, odyogramda “çentik” (işitmede ani düşüş) ile karakterizedir. En büyük işitme kaybı genellikle 3000'den 6000Hz 'e kadar olan bölgede olur. Bu aralıktaki saf sesler 3000-6000 Hz frekans aralığından daha alçak ve daha yüksek seslere göre daha fazla geçici eşik değişikliğine neden olurlar. Bu frekansların hassaslığı, dış kulağın sesi amplifiye etmesinin sonucudur (14). Amplifikasyon temel olarak kulak kanalının rezonansının sonucu olarak ses şiddetinde 20 dB ve/veya daha fazla yükselmesi ile gerçekleşir.

Harris (1972) endüstriyel gürültüye bağlı işitme kaybını 3 kategoriye ayırmaktadır(15).

**1.Akustik travma:** Çok yüksek şiddetteki sese maruz kalma kulakta ani organik



hasara neden olmaktadır. Maruz kalınan bu yoğun ses, korti organının tamamında bir hasar oluşturacaktır. Akustik travmada işitme kaybına neden olan gürültü mekanik etki ile zarar vermektedir. Akustik travmanın oluşturduğu etki ile korti organı bazal membrandan ayrılır, bozulmaya uğrar ve bunun yerini bir skuamoz epitelyum dokusu alır. Burada akustik travmaya neden olan sesin şiddetidir, bireylerin ne kadar süre ile maruz kaldığı önem taşımamaktadır.

**2.Gürültüye bağlı geçici işitme kaybı:** Gürültüye bağlı işitme eşiklerinde yükselme geçici olarak gözlenmektedir. Bu işitme kayıplarında sıklıkla geriye dönüş olmakta ve eşikler normale dönmektedir.

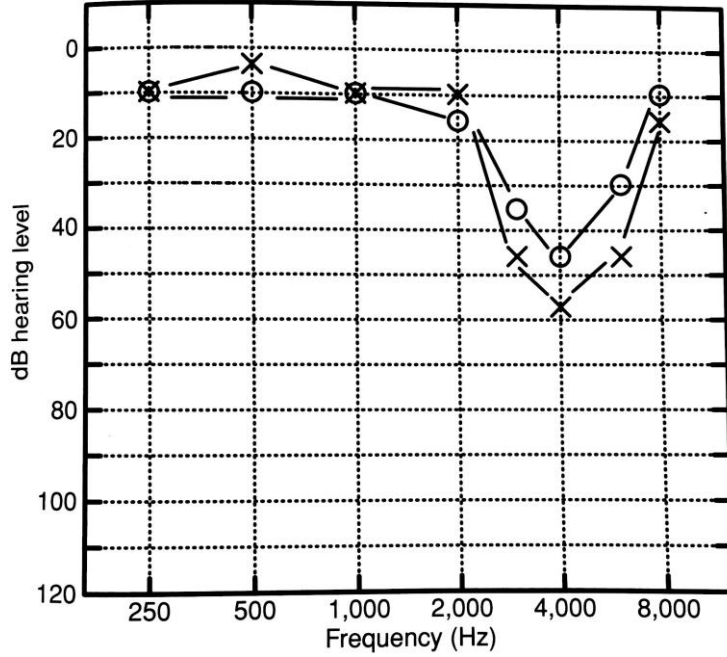
**3.Gürültüye bağlı kalıcı işitme kaybı:** Bu durumda işitme kaybı kalıcıdır. İşitme kaybına akustik travma veya tekrar eden devamlı gürültüye maruz kalma sebep olmaktadır (15).

Gürültüye bağlı işitme kaybı, çok sık karşılaşılan sağlık problemlerinden biridir. Gürültüye bağlı işitme kayıplarında kişiler, herhangi bir ağrı ya da acı hissetmeyeceği için fark edilmesi zordur.

Gürültünün etkileri 4 döneme ayrılabilir:

**1.Dönem:** Kişiler için en sıkıntılı günler bu dönemdir. İlk günden yaklaşık olarak birinci ayın sonuna kadar devam eder. Baş dönmesi, baş ağrısı, yorgunluk, iş sonrası kulak çınlaması ve kulakta dolgunluk hissi yakınmaları görülür. Gürültüye maruz kalan kulaklar, ilk iş günü akşamı birkaç saat süren yorgunluktan sonra tekrar duymaya başlar. Bu görülen yorgunluk periyodları birinci ayın sonuna doğru gittikçe daha uzun sürmektedir.

**2.Dönem:** Bu dönem 1. ve 2. aylar içinde ortaya çıkmaktadır. Tinnitus aralıklarla kendini gösterir. Bireyler bu dönemde henüz iletişimde bir problem yaşamaz. Bu aşama 1-2 ay sermektedir fakat maruz kalınan gürültünün şiddetine, süreye ve bireysel yatkınlığa bağlı olarak işitme kaybı yıllarca sürebilmektedir. Bu dönemde yapılan odyometrik ölçümlerde 4000 Hz'te minimal (çentik) işitme kaybı saptanabilmektedir (16).



**Şekil 1:** Gürültüye bağlı işitme kaybı odyogramı (17)

**3.Dönem:** Bir önceki dönemin uzamış halidir, aylarca uzamasıyla oluşur. Bu dönemde bireyler sağlıklı işitmediklerini fark ederler. 4000 Hz’de görülen işitme kaybı 80-85 dB’e ulaşmaktadır. Kişinin radyo ve televizyonun sesini fazla açması, telefonda konuşmada güçlük çekmesi, saat seslerini ve gürültülü ortamlardaki konuşmaları duyamaması beklenen şikayetlerdir.

**4.Dönem:** Gürültüye maruz kaldıktan sonraki 2-15 yıl içinde ortaya çıkar. Ortalama 60dB-80dB işitme eşikleri elde edilir. İşitme kaybı ile birlikte uğultu ve tinnitus şikayetleri de vardır. 4000 Hz frekansında başlayan ileri derecede işitme kaybı, bununla kalmayıp yan frekansları da etkiler ve konuşma sesi frekanslarında da kendini gösterir (16).

Kalıcı işitme kayıplarında iç kulakta koklear sinir hücrelerinde meydana gelen hasar, mekano-sensör tüy hücrelerinde oluşmaktadır (18). Tüy hücrelerindeki hasar, kısa süreli (dakikalar içinde) gürültüye maruz kalma nedeni ile başlamakta ve günlerce devam eden bir süreç olmaktadır (19).

Gürültüye bağlı işitme kaybı her zaman simetrik olarak belirtilse de, asimetrik konfigürasyonlar da görülebilmektedir. Çalışma ortamında kafa

pozisyonuna göre bir kulak diğlerinden daha fazla gürültüye maruz kalabilmektedir(20). Bununla birlikte araştırmalarda, nedeni tam anlaşılamadığı halde sol kulağın ilk ve daha hızlı bir şekilde gürültüden etkilendiği belirtilmektedir (21, 22).

### **2.2.2 Gürültüye bağlı eşik değişiklikleri**

Gürültüye bağlı geçici işitme kaybı durumunda oluşan geçici eşik değişikliği GED (Temporary Threshold Shift) ve kalıcı işitme kaybı ise kalıcı işitme eşiği KED (Permanent Threshold Shift) ile adlandırılır. Geçici eşik değişikliği sonrasında iyileşme görülür ve işitme eşiğinin maruz kalınan gürültü öncesindeki düzeyine ulaşır. Kalıcı eşik değişikliği sonrasında kısmi bir iyileşme görülür veya bütünüyle bir iyileşme görülmez, işitme eşiği maruz kalınan gürültü öncesi düzeyine yükselmez. (11)

Diğer frekanslarından daha fazla 6000 ve 8000 Hz eşiklerinde meydana gelen büyük değişiklikler, erken dönemdeki gürültüye bağlı işitme kaybı ile ilişkilendirilen küçük çentiklerin tanınmasını güçleştirmektedir. Gürültüye bağlı işitme kaybını değerlendirmek için verilen kararlardan bazıları, karar vermek için tek odyograma bağlı kalındığında işitme kaybı olduğu yönünde yanlış sonuçlar elde edilmesine neden olabilir (23). Birden fazla odyogram üzerinden ortalama almak, yüksek frekans işitme kaybı görünümüne sebep olan kulak kirini temizlemek gibi yöntemler tanısal doğruluğu artırır (24).

Gürültüye bağlı işitme kaybı, gürültüye aylar, yıllar boyunca maruz kalınan süre zarfında yavaş ilerleyici bir seyir gösterir veya ani patlama, ani ses gibi gürültü travmalarına maruz kalındığında hızla gelişebilir. Kujawa ve Liberman'ın 2009 yılında yaptığı araştırmaya göre saf ses eşiklerinin gürültüye maruz kalındıktan sonra normale dönebildiğini ancak fonksiyonel işitme becerilerinin gürültüye maruz kalmadan dolayı tehlikede olduğu sonucuna ulaşmışlardır (25).

### **2.2.3. Gürültü ve müzik**

Bilindiği gibi sanayi ve askeriye yüksek gürültü kaynaklarıdır. Askeriyede tanklar, jet uçakları ve diğer ağır makineler gibi donanımlar bulunmakta ve askeri personel eğitim ve savaşlarda patlamalara ve patlayan silah seslerine maruz

kalmaktadırlar. Bundan dolayı, gürültü maruziyeti sürekli olarak devam eden bir risktir. Endüstriyel ortamlarda ise ağır ekipmanlar, makineler, baskı makinalarının bulunduğu, çalışanların tehlikeli gürültü seviyelerine maruz kaldığı çalışma ortamları oluşmuştur. Günlük gürültünün, gürültüye bağlı işitme kaybı gelişimine katkıda bulunabileceğini sıradan bir insanın fark edebilmesi çok zordur (17).

Müzikal enstrümanlar hem müzisyenlerin kulaklarında hem de yakınında oturan diğer müzisyenlerin kulaklarında yüksek ses oluştururlar. Gürültü başka bir aktivite sonucu üretilen istenmeyen ses olarak tanımlansa da , bu tanımın aksine müzik, ses üretimini amaçlayan bir aktivitedir ve bu sesler zarar verici olabilmektedir(17). Müzisyenler çoğunlukla konser ve provalar süresince 79-98 dBA şiddeti aralığında sese maruz kalırlar (10).

**Tablo:1** Müzik Enstrümanların 3 metre uzaklıktan ölçülen ortalama ses şiddet seviyeleri (26)

<b>Müzikal Enstrüman</b>	<b>3m uzaklıktan ölçülen dB şiddetleri</b>
Çello	80-104
Klarnet	68-82
Flüt	92-105
Trombon	90-106
Violin	80-90
Violin (sol kulağa yakın)	85-105
Trompet	88-108

Tablo 1 Chasin'in (2006) yaptığı bir araştırmadan alınmış ve horizontal düzlemde ve 3 m mesafe uzaktan ölçülen ses seviyelerini gösterir. Aynı zamanda kemancının sol kulak yakınından ölçülen ses şiddet seviyesi dB de gösterilmektedir. (26)

Müzisyen olmayan kişiler ve müzisyenler için askeri ve mesleki ortamlar dışındaki önemli gürültü kaynaklarından biri de "taşınabilir "müzik aletlerinden dinlenen müziğe maruz kalmaktır. Taşınabilir müzik aletleri mp3 çalıcılar gibi dijital müzik çalan ve sokak gibi gürültülü ortamlarda eğer kulaklıklar ses izolasyonu sağlıyorsa, ortam gürültüsünün müzik tarafından maskelendiği aletlerdir. Bu gibi ortamlarda müzik, daha sessiz ve daha kontrol edilebilir ortamlara göre daha yüksek ses seviyesinde dinlenmektedir. Bu taşınabilir müzik aletlerinin ürettikleri sesler 130 dB seviyesine kadar çıkmaktadır. Ulusal Mesleki Güvenlik ve Sağlık Enstitüsü (National Institute for Occupational Safety and Health)'nin gürültü doz modeline

göre, meslek çalışanlarının korunması için maksimum izin verilebilir gürültü dozu, ses kontrol ayarının maksimum kazancının %70'lik ayar düzeyinde , supra-aural kulaklıklarla 1 saatlik müzik dinleme süresi olarak tanımlanır. (27)

#### **2.2.4. Gürültüye maruz kalma süresi**

Ortalama 85 dB gürültüye sürekli, maruz kalmak pek çok kişide yavaş yavaş gelişen işitme kaybına neden olurken daha yüksek şiddetteki gürültü ise bu hasarın gelişiminin hızlanmasına neden olur. Korunmasız kulaklar için, gürültü seviyesindeki her 5 dB'lik şiddet artışına karşılık bu gürültüye maruz kalma süresinin yarısı kadar azaltılması önerilmektedir. Örneğin, 90 dB şiddetindeki gürültüye maruziyet her gün 8 saat, 95 dB'e 4 saat, 100 dB'e 2 saatle sınırlıdır. Korunması kulaklar için en yüksek izin verilebilir ses şiddet seviyesi her gün 15 dk olmak üzere 115 dB'dir. 140 dB'in üzerindeki gürültü önerilmemektedir. İş güvenliği ve Sağlığı Bakanlığı'nın (Occupational Safety and Health Administration) 1983'deki İşitme Koruma Düzenlemesi gürültülü iş ortamları için işitme koruma programını şart koymuştur (28). Bu program günde 8 saat boyunca 85 dB ve daha yüksek şiddetteki gürültü maruz kalan ortalama 5 milyon çalışan yılda 1 kez işitme testi yaptırmaları gerekmektedir.(29)

Aynı şekilde müzikal enstrümanlar da oldukça yüksek ses üretmekte ve işitme kaybına neden olabilmektedir. Sesin en çok zarar veren tipi ise yüksek frekanslı olanlardır. Keman ve viyola kalıcı işitme kaybına neden olabilecek kadar yeterli yükseklikte ses üretirler. Bu ses şiddeti, enstrümanın yakın durduğu sol kulak için çoğunlukla daha zarar vericidir. Provalar süresince gürültüye maruziyeti azaltmak amacıyla sesi azaltmaya yarayan *Mute* araçları kullanılabilir, ancak ortam gürültüsü 120 dB'e ulaşan canlı konserler işitme hasarına neden olabilir.(29)

**Tablo 2:** Günlük hayatta rastlanan sesler ve bunların Şiddetleri (29)

<b>Ortalama Desibel Seviyesi</b>	
0 dB	duyulabilecek en düşük Şiddetli ses
30 dB	fısıltı, sessiz kütüphane
60 dB	normal konuşma, dikiŐ makinesi, daktilo
90 dB	çim biçme makinesi, tamir aletleri, kalabalık trafik; maksimum maruziyet günde 8 saat ( insanların %90'ı korur)
100 dB	elektrikli testere, sondaj makinesi, kar arabası; korumasız olarak maksimum maruziyet günde 2 saat
115 dB	Kumlama makinesi, yüksek sesli rock konseri, araba kornası, korumasız olarak maksimum maruziyet günde 15 dk
140 dB	Silah patlaması, jet motoru; gürültü kulakta ağrıya sebep olur, kısa süreli maruz kalmak bile korumasız kulaklara zarar verir; kulak tıkaçı ile maruz kalınabilecek en yüksek Şiddet seviyedir.

**Tablo 3:** Amerikan iş Sağlığı ve Güvenliği Başkanlığının İşitme Sağlığı Koruma Programında yayınladığı günlük maruz kalınan ses şiddeti-süre miktarları (30)

Ses Şiddeti (decibel -dB)	Günlük Önerilen Süre (Saat)	Ses Şiddeti (decibel -dB)	Günlük Önerilen Süre (Saat)
80.....	32	113.....	0.33
81.....	27.9	114.....	0.29
82.....	24.3	115.....	0.25
83.....	21.1	116.....	0.22
84.....	18.4	117.....	0.19
85.....	16	118.....	0.16
86.....	13.9	119.....	0.14
87.....	12.1	120.....	0.125
88.....	10.6	121.....	0.11
89.....	9.2	122.....	0.095
90.....	8	123.....	0.082
91.....	7.0	124.....	0.072
92.....	6.1	125.....	0.063
93.....	5.3	126.....	0.054
94.....	4.6	127.....	0.047
95.....	4	128.....	0.041
96.....	3.5	129.....	0.036
97.....	3.0	130.....	0.031
98.....	2.6		
99.....	2.3		
100.....	2		
101.....	1.7		
102.....	1.5		
103.....	1.3		
104.....	1.1		
105.....	1		
106.....	0.87		
107.....	0.76		
108.....	0.66		
109.....	0.57		
110.....	0.5		
111.....	0.44		
112.....	0.38		

### 2.3 Müzisyenlerde Akustik Travma

Müzisyenler uzun süreler boyunca maruz kaldıkları müziğe ek olarak ses kontrol çalışmaları sırasında tiz ses yansımaları, doğru yapılmamış ayarlar, vurmali çalgılardan gelen patlamalı sesler ve uzun süren performanslar boyunca büyük hoparlör yığınları içinde kalma sonucu gürültüye maruz kalmaktadırlar.

Müzik ortamlarındaki tek defalık travmanın etkilerini araştıran sınırlı sayıda araştırma olsa da, işitme kaybının kaynağının tek veya kısmen kısa süreli bir ani ses patlaması da olduğu klinik olarak kanıtlanmıştır. Uzun süreli endüstriyel gürültüye maruz kalma sonucu pek çok işitme kaybı rapor edilmiştir. Bununla birlikte endüstriyel ortamlar kötü olarak tanımlanan müzikal ortamlara göre bazı yönlerden daha kontrol edilebilir ortamlardır.

Tüm bunlara ek olarak, endüstriyel ortamlarda çalışan bir işçinin aksine, müzisyenler ve dinleyiciler çalışma saatleri dışında da müziğin zarar verici etkisine maruz kalabilirler. Pek çok müzisyen bir orkestraya bağlı olmadan bağımsız olarak çalışır bundan dolayı temel ve yıllık işitme koruma programlarında kolaylıkla takip edilemez. (17)

## **2.4.Konuşma ve Müzik İlişkisi**

### **2.4.1 Konuşmanın ve müziğin dinamik aralığı**

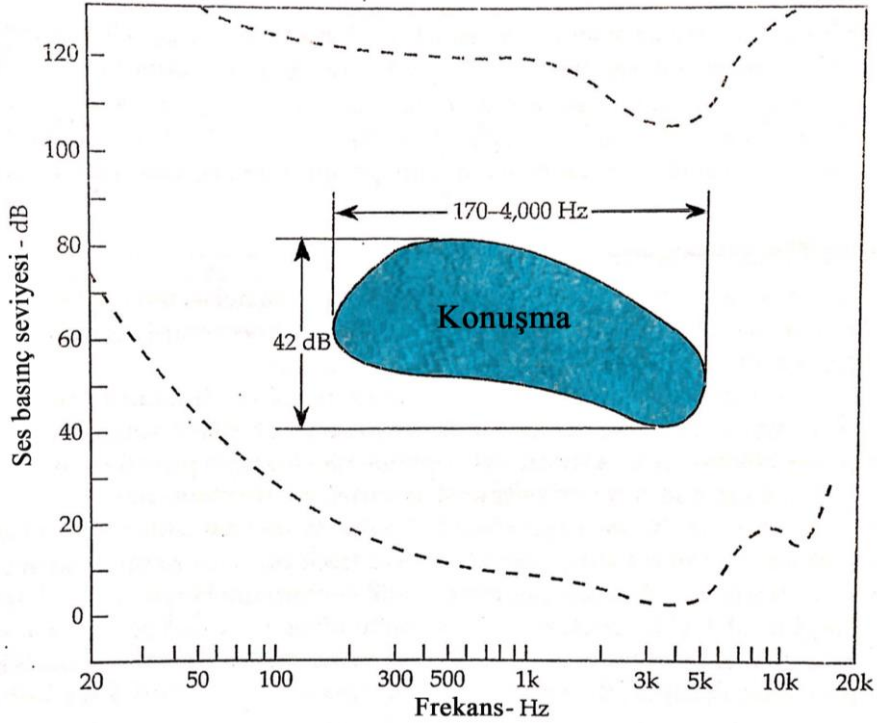
Konuşmanın dinamik aralığı oldukça sınırlıdır. En yumuşak konuşma seslerinden en yüksek konuşma seslerine, normal eforda konuşma sesinin en yüksek gürlük seviyesi 30-40 dB sPL aralığındadır. Daha fazla eforla konuşulduğunda, yüksek sesli konuşmanın en yüksek gürlük seviyesi 60-70 dB sPL'e kadar olabilir. (10)

Konser salonunda, tam kadro çalan bir senfoni orkestra çok yüksek seslerin yanında, aynı zamanda yumuşak ve hassas pasajlar da üretebilme kapasitesine sahiptir. İnsan kulağı geniş bir dinamik aralığa sahip olduğundan dolayı, dinleyiciler bu ses geçişlerinden zevk alabilir. En yüksek sesli ve en yumuşak pasajların dinamik aralığı 100 dB olabilir ki insan kulağının dinamik aralığı 120 dB civarındadır. Yumuşak pasajların etkili olabilmesi için konser salonunda ortam gürültüsünden daha yüksek ve duyulabilir olmalıdır ki bundan dolayı trafik ve dış gürültülerin geçişini engelleyen yeterli yapısal yalıtım yapılmalıdır. (10)

### **2.4.2 Konuşma ve müziğin işitsel alanı**

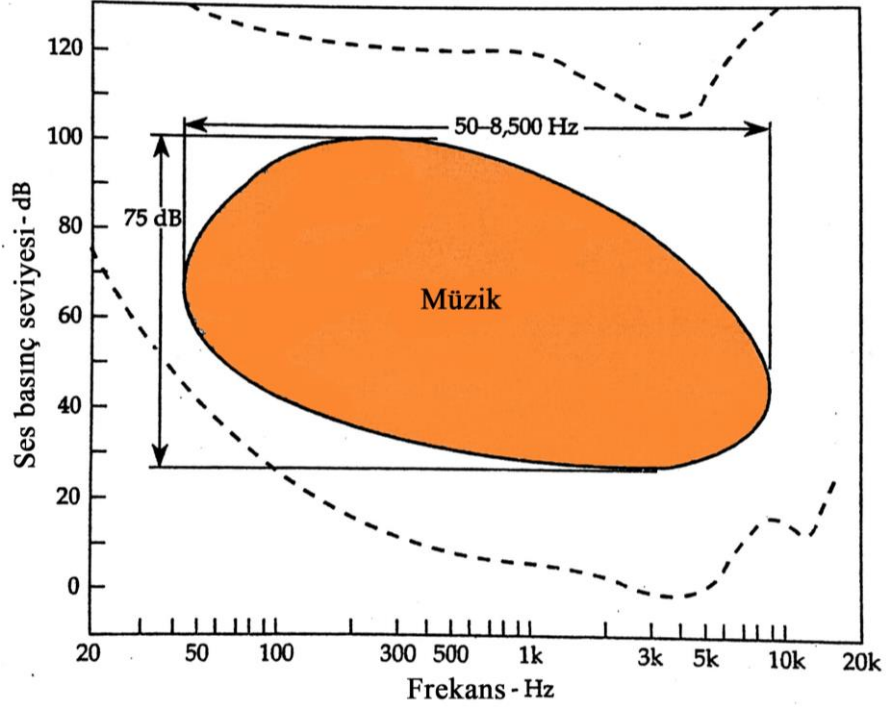
Konuşma, müzik ve diğer seslerin geniş frekans aralığı ve dinamik aralığı, bu seslerin insan kulağında farklı yer almasını gerektirmektedir. Şekil 2'de işitsel alanının konuşma için kullanılan bölgesi koyu renkle gösterilmiştir. Bu bölge, işitme alanının merkezinde bulunmaktadır, hem yumuşak ve yüksek sesler, hem de çok yumuşak ve yüksek konuşma sesleri için kullanılır. (10)





**Şekil 2:** Konuşmanın işitsel alanı (10)

Konuşma alanı şekilde gösterildiği gibi yaklaşık olarak ortalama 42 dB'lik bir dinamik aralık gösterir. 170 Hz'den 4000 Hz frekans aralığı 4,5 oktavlık bir aralığı kapsar(10).



**Şekil 3:** Müziğin işitsel alanı (10)

Müzik alanı şekil 3'te gösterildiği gibi şekil 2'deki konuşma alanından çok daha büyüktür. Müzik kulakta işitme bölgesinin çok büyük bir bölümünü kullanır. Şiddet ve frekansın her ikisinin de ortak farklılığı konuşma alanından büyük olmalarıdır. Müzik alanının dinamik aralığı 75 dB'dir ve frekans aralığı ortalama 50-8500 Hz'dir. Bu frekans kapsamı 7,5 oktavdır. İnsan kulağının aralığı ise 10 oktavdır. Yüksek doğruluk standartları bundan daha geniş bir frekans aralığı gerektirir. Ortalama işlem yapılmadan dahil edilen konuşma ve müzik alanlarının dinamik aralıkları ve frekans aralıkları hala yeterli derecede büyük bir öneme sahipse de tüm bilgiler sağlanıp, ortalamaları elde edildiğinde daha büyük olacaktır (10).

## **2.5. Odyolojik Testler**

### **2.5.1. Saf ses odyometri**

En sık kullanılan davranışsal işitme testlerinden biridir. İşitmenin değerlendirilmesinde saf seslerin kullanılması temeline dayanır. Saf ses eşikleri, işitme kaybının ve işitme düzeyinin derecesi hakkında bilgi verir. Saf ses frekansa spesifik eşik belirlenmesini sağlar. Koklea ve işitme sinirinden ayrı olarak, dış ve orta kulaktan kaynaklanan problemlerde işitme kaybının miktarını hesaplanmasını sağlar.

Hastanın işitme kaybının derecesini ve tipini belirler (31,32). Subjektif bir testtir. Hava iletim testi ve kemik iletim testi olmak üzere iki testten oluşmaktadır.

#### **Hava iletim testi**

Dış kulak yolundan kulaklıklar aracılığı ile verilen saf seslerle, hastanın duyabildiği eşik seviyesinin belirlenmesi için yapılan ölçümlerdir (32).

Ses dalgalarının dış kulak yolu, kulak zarı, orta kulak kemikçikleri, koklea ve işitme sinirine iletilmesi ile gerçekleşen işitme miktarı ölçülmektedir. Birey ses geçirmez bir sessiz kabine oturtulur. Bireyin kulağına yerleştirilen kalibre edilmiş kulaklıklar ile saf ses verilir. Bireyden sesi duyduğu zaman elindeki düğmeye basması istenir. Ölçüme iyi duyan kulaktan ve algılanması en kolay olduğu için 1000 Hz den başlanır. Eşik genellikle Hughson-Westlake “yükseltme metodunun (ascending method)” bir versiyonu kullanılarak belirlenir (33). Eğer kişinin ifade ettiği bir işitme kaybı yoksa eşik bulma işlemi, 30 dB HL'de saf ses verilerek başlanır. Bireyin cevabından sonra ses şiddeti 10 dB azaltılıp 5 dB artırılarak sırası

ile 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz, 6000 Hz, 8000 Hz frekanslarında daha sonra 500 Hz, 250 Hz frekanslarında işitme eşikleri saptanır. ASHA (2005) aynı zamanda 8000 Hz'den sonra tekrar 1000 Hz'e dönerek güvenilirlik kontrolü yapılmasını önerir.

Tanısal odyometri için 250-8000 Hz aralığındaki ara oktavlar 3000-6000 Hz ile birlikte ölçülür. Eğer komşu oktavlar arasında 20 dB ve daha fazla fark var ise, 500-2000 Hz aralığındaki ara oktavlar da ölçülür(34). Verilen saf sesin şiddeti 0-110 arasındadır ve desibel (dB) olarak tanımlanır.

500 Hz, 1000 kHz ve 2000Hz frekanslardaki işitme eşikleri ölçüt alınarak hesaplanan Saf Ses Ortalaması (SSO) ile bulunan değer işitme kaybının derecesini belirler. Tablo 4'de yetişkinlerde en sık kullanılan işitme kaybı sınıflandırması verilmiştir (32).

**Tablo 4.** Yetişkinlerde kullanılan işitme kaybı sınıflandırması (32)

<b>İşitme kaybının derecesi</b>	<b>Northern ve Downs, 2002</b>	<b>Jerger ve Jerger, 1980</b>	<b>Goodman, 1965</b>
<b>Normal işitme</b>	< 16	< 21	< 26
<b>Çok hafif</b>	16-25	-	-
<b>Hafif</b>	26-30	21-40	26-40
<b>Orta</b>	30-50	41-60	41-55
<b>Orta-ileri</b>	-	-	56-70
<b>İleri</b>	51-70	61-80	71-90
<b>Çok ileri</b>	>70	>80	>90

#### **Kemik iletim testi**

Kemik yolu ölçümü 250-4000 Hz arasında gerçekleştirilir (34). Kalibre edilmiş vibratör kulaklıklar, auricula'nın arkasındaki mastoid çıkıntı (procesus mastoideus) üzerine yerleştirilerek kemik iletimi sağlanır.

Saf ses kemik yolu eşikleri, uyarının dış ve orta kulağı atlayarak, kokleayı doğrudan uyarması yolu ile elde edilir. Böylece hava ve kemik yollarından elde edilen eşiklerin farklılığı işitme kaybının tipi (normal işitme, iletim tipi veya

sensörinöral işitme kaybı) ve eğer varsa iletim tipi işitme kaybının derecesine karar vermede yararlıdır (33). Kemik yolu ölçümlerinde eşik tespiti için hava yolu ölçümlerinde kullanılan yöntemler kullanılır.

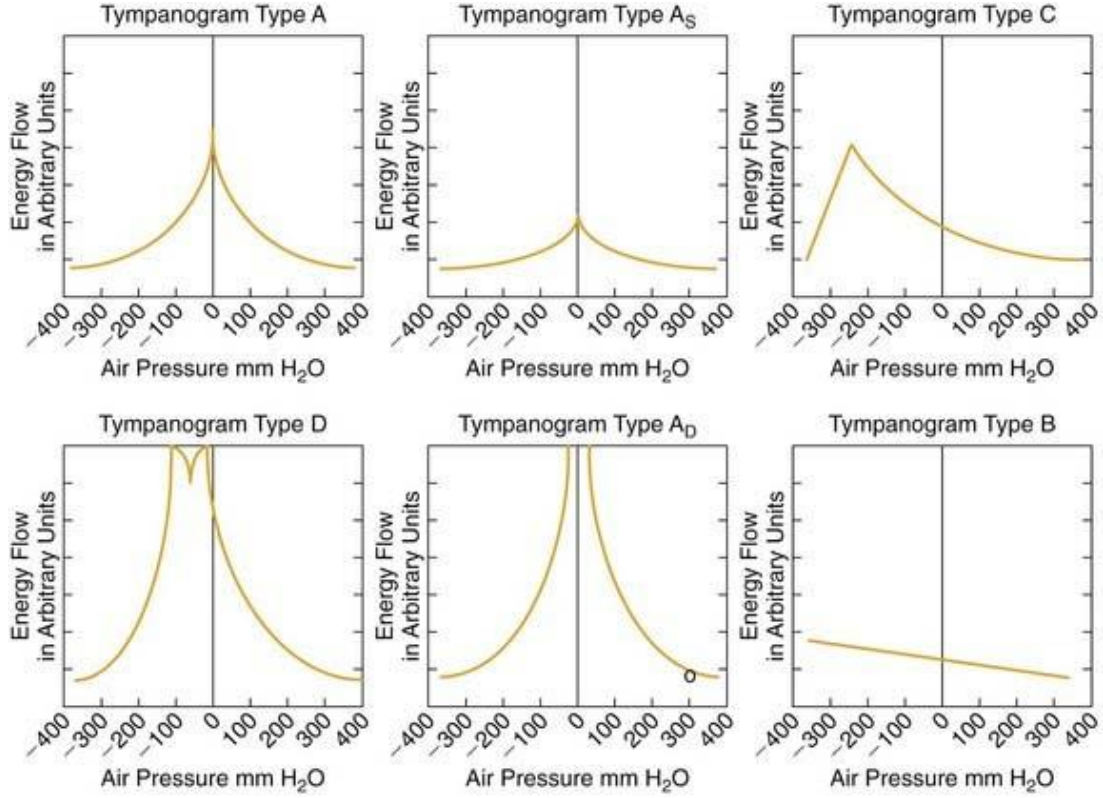
### **2.5.2. Akustik immitans (akustik iletkenlik) kavramı ve timpanometri**

Akustik immitans (akustik iletkenlik), akustik impedans ve akustik admitans kavramlarının her ikisini birden ifade eden karma bir terimdir. Akustik admitans akustik enerjinin orta kulak sisteminden geçiş kolaylığını ifade ederken akustik impedans akustik enerjisinin akımına karşı total direnci tanımlamak amacıyla kullanılır. Admitans'ın birimi akustik mmho, impedans'ın birimi akustik ohm'dir (34, 35, 36, 37 ).

Günümüzde hem direncin hem de geçirgenliğin her ikisinin de uygulandığı çoğu cihazlarda akustik immitansmetri teriminin kullanılması daha doğrudur. Elektroakustik impedansmetreler; başta kulak zarı ve orta kulak patolojileri olmak üzere, 7 ve 8. Sinir ve beyin sapı lezyonlarının ayırıcı tanısında kullanılan, orta kulak direncine bağlı olarak enerji transferlerini objektif olarak ölçebilen cihazlardır. Bu cihazlarla orta kulak yapılarının bütünlüğünü, orta kulak basıncını, kulak zarının mobilitesini, akustik refleks varlığını ve tuba eustachii fonksiyonlarını değerlendirmek mümkündür (36, 37). Bu cihazlarla yapılan değerlendirmelerden bir tanesi timpanometrik değerlendirmedir.

Timpanometri, orta kulak sistemini kompliansındaki (geçirgenliğindeki) değişiklikleri ölçmek için odyologlar tarafından kullanılan bir araçtır (38). Değiştirilen dış kulak kanalı basıncının (daPa cinsinden) fonksiyonu olarak, orta kulağın değişen akustik iletkenliğini miliOhm cinsinden ölçer. Timpanometri, orta kulak fonksiyonunun hızlı, non-invaziv aynı zamanda ekonomik biçimde değerlendirilmesini sağlayan bir testtir. Bu test ile, kulağa verilen sese ve beraberinde dış kulak yolu basıncında yapılan değişikliklere karşı orta kulaktan alınan cevabı bir mikrofon ile ölçülür, böylece orta kulak sisteminin direnç ve geçirgenliğinin objektif olarak değerlendirilmesini sağlar.

Timpanometri sonuçları timpanogram denilen grafiklerle ifade edilir. Jerger(1970) sınıflandırmasına göre beş temel tip (A,As,Ad,B,C) timpanogram vardır (39). (Şekil 4)



**Şekil 4:** Timpanogram sınıflandırması (39)

**Tip A:** A tipi timpanogramın 3 alt tipi bulunmaktadır. Tip A timpanogramlar normal orta kulaklardan kayıt edilir. Tip A timpanogram 0 daPa basınçta normal yüksekliğe sahiptir. Tip A<sub>s</sub> alçak tepe noktalıdır ve orta kulakta sıvı birikimi ya da kemikçik fiksasyonu olması halinde görülür. Tip A<sub>D</sub>'nin ise tersine tepe noktası çok yüksektir. Bu tip timpanogram kemikçik kopukluğu ya da timpanik membran hasarlarında görülür (40).

**Tip B:** Tip B timpanogramın tepe noktası bulunmaz. Yatay düz bir çizgi şeklindedir. Orta kulak efüzyonu, timpan zar perforasyonu, serümen ile probun tıkanması, dış kulak yolunu tıkayan serümen, tüpün ağzının dış kulak yoluna dayanması gibi probun yerleştirilmesinde yanlışlık olduğu durumlarda tip B timpanogram elde edilir (41).

**Tip C:** Normal amplitüdü pik yapan ancak pik basıncının -50 daPa'dan düşük değerlerde gerçekleştiği timpanogram eğrisidir. Orta kulakta negatif basınç varlığında elde edilmektedir (41).

Jerger'in 1970 yılında sunduğu bu şekiller özellikle klinik ortamlarda geçerliliğini korumaktadır. Ancak bu analiz şekli sadece Y-226 Hz ile ölçüm yapan

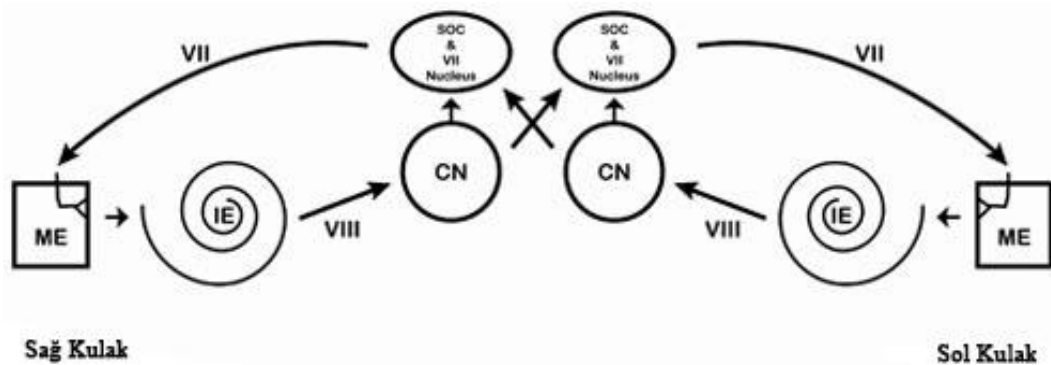
alçak frekans timpanometrisi için geçerlidir. Jerger (1970) tarafından 220 Hz probe ton için bildirilen bu üç timpanogram çeşidine (A,B ve C tipleri) ek olarak yüksek frekans probe ton için iki ilave timpanometrik kalıp daha ortaya çıktı. D tipi ve E tipi olarak adlandırılan bu kalıplar birden fazla tepe noktalıdır(40).

**Tip D:** Tip D timpanogram “w” şeklindedir, timpanik membranın atrofik, skarlı ya da flasid olmasına işaret eder.

**Tip E:** Birden fazla ancak alçak tepe noktalarına sahiptir ve geniş, inişli çıkışlı tepe noktalarıyla karakterizedir. Jerger ve Northern (1970) tip E timpanogramın kemikçik zincir devamsızlığına işaret ettiğini ileri sürmüşlerdir (37).

### Akustik Refleks Ölçülmesi:

Orta kulaktaki iki kastan ancak m.stapedius akustik stimülasyonlara yanıt verir. Bu nedenle ses uyararı verilerek m.stapedius refleksi araştırılır. Çoğunlukla normal kişilerde işitme eşiğinin 70-90 dB üstünde verilen ses uyarısına refleks olarak M.Stapedius kası kasılır. Bu kasılma stapese etki yaparak orta kulaktaki kemikçikler sisteminin impedansını artırır, böylelikle sesin iç kulağa geçişi engellenir. Bu impedans artması odyometrik olarak saptanabilir. M.Stapediusun belirli bir şiddetteki ses uyarısı sonucu refleks olarak kasılması, sağ ve sol olmaz üzere iki taraflı olarak meydana gelir. Yani ses uyarısı hangi taraftan verilirse verilsin, her iki kulaktaki kas birden kasılır. Fakat, bunun için refleks arkının sağlam olması gerekir. Bu refleks yolu ile VIII.kraniyal sinir, beyin sağ alt merkezleri ve VII.kraniyal sinir de sorgulanmış olur (42)



Şekil 5: Akustik refleks arkı (43)

Refleksin ölçülmesi için impedansmetre kullanılır. Bu refleks araştırması bütün frekanslar için yapılır. Stimulasyon hem ipsilateral hem de kontralateral olarak yapılmalıdır. Refleks eşiği, akustik impedansta değişiklik meydana getiren en düşük ses seviyesidir. Bu refleks, eşik seviyesi normal kişilerde 500-2000 Hz frekansları arasında olmalıdır (42). 4000 Hz'in ölçülmesi önerilmez, çünkü normal işitmeye sahip pek çok kişi 4000 Hz'de yüksek eşik değerlerine sahiptir. (44, 45)

### **2.5.3.Otoakustik emisyonlar**

Otoakustik emisyon; hassas bir mikrofon ile ölçülebilen, orta kulak ve dış kulak kanalı boyunca dağılan ve kokleadan üretilen enerjinin sesidir. (46)

Son yıllarda yapılan çalışmalar, otoakustik emisyonların özellikle dış tüylü hücrelerin (DTH' ler) ürünü olduğunu göstermektedir. OAE' lerin elde edilmesini engelleyen en önemli faktör DTH hasarlarıdır. Sadece iç tüylü hücre hasarlarının OAE' ler üzerinde belirgin bir etkisi saptanamamıştır. Kokleanın dinamik aralık, işitsel duyarlılık ve frekans seçicilik gibi işlevleri DTH' lerin hasar görmesiyle birlikte bozulmaktadır (37, 47).

Otoakustik emisyon ölçümü non invaziv bir yöntemdir. Kooperasyon gerektirmediği için çocuk ve mental retarde hastalarda çok rahat kullanılabilir. Duyarlı, güvenilirliği yüksek, kokleanın fonksiyonlarını, dış saçlı hücreleri değerlendiren, işitsel fonksiyon bozukluğunun kaynağını belirlemeye yarayan kokleaya spesifik bir testtir (47, 48, 49).

Otoakustik emisyonlar, test sırasında uyaran kullanılıp kullanılmadığına göre ikiye ayrılır. Uyaran kullanıldığında elde edilen emisyonu uyarılmış (evoked) otoakustik emisyon (EOAE), uyarana gerek olmadan kaydedilene ise spontan OAE (SOAE) adı verilir (50). Otoakustik emisyon tekniğinin özellikle yenidoğan ve küçük bebeklerde işitme kaybının taranması, potansiyel ototoksik ilaç ve/veya benzeri etki altındaki hastalarda işitmenin monitörizasyonu, koklear ve retrokoklear lezyonların tespitinde ayırıcı tanısı, işitsel nöropati olgularının tanınması, organik olmayan işitme kayıplarının belirlenmesi, mental retardasyonu olan kişilerde koklear kaybının anlaşılması ve gürültüye bağlı koklear işitme kaybının erkenden tanınması gibi kullanım alanları mevcuttur (51).

### **Uyarılmış Otoakustik Emisyonlar**

Akustik bir uyarının sunumunun ardından kokleanın verdiği cevapla ortaya çıkar. Farklı uyarın tiplerine göre çeşitli türlerde uyarılmış otoakustik emisyonlar bulunmaktadır. Bunlar;

- (a) Transient evoked OAE (TEOAE)-Geçici Uyarılmış OAE'ler
- (b) Distortion product OAE (DPOAE)
- (c) Stimulus frekans OAE (SFOAE)

#### **(a) Transient Evoked Otoakustik Emisyonlar**

Transient (geçici) Uyarılmış OAE' ler (TEOAE), çok kısa süreli bir uyarının sunumunun ardından ortaya çıkar. Geniş bantlı (klik) veya sınırlı bir frekansa sahip (tone burst) uyarınlar kullanılır. Klik uyarınla ortaya çıkan OAE' lerin frekans aralığı oldukça geniştir. Tonal uyarınlarla ise, frekansa özgü yanıtlar elde edilir. Bununla birlikte klik uyarınlarla elde edilen OAE' lerin spektral çözümü yapılarak yanıtların frekansa özgü dağılımını görmek mümkündür (52, 53, 54).

Probe ucu, klik veya tone-burst uyarını oluşturmak için hoparlör ve kulak kanalındaki sesi almak için de mikrofondan oluşmaktadır (55).

Tone-burst uyarı kullanılmakla birlikte klik uyarın başlıca kullanılan uyarı şeklidir. Sıklıkla 80-86 dB SPL'lik uyarın klinikte kullanılmaktadır. OAE'lar 20 msn'lik periodlar halinde kayıt edilir (51).

Klinik pratikte, geçme-kalma ölçütleri değişik marka ve modele göre değişebilmekle birlikte, yaygın kullanımda reprodüktibilitenin %50-60 veya üzerinde olması ve sinyal gürültü oranının en az üç frekansta 3 dB'nin üzerinde olması "yanıt var" anlamına gelmektedir (47, 56).

Geçici uyarılmış otoakustik emisyonların 30 dB'e kadar olan işitme eşikleri hakkında bilgi verir. 30 dB'den fazla işitme kayıplarında TEOAE elde edilemez. Bu ayrıcalığından dolayı yenidoğan tarama programlarında, fonksiyonel işitme kayıplı hastaların ayırt edilmesinde, işitme kaybının iç kulak lokalizasyonunu objektif olarak doğrulamak amacıyla kullanılır (57). Normal dış, orta ve iç kulak işlevine sahip kulaklarda OAE gözlenmesi beklenir. Ancak 30-50 dB HL'i aşan koklear işitme kayıplarında yanıt alınamayabilir. Geçici uyarılmış OAE'ler, test edilen kulakta orta



kulak patolojilerinin varlığında elde edilmeyebilir ve bu patolojinin tipi ve şiddetiyle ilgilidir (58, 59).

Bu ölçümlerde dikkate alınması gereken bir nokta vardır ki o da sensörinöral işitme kayıplarından etkilenmesidir.

0-10 dB kayıpta %100

10-20 dB kayıpta %99

20-30 dB kayıpta %11

30-35 dB kayıpta %8

40 dB üstünde %0 oranında TEOAE elde edilir (60).

### **(b) Distorsion product OAE (DPOAE)**

Distorsiyon product otoakustik emisyonlar (DPOAE) iki saf ses verilerek saptanırlar. DPOAE’de kullanılan bu iki pür ton uyarıcı  $f_1$  ve  $f_2$  olarak adlandırılır. DPOAE normal şartlarda iki ton stimülasyonunun kokleada iki farklı ilerleyen dalga oluşturmasına ve bunların üst üste bindiği koklea bölgelerinde otoakustik emisyonlar ortaya çıkmasına bağlıdır. DPOAE normal çalışma şartlarında oluşur. Patolojik koklear bölgeler test edildiğinde azalmış veya yok olarak bulduklarından, yani frekansa özgü olduklarından doğrudan klinik uygulama alanı bulurlar. 500-8000 Hz arası ölçümü DPOAE için bir avantajdır. DPOAE ölçümlerinde TEOAE ölçümlerinden farklı bir prop ve her iki stimulus için ayrı olmak üzere iki ufak hoparlör ve bir mikrofon bulunur (61).

Distorsiyon ürünü otoakustik emisyon korti organındaki özellikle dış saçlı hücrelerin fonksiyonlarını değerlendirmek için kullanılır (62). İşitmesi normal olan insanların %90’ında elde edilebilirler (63). Distorsiyon ürünü OAE’ler 40-60 dB’i aşan sensörinöral işitme kayıplarında genellikle elde edilemez (47).

### **(c) Stimulus frekans OAE (SFOAE)**

Stimulus frekans otoakustik emisyonlar, kokleanın düşük seviyedeki sabit tonlarla sürekli akustik stimülasyon ile uyarılması sonucu uyarıcı frekansında elde edilen akustik enerjilerdir (64). Elde edilen yanıtlar, stimulus şiddeti ile nonlineer olarak artmaktadır. SFOAE, TEOAE ile ortak koklear orijini taşır. Emisyonların kayıt edilmesindeki güçlük, yüksek donanım gerektirmesi ve uyarıcıyla yanıtın zaman

bağlamında birbirine yakınlığı gibi teknik zorluklardan dolayı klinik kullanımı yaygın değildir.

### **Spontan otoakustik emisyonlar (SPOAE)**

Akustik uyarın olmaksızın dış kulak yolundan elde edilen düşük seviyedeki dar band tonal sinyallerdir. SOAE'ların oluşum mekanizması tam olarak bilinmemekle birlikte dış tüylü hücrelerin nonlinear aktivitesi sonucunda oluştuğu kabul edilir (65). İşitmesi normal olan çocuk ve yetişkinlerin ortalama %50'sinde SOAE'ler ölçülebilir. Bu oran en düşük %40 ile en yüksek %72 arasındadır (66, 67). İşitme kaybı 25-30 dB HL'den fazla olmayan kulaklarda SOAE'ler elde edilebilir (68). Bundan dolayı klinik testler için uygun değildir.

SPOAE'ler tipik olarak 1000- 5000 Hz frekansları arasında görülür ancak daha yüksek frekanslarda da görülebilirler (69). Sağlıklı kulaklarda yapılan ölçümlerde SPOAE amplitüdlerinin -12 ile 20 dB SPL arasında değiştiği gözlenmiştir ancak nadir de olsa 60 dB SPL şiddetinde dışardan duyulabilen SPOAE'ler de bildirilmiştir (70). İşitmesi normal olan kişilerin davranış odyometrisi eşikleri SPOAE bulunan frekansta diğer frekanslara göre daha hassas bulunmuştur(71). Benzer şekilde McFadden ve Mishra SPOAE'li kulaklarda işitme hassasiyetinde artma olduğunu göstermiştir.

Spontan otoakustik emisyonlarda cinsiyetin etkisi görülür. Erkeklerde kadınlara oranla daha az oranda gözlenmiştir. Ayrıca SOAE' lar sağ kulakta sol kulağa göre daha fazla rastlanmıştır. Ototoksik ilaçlardan ve gürültüden etkilenir, yaş ilerledikçe görülme sıklığı azalır (40)

### **Otoakustik emisyon ölçüm tekniği**

Kokleadan emisyonların elde edilebilmesi için dış kulak yolunun açık olması, orta kulakta önemli bir patolojinin bulunmaması ve kokleadaki dış tüylü hücrelerin işlevini yitirmemiş olması gerekmektedir. Dış kulak yolunu tıkayıcı lezyonların varlığı ve orta kulak patolojilerine bağlı olarak gelişen orta kulaktaki basınç değişikliklerinin, OAE cevaplarını büyük ölçüde etkilemesi dolayısıyla öncelikle dış kulak yolunun açıklığını değerlendirmek ve kulak zarının normal olup olmadığına bakmak amacıyla otoskopik muayene yapılmalıdır (47, 72).

Otoakustik emisyon ölçümleri sessiz bir ortamda yapılmalıdır ve güvenilir emisyon kayıtları için prob dış kulak kanalına uygun şekilde yerleştirilmiş olmalıdır. Kullanılan prob içerisinde iki minyatür hoparlör ve bir mikrofon bulunur. Hoparlörden verilen klik şeklindeki ses uyarılarına alınan cevaplar, mikrofon aracılığı ile kayıt edilir. Prob kulağa doğru yerleştirildiğinde, probun içinde bulunan hoparlörün diyaframı ile timpan membran paralel konuma gelmiş olur (73).

### **Otoakustik emisyon ve kontralateral supresyon ölçümü (MOCR)**

Mesleki işitme kayıpları üzerine yapılan pek çok çalışmada bazı değişkenlere bağlı olarak kişilerde gürültüye bağlı işitme kaybı derecesininin değişebileceği ortaya konulmuştur. Bu değişkenler maruz kalınan gürültü miktarı, aşırı gürültüye karşı direnç gösteren daha güçlü kulaklar, gürültüden kolay etkilenen daha hassas kulaklar gibi faktörler gibi kişiden kişiye değişkenlik göstermektedir. Göz rengi, yaş, orta kulak stapes refleksi ve kimyasallar ve uyuşturucu madde kullanımı gibi çevresel faktörler gibi işitme kaybına yatkınlığı belirleyen pek çok faktör elde edilmiştir (74). Bu yatkınlığı yordamamıza yarayan en umut verici göstergelerden birisi de medial olivocochlear refleksi'tir (MOCR) (75).

Efferent işitme sistemi, işitsel korteksten kaynak alıp, korti organındaki dış saçlı hücrelerle bağlantı kurarak sonlanır. Bu sistem, bilgiyi üst merkezlerden alt merkezlere doğru taşır. İlk olarak 1946 yı keşfedilen *Olivocochlear Bundle* (OCB) efferent sistemin bir koludur. OCB'nin laretal ve medial olmak üzere iki kısmı vardır (76).

Dış saçlı hücreler *Medial Olivocochlear Bundle* (MOCB) boyunca superior olivary kompleksin medial kısmından inervasyon alır. Bu Medial Olivokoklear (MOC) sinir lifleri akustik uyarı ve dış saçlı hücrelerin uyarılması ile aktive olur. Bu baskılayıcı etki MOC Refleksi (MOCR) olarak adlandırılır. İpsilateral ve kontralateral olmak üzere iki çeşit MOCR vardır. İpsilateral MOCR çift çaprazlaşan reflektir. İpsilateral akustik uyarı kontralateral MOC nöronlarını çaprazlaşmış *MOC Bundle* yolu aracılığıyla uyarır ve bu MOC nöronları çaprazlaşmış MOC bundle yolu aracılığı ile ipsilateral kulak sinir hücrelerini uyarır. Kontralateral akustik uyarı da ipsilateral MOC nöronlarını çaprazlaşmış *MOC Bundle* yolu ile uyarır ve bu MOC nöronları ise ipsilateral kulağı yine *MOC Bundle* yolu ile uyarır (77). Rajan ve

Johnstone , Medial OCB sistemi gürültüye karşı temel koruyucu olduğunu savunmaktadır. (78, 79)

LePrell ve ark; Darrow ve arkadaşları da lateral OCB sisteminin koklear sinir dentritlerini aşırı gürültüden korumakta yardımcı olduklarını gösteren çalışmalar yapmışlardır (80, 81).

Medial olivokoklear lifler işitmede baziller membran hareketini azaltarak, işitme sistemini akustik travmadan korur. Gürültülü ortamda konuşmayı ayırtmayı sağlar (82, 83).

MOCB bu koruyucu görevini, iç kulağın yüksek şiddetteki seslerden korunmasından ziyade, biyolojik olarak var olan akustik sinyali, konu içindeki arka plan gürültüsünden ayırıştırarak yapmaktadır (84). Bu nedenle Larsen ve Liberman, OCB sisteminin arka plan gürültüsünü baskılama özelliği ile ilgili olarak efferent Supresyon derecesinin gürültüye bağlı işitme kaybına hassasiyetin bir göstergesi olabileceğini vurgulamışlardır (85).

Supresyon, normal işiten bir kulağa ipsilateral veya kontralateral bir sesin verilmesi ile kaydedilen otoakustik emisyon amplitüdlerdeki azalma olarak tanımlanır (65,68). Kontralateral gürültü uyarını ile efferent sistemin uyarılmasının karakteristik etkisi dış tüylü hücre fonksiyonunun inhibisyonu, buna bağlı olarak da otoakustik emisyon amplitüdlерinin azalmasıdır. Efferent işitsel sistemin fonksiyon bozukluklarını gösteren patolojik olaylarda supresyon oluşmaz (49,86).

Otoakustik emisyonların supresyonunda kontralateral sinyal, düşük seviyelerde verilmelidir. Test edilen kulak tarafından algılanan sinyalin seviyesi, stapediale refleksi arkını çalıştıracak seviyenin altında olmalıdır. TEOAE supresyon değerleri normal işiten yetişkilerde kişisel farklılıklardan dolayı farklılıklar gösterir. Bununla birlikte bazı çalışmalara göre efferent sistemin uyarılmasının sonrasında emisyon amplitüdlерinde en az 1 dB SPL azalma supresyon olarak kabul edilebilir (87,88). Değişiklik varsa “supresyon var” fakat değişiklik yoksa “supresyon yok” şeklinde yorumlanır.

### 3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu araştırma, Başkent Üniversitesi Tıp ve Sağlık Bilimleri Araştırma Kurulu tarafından onaylanmıştır (Proje no: KA 16/138 ).

Örneklem genişliği yapılmış olan istatistik ön değerlendirme ile belirlenmiştir.

Çalışmaya Hacettepe Senfoni Orkestrasında enstrüman çalan 25-50 yaş arasında 30 müzisyen ve kontrol grubu olarak Başkent Üniversitesi Kulak Burun Boğaz Anabilim Dalı'na başvuran aynı yaş grubundaki işitmesi normal ve müzisyen olmayan ve sürekli veya ani gürültüye maruz kalmamış 30 kişi olmak üzere toplam 60 kişi alınmıştır. Çalışmaya katılan tüm gönüllülere değerlendirici tarafından aydınlatılmış onam formu imzalatılmıştır.

Sanatçı grubunun çalışmaya alınma kriterleri;

1. Hacettepe senfoni orkestrasında enstrüman çalıyor olması,
2. Yaşının 25-50 aralığında olması,
3. Elektroakustik immitansmetri sonucunda Tip A timpanogram elde edilmiş olması. İpsilateral ve kontralateral reflekslerinin var olması,
4. Daha önce herhangi bir kulak ameliyatı geçirmemiş olmasıdır.

Kontrol grubunun çalışmaya alınma kriterleri;

1. Profesyonel olarak bir müzik aleti çalıyor olmaması,
2. Yaşının 25-50 aralığında olması,
3. Herhangi bir kulak burun boğaz, sistemik veya nörolojik patolojisinin bulunmaması, muayenelerinin normal olması,
4. Elektroakustik immitansmetri testinde tip A timpanogram, ipsilateral ve kontralateral reflekslerinin normal düzeyde elde edilmesidir.
5. Katılımcılar öncelikle bir Kulak Burun Boğaz uzmanı hekim tarafından otoskopik muayeneden geçmişlerdir. Muayene bulgularına göre timpanik membranda skar, perforasyon ya da dış kulak yolunda herhangi bir patoloji tespit edilen kişiler çalışma dışında bırakılmışlardır. Muayeneden geçen bireylere daha sonra sırasıyla aşağıdaki odyolojik değerlendirmeler yapılmıştır.

### **3.1.Akustik İmmitansmetrik İnceleme**

Tüm bireylerin immitansmetrik ölçümleri GSI Tymptstar Version 2 (Grason Stadler Inc., MN, USA) elektroakustik immitansmetre kullanılarak yapıldı. İlk olarak 226 Hz'lik prob ton kullanılarak timpanogram grafikleri ve akustik refleksleri kayıt altına alınmıştır. Sonrasında cihaz, timpanometri ölçümünü iki aşamada gerçekleştirmektedir. Öncelikle ilk aşamada, sabit frekansta prob ton vererek +200 ile -400 daPa arasında basıncı değiştirerek statik admittans, timpanometrik tepe basıncı ve gradient değeri gibi standart timpanometri verilerini araştırmakta ve timpanograma çizmektedir. İkinci olarak ipsilateral refleks testi ile 500, 1000 ve 2000 Hz'de aynı kulaktan uyarın verilip, aynı kulaktan kayıt yapıldı. Refleks var/yok şeklinde değerlendirildi.

### **3.2.Saf Ses İşitme Testleri**

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 işitme eşikleri 250-6000 Hz arasındaki frekanslarda Radioear B-71 kemik vibratörü kullanılarak saptandı.

### **3.3.Geçici Uyarılmış Otoakustik Emisyon (TEOAE) Ölçümü**

Otoakustik emisyonun ölçümü Otodynamics ILOV6 yazılımı TEOAE modu kullanılarak gerçekleştirildi. Ölçümler sessiz kabinde yapıldı. Ölçümler sırasında stimulus şiddeti  $80 \pm 3$  dB SPL idi. Ortaya çıkan transient impulslar 260 kez averajlandı. Sonuçlar kaydedildi. Prob kulaktan çıkarılmadan kontralateral kulaktan Interacoustics-Clinical Audiometer AC33 cihazı ile 70 dB dar band gürültü verilirken aynı ölçüm tekrarlandı. Sonuçlar kontralateral supresyon olup olmadığını değerlendirebilmek amacıyla kaydedildi.

### **3.4.İstatistiksel Analiz**

İstatistiksel analizler SPSS (Statistical program for social sciences) 17.0 programı kullanılarak yapıldı. Sayısal veriler ortalama  $\pm$  SS (standart sapma), olarak ifade edildi. Sayısal verilerin ortalamalarının gruplar arasındaki farkı ise normal dağılıma uyuyorsa "Student *t* testi" ile, normal dağılıma uymuyorsa "Mann-Whitney U testi" ile karşılaştırıldı. Kontralateral akustik stimülasyon (KAS) öncesi ve KAS sırasında kaydedilen TEOAE değerlerinin gruplar içinde karşılaştırılmasında "paired t test" kullanılmıştır. P değerinin  $<0,05$  olması istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi

## 4. BULGULAR

Çalışmaya alınan olguların yaş ortalamaları Tablo 5’de verilmiştir. Orkestra sanatçılarının yaş ortalaması ile kontrol grubunun yaşları ortalaması arasında istatistiksel farklılık bulunmadı.

**Tablo 5.** Çalışma olgularının yaş ortalaması

	N	Yaş Ortalaması	Standart Deviasyon	P değeri *
<b>Orkestra sanatçısı grubu</b>	30	36,83	6,307	0.56
<b>Kontrol grubu</b>	30	35,83	6,899	

\* *Student t testi*

Çalışma öncesi hastalardan alınan işitme ve işitme sağlıklarını koruma durumlarını belirleyen ankete göre 10 sanatçı haricinde kulağında dolgunluk şikayeti belirten olmadı. Orkestra sanatçılarının 5’i kulak çınlaması şikayetinin her zaman olduğunu 14’ü kulak çınlaması şikayetinin bazen olduğunu belirtti.

### 4.1.Odyolojik Bulgular

Orkestra sanatçısı grubunda 60 kulak, kontrol grubunda da 60 kulak olmak üzere toplam 120 kulak değerlendirilerek veriler birbiriyle karşılaştırıldı. Orkestra sanatçılarının ve kontrol grubunun sağ ve sol kulak saf ses işitme eşikleri 250Hz-16000 Hz’ de ayrı ayrı karşılaştırıldı (Tablo 6).

250 Hz-16000 Hz frekansları arasında orkestra sanatçısı ve kontrol grubu saf ses işitme eşikleri karşılaştırıldığında, orkestra sanatçılarının ve kontrol grubunun saf ses işitme eşikleri arasında sağ kulakta 2000 Hz ve sol kulakta 16000 Hz frekansları haricinde anlamlı bir fark bulunmamıştır.



**Tablo 6.** Gruplar arası sağ ve sol kulak 250Hz-16000 Hz saf ses işitme eşik ortalamalarının (dB) karşılaştırılması

	O.S.	Kontrol	P değeri **	O.S.	Kontrol	P değeri **
	Sağ*	Sağ*		Sol*	Sol*	
250Hz	5,17 ± 5,16	5,50 ± 5,46	0,809	2,17 ± 7,95	5,33 ± 5,40	0,076
500Hz	3,67 ± 5,86	4,00 ± 3,80	0,795	1,67 ± 8,02	4,00 ± 4,02	0,16
1000Hz	4,67 ± 5,07	5,67 ± 4,30	0,414	1,83 ± 5,79	4,33 ± 4,09	0,59
2000Hz	3,83 ± 7,27	7,17 ± 5,20	<b>0,0046</b>	4,50 ± 9,13	5,50 ± 4,22	0,588
4000Hz	5,33 ± 12,03	5,67 ± 7,84	0,899	6,83 ± 11,85	5,33 ± 7,18	0,556
6000Hz	4,67 ± 9,73	7,17 ± 8,97	0,305	9,50 ± 12,34	7,17 ± 9,53	0,416
8000Hz	4,67 ± 7,42	8,33 ± 11,32	0,143	7,33 ± 11,94	7,50 ± 10,40	0,954
10000Hz	13,00 ± 14,94	16,17 ± 15,90	0,43	14,83 ± 14,65	14,00 ± 13,60	0,82
12000Hz	21,00 ± 19,22	15,50 ± 15,33	0,226	21,17 ± 19,72	13,67 ± 13,32	0,09
14000Hz	30,67 ± 24,45	27,33 ± 18,51	0,554	30,00 ± 23,85	23,00 ± 16,79	0,194
16000Hz	40,67 ± 25,52	34,00 ± 18,30	0,25	42,17 ± 21,03	31,83 ± 17,78	<b>0,044</b>

\* Değerler "ortalama ± standart sapma" olarak verilmiştir. \*\* Student t testi

#### 4.2. Otoakustik Emisyon ve Kontralateral Supresyon Bulguları

Orkestra sanatçıları ve kontrol grubunun TEOAE sonuçlarının karşılaştırılması Tablo 7'de verilmiştir. İki grup TEOAE sonuçlarını karşılaştırdığımızda orkestra sanatçılarından alınan emisyon yanıtları kontrol grubuna göre tüm frekanslarda anlamlı derecede azdır (p<0,05).

**Tablo 7.** Orkestra sanatçılarının ve kontrol grubunun TEOAE sonuçlarının karşılaştırılması

Frekans	Orkestra Sanatçısı	Kontrol	P Değeri*
1000 Hz	10,35 ± 6,58	19,87 ± 5,81	<0,001
1400 Hz	12,77 ± 6,74	20,26 ± 5,13	<0,001
2000 Hz	8,98 ± 6,69	16,94 ± 4,02	<0,001
2800 Hz	6,34 ± 5,13	12,86 ± 4,29	<0,001
4000 Hz	5,29 ± 5,09	14,08 ± 4,03	<0,001

\* Student t testi

Orkestra sanatçıları grubunda, medial olivokoklear efferent sistem aktivitesi üzerine olan etkilerini araştırmak amacıyla, kontralateral akustik uyarın (KAS) verilmeden ve KAS verilirken yapılan TEOAE ölçümleri sonuçları karşılaştırıldı (Tablo 8). Kontralateral akustik uyarın verilirken yapılan 1000 Hz, 2800 Hz ve 4000 Hz frekanslarında daha düşük değerlerde emisyon elde edildi. Fark istatistiksel olarak anlamlıdır ( $p<0,05$ ). 1400 Hz ve 2000 Hz frekanslarında elde edilen emisyon değerleri arasında anlamlı bir fark elde edilemedi.

**Tablo 8.** Orkestra sanatçıları için kontralateral akustik stimülasyon öncesi ve kontralateral akustik stimülasyon sırasında TEOAE değerleri (dB)

Frekans	KAS öncesi TEOAE	KAS sırasında TEOAE	P değeri*
<b>1000 Hz</b>	10,35 ± 6,58	7,09 ± 5,95	<b>&lt;0,001</b>
<b>1400 Hz</b>	12,77 ± 6,74	12,12 ± 10,46	0,573
<b>2000 Hz</b>	8,98 ± 6,69	8,83 ± 6,08	0,811
<b>2800 Hz</b>	6,34 ± 5,13	5,62 ± 4,86	<b>0,022</b>
<b>4000 Hz</b>	5,29 ± 5,09	4,79 ± 5,10	<b>0,026</b>

\*Paired Samples t test

Kontrol grubunda medial olivokoklear efferent sistem aktivitesini değerlendirmek amacıyla kontralateral akustik uyarın (KAS) verilmeden ve KAS verilirken yapılan TEOAE ölçüm sonuçları karşılaştırıldığında (Tablo 9), 4000Hz frekansı hariç tüm frekanslarda emisyon değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı düşüş saptandı ( $p<0,05$ ).

**Tablo.9.** Kontrol grubu için kontralateral akustik stimülasyon öncesi ve kontralateral akustik stimülasyon sırasında TEOAE değerleri (dB)

Frekans	KAS öncesi TEOAE	KAS sırasında TEOAE	P değeri*
1000 Hz	19,87 ± 5,81	15,01 ± 5,42	<0,001
1400 Hz	20,26 ± 5,13	18,16 ± 4,98	<0,001
2000 Hz	16,94 ± 4,02	15,18 ± 4,50	0,003
2800 Hz	12,86 ± 4,29	11,72 ± 3,93	0,008
4000 Hz	14,08 ± 4,03	13,24 ± 4,46	0,057

\*Paired Samples t test

Her iki gruptaki kontralateral supresyon seviyelerini (dB) karşılaştırdığımızda (Tablo 10), orkestra sanatçıları ve kontrol grubunda 1000 Hz ve 2000 Hz frekanslarındaki düşüşte anlamlı bir farklılık saptandı ( $p<0,05$ ). Kontrol grubunda orkestra sanatçılarına göre 1000 Hz ve 2000 Hz frekanslarında daha fazla kontralateral supresyon olduğu görüldü. Diğer frekanslarda anlamlı bir fark elde edilemedi.

**Tablo 10.** Gruplar arası kontralateral supresyon seviyesinin (dB) karşılaştırılması

Frekans	OS (dB)	Kontrol (dB)	P değeri*
1000 Hz	3,13 ± 4,05	4,85 ± 4,26	0,026
1400 Hz	0,65 ± 8,89	2,10 ± 3,99	0,252
2000 Hz	0,11 ± 3,67	1,76 ± 4,43	0,031
2800 Hz	0,72 ± 2,38	1,13 ± 3,22	0,426
4000 Hz	0,49 ± 1,69	0,84 ± 3,35	0,481

\* Student *t* testi

Orkestra sanatçılarında prova süresi ve TEOAE değerlerini karşılaştırdığımızda (Tablo 11) prova süresi arttıkça emisyon değerlerinde düşüş olduğu saptandı. Kontralateral supresyon değerlerinde anlamlı bir farklılık gözlenmedi.

**Tablo 11:** Prova süresi ile TEOAE ve Kontralateral Supresyon değerleri arasındaki korelasyon

		1000 Hz	1400 Hz	2000 Hz	2800 Hz	4000 Hz
<b>SNR</b>	r*	-0,333	-0,311	-0,314	-0,274	-0,446
	p	<b>0,009</b>	<b>0,016</b>	<b>0,016</b>	<b>0,034</b>	<b>0,001</b>
<b>Supresyon</b>	r*	-0,159	-0,053	-0,201	-0,234	-0,145
	p	0,228	0,687	0,129	0,072	0,271

\*r değeri: Pearson korelasyon katsayısı

## 5. TARTIŞMA

Orkestra sanatçıları profesyonel müzisyen olarak hem konserler hem de provaları süresince oldukça yüksek ses maruz kalmaktadırlar. Bu ses 79-98 dB olmakla birlikte, çalınan enstrümana bağlı olarak kimi zaman sanatçılar 135 dB'e kadar gürültü düzeyinde akustik ortamlarda çalışmaktadırlar.

Müzisyenler sadece çaldıkları enstrümandan değil, orkestra arkadaşlarının enstrümanlarından gelen müzikal gürültü nedeniyle de gürültüye/yüksek sese maruz kalırlar (89). Gürültü tek başına, iç kulakta yoğun metabolik etkileri ve mekanik hasara neden olmasından dolayı işitme kaybına neden olan faktörlerden en çok araştırılan ve en iyi belgelenmiş olanıdır. (90, 91)

Bu çalışma ile biz de orkestra sanatçılarının uzun yıllar süren gürültü maruziyeti sonucu işitmelerinin iç kulak düzeyinden etkilenip etkilenmediğini araştırdık. Çalışmamızda saf ses odyometrisine, işitmenin içi kulak düzeyinde etkilenimine yönelik cevapların araştırıldığı geçici uyarılmış otoakustik emisyon ve gürültüye maruz kalmanın medial olivokoklear efferent sistem aktivitesi üzerine olan etkilerinin araştırıldığı kontralateral supresyon (MOCR) testlerini de ekleyerek araştırmamızı orkestra sanatçıları ve gürültüye maruz kalmayan kontrol grubu üzerinde tamamladık.

Orkestra sanatçıları ve kontrol grubunun bulguları karşılaştırıldığında, saf ses odyometride sağ 2000 Hz ve sol 16000 Hz frekanslarında orkestra sanatçılarının eşiklerinde bozulma görülmüş, diğer frekanslarda bir farklılık elde edilmemiştir. TEOAE bulgularının analizinde ise OS'nin değerlerinde düşüş gözlenmiştir. Kontralateral supresyon seviyelerine bakıldığında ise kontrol grubunda orkestra sanatçılarına göre 1000 Hz ve 2000 Hz frekanslarında daha fazla kontralateral supresyon olduğu görüldü. Diğer frekanslarda anlamlı bir fark elde edilemedi.

Müzisyenlerde işitme kaybı gelişmesi riskine yönelik yapılan araştırmalar sonucunda kesin ve değişmeyen sonuçlara ulaşılmamıştır. Çeşitli çalışmalarda farklı sonuçlar elde edilmiştir. Obeling, Poulsen ve Kahari yaptıkları çalışmalarla müzisyenlerde işitme kaybına yönelik büyük bir risk bulunmadığını göstermişlerdir (92,93). Bunun aksi olarak, Westmore, Eeversden ve Jansen'in yaptıkları

çalışmalarda da müzisyenlerin işitme kaybı riski bulunduğu sonucuna varmışlardır. (94, 95)

Gürültüye bağlı işitme kaybı çoğunlukla saf ses odyogram eşiklerinin ortalaması alınarak teşhis edilir. İşitme kaybının konfigürasyonunun, derecesinin ve tipinin belirlenmesi, kişilerin işitme eşik seviyelerinin belirlenmesinde altın kuraldır. Gürültüye bağlı işitme kayıplarında işitme eşiklerindeki temel paternler, 3000, 4000 ve/veya 6000 Hz frekanslarında entik Şeklindeki düşüşler ve ayrıca 8000 Hz ‘de nispeten normal eşik görülmesi gürültüye bağlı işitme kaybı için güçlü göstergelerdir (95). Bununla uyumlu olarak Kahari ve arkadaşları’nın senfoni orkestrasında enstrüman çalan 140 müzisyen ile yaptığı, işitmenin değerlendirilmesi araştırması sonuçlarına göre müzikal gürültüye maruz kalma sonucunda ağır bir işitme kaybına rastlanmamıştır. Kadın müzisyenlerin yüksek frekanslarda erkek müzisyenlere göre gözle görülür Şekilde daha iyi işitme eşiklerine sahip oldukları, bununla birlikte erkeklerin sol kulaklarında, orta frekans işitme eşiklerinde 6000 Hz’de entik Şeklinde bir düşüş olduğu grlmştir (92). Bu çalışmalarda görülen etki bizim yaptığımız çalışmada gözlenmemiş, OS grubunda 3000, 4000 ve/veya 6000 Hz frekanslarında entik Şeklindeki odyogram 4 sanatçıda elde edilse de grubun geneline bakıldığında odyogram sonuçlarında kontrol grubu ile karşılaştırıldığında iki frekans haricinde bir farklılık elde edilmemiştir.

Rodriguez ve arkadaşları 2014 yılında orkestra sanatçılarının konser sırasında maruz kaldıkları gürültüyü araştıran bir çalışma yapmışlardır. Bu alışma sonucunda grlmştir ki vurmali ve üflemeli algıları çalan sanatçılarının izin verilen gürültü düzeyi olan 85 dB’den daha yüksek gürültüye maruz kalmaktadırlar. Bununla birlikte diğer müzikal enstrümanların gürültü düzeyi 80 dB civarındadır. Perküsyon (vurmali çalgı) sanatçılarının maruz kaldıkları gürültü düzeyi 135 dB’e kadar çıkmaktadır. Bu alışma ile orkestra sanatçılarının yüksek Şiddetteki müzikal gürültü nedeniyle işitme kaybı riskine sahip olduklarını ortaya koymuştur (96).

Maruz kaldıkları yüksek sestem dolaylı orkestra sanatçılarının işitmeleri beklenenden daha iyi durumdadır (97). Miskolczy-Fodor 30 profesyonel piyanistlerle çalışmış ve hiçbirinde işitme kaybına rastlanmamıştır, ancak bazı odyogramlarda ufak farklılıklar gürültüye bağlı olarak yorumlanmıştır (98). Westmore ve Eversden 68

kulağın 23'ünde işitme kaybı bulmuş, fakat bunlardan sadece 4'ünde işitme kaybı 20 dB'den büyük olduğu saptanmıştır(94).

Toppila ve arkadaşları müzisyenlerin gürültüye bağlı işitme kaybına eğilimlerinin olup olmadığını uzun süre tartışmışlardır. Yaptıkları çalışma sonucunda orkestra sanatçılarındaki işitme kaybına yatkınlık düzeyinin gürültüye maruz kalmayan popülasyonla uyumlu olduğunu bulmuşlardır. Bununla beraber, işitme kaybının derecesinin, Kurenon'un(99) 2004 yılında askeri pilotlarla yaptığı çalışmadaki bulgularına benzer olarak, yüksek sese maruz kalma düzeyine bağlı olduğunu ortaya koymuşlardır (97).

Gürültüye bağlı işitme kaybı hem çevresel hem de genetik faktörlerden birden etkilenen karmaşık bir rahatsızlıktır. Gürültüye bağlı işitme kaybını etkileyen çevresel faktörlere yönelik oldukça çok araştırma mevcuttur (90, 91).

Bunlara ek olarak, Toppila ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada sigara, kan basıncı ve kolesterol seviyesi gibi bireysel faktörlerin gürültüye bağlı işitme kaybının derecesini etkilediğini bulmuşlardır (97).

Gürültüye maruz kalmanın yüksek frekans odyometri ile işitme eşiklerini saptamak amacıyla yapılan çeşitli araştırmalardan biri Türkkahraman, Gök ve arkadaşlarının hidroelektirik santralinin gürültüye sahip birimlerinde çalışan işçilerle yaptığı çalışmadır. Bu çalışma sonucunda işçilerin 14000-16000 Hz'deki eşik yüksekliğinin 4000-6000 Hz'deki kadar anlamlı olduğu bulunmuştur. Gürültü düzeyi ile gürültüye maruz kalma süresinin arttıkça işitme eşiklerinin daha fazla etkilendiği izlenmiştir (100). Bu çalışmaya paralel olarak bizim çalışmamızda sağ 2000 Hz frekansla birlikte sol 16000 Hz frekansında OS'da çentik şeklinde eşik yüksekliklerine/düşüşlerine rastlanmıştır.

Morton ve Reynolds endüstriyel gürültüye maruz kalan işçilerin 10-20 kHz'deki saf ses eşiklerini, gürültüye maruz kalmayan sağlıklı bireylerle karşılaştırmıştır. Araştırma sonucunda gürültüye maruz kalmayan kontrol grubuna göre yüksek frekans eşiklerinde istatistiksel olarak anlamlı bir yükselme olduğunu bulmuşlardır (101).

Fausti ve arkadaşları gürültünün 8-20 kHz'deki yüksek frekans işitme eşiklerine etkisini araştırmışlardır. Gürültünün en fazla 8-12 kHz'deki işitme eşiklerinde düşüşe neden olduğunu saptamışlar ve bunu da bu frekanslardaki işitsel

duyarlılık ölçümünün, kokleanın bazal kıvrım fonksiyonunu yansıttığından dolayı değerli bilgiler sağladığını ifade etmişlerdir. Bu bilgilerin standart odyometrik ölçümlerle belirlenemeyeceğini de eklemişlerdir. Gürültüye bağlı işitme kaybının erken dönemlerinde yüksek frekans odyometrinin en önemli tahmin aracı olduğunu da belirtmişlerdir (102).

Özellikle yüksek frekans odyometri ile yapılan çalışmalarda müzisyenlerde ve gürültüye maruz kalan diğer gruplarda yüksek frekans işitme eşiklerinde bozulma/düşüş elde edilmiştir ancak bizim çalışmamızda beklenenin aksine her iki grupta da yüksek frekanslarda eşik kayması görülmekle birlikte sadece sol kulak 16 kHz frekansında OS sanatçıların eşiklerinde 10 dB'lik bir fark elde edilmiştir.

Ahmed ve arkadaşlarının 2000 yılında gürültüye maruz kalan ve kalmayan grupların yüksek frekans (10-18 kHz) işitme eşiklerini araştırdıkları çalışma sonucuna göre yaşın gürültüye bağlı işitme kaybında ilk, yüksek frekans odyometri sonuçlarının ise ikinci tahmin unsuru olduğu saptanmıştır. Buna göre gürültüye maruz kalan grupta 10-18 kHz işitme eşiklerinde düşüş olduğu bulunmuştur (103).

Tüm bu çalışmaları destekleyen başka bir çalışmada günde ortalama 4 yıl ve daha uzun süre boyunca günde 1,5-3,2 saat ortalama 70 dB ve üstünde şiddette kişisel müzik aleti dinleyen gençlerle yapılan çalışmada kontrol grubuna göre 8000 Hz ve daha yüksek frekanslarda Suleiman ve arkadaşları 4-10 dB eşik farklılığı bulmuşlardır (104).

Yukarıda verilen farklı çalışmaların sonuçlarına göre müzisyenlerde yüksek sese maruz kalma sonucunda saf ses işitme eşiklerinde, müzisyen olmayan kişilere göre bozulma elde edilmiş ancak bunun aksi olarak bir kısım çalışmada da işitme eşiklerinde herhangi bir eşik kayması görülmemiştir.

Bu bulgular eşliğinde müziğe ve sese karşı duyarlılık geliştirmiş, iyi eğitilmiş kulaklar, yüksek motivasyon ve saf sesleri yakalamada yatkınlık gibi beceriler sayesinde OS'da beklenenden daha iyi saf ses işitme eşikleri elde edildiği söylenebilir (105).

Karlsson ve arkadaşlarının da çalışmalarında ulaştığı, müzik gibi "istenen ses"ler, endüstriyel gürültü gibi istenmeyen seslerden daha az zarar vericidir" sonucu bizim saf ses odyometri sonuçlarımızla örtüşmektedir (106).



Otoakustik emisyonlar normal işitme sürecinin bir parçası olarak sağlıklı kulak kokleasındaki dış saçlı hücrelerden salgılanır. Dış saçlı hücrelerinin hasar görmesi sebebiyle görülen OAE'lerin yokluğu, azalmış seçicilik ve artmış duyarlılıkla sonuçlanır (95). İşitme sisteminin bir parçası olan dış saçlı hücreler yüksek seslere karşı çok savunmasızdır. Bundan dolayı OAE'lar işitme sisteminde, işitme eşiklerindeki gürültüye bağlı ufak değişiklikleri saptamaya duyarlıdır. Bu Sliwinska-Kowalska, Murray ve LePage, Hotz gibi bazı araştırmacılar tarafından da onaylanmıştır (107,108,109,110) ve OAE'ların gürültüye bağlı işitme kaybının erken belirtilerinde kullanılabileceğini ortaya koymuşlardır.

Gürültüye maruziyetin etkilerinin değerlendirilmesinde saf ses işitme odyometreden daha objektif ve hassas bir test olan OAE ölçümleri Jansen ve arkadaşları tarafından 2009 yılında yapılmıştır.

Jansen ve arkadaşları senfoni orkestrası sanatçılarında gürültüye bağlı işitme kaybını araştırmaya yönelik yaptıkları çalışmada 241 müzisyenle çalışmışlardır. Hem TEOAE ve hem de DPOAE bulguları değerlendirildiğinde bireysel olarak odyometrik paternleri ile emisyon bulguları arasından anlamlı bir ilişki bulunmuşlardır. Ancak grup düzeyinde baktıklarında, farklı odyometrik alt grupların OAE cevap ortalamalarında açık farklar ortaya çıkmıştır. Genel olarak bakıldığında ise, daha iyi saf ses eşikleri elde edilen grupların daha yoğun OAE cevapları olduğu görülmüştür (95).

Diğer taraftan bizim çalışmamızda ise OS grubunun TEOAE değerleri kontrol grubuna göre düşük bulunmuştur. Bu sonuçlar ışığında OS'nin, gürültüye bağlı işitme kaybının erken belirtisi olarak iç kulak düzeyinde harabiyet olduğu düşünülebilir.

Gürültüye maruz kalma, ilaç, uyuşturucu kullanımı gibi çevresel faktörlerin dışında gürültüye bağlı işitme kaybına yatkınlığı belirleyen göz rengi, cinsiyet, yaş gibi pek çok biyolojik faktör de bulunmaktadır. Bunların dışında bu yatkınlığı belirleyen en önemli faktörlerden biri de medial olivocochlear refleksi (MOCR)'tir.

Hayvanlarla yapılan deneysel bir çalışmada kontralateral supresyonun şiddetinin/gücünün gürültüye bağlı işitme kaybı sonucu oluşacak kalıcı işitme eşiği kayma /azalmasının düzeyinde belirleyici olduğu bulunmuştur (111). İnsanlarda kontralateral supresyon ve OAE ilişkisini değerlendiren sınırlı sayıda araştırma

bulunmaktadır. Bunlardan biri olan Wolpert ve arkadaşları kontralateral supresyon ve OAE supresyon ilişkisi ve yoğun beyaz gürültüye bağlı eşik kayması arasında anlamlı ilişki bulmuşlardır (112).

Gürültüye maruz kalma sonucu dış saçlı hücrelerin etkilendiğini gösteren pek çok çalışma mevcuttur ancak gürültü ve kontralateral supresyonun doğrudan ilişkisini ölçen az sayıda çalışma mevcuttur. Bizim çalışmamızda orkestra sanatçılarındaki KAS öncesi ve KAS sırasında kaydedilen TEOAE değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık elde edilmiştir. Orkestra sanatçılarındaki kontralateral akustik uyarın verilirken yapılan 1000 Hz, 2800 Hz ve 4000 Hz frekanslarında daha düşük değerlerde emisyon elde edildi. Kontrol grubunda ise 4000Hz frekansı hariç tüm frekanslarda emisyon değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı düşüş saptanmıştır.

Bu bulgulara ek olarak iki grup arasındaki kontralateral supresyon değerlerini karşılaştırdığımızda kontrol grubunda orkestra sanatçılarına göre 1000 Hz ve 2000 Hz frekanslarında daha fazla kontralateral supresyon olduğu görüldü. Diğer frekanslarda anlamlı bir fark elde edilemedi. Ayrıca prova süresi arttıkça kontralateral supresyon değerlerinde düşüş kaydedilmemiş ancak prova süreleri uzadıkça elde edilen TEOAE değerlerinde düşüş elde edilmiştir. Bu düşüş etkilenimin santral düzeyde değil iç kulakta, koklear düzeyde olduğu bilgisini bize vermektedir.

Otsuka ve arkadaşlarının kemancılarla yaptığı çalışma sonucunda müzisyenlerde ipsilateral supresyonun geçici işitme kaybında tahmin edici unsur olduğunu ancak kontralateral supresyonun geçici işitme kaybının öngörülmesinde katkısının olmadığı sonucuna ulaşmışlardır. Ancak gürültüye bağlı işitme kaybında ipsilateral supresyonun kontralateral supresyona göre daha koruyucu olup olmadığı henüz bilinmemektedir. Bunlardan farklı olarak Brown (113) der ki, tekrarlayan sese maruz kalma sonucu MOC liflerinin hareketlerinde fonksiyonel bir artışa neden olur ve SOC sisteminde nöroplastisitenin artışına sebep olur. Bunun sonucu olarak da aktif müzikal eğitimin kontralateral supresyonun gücünü değiştirdiğini ifade eder. Bununla birlikte güçlü kontralateral supresyona sahip insanların doğuştan müzikal yetenekleri olduğunu savunur.

Bizim bulgularımız gürültüye maruz kalma sonucunda kontralateral

supresyon ölçümünün müzisyenlerdeki işitme kaybının değerlendirilmesinde bir ölçüt olamayacağı yönündedir. Otsuka ve arkadaşları ipsilateral supresyon ile işitme kaybı riskinin bağlantısı olduğu, kontralateral supresyon bulgularının gürültüye bağlı işitme kaybının tahmin edilmesinde bir etkisinin olmadığı yönünde bulgulara ulaşmışlardır. Biyolojik faktörler gibi, müzik eğitimi sırasında aktif çalışma durumu ve sese maruz kalma süresindeki farklılıklar, kişilerin kontralateral supresyonda bireysel farklılıklar göstermelerine sebep olur (77).

Çalışmamızda elde ettiğimiz bulgular sonucunda OS'nin yüksek ses maruz kalmalarına rağmen saf ses işitme eşiklerinin beklenenden iyi olmasına karşılık, TEOAE değerlerinde gözlenen düşüş, gürültüye bağlı işitme kaybının erken dönemde tespitinde saf ses odyometrinin yeterli olmayabileceğini göstermiştir. Özellikle prova süreleri arttıkça emisyon değerlerinde gözlenen düşüş bu sonucu desteklemektedir. OS ve kontrol grubu arasındaki kontralateral supresyon değerlerini karşılaştırdığımızda kontrol grubunda 1000 ve 2000 Hz frekanslarında belirgin bir düşüş saptanmış ancak bunun dışında önemli bir farklılık elde edilmemiştir. OS ve kontrol grubu supresyon değerleri kendi içlerinde değerlendirildiğinde farklı frekanslarda düşüşler kaydedilmiştir. Bu bulgular ışığında gürültünün işitmeyi iç kulak düzeyinde etkilediği ancak işitsel efferent sistem üzerinde belirgin bir etkisinin olmadığı söylenebilir. Çalışmamızın kısıtlılıkları; çalışmaya katılan olgu sayısının az olmasına bağlı olarak OS'nin çaldıkları enstrümana bağlı olarak etkilenimlerinin tespit edilememesi, genel prova saatleri dışında ekstra konser sürelerinin ve yaşa bağlı işitme kaybının değerlendirilememesidir. Müzisyenlerde gürültüye bağlı işitme kaybının koruyucu etkisi olarak ipsilateral supresyonun kontralateral supresyona göre daha etkili olup olmadığının değerlendirilmesine yönelik çalışmalara devam edilmelidir.

## 6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Orkestra sanatçılarında işitmenin odyometri, ve geçici uyarılmış otoakustik emisyon testleriyle değerlendirilmesi başlıklı çalışmamıza katılan 30 orkestra sanatçısı, 30 orkestra sanatçısı olmayan 30 üzere toplam 60 katılımcıya önce otoskopik muayene yapılmış daha sonra odyolojik testler uygulanmıştır.

Bu çalışmada elde ettiğimiz sonuçlar şöyledir:

1. Orkestra sanatçılarının yaş ortalaması  $36,83 \pm 6,3$ , kontrol grubunun yaş ortalaması  $35,83 \pm 6,8$  olup, fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. ( $p=0,56$ ).
2. 250 Hz-16 kHz frekansları arasında orkestra sanatçısı ve kontrol grubu saf ses işitme eşikleri karşılaştırıldığında, orkestra sanatçılarının ve kontrol grubunun saf ses işitme eşikleri arasında sağ kulakta 2 kHz ve sol kulakta 16 kHz frekansları haricinde anlamlı bir fark bulunmamıştır ( $p>0.05$ ).
3. Orkestra sanatçıları ve kontrol grubunun TEOAE sonuçlarını karşılaştırdığımızda orkestra sanatçılarından alınan emisyon yanıtları kontrol grubuna göre tüm frekanslarda anlamlı derecede azdır ( $p<0,005$ ).
4. Orkestra sanatçıları grubunda, medial olivokoklear efferent sistem aktivitesi üzerine olan etkilerini araştırmak amacıyla, kontralateral akustik uyarın (KAS) verilmeden ve KAS verilirken yapılan TEOAE ölçümleri sonuçlarına göre kontralateral akustik uyarın verilirken yapılan 1000 Hz, 2800 Hz ve 4000 Hz frekanslarında daha düşük değerlerde emisyon elde edilmiştir. Fark istatistiksel olarak anlamlıdır ( $p<0,05$ ). 1400 Hz ve 2000 Hz frekanslarında elde edilen emisyon değerleri arasında anlamlı bir fark elde edilememiştir ( $p>0.05$ ).
5. Kontrol grubunda medial olivokoklear efferent sistem aktivitesini değerlendirmek amacıyla kontralateral akustik uyarın (KAS) verilmeden ve KAS verilirken yapılan TEOAE ölçüm sonuçları karşılaştırıldığında, 4000Hz frekansı hariç tüm frekanslarda emisyon değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı düşüş saptanmıştır ( $p<0,05$ ).

6. Her iki gruptaki kontralateral supresyon seviyelerini (dB) karşılaştırdığımızda, orkestra sanatçıları ve kontrol grubunda 1000 Hz ve 2000 Hz frekanslarındaki düşüşte anlamlı bir farklılık saptanmıştır ( $p<0,05$ ). Kontrol grubunda orkestra sanatçılarına göre 1000 Hz ve 2000 Hz frekanslarında daha fazla kontralateral supresyon olduğu görülmüş ancak diğer frekanslarda anlamlı bir fark elde edilememiştir ( $p>0,05$ ).
7. Orkestra sanatçılarındaki prova süresi ve TEOAE değerlerini karşılaştırdığımızda prova süresi arttıkça emisyon değerlerinde düşüş olduğu saptanmıştır ( $p<0,001$ ). Kontralateral supresyon değerlerinde anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir.
8. Çalışmamızda elde ettiğimiz bulgular sonucunda OS'nin yüksek ses maruz kalmalarına rağmen saf ses işitme eşiklerinin beklenenden iyi olmasına karşılık, TEOAE değerlerinde gözlenen düşüş, gürültüye bağlı işitme kaybının erken dönemde tespitinde saf ses odyometrinin yeterli olmayabileceğini göstermiştir.
9. Kontrol grubunun 2 frekansında kontralateral supresyon değerlerinde daha belirgin bir düşüş olmasına rağmen iki grubun supresyon değerlerinde bu frekanslar haricinde farklılık elde edilmemiştir. Bunun ışığında gürültünün işitmeyi iç kulak düzeyinde etkilediği ancak işitsel efferent sistem üzerinde belirgin bir etkisinin olmadığı söylenebilir.
10. Müzisyenlerde gürültüye bağlı işitme kaybının koruyucu etkisi olarak ipsilateral supresyonun kontralateral supresyona göre daha etkili olup olmadığının değerlendirilmesine yönelik çalışmalara devam edilmelidir.
11. Müzikal gürültünün işitme üzerindeki olumsuz etkisinin endüstriyel gürültüye göre daha az olup olmadığını araştırmak amacıyla farklı çalışmalar yapılabilir.

## 7.KAYNAKLAR

1. Alberti PW. Occupational hearing loss. (Ballenger JJ) Disease of the nose, throat, ear, head & neck. 1st ed. Philadelphia: Lea-Febiger; 1053-68, 1991
2. Leading work-related diseases and injuries. US Dept. of Health and Human Services.United States. MMWR 35, 185-188, 1996
3. Nelson DI, Nelson RY, Concha-Barrientos M. The global burden of occupational noise-induced hearing loss. Am J Ind Med 48:446-58, 2005
4. Bilir, N. İş Sağlığında Genel İlkeler, İç Hastalıkları. 2. Baskı, 3803- 3816, Ankara, Güneş Kitabevi, 2003
5. Bilir, N. Meslek Hastalıkları, İç Hastalıkları. 2. Baskı, 3817- 3832, Ankara, Güneş Kitabevi, 2003
6. Laitinen HM, Toppila EM, Olkinuora PS, Kuisma K. Sound exposure among the Finnish National Opera personnel. Appl Occup Environ Hyg 18:177-82, 2003
7. Schmidt JH, Pedersen ER, Juhl PM. Sound exposure of symphony orchestra musicians. Ann Occup Hyg. 55, 893–905, 2011
8. Yöndem Ö. Orkestra ve orkestra şefliğinin tarihsel gelişimi. Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi Cilt 8 Sayı 1:145-151, 2006
9. Gül AC. Senfoni Orkestrasının Başarısını Etkileyen Faktörler. Sanatta Yeterlik Tezi, Anadolu Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü, Müzik Anasanat Dalı, Ocak, 2015
10. Everest FA, Pohlmann KC. Signals, Speech, Music and Noise. Master Handbook of Acoustics. 5th Edition. Mc Graw Hill Company. 69-95, 2009
11. Erdoğan A.A. Gürültüye Bağlı İşitme Kayıpları. Temel Odyoloji (Belgin E, Şahlı S.) Güneş Tıp Kitabevleri, Ankara, 383-400, 2015
12. MC, Mulroy Mj. Acute and chronic effects of acoustic trauma:cochlear pathology and auditory nerve pathophysiology. New Perspectives on Noise-induced Hearing Loss (Hamernik RP, Henderson D, Salvi R). New York: Raven; 105-136, 1982

13. Henderson D, Hamernik RP. (1995) Occupational Medicine: State of the Art Reviews, Biologic Bases of Noise-Induced Hearing Loss. Philadelphia, PA:Hanley&Belfus, Inc.
14. Gerhard KJ, Rodriguez GP, Hepler EL, Moul ML. Ear canal volume and variability in patterns of temporary treshold shifts. Ear Hear. 8, 316-321,1987
15. Robertson D. Functional Significance of dendritic swelling after loud sounds in the guena pig cochlea. Hear Res.9:263-278, 1983
16. Şenkal Ö. Derecesine ve lokalizasyonuna göre işitme kayıpları. Temel Odyoloji (Belgin E., Şahlı S.) Güneş Tıp Kitabevleri, Ankara, 301-322, 2015
17. Fligor B, Chasin M, Neitzel R. Noise Exposure.Handbook of Clinical Audiology. (Katz J) 7.edition Wolters Kluwer Health USA .32: 595-616, 2015
18. Pujol R, Puel JL, Gervais d'Aldin C, Eybalin M. Pathophysiology of the glutamatergic synapses in the cochlea. Acta Otolaryngol.1993;113:330-334
19. Sun H, Hashino E, Ding DL, Salvi RJ. Reversible and irreversible damage to cochlear afferent neurons by kainic acid excitotoxicity. J Comp Neurol. 430:172-181,2001
20. World Health Organization Hearing Impairment Caused By Noise. Early Detection of Occupational Disease. Geneva, Switzerland:World Health Organization.165-169,1986
21. Touma JB. Controversies in noise-induced hearing loss (NIHL). Ann Occup Hyg.36,2, 199-209,1992
22. Hong O.Hearing loss among operating engineers in American construction industry. Int Arc Occup Environ Health. 78,7, 565-574, 2005
23. Schlauch RS, Carney E. Are false-positive rates leading to an overestimation of noise-induced hearing loss? J Speech Lang Hear Res. 54(2), 679-692, 2011
24. Jin SH, Nelson PB, Schlauch RS, Carney E. Hearing conversation program for marching band members: Risk for noise induced hearing loss? Am J Audiol. 22, 26-39, 2013
25. Kujawa GS, Liberman MC. Adding Insult to Injury: Cochlear nerve

degeneration after “temporary” noise-induced hearing loss. The Journal of Neuroscience, 29(45):14077–14085, 2009

26. Chasin M. Music and hearing aids. Trends in Amplification 16(3) 136–139, 2012

27. Fligor Bj, Cox C. Output levels of commercially available portable compact disc players and the potential risk to hearing. Ear Hear. 25, 513-527,2004

28. United States Department of Labor. Occupational Safety and Health Administration. Safety and Health Topics. (<https://www.osha.gov/SLTC/noisehearingconservation/standards.html>) Erişim Tarihi: 25/05/2016

29. American Hearing Research Foundation. Noise Induced Hearing Loss <http://american-hearing.org/disorders/noise-induced-hearing-loss/> ). Erişim Tarihi: 23/05/2016

30. United States Department of Labor. Occupational Safety and Health Administration. Occupational Safety and Health Standarts. Noise Exposure Computation. ([https://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show\\_document?p\\_table=STANDARD\\_S&p\\_id=9736](https://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARD_S&p_id=9736)) Erişim Tarihi: 25/05/2016

31. Katz J, Lezynski J. Clinical Masking. Handbook of Cincial Audiology (Katz J.) 5. baskı Baltimore: Williams and Wilkins. 121-141, 2002

32. Belgin E. Saf ses odyometri. Temel Odyoloji (Belgin E, Şahlı S.)1.Baskı.Ankara: Güneş Tıp Kitapevleri. 69-75, 2015

33. Kileny P. , Zwolan T. Tanısal ve Rehabilitasyon Odyolojisi. Baş ve Boyun Cerrahisi (Koç C.) 4. Baskı. Ankara: Güneş Kitabevi. 3483- 3502, 2007

34. American Speech-Language-Hearing Association. (2005) Guidelines for manual pure-tone threshold audiometry. Available online at: <http://www.asha.org/policy/GL2005-00014.htm>

35. Shahnaz N, Polka L. Standard and multifrequency tympanometry in normal and otosclerotic ears. Ear Hear.18:326– 341, 1997

36. Jerger J. Clinical experiance with impedance audiometry. Arch Otolaryngol. 92(4), 311-324, 1970

37. Jerger J, Northern J. Clinical impedance audiometry. Stuttgart, Thieme Medical Publishers Inc. 18-64, 1970.



38. Cranford JL. Timpanometri ve timpanogramlar:Hastanın orta kulak fonksiyonu ve işitme durumu hakkında ne verir?Odyolojinin Temelleri Titreşimlerden Seslere (Evren H.) 91-97, 2010
39. Kileny PR, Zwolan TA. Iknowledge: Diagnostic Audiology. Chapter 133. Erişim (<http://clinicalgate.com/diagnostic-audiology/>) Erişim tarihi:4/08/2016
40. Bright, KE. Spontaneous otoacoustic emissions. Otoacoustic Emissions (Robinette MS, Gattke TJ). 2nd edition. Thieme Medical Publishers Inc. 74-94, 2002
41. Öğüt F. Multifrekansiyel timpanometri ölçümlerinin otosklerotik ve normal kulaklarda karşılaştırılması. Yüksek lisans tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 2006
42. Akyıldız N.Kulak Hastalıkları ve Mikrocerrahisi 1. Bilimsel Tıp Yayınevi. Ankara, 167, 1998
43. Emanuel DC. Audiologyonline. Acoustic Reflex Threshold (ART) Patterns: An Interpretation Guide for Students and Supervisors. (<http://www.audiologyonline.com/articles/acoustic-reflex-threshold-art-patterns-875>) Erişim Tarihi: 26/05/2016
44. Gelfand SA. The contralateral acoustic reflex. The Acoustic Reflex: Basic Principles and Clinical Applications (Silman S.) Orlando, FL, Academic Press. 138-186, 1984
45. Silman S. Silverman, CA. Auditory diagnosis: Principles and applications. San Diego, CA: Academic Press, 1991
46. Prieve B, Fitzgerald T. Otocoustic emissions.Handbook of Clinical Audiology. (Katz J) 7.edition Wolters Kluwer Health USA .32: 357-379, 2015
47. Şerbetçioğlu B, Dizdar H. Otoakustik emisyonlar. Temel Odyoloji (Erol B.). 1.Baskı. Ankara: Güneş Tıp Kitapevleri. 113-122, 2015
48. Apaydın F, Ege Y, Günhan Ö, Bilgen V. Otoakustik emisyonlarda ilk uygulamalarımız. Türk Otolaringoloji Arsivi; 33: 267-72, 1995
49. Hall JW. Handbook of Otoacoustic Emissions, Singular Publishing Group, Thomson Learning, 2-269,2000
50. Çelik O. Kulak Burun Boğaz Hastalıkları ve Baş Boyun Cerrahisi. Otoloji ve Nöro-otolojide Öykü, Muayene ve Değerlendirme. Cilt 1, 2. Baskı, İzmir, Asya Tıp Kitapevi 1-35, 2007

51. Hall JW III, Mueller HG. Audiologists' Desk Reference. Clinical measurement of OAE's:Procedures and protocols. Diagnostic Audiology Principles, Procedures, and Practices. California:Plural Publishing. 53-78, 2012
52. Kemp Dt. Otoacoustic Emissions:Concepts and Origins. Active Processes and Otoacoustic Emissions in Hearing (Manley GA, Fay RR, Popper AR). 1st edition. New York:Springer; 1-38, 2008
53. Cooper NP, Pickles JO, Manley GA. Travelling waves, second filters and physiological vulnerability: A short history pf the discovery of active process in hearing. Active Processes and Otoacoustic Emissions in Hearing (Manley GA, Fay RR, Popper AR).1st edition. New York:Springer, 39-62, 2008
54. Prievde B, Fitzgerald T.Otoacoustic Emissions. Handbook of Clinical Audiology (Katz J, Burkhardt R, Mewdwetzkey L, Hood L,) 6th edition. USA:Williams and Wilkins..497-528, 2009
55. Kemp DT. Stimulated acoustic emissions from the human auditory system. J Acoust Soc Am 64:1386-1391, 1978
56. Topçuoğlu, T. Deneysel intratimpanik steroid uygulamasının koklea fonksiyonları üzerine etkisinin elektrofizyolojik ve ultrastrüktürel olarak değerlendirilmesi. Yayınlanmamış uzmanlık tezi. Trakya Üniversitesi Tıp Fakültesi Kulak Burun Boğaz Anabilim Dalı, 2008
57. Aydın, E. Psoriasis hastalarında işitmenin saf ses odyometri ve transient evoked otoakustik emisyon (TEOAE) ile değerlendirilmesi. Yayınlanmamış uzmanlık tezi. Genelkurmay Başkanlığı Gülhane Askeri Tıp Akademisi, 2012
58. Probst R, Brenda L, Lensbury-Martina and Glen K, Martin. A review of Otoacoustic Emissions. J Acoustic.Soc.Am. 89(5), May 1991
59. Norton SJ, Stover LJ. Otoacoustic Emissions. An emerging clinical tools. Handbook of Clinical Audiology (Katz J). 4th edition.USA: Williams and Wilkins; 448-450,1994
60. Caymaz A. Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi. KBB Anabilim Dalı.Otoakustik Emisyon. (<http://kbb.uludag.edu.tr/otoakustikemisyon.htm>) Erişim Tarihi: 23/04/2016
61. İbrahimov M. İşitmesi Normal Olan Tinnituslu Hastalarda Otoakustik Emisyon Sonuçları, Uzmanlık Tezi, T.C. İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Kulak Burun Boğaz Anabilim Dalı, İstanbul,2012

62. Rosenfeld RM, Culpepper L, Doyle KJ, Grundfast KM, Hoberman A, Kenna MA. Clinical practice guideline: Otitis media with effusion. *Otolaryngol Head Neck Surg*, 130 (5 Suppl):95-118,2004
63. Probst R, Harris FP, Hauser R. Clinical monitoring using otoacoustic emissions. *Br J Audiol* 27: 85-9, 1993
64. Özturan O, Lew H, Jerger J. Otoakustik emisyonlar ve klinik uygulamaları. *KBB İhtisas Dergisi*, 2 (2):194-205,1994
65. Oysu Ç, Külekçi M, Kavak L. Kontralateral Akustik Uyarının Spontan Otoakustik Emisyonlar Üzerine Etkileri. *Türk Otolarengoloji Arşivi*; 39(2): 96-101, 2001
66. Stricland AE, Burns EM, Tubis A. Incidence of spontaneous otoacoustic emissions in infants and children. *J Acous Soc Am.* 78, 931-935,1985
67. Talmadge CL, Long GR, Murphy WJ, Tubis A. New off-line method for detecting spontaneous otoacoustic emissions in human subjects . *Hear res.* 71, 170-182,1993
68. Bright KE, Glatke TJ. Spontaneous otoacoustic emissions in normal ears. *Sensorineural Hearing Loss.* (Collins MJ, Glatke TJ, Harker LA) Iowa City, IA:University of Iowa Press, 201-208,1986
69. Ozturan O, Oysu C. Influence of spontaneous oto-acoustic emissions on distortion product otoacoustic emission amplitudes. *Hear Res*, 127(1-2): 129-36, 1999
70. Köhler W, Fritze W. A long-term observation of spontaneous oto-acoustic emissions (SOAEs). *Scand Audiol* 21(1): 55-8, 1992
71. Long GR, Tubis A. Investigations in to nature of the association between threshold microstructure and otoacoustic emissions. *Hear Res*, 36(2-3): 125-38, 1988
72. Doyle KJ, Rodgers P, Fujikawa S, Newman E.. External and middle ear effects on infant hearing screening test results. *Otolaryngol Head and Neck Surg* ; 122: 477–81, 2000
73. Prieve B.,Fitzgerald, T .Otoacoustic emissions. *Handbook of clinical audiology* (Katz J.) 7th edition, Wolters Kluwer Health, 357-379, 2015
74. Henderson D, Subramaniam M, Boettcher FA. Individual susceptibility to noise-induced hearing loss: an old topic revisited. *Ear Hear*; 14: 152–168, 1993

75. Maison SF, Liberman MC. Predicting Vulnerability to Acoustic Injury with a Noninvasive Assay of Olivocochlear Reflex Strength. *J Neurosci.* 20: 4701–4707, 2000
76. Warr WB, Guinan JJ. Efferent innervation of the organ of corti: two separate systems. *Brain Res.* 7;173(1):152-155,1979
77. Otsuka S, Tsuzaki M, Sonoda J, Tanaka S, Furukawa S. A Role of Medial Olivocochlear Reflex as a Protection Mechanism from Noise-Induced Hearing Loss Revealed in Short-Practicing Violinists. *Plos One* 11(1), 2016
78. Rajan R, Johnstone BM Crossed cochlear influences on monaural temporary threshold shifts. *Hear Res* 9, 279-294, 1983
79. Rajan R. Receptor organ damage causes loss of cortical surround inhibition without topographic map plasticity. *Nat Neurosci* 2, 138-143,1998
80. Leprell CG, Shore SE, Hughes LF, Bledsoe SC. Disruption of lateral efferent pathways; functional changes in auditory evoked responses. *J.Assoc.Res.Otolaryngol.* 4, 276-290, 2003
81. Darrow KN, Maison SF, Liberman MC. Selective removal of lateral olivocochlear efferents increases vulnerability to acute acoustic injury. 97, 1775-1785, 2007
82. Guinan JJ. Olivocochlear efferents: Anatomy,physiology, function and the measurement of efferent effects in humans. *Ear Hearing* . 27: 589-607, 2006
83. Cooper NP, Guinan JJ. Separatemechanical processes underlie fast and slow effects ofmedial olivocochlear efferent activity. *J Physiol* 548(1): 307-312,
84. Kirk CE, Smith DW. Protection from acoustic trauma is not a primary function of the medial olivocochlear efferent system. *JARO.* 445-465,2003
85. Larsen E, Liberman MC. Slow build-up of cochlear supression during sustaines contralateral noise: Central modulation of olivocochlear efferents? *Hear Res.* 256, 1-10 ,2009
86. Maison SC, Collet L. The Medial Olivocohlear Efferent System in Humans: Structure and Function of Noise, *Scandinavian Audiology*; 28(51),78-84,1999
87. Prasher D, Ryan S, Luxon L. Suppression of Transiently Evoked Otoacoustic Emissions and Neuro-Otology. *Br J Audiol* ; 28:247-54, 1994

88. Collet L. Use of otoacoustic emissions to explore the medial the medial olivocochlear system in humans. *Br J Audiol* 27: 155-59,1993
89. Behar A, Wong W, Kunov H. Risk of hearing loss in orchestra musicians: Review of the literature. *Med Probl Perform Art* , 21 (4):164- 8, 2006
90. Mulroy MJ, Henry WR, McNeil PL. Noise-induced transient microlesions in the cell membranes of auditory hair cells. *Hear Res.* 115:93-100, 1998
91. Pujol R, Puel JL. Excitotoxicity, synaptic repair, and functional Recovery in the Mammalian Cochlea: A Review of Recent Findings. *Annals of the New York Academy Sciences.*884:249-254, 1999
92. Kahari, K.R, Hellström A, Hellstromf P, Zachau G. Hearing assesment of classical orchestra musicians. *Scand Audiol*, 30:13-23,2001
93. Obeling L, Poulsen T. Hearing ability in Danish symphony orchestra musicians. *Noise Health*; 1: 43–9, 1999
94. Westmore GA, Eversden ID. Noise-induced hearing loss and orchestral musicians. *Arch Otolaryngol*, 107:761-4, 1981
95. Jansen EJ, Helleman HW, Dreschler WA et al. Noise induced hearing loss and other hearing complaints among musicians of symphony orchestras. *Int Arch Occup Environ Health*; 82: 153–64, 2009
96. Rodrigues M.A, Freitas M.A, Neves M.P, Silva M V, Evaluation of the noise exposure of symphonic orchestra musicians. *Noise & Health*, January-February.16:68, 40-6, 2014
97. Toppila E, Koskinen H, Pyykkö I, Hearing loss among classical-orchestra musicians *Noise & Health*, 13:50,45-50, January-February 2011
98. Arnold GE, Miskolczy-Fodor F. Pure-tone thresholds of professional pianists. *AMA Arch Otolaryngol* 1:938-47, 1960
99. Kuronen P, Toppila E, Starck J, Pääkkönen R, Sorri MJ. Modelling the risk of noise induced hearing loss among military pilots. *Int J Audiol.* 43:79-84, 2004
100. Türkkahraman S, Gök Ü, Karlıdağ T, Keleş E, Öztürk A. Uzun süre mesleki gürültüye maruz kalan işçilerde standart ve yüksek frekans odyometri bulguları, *Kulak Burun Bogaz Ihtis Derg*, 10(4):137-142, 2003

101. Morton LP, Reynolds L. High frequency thresholds: variations with age and industrial noise exposure. *S Afr J Commun Disord*, 38:13-7, 1991
102. Fausti SA, Erickson DA, Frey RH, Rappaport BZ, Schechter MA. The effects of noise upon human hearing sensitivity from 8000 to 20 000 Hz. *J Acoust Soc Am*, 69:1343-7, 1981
103. Ahmed HO, Dennis JH, Badran O, Ismail M, Ballal SG, Ashoor A. High-frequency (10–18 kHz) hearing thresholds: Reliability, and effects of age and occupational noise exposure. *Occupational Medicine*, 51(4), 245–258, 2001
104. Sulaiman AH, Husain R, Selvakumaran K. Hearing Risk among Young Personal Listening Device Users: Effects at High-Frequency and Extended High-Frequency Audiogram Thresholds, *J Int Adv Otol*, 11(2): 104-9, 2015
105. Dowling WJ, Harwood DL. *Music cognition*. Academic Press, St Louis, 1986
106. Karlsson K, Lundquist PG, Olaussen T. The hearing of symphony orchestra musicians. *Scand Audiol*, 12(4):257–264 , 1983
107. Sliwinska-Kowalska M, Kotylo P. Occupational exposure to noise decreases otoacoustic emission efferent suppression. *Int. J. Audiology* 41, 113–119, 2002
108. Murray N, LePage E. Inner ear damage in an opera theatre orchestra as detected by otoacoustic emissions, pure tone audiometry and sound levels. *Aust. J. Audiol.* 20, 67–78, 1998
109. LePage EL, Murray NM. Latent cochlear damage in personal stereo users: A study based on click-evoked otoacoustic emissions,” *Med. J. Aust.* 169, 588–592, 1998
110. Hotz MA, Probst R, Harris FP, Hauser R. Monitoring the effects of noise exposure using transiently evoked otoacoustic emissions, *Acta Oto-Laryngol.* 113, 478–482, 1993
111. Maison SF, Liberman MC. Predicting Vulnerability to Acoustic Injury with a Noninvasive Assay of Olivocochlear Reflex Strength. *J Neurosci.* 20: 4701–4707, 2000
112. Wolpert S, Heyd A, Wagner W. Assessment of the Noise-Protective Action of the Olivocochlear Efferents in Humans. *Audiol Neurotol.* 19: 31–40, 2014

113. Brown MC, Kujawa SG, Liberman MC. Single Olivocochlear Neurons in the Guinea Pig. II. Response Plasticity Due to Noise Conditioning. *J Neurophysiol*, 79: 3088–3097, 1998