

T.C.
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



**İŞİTME CİHAZI UYARLAMASINDA AKUSTİK PARAMETRE
SEÇİMİNİN IN-SITU ODYOMETRİ ÖLÇÜMÜNE ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Sinem CAN ÇELEBİ

Odyoloji Ana Bilim Dalı
Odyoloji Programı

EYLÜL, 2023

T.C.
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



**İŞİTME CİHAZI UYARLAMASINDA AKUSTİK PARAMETRE
SEÇİMİNİN IN-SITU ODYOMETRİ ÖLÇÜMÜNE ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Sinem CAN ÇELEBİ
(Y2116.070003)

Odyoloji Ana Bilim Dalı
Odyoloji Programı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Denizhan DİZDAR

EYLÜL, 2023

ONAY FORMU

ONUR SÖZÜ

Yüksek Lisans tezi olarak sunduğum “İşitme Cihazı Uyarlamasında Akustik Parametre Seçiminin In-Situ Odyometri Ölçümüne Etkisi” adlı çalışmanın, tezin proje safhasından sonuçlanmasına kadarki bütün süreçlerde bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurulmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin Kaynakça ’da gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve onurumla beyan ederim. (.../.../20..)

Sinem CAN ÇELEBİ

ÖNSÖZ

Yüksek lisans tez çalışmam desteğini gördüğüm, bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım tez danışmanım Doç. Dr. Denizhan DİZDAR' a,

Lisans eğitimim süresince ve sonrasında desteklerini benden esirgemeyen, vizyonu, sonsuz çalışma azmi, sevgisi, bilgi ve deneyimi ile yoluma ışık tutan kıymetli ve biricik hocam Prof. Dr. B. Özlem Konukseven' e,

Yüksek lisans sürecimde bir adım daha ileri gitmem için desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen hocam Dr. Öğr. Üyesi Uğur Embiye ÖZGÜR' e

Lisans dönemim ile başlayan bu yolculuğun her anına şahit olan, her anını birlikte geçirdiğim, başım her sıkıştığında ilk gittiğim, desteklerini esirgemeyen, Uzm. Ody. Büşra ULUDAĞ' a, Uzm. Ody. Rahime Nur AKTAN' a, Dr. Ody. Ümit Can ÇETİNKAYA, Dr. Ody. Merve MERAL ÇETİNKAYA' ya,

Çalışma hayatımın başından beri ve tez sürecimde hiçbir konuda desteklerini, imkanlarını, hoşgörülerini ve anlayışlarını esirgemeyen Bahar PAKSOY' ve Önder PAKSOY' a ve tüm bu süreçte motivasyonum için çaba harcayan Pakses Aileme' e

Sonsuz sevgi, özveri, anlayış ve desteğini gördüğüm, yaşamımın, kariyerimin, hayallerimin yön bulmasında sonsuz destekçim, her zaman varlığını yanımda hissettiğim, dimdik ayakta durmamı ve hep bir adım daha ileriye gitmemi sağlayan sevgili eşim Umut Can ÇELEBİ' ye

Beni bu yaşa getirene kadar her türlü kahrımı çeken, desteklerini ve sevgilerini asla esirgemeyen teşekkürün en büyüğünü asıl hak eden canım annem Oya CAN' a, canım babam Ferzan CAN' a ve biricik kardeşim Gizem CAN' a

Sonsuz teşekkürler.

Eylül, 2023

Sinem CAN ÇELEBİ

İŞİTME CİHAZI UYARLAMASINDA AKUSTİK PARAMETRE SEÇİMİNİN IN-SITU ODYOMETRİ ÖLÇÜMÜNE ETKİSİ

ÖZET

Amaç: İşitme cihazı uyarlaması sırasında hastaların fiziksel olarak kullanmakta olduğu akustik parametrelerin işitme cihazı programlama arayüzü üzerinden gerçekleştirilen seçiminin in-situ ölçümü üzerinde etkilerini ve odyolojik ekipman kısıtlılığı bulunan işitme cihazı satış ve uygulama merkezlerinde işitme cihazı uyarlaması sırasında in-situ odyometri testinde akustik parametrelerin öneminin ülkemiz işitme merkezlerinde çalışan işitme uzmanlarında farkındalık oluşturulması hedeflenmektedir.

Gereç ve Yöntem: Çalışmaya Signia, Rexton ve A&M marka RIC (receiver in the canal) işitme cihazını dome ile kullanan, sensörinöral tip işitme kayıplı 18 yaş ve üzeri 27 erkek 27 kadın birey olmak üzere toplam 54 birey dahil edilmiştir. Çalışmada 3 test aşaması bulunmaktadır. İlk aşamada hastalara geleneksel saf ses odyometri ve timpanometri testi yapılmıştır. İkinci aşamada hastalara kullanmakta oldukları işitme cihazı ile işitme cihazı programlama arayüzünde fiziksel olarak kullanmakta olduğu dome seçilerek in-situ odyometri testi gerçekleştirilmiştir. Üçüncü aşamada ise; hastaların fiziksel olarak kullandıkları dome değiştirilmeksizin işitme cihazı programlama arayüzü üzerinden dome seçeneği açık, kapalı sleeve, lale, çift-power ve ventli sleeve dome olarak değiştirilerek toplamda 5 in-situ ölçümü gerçekleştirilmiştir. Geleneksel saf ses odyometri testi, programlama arayüzü üzerinden hastanın kullandığı fiziksel akustik parametre seçimi ile gerçekleştirilen in-situ odyometri tesit ve programlama arayüzü üzerinden hastanın kullandığı fiziksel akustik parametre seçimi farklı seçilerek gerçekleştirilen in-situ odyometri sonuçları karşılaştırılmıştır.

Bulgular: Tüm katılımcıların (n=54; 27 erkek, 27 kadın) yaşları minimum 18, maksimum 83 olup yaş ortalaması 53,69've standart sapması 14,994'dir. Katılımcıların %40,6'sı (39 kulak) Signia, %39,6'sı (38 kulak) A&M, %19,8'i

(19 kulak) Rexton marka işitme cihazı kullanmaktadır. İşitme cihazı kullanımındaki akustik parametrelerin dağılımı açık dome 18 kulak (%18,75), kapalı sleeve dome 19 kulak (%19,8), ventli sleeve dome 20 kulak (%20,82), çift power dome 18 kulak (%18,75), lale dome 21 kulak (%31,88) şeklindedir.

Arayüz üzerinden akustik parametre değişimi ile; Açık Dome kullanılan in-situ ölçümünde 250, 500, 2000, 4000 Hz frekanslarında, Kapalı Dome kullanılan in-situ ölçümünde 250, 500, 1000, 4000 Hz frekanslarında, Lale Dome kullanılan in-situ ölçümünde 250, 500 Hz frekanslarında, Double Dome kullanılan in-situ ölçümünde 250, 500 ve 4000 Hz frekanslarında, Ventli Sleeve Dome kullanılan in-situ ölçümünde 250, 500 ve 4000 Hz frekanslarında istatistiksel olarak anlamlı farklılık elde edilmiştir.

Sonuç: İşitme cihazı uygulaması sırasında işitme cihazı programlama arayüzü üzerinden akustik parametre seçimin in-situ odyometri test sonuçlarını etkilediği görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: in-situ odyometri, işitme cihazı, işitme kaybı, akustik parametre, saf ses odyometri

THE EFFECT OF ACOUSTIC PARAMETER SELECTION ON IN-SITU AUDIOMETRY MEASUREMENT IN HEARING AID FITTING

ABSTRACT

Aim: The effects of the selection of acoustic parameters physically used by patients through the hearing aid programming interface on the in-situ audiometry during hearing aid adaptation, and the importance of acoustic parameters in in-situ audiometry testing during hearing aid adaptation in hearing centers with limited audiological equipment, in our country's hearing centers. Raising awareness among practicing hearing care professionals.

Material Method: A total of 54 individuals, 27 males and 27 females, aged 18 and over, with sensorineural type hearing loss and using Signia, Rexton and A&M brand RIC (receiver in the canal) hearing aids with dome were included in the study. There are 3 testing stages in the study. In the first stage, patients underwent traditional pure tone audiometry and tympanometry testing. In the second stage, an in-situ audiometry test was performed on the patients by physically selecting the hearing aid they were using and the dome they were using in the hearing aid programming interface. In the third stage; A total of 5 in-situ measurements were made by changing the dome option to open, closed sleeve, tulip, dual-power and vented sleeve dome via the hearing aid programming interface, without changing the dome physically used by the patients. The traditional pure tone audiometry test, in-situ audiometry test performed by selecting the physical acoustic parameter used by the patient through the programming interface, and the results of in-situ audiometry performed by selecting the physical acoustic parameter used by the patient differently through the programming interface were compared.

Results: The ages of all participants (n=54; 27 men - 27 women) are minimum 18 and maximum 83, with an average age of 53.69 and a standard deviation of 14.994. 40.6% (39 ears) of the participants use Signia, 39.6% (38

ears) use A&M, and 19.8% (19 ears) use Rexton brand hearing aids. Distribution of acoustic parameters in hearing aid use: open dome 18 ears (18.75%), closed sleeve dome 19 ears (19.8%), vented sleeve dome 20 ears (20.82%), double power dome 18 ears (18%). 75), tulip dome is 21 ears (31.88%). With acoustic parameter change via the interface; In the in-situ measurement using Open Dome, the frequencies are 250, 500, 2000, 4000 Hz. In the in-situ measurement using the Closed Dome, the frequencies are 250, 500, 1000, 4000 Hz. In the in-situ measurement using the Lale Dome, the frequencies are 250, 500 Hz. A statistically significant difference was obtained at frequencies of 250, 500 and 4000 Hz in the in-situ measurement, and at 250, 500 and 4000 Hz frequencies in the in-situ measurement using the Vented Sleeve Dome.

Conclusion: It is observed that the selection of acoustic parameters via the hearing aid programming interface during hearing aid application affects the in-situ audiometry test results.

Keywords: in-situ audiometry, hearing aid, hearing loss, acoustic parameter, pure tone audiometry

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ONUR SÖZÜ	i
ÖNSÖZ.....	ii
ÖZET.....	iii
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR LİSTESİ.....	x
ÇİZELGELER LİSTESİ.....	xi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xiii
I. GİRİŞ	1
A. Hipotezler	3
II. GENEL BİLGİLER.....	4
A. Periferik İşitme Sisteminin Anatomi ve Fizyolojisi	4
1. Dış Kulak Anatomi ve Fizyolojisi	5
a. Kulak Kepçesi (Pinna) Anatomi ve Fizyoloji.....	5
b. Dış Kulak Kanalı (External Meatus Acusticus) Anatomi ve Fizyoloji	7
2. Orta Kulak Anatomi ve Fizyolojisi.....	12
a. Orta Kulak Boşluğu Anatomi ve Fizyolojisi	13
b. Kulak Zarı (Timpanik Membran, TM).....	15
c. Kemikçik Zinciri (Ossiküler Zincir).....	16
d. Östaki Tüpü (ÖT)	19
3. İç Kulak Anatomi ve Fizyolojisi.....	19

a. Kemik Koklea.....	19
b. Membranöz Koklea ve İlgili Yapılar.....	21
c. Korti Organı.....	22
B. İşitme Kaybı.....	24
1. İletim Tipi İşitme Kaybı.....	24
2. Sensörinöral Tip İşitme Kaybı.....	25
a. Sensörinöral Tip İşitme Kaybının Tedavi ve Yönetimi.....	25
3. Mikst Tip İşitme Kaybı.....	26
C. İşitme Cihazı.....	26
1. İşitme Cihazı Tipleri	28
a. Kulak Arkası İşitme Cihazı (BTE).....	28
b. Receiver In The Canal / Hoparlör Kulak İçinde Kulak Arkası İşitme Cihazı (RITE, RIC)	29
c. In The Ear/Kulak İçi İşitme Cihazı (ITE).....	29
d. In The Canal/ Kanal İçi İşitme Cihazı (ITC).....	29
e. Completely In The Canal/ Komple Kanal İçi İşitme Cihazı (CIC).....	30
2. İşitme Cihazında Akustik Parametreler (Kulak Kalıpları ve İstant Fit – Dome' lar)	30
3. In-situ Odyometri Testi.....	31
III. GEREÇ VE YÖNTEM.....	33
A. Çalışmaya Dahil Edilme Kriterleri	33
B. Çalışmaya Dahil Edilmeme Kriterleri	34
C. İstatistiksel Analiz	35
IV. BULGULAR.....	36
A. Demografik Özellikler	36
B. Katılımcıların Sağ-Sol Kulak Dağılımı, İşitme Cihazı Marka Dağılımı ve İşitme Kaybı Başlangıç Süreleri Karşılaştırması	37

C. Katılımcıların İşitme Cihazlarını Hangi Akustik Parametre ile Kullandığının Karşılaştırması.....	37
D. Geleneksel ve İn-Situ Odyometri Sonuçlarının İşitme Kaybı Dereceleri Karşılaştırılması	38
E. Geleneksel ve İn-Situ Odyometri Eşiklerinin Frekans – Akustik Parametre Karşılaştırması.....	38
F. Hastanın Fiziksel Olarak Kullandığı Dome: Kapalı Dome iken	41
V. TARTIŞMA	52
VI. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	62
VII.KAYNAKLAR	64
EKLER.....	70
ÖZGEÇMİŞ.....	73

KISALTMALAR LİSTESİ

- AAS** : Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresi
ANCA : Antinötrofil Sitoplazmik Antikor

ÇİZELGELER LİSTESİ

Sayfa

- Çizelge 1. Çalışmaya dahil edilen bireylerin cinsiyet ve yaş gruplarına göre yaş analizleri verilmiştir. 36
- Çizelge 2. Katılımcıların sağ-sol kulak dağılımı, işitme cihazı marka dağılımı ve işitme kaybı başlangıç süreleri yukarda belirtilmiştir. 37
- Çizelge 3. Çizelge 4.3 Katılımcıların işitme cihazı kullanımındaki akustik parametrelerin dağılımını göstermektedir. 37
- Çizelge 4. Katılımcıların geleneksel odyometri sonuçlarına göre işitme kaybı derece dağılımını göstermektedir. 38
- Çizelge 5. Hastanın kulağında açık dome ile uygulama yapılmış şekilde işitme cihazı programlama arayüzünden farklı dome seçimlerinin Geleneksel Odyometri ve İn-Situ Odyometri 0,250 kHz ila 6 kHz frekans sonuçlarına etkisi. 38
- Çizelge 6. Hastanın kulağında kapalı dome ile uygulama yapılmış şekilde işitme cihazı programlama arayüzünden farklı dome seçimlerinin Geleneksel Odyometri ve İn-Situ Odyometri 0,250 kHz ila 6 kHz frekans sonuçlarına etkisi. 41
- Çizelge 7. Hastanın kulağında lale dome ile uygulama yapılmış şekilde işitme cihazı programlama arayüzünden farklı dome seçimlerinin Geleneksel Odyometri ve İn-Situ Odyometri 0,250 kHz ila 6 kHz frekans sonuçlarına etkisi. 43
- Çizelge 8. Hastanın kulağında Double-çift dome ile uygulama yapılmış şekilde işitme cihazı programlama arayüzünden farklı dome seçimlerinin Geleneksel Odyometri ve İn-Situ Odyometri 0,250 kHz ila 6 kHz frekans sonuçlarına etkisi. 46

Çizelge 9. Hastanın kulağında Ventli dome ile uygulama yapılmış şekilde işitme cihazı programlama arayüzünden farklı dome seçimlerinin Geleneksel Odyometri ve İn-Situ Odyometri 0,250 kHz ila 6 kHz arası frekansların sonuçlarına etkisi.....	48
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.	Periferik ve Merkezi İşitsel Sistemin şematik çizimi.	4
Şekil 2.	Kulak Kepçesinin Başlıca Yapıları.....	6
Şekil 3.	Kulağın konfigürasyonunu ve seyrini gösteren koronal kesit	8
Şekil 4.	0°, 45° ve 90° azimutlarda sunulan bir ses kaynağı ile elde edilen DKK'nın rezonans etkileri.....	9
Şekil 5.	Akustik sinyalin geliş açısı 0° azimut (düz çizgi), 45° azimut (uzun çizgiler) ve 90° azimut (kısa çizgiler) olduğunda başın ses alanındaki etkisi.	11
Şekil 6.	Kulak kanalı rezonansı, dış kulak rezonansı (yani, konkadan gelen) ve başın üç farklı azimuttaki ses kaynaklarından kulağa ulaşan yoğunluk seviyesindeki birleşik etkileri.	12
Şekil 7.	Orta kulağın lateral duvarının bir görünümü (ön sol ve arka sağ).....	14
Şekil 8.	Kulak zarının temsili görseli.	16
Şekil 9.	Orta kulak kemikçiklerinin çizimleri. Çekiç, örs ve üzenginin bireysel çizimleri (üstte).....	17
Şekil 10.	Oval pencere ile eklem yapan kemik kokleanın ve üzengi kemiğinin illüstrasyonu.	20
Şekil 11.	Kokleanın Kesitsel Görüntüsü.....	21
Şekil 12.	Korti Organın Anatomisi.....	22
Şekil 13.	İşitme Cihazı Tipleri.....	28
Şekil 14.	Cubick ve ark. (2022) yaptıkları çalışmada elde edilen her bir akustik parametre için ortalama ve bireysel ventilasyon etkisini gösterir.	57

I. GİRİŞ

İşitme eşiği seviyeleri tipik olarak, test uyaranlarını sunmak için kulak üstü kulaklıklar kullanılarak geleneksel saf ton odyometrisi (PTA) ile ölçülür (ISO 8253-1, 2010; IEC 60645-1, 2012). Geleneksel yöntemlere ek olarak, bazı işitme cihazı üreticileri in-situ odyometri veya benzeri olarak adlandırılan ikinci bir seçeneği sunmaktadır. In-situ, hastanın kullandığı veya kullanacağı işitme cihazı kullanılarak beklenen akustik parametreler (örn. kulak kalıbı ve rezidüel kulak kanalı hacmi) yerindeyken kulakta ölçüm yapılmasına olanak tanıyan özellikleri ifade eder. In-situ özelliği, klinisyenlerin ve dağıtıcıların, uyaranları sunmak için işitme cihazını dönüştürücü olarak kullanarak odyometri gerçekleştirmesine olanak tanır. Test uyaranları işitme cihazı sinyal işlemcisi tarafından oluşturulur ve işitme cihazının alıcısı tarafından sunulur (Kiessling, J., ve ark., 2015).

In-situ odyometri, eğer geleneksel bir odyometre mevcut değilse, işitme cihazının uyarlaması hastanın evinde veya ölçüm ekipmanına erişimin sınırlı olduğu başka yerlerde yapıldığında uyarlama sürecinde yararlı bir araç olabilir (Kiessling, J., ve ark., 2015). Bu ortamlarda, in-situ odyometri maliyet ve zaman tasarrufu potansiyeli sunabilir (O'Brien ve diğ., 2010; Keidser ve diğ., 2011; Nesgaard Pedersen, 2011). Nihai uygulama için kullanılacak kulak kalıbı yoluyla eşikler ölçüldüğünde, in-situ odyometri, ventilasyon, rezidüel kulak kanalı hacmi, kazanç kaybı ve orta kulak empedansı gibi bireysel akustik bağlantının etkilerini hesaba katabilir (Ludvigsen ve Topholm, 1997; Ludvigsen ve Kuk, 2001). Öte yandan geleneksel PTA, belirli bir hastanın kulak kanalının normal işiten yetişkinlerin ortalama hacmine eşit olduğunu varsayarak birleşik bir kalibrasyonla çalışır. Bu nedenle, in-situ odyometri işitme cihazı yerleştirmenin doğruluğunu arttırabilir ve bu da hasta memnuniyetini arttırabilir (Kuk, 1998; Block, 2008; O'Brien ve diğ., 2010).

Ülkemizde de; odyolojik ekipman yetersizliği durumunda işitme cihazı satış ve uygulama merkezlerinde hastalara işitme cihazları fitting programları

aracılığıyla in-situ testi ile işitme cihazı uygulaması yapılmaktadır. Literatürde in-situ testinde akustik parametrelerin önemine değinilmiştir (Gazia, F., 2020).

Akşit ve ark., (2020) işitme cihazı ve uygulama merkezlerinde farklı patolojilerde işitme cihazı, kulak kalıbı ve yardımcı teknoloji seçimi üzerine geręekleřtirmiř oldukları çalışmanın sonucunda işitme cihazı uygulama ve satış merkezlerindeki bilgi ve doğru uygulama düzeyini tartışılır olduğu görülmektedir. Ülkemizde işitme uzmanlarının eğitim düzeylerindeki farklılıklar ve akustik parametreler gibi önemli değerler konusunda sistematik eksiklikler dolayısı ile bu değerlere in-situ ölçümleri sırasında dikkat edilmemekte ve hastalara yanlış uygulamalar yapılabilmektedir.

Çalışmamızda hastanın kullanmakta olduğu veya kullanacağı işitme cihazı ile in-situ odyometri testi uygulaması yapılmıştır. Bu uygulama esnasında in-situ odyometri testi işitme cihazı programlama arayüzünden hastanın fiziksel olarak kullanmakta olduğu akustik parametrenin (dome) ve hastanın kullanmadığı akustik parametre (dome) seçilerek geręekleřtirilmiřtir. Işitme cihazı programlama arayüzünde hastanın kullandđđı akustik parametre seçiminin doğru ve yanlış yapıldđđında in-situ odyometride geręekleřen farklılıklar ortaya konmuştur.

Klinik pratikte hastaya uygulanan ve seçimi geręekleřtirilen akustik parametrelerin (dome) in-situ ölçümlerinde ve işitme cihazı uyarlamasında etkinliğinin yüksek olduğu düşünülmektedir. Hastaya uygulanan akustik parametre seçimi ile yapılan in-situ ölçümü ile hastaya uygulanmayan akustik parametre seğimleri ile yapılan in-situ ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olması beklenmektedir.

Çalışmamızın amacı; işitme cihazı uyarlaması sırasında işitme cihazı programlama arayüzü üzerinden akustik parametre (dome) seçiminin in-situ ölçümü üzerinde etkilerini araştırmaktır. In-situ ölçümü sırasında akustik parametre seçiminin yanlış yapılması halinde hava yolu eşiklerinin yanlış tayin edileceđđi ve bu sebeple işitme cihazı uyarlamasında yeterli ses kazancının sađlanamayacađđı düşünülmektedir. Yapılan alışma ile; işitme cihazı programlama arayüzünde akustik parametre (dome) seçiminin in-situ ölçümü üzerindeki etkilerinin ortaya koyulmasıdır. Bu etkilerin sađladđđı sonuçlar ortaya

koyularak in-situ ölçümü sırasında hastaya uygulaması yapılan akustik parametre (dome) doğru seçiminin önemi vurgulanacaktır.

Çalışmamızın ikincil amacı; ekipman kısıtlılığı bulunan bölgelerde işitme cihazı uyarlaması sırasında in-situ ölçümü ile gerçekleştirilen uyarlamada akustik parametre etkinliğinin öneminin ülkemiz işitme merkezlerinden çalışan işitme uzmanlarının farkındalığının oluşturulmasıdır.

A. Hipotezler

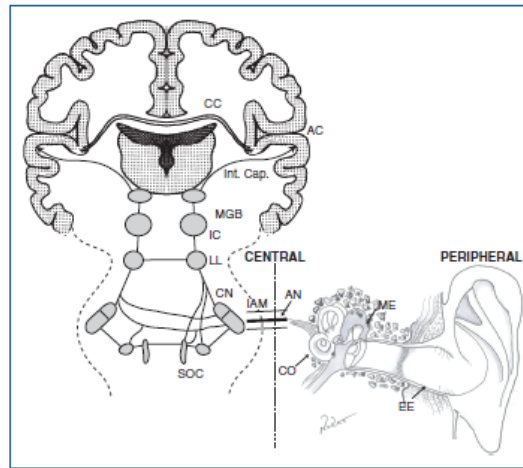
H0: Hastaya uygulaması yapılan akustik parametre seçimi ile gerçekleştirilen in-situ ölçümü ile hastaya uygulaması yapılmayan akustik parametre seçimi ile gerçekleştirilen in-situ ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur.

H1: Hastaya uygulaması yapılan akustik parametre seçimi ile gerçekleştirilen in-situ ölçümü ile hastaya uygulaması yapılmayan akustik parametre seçimi ile gerçekleştirilen in-situ ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır.

II. GENEL BİLGİLER

A. Periferik İşitme Sisteminin Anatomi ve Fizyolojisi

İşitme sistemi periferik ve merkezi işitsel sistem olmak üzere iki bölümde incelenebilmektedir. Periferik sistem dış kulak, orta kulak, koklea ve işitme sinirini (AN) içerir. Merkezi işitsel sistem, koklear nükleus (CN), superior olivary kompleksi (SOC), lateral lemniscus (LL) (hem çekirdekler hem de yollar), inferior kollikulus (IC), medial genikulat cisim (MGB), işitsel alt korteks (kortikal altı beyaz madde ve bazal gangliyon bölgesi), korteks ve interhemisferik yoldan (korpus kallozum dahil) oluşur. Periferik işitme sistemi çoğunlukla kafatasının bir parçası olan şakak kemiğinde bulunur ve merkezi işitme sistemi beyinde bulunur. Spesifik olarak, CN, SOC ve LL ponda, IC orta beyinde ve MGB kaudal talamusta bulunur. İşitsel alt korteks ve korteks, iç kapsül, insula, Heschl girusu, planum temporale ve superior temporal girusun diğer kısımları gibi yapıları içerir. İşitsel duyarlı alanlar ayrıca frontal lob, parietal lob, angular gyrus, supramarginal gyrus ve corpus callosum'un bölümlerini içerir. Bu sistemin tamamına genellikle işitsel afferent sistem denir, yani kulaktan beyne kadar uzanır.



Şekil 1. Periferik ve Merkezi İşitsel Sistemin şematik çizimi.

Kaynak: Musiek & Baran, 2020

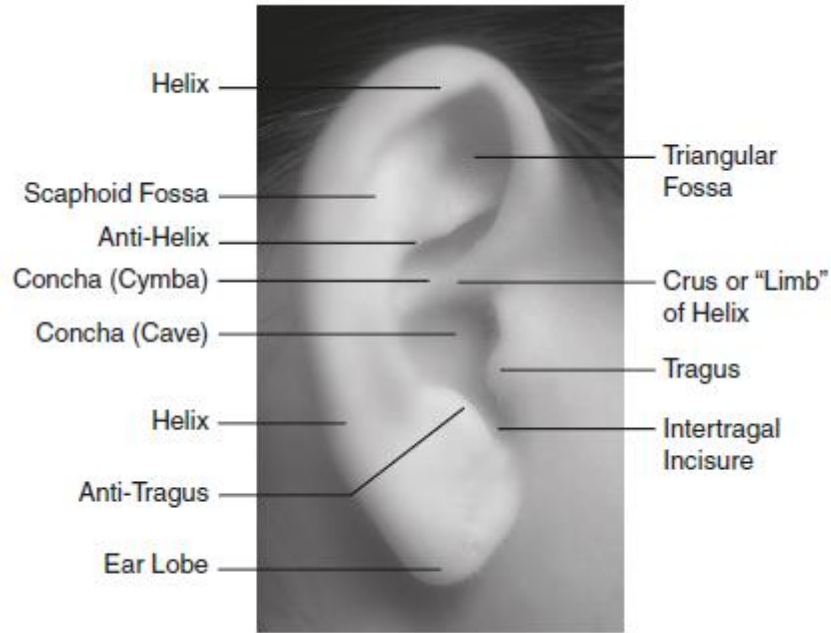
1. Dış Kulak Anatomi ve Fizyolojisi

Dış kulak, işitme sisteminin ilk bölümünü oluşturur. İki ana yapıdan oluşur: kulak kepçesi (auricula, pinna) ve dış kulak kanalı (external meatus acusticus, DKK). İşitme sisteminin bu kısmı kulak kepçesi ile başlar ve kulak zarı (timpanik membran) biter. Dış kulak, dışarıdan gelen akustik enerjiyi toplar ve bu enerjiyi mekanik (titreşimli) enerjiye dönüştüğü orta kulağa yönlendirir. Dış kulağa ulaşan akustik enerji, kulak kepçesi ve kulak kanalının rezonans özellikleriyle değiştirilir (Glattke, 1978; Zemlin, 1998). Sonuç olarak, dış kulak tarafından orta kulağa iletilen akustik sinyal, kulağa giren ile aynı değildir. Dış kulak yapıları, işitsel bir işleve sahip olmakla birlikte koruyucu işlevler de görür. Kulak kanalında bulunan kıl folikülleri ve bezlerinin serumenli salgıları (kulak kiri) antibakteriyel ve antifungal özelliklere sahiptir.

a. Kulak Kepçesi (Pinna) Anatomi ve Fizyoloji

Kulak kepçesi (pinna), işitme mekanizmasında başın yan tarafına tutturulmuş büyük yapıdır. İnsanlarda, kulak kepçesi tipik olarak 15° ila 30°'lik bir açıyla baştan dışarı doğru çıkıntı yapar (Yost, 2000; Zemlin, 1998). Kulak kepçesi, bağlarla bir arada tutulan birkaç kıkırdak parçasından oluşur. Aynı zamanda, insanlarda büyük ölçüde körelmiş kaslar gibi görünen bazı dışsal ve içsel kasları da içerir. Kulak kepçesinin kıkırdaklı temeli, yüzü ve başı kaplayan derinin devamı olan bir epidermis ile kaplıdır. Kulak kepçesi içindeki kıkırdak, bu yapının yüzeyinde birkaç çıkıntı ve çöküntü oluşturur (Şekil 1). Kulak kepçesi üzerindeki belirgin yer işaretleri arasında, kulak kepçesinin önünden çıkan ve kulak kepçesinin arkasına doğru geriye doğru çıkıntı yapan koruyucu kanat tragus, kısmen kulak kanalının girişini kaplar. Konka, kulak kanalının girişini oluşturan tragusun arkasında ve altında büyük bir çanak şeklinde bir çöküntüdür. Konka erişkinde 1-2 cm çapındadır (Yost, 2000) ve genel olarak dış kulak kanalının girişini oluşturur. Kulak kepçesinin arka ve üst bölgesi boyunca uzanan çıkıntılı kenar, helix'tir. Helix, lobüle (kulak memesine) ulaşana kadar kulak kepçesinin arka çevresi boyunca aşağı doğru ilerler; Kulak kepçesinin üst bölgesinde, heliks öne doğru ilerler ve daha sonra kaudal yönde ve nihayetinde arka yönde dönerek heliksin merkezini oluşturur. Heliksin hemen önünde yer alan kulak kepçesinin arka kısmından aşağı doğru uzanan oluk skafoid fossa olarak adlandırılır. Skafoid fossadan anterior yönde ilerleyen, belirgin bir çıkıntı olan

antiheliks bulunur. Antiheliks, helikse paralel uzanır; bununla birlikte, üst kısmında bu yapı, antiheliksın kruası olarak anılan iki parçaya ayrılır. Antiheliksın iki cruraya dallanmasıyla oluşan üçgen bir alanda belirgin bir çöküntü gözlenir. Kulak kepçesinin bu bölgesine anterior fossa denir. Tragus ve antitragus, intertragal çentik olarak adlandırılan bir çentikle ayrılır. Kulak kepçesinin iç yapısı, dış yapıda görüldüğü gibi hemen hemen aynı şekle sahip kıkırdaklı bir temelden oluşur. Medial olarak kıkırdak, kulak kanalının yanal kısmının temeli olarak hizmet eden kıkırdak ile bitişiktir. Kıkırdağa ek olarak, kulak kepçesine bağlanan üç kas vardır. İnsanlarda bunlar körelmiş kaslardır ve önemli bir işitsel işlevi yoktur.



Şekil 2. Kulak Kepçesinin Başlıca Yapıları

Kaynak: Musiek & Baran, 2020.

Kulak kepçesi, en etkili şekilde 5000 Hz civarındaki frekanslar için bir ses toplayıcı işlevi görür. Bunun nedeni, bu aralıktaki frekansların dalga boylarının kulak kepçesinden daha küçük olması ve çevresinden kolayca geçememesidir. Kulak kepçesinin yüzeyindeki çıkıntılar ve çöküntüler, yüksek frekanslı sesler için karmaşık bir rezonatör işlevi görmesine neden olur. Bu yüksek frekanslı rezonans modelleri, ses kaynağının konumu değiştikçe değişir (Blauert, 1983). Kulak kepçesi, insanlarda dikey düzlem boyunca lokalizasyon için ipuçları sağlamada da önemli bir rol oynayabilir (Hofman & Van Opstal, 2003). Kulak

kepçesi bunu, yüksekliğe katkıda bulunan spektral şekil ipuçlarına ek olarak arka ve öndeki ses kaynaklarından bilgiler sağlayarak yapar.

b. Dış Kulak Kanalı (External Meatus Acusticus) Anatomi ve Fizyoloji

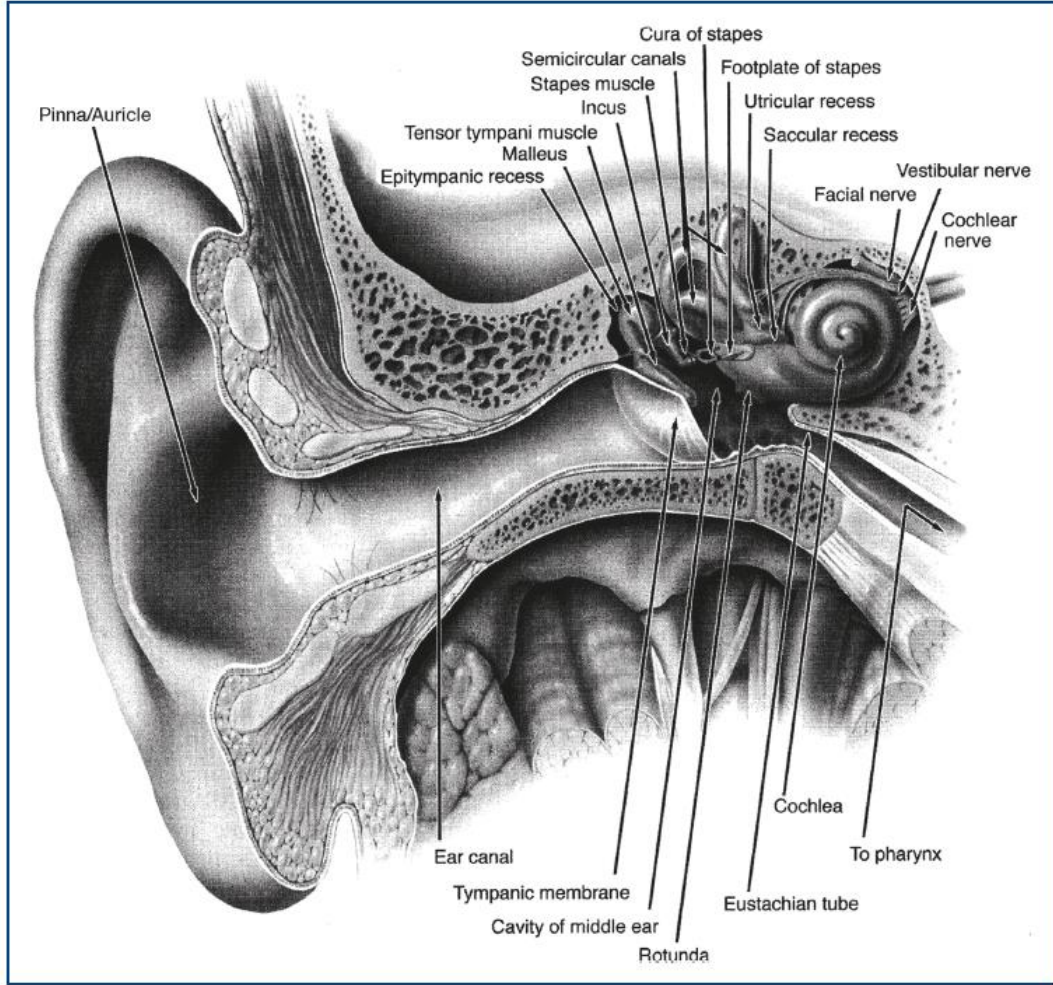
Dış kulak kanalı (DKK), normal bir yetişkinde yaklaşık 2,5 ila 3 cm uzunluğunda ve 0,75 cm çapında olan tüp benzeri bir yapıdır (Glatke, 1978). Kanalın çapı kulak kepçesinde daha büyüktür ve kanalda isthmus olarak anılan bir alana yaklaştıkça kanalın uzunluğu boyunca çapı giderek azalır. DKK, düz bir tüp veya silindirik bir yapı değil, biraz uzun veya gevşek bir "S" oluşturan bir yapıdır. DKK' nın eksenini kabaca başa dik olarak uzanır. Bununla birlikte, en azından yetişkin insanda, her iki uçta da hafif bir aşağı doğru yön alır. Kanalın yan veya dış ucundaki bu hafif aşağı doğru dönüşü, kulağa giren az miktardaki suyun kanaldan dışarı akması muhtemel olduğundan, kulakta su tutulmasını en aza indirir veya önler. Bebeklerde ve küçük çocuklarda kulak kanalının seyri, yönü bakımından yetişkinlere göre daha yatay olma eğilimindedir. Sonuç olarak, yabancı cisimlerin bebeklerin ve küçük çocukların kulak kanallarına girme eğilimi artar.

Yetişkinde, DKK' nın dış üçte biri kıkırdak yapıya sahipken, iç kısmı, kemik yapıya sahiptir. DKK' nın medial kısmının temeli kemik olduğu için bu bölgedeki kanalın çapı erişkinde sabittir. Kanalın dinamik kıkırdak yapıya sahip kısmı motor aktiviteler (çiğneme, esneme, konuşma vb.) sırasında mandibula hareketleriyle ve kulak kepçesi çekilerek (TM' 1 daha iyi görselleştirebilmek için) kanalın çapı ve şekli değiştirilebilir.

DKK, epidermal doku ile kaplıdır. Bu doku, kanalın uzunluğunu kaplar ve sonunda DKK' nın medial ucunda TM' nin en yanal katmanını oluşturur. Kanalın dış kısmının epidermal doku, periferik işitme sistemi için bazı koruyucu işlevlere hizmet eden mumsu bir madde olan kulak kiri (buşon) salgılayan kıl folikülleri, yağ bezleri ve serümen bezleri içerir. Buşon üreten hücreler, DKK' nın kıkırdak kısmında yoğunlaşırken, DKK' nın orta kısmında bu tür tüylü hücreler bulunmamaktadır.

Kulak kiri (buşon) bazı koruyucu işlevler sağlar; örneğin, salgılanan serümen hafif bir antibakteriyel ve antifungal özelliğe sahiptir ve böceklerin

kulak kanalına girmesini engelleyebilir veya caydırabilir. Bu nedenle kulak kanalında serumen bulunması hem normal hem de arzu edilen bir durumdur.



Şekil 3. Kulağın konfigürasyonunu ve seyrini gösteren koronal kesit

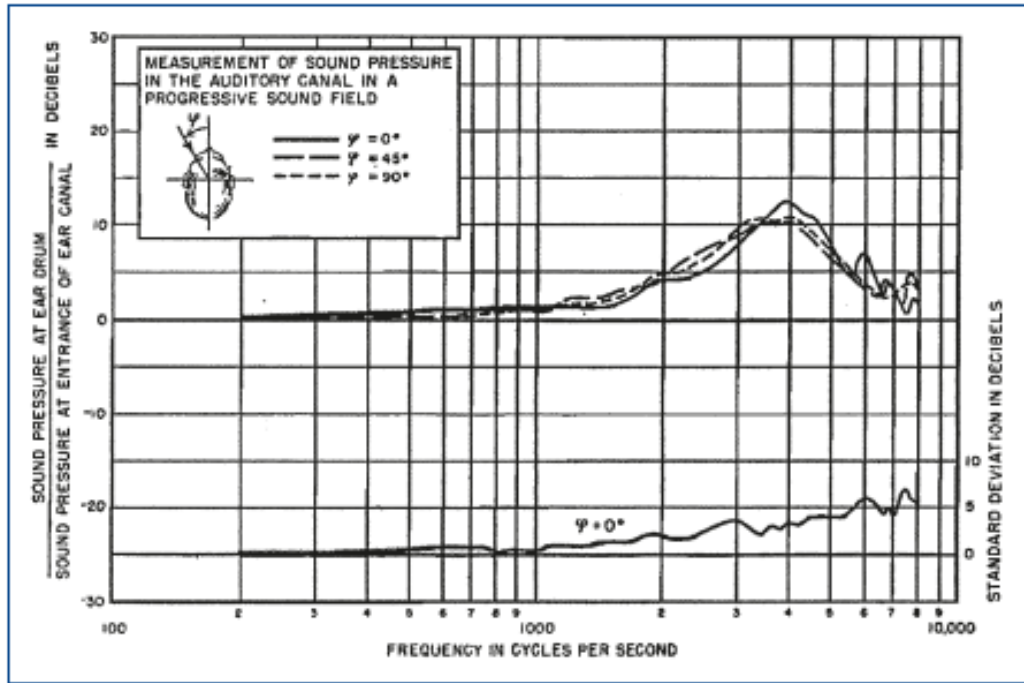
Kaynak: K. Tremblay and R. Burkard, 2012.

Kulak kirinin varlığı işitme sistemi için koruyucu bir işlev sağlasa da, özellikle kulak kiri kulak kanalından aşağı inip TM'yi kaplıyorsa veya DKK' nın ses iletimini engelliyorsa, bu maddenin aşırı birikmesi işitme kaybına neden olabilir. Normal yaşlanma süreçleriyle ilişkili olarak konka ve DDK' ndaki tüylü hücrelerin büyümesinde sıklıkla bir artış olduğundan, geriatric hastalarda, özellikle yaşlı erkek hastalarda artan kulak kiri üretimi sıklıkla görülür.

Kulak kanalı, V. (trigeminal), VII. (fasiyal), IX. (glossopharyngeal) ve X. (vagus) kranial sinirlerden innervasyon aldığı için dokunma hassasiyeti ve ağrı için zengin bir sinir kaynağına sahiptir. DKK' nın iç kısmının uyarılması (dokunulması), bazı kişilerde öksürme tepkisiyle sonuçlanabilir. Ayrıca, kulak

kanalının mekanik olarak uyarılması, DKK' nın hem glossofaringeal hem de vagus sinirlerinden aldığı innervasyonlar nedeniyle bazı hassas kişilerde kalp ve kan dolaşımını etkileyebilir.

DKK, kulak kanalına gelen akustik sinyali orta kulağa taşır. Anatomik konfigürasyonu nedeniyle, DKK bir akustik rezonatör işlevi görür ve bu nedenle TM' ye iletilen sesi değiştirir (**bkz. Şekil 3**). DKK, bir ucu kapalı diğer ucu açık bir tüp gibidir. Tüpün uzunluğundan yaklaşık dört kat daha büyük olan dalga boylarıyla akustik enerjinin güçlendirilmesini sağlar. Dallos (1973), doğrudan ölçümlere dayanarak, DKK' nın, 3000 ile 4000 Hz frekans aralığında seslerin 10-15 dB amplifikasyonunu sağlayan bir rezonans modeline sahip olduğunu göstermiştir. Bu yapıdaki DKK' nın esnek yapıdaki "kapalı ucu" enerjinin bir kısmını kulağa geri yansıtmının yanı sıra bir miktar akustik enerjiyi orta kulağa ileten TM tarafından sonlandırıldığı için bir miktar sapma beklenmektedir.



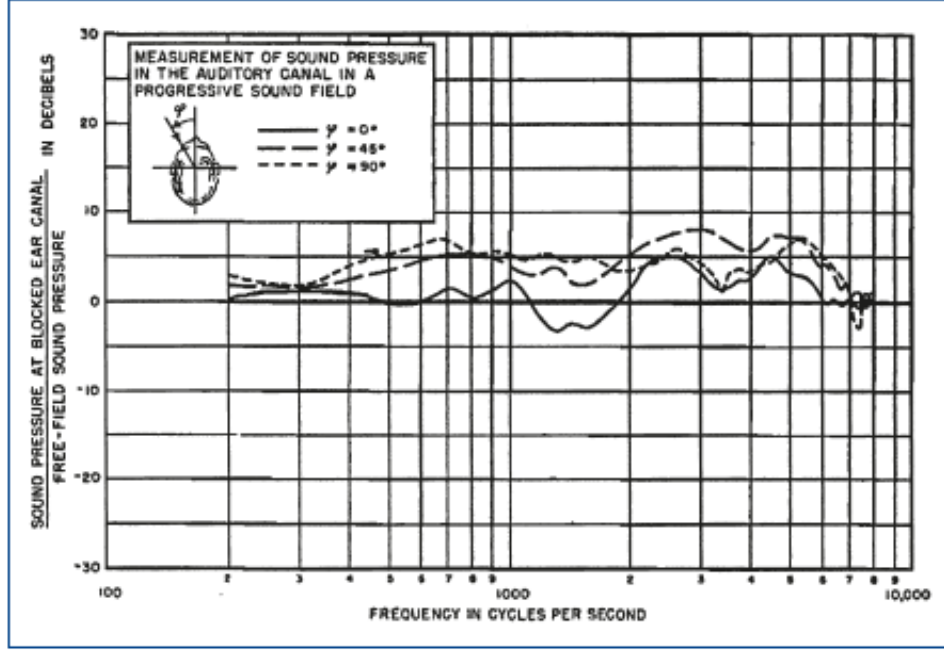
Şekil 4. 0°, 45° ve 90° azimutlarda sunulan bir ses kaynağı ile elde edilen DKK' nın rezonans etkileri.

Kaynak: Wiener, F. M., & Ross, D. A., 1946.

Kendi başına işitsel sistemin bir parçası olarak kabul edilmese de, baş (ve bir dereceye kadar gövde), en azından bazı durumlarda (örneğin, ses alanında veya normal konuşma durumlarında) insanların nasıl işittiği konusunda bir rol oynamaktadır. Ses, serbest alan tipi bir dinleme ortamında bir hoparlörden veya

başka bir ses kaynağından yayılırken, akustik sinyal kulak zarına veya TM'ye ulaşmak için izlediği yoldan etkilenir. Akustik sinyal, bir kulak kanalı rezonansının varlığı ve kulak kepçesinin özellikleri tarafından fark edilir şekilde değiştirilir, ancak kulağa ulaşan sinyali, baş ve vücudun varlığından kaynaklanan sesin kırılmaları, yansımaları ve ayrıca diğer çevresel faktörleri (örneğin, oda akustiği) içerir. Başın sağladığı akustik etkiler, sesin yönüne bağlıdır (Şekil 4). Bir ses kaynağının farklı yönleri, başın konumuna göre bir düzlemde veya eksende başın etrafındaki açılar olarak belirlenir. Örneğin, yatay düzlemde, 0° azimutta sunulan bir sinyal, doğrudan dinleyicinin önündeki bir ses kaynağından geliyor olacaktır. 90° azimutta sunulan, başın sağ tarafından, 180° başın arkasından ve 270° başın solundan kaynaklanacaktır.

Ses alanında sunulan bir ses, başın etkisi nedeniyle iki kulağa ulaştığında aynı ses olmayacaktır (Şekil 4). Sağa 45° azimutta sunulan bir ses kaynağı düşünün. Bu durumda, sinyal sağ kulağa kulak girişine hafif bir açıyla ulaşacak ve çok az girişimle karşılaşacaktır; ancak baş, sol kulağa gelen sese önemli bir engel teşkil eder ve sonuç olarak sol kulağa ulaşan sinyalin seviyesi daha düşüktür (yani daha yumuşaktır). Buna baş gölge etkisi denir. Ancak bu etki, frekanslar arasında eşit değildir. Daha uzun dalga boylarına sahip frekanslar (yani, düşük frekanslı sesler) başın etrafından daha kolay geçebilir ve ihmal edilebilir düzeyde kafa gölgesi etkilerine sahip olabilir, ancak daha kısa dalga boylarına sahip frekanslar (yani, yüksek frekanslı sesler) kafa gölge etkisinden daha fazla etkilenir. İki kulağa ulaşan sinyalin yoğunluk seviyeleri arasındaki bu fark, normal lokalizasyon yetenekleri için önemli olan bir olgu olan kulaklar arası yoğunluk farkı olarak anılır.

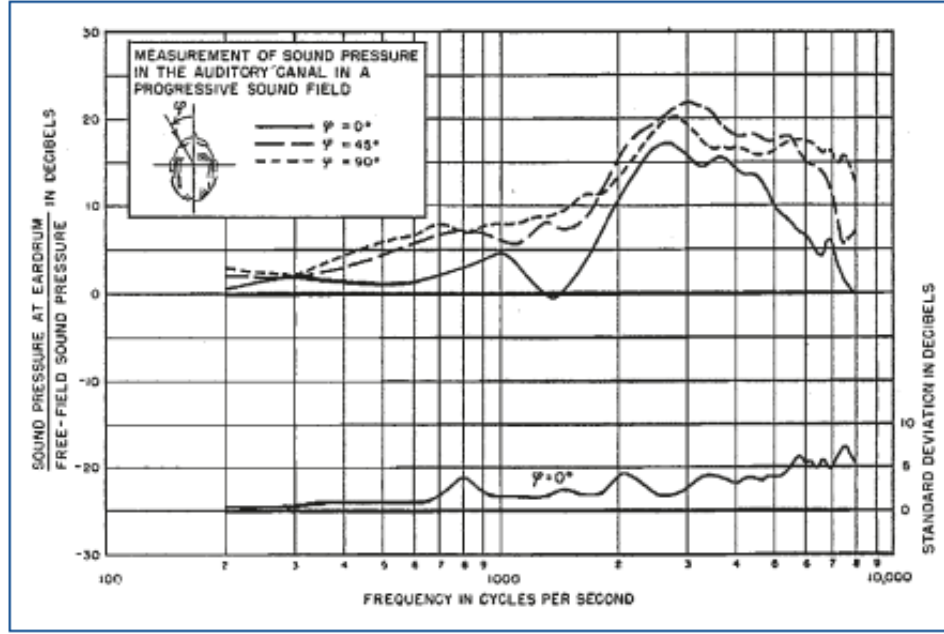


Şekil 5. Akustik sinyalin geliş açısı 0° azimut (düz çizgi), 45° azimut (uzun çizgiler) ve 90° azimut (kısa çizgiler) olduğunda başın ses alanındaki etkisi.

Kaynak: Wiener, F. M., & Ross, D. A., 1946.

Sinyal yatay düzlemde başın merkezinden bir açıyla sunulduğunda meydana gelen bir diğer olgu, sinyalin iki kulağa ulaşma süresindeki farklılıktır. Yukarıdaki örnekte, sesin sağ kulağa sol kulağa olduğundan daha doğrudan ve daha kısa bir yolu olacaktır. İki kulak arasındaki sesin varış zamanı farkına kulaklar arası zaman farkı denir. Düşük frekanslı sesler tipik olarak önemli kulaklar arası yoğunluk farklılıklarına yol açmasa da, kulaklar arası zaman farklılıklarına neden olurlar. Bu iki kulaklar arası fark (zaman ve yoğunluk), bir sesin kaynağını (yani ses lokalizasyonu) belirlemek için merkezi işitme mekanizması içindeki yapılar tarafından kullanılan önemli ipuçları sağlar.

Kulak zarına ulaşan sinyalin seviyesini belirlemek için bir dizi faktör etkileşime girer. Bazı sinyaller güçlendirilirken bazıları zayıflatılır. Bu etkiler, hem geliş insidansı (kafanın gölgesi etkileri sinyal seviyelerini değiştirebileceğinden) hem de dış kulak yapılarının sağladığı rezonans etkileri tarafından belirlenir (Şekil 5).



Şekil 6. Kulak kanalı rezonansı, dış kulak rezonansı (yani, konkadadan gelen) ve başın üç farklı azimuttaki ses kaynaklarından kulağa ulaşan yoğunluk seviyesindeki birleşik etkileri.

Kaynak: Wiener, F. M., & Ross, D. A., 1946.

2. Orta Kulak Anatomi ve Fizyolojisi

İşitme sistemine giren sesler dış kulaktan geçerek işitme sisteminin ikinci büyük bölümü olan orta kulağa gelir. Burada dış kulağa giren akustik enerji kulak zarına yani TM' ye (orta kulak sistemindeki ilk yapı) çarpar ve mekanik enerjiye (titreşim enerjisi) dönüşür. Bu enerji daha sonra kemikçik zincirinden iç kulağa iletilir. Kemikçik zinciri, orta kulak boşluğunda bir dizi bağ ve kas tendonuyla asılı duran üç küçük kemik dizisidir (malleus, örs ve stapes). Kulak zarının titreşim modelleri, kemikçik zincirindeki birinci kemiğin bir kısmının (yani, çekiç) kulak zarının kendisine doğrudan bağlanması nedeniyle, kolayca kemikçik zincirine iletilir. Üç kemik, kapsüllü bir eklem (malleus'tan incus'a) ve esnek bir eklem (incus'tan stapes'e) ile bağlandığından, titreşim modelleri daha sonra zincir yoluyla iç kulağa (oval pencere) açılan bir açıklığa iletilir.

Orta kulak, şakak kemiğinde bulunan sert duvarlı bir boşluktur. Normalde, boşluğun alt bölgesinde bulunan küçük bir tüpün çalışmasıyla tazelenen hava ile doldurulur. Bazen işitsel tüp olarak adlandırılan bu tüp, Östaki tüpü (ÖT), orta kulak boşluğunu ve nazofarenksi birbirine bağlar. Normalde kapalıdır, ancak esneme ve yutkunma gibi motor aktiviteler sırasında açılır. Tüp açıldığında, hava

orta kulak boşluğuna girip çıkabilir, böylece orta kulaktaki basınç ortamdaki veya atmosferdeki hava ile eşit bir seviyede tutulabilir. Kulak kanalındaki (kulak zarının yan tarafında yer alan) hava basıncı, ortamdaki havanın basıncına eşittir. Kulak zarının medial tarafındaki basınç kulak kanalındakine eşitse, kulak zarı boyunca basınç farkı yoktur ve kulak zarı normal konumundadır (yani, kulak zarının en kolay hareket edeceği konum veya durum). Öte yandan, kulak zarının medial tarafındaki (yani orta kulak boşluğundaki) basınç, lateral taraftaki basınca eşit değilse, kulak zarı daha az basınç bölgesine doğru yer değiştirir ve birey kulakta biraz rahatsızlık hissedebilir.

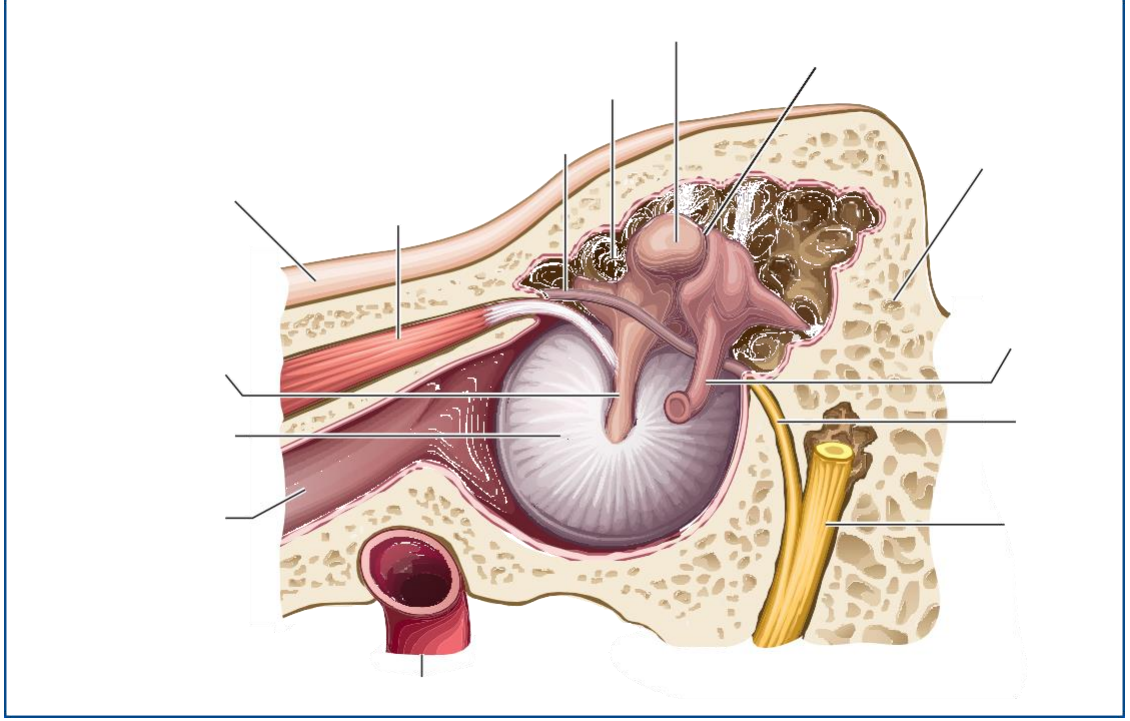
Orta kulak, bir empedans dengeleme cihazı olarak işlev gördüğü için işitmede önemli bir rol oynar. Bu benzersiz işlev olmasaydı, işitme hassasiyetimiz gerçekte olduğu kadar keskin veya hassas olmazdı. Bunun nedeni, düşük empedanslı bir ortam olan hava ile yüksek empedanslı olan iç kulakta bulunan sıvı arasında var olan büyük empedans farkıdır (yani, enerji akışına karşı olan farktır). Bu iki ortamın empedanslarını "dengeleyecek" özel bir mekanizma olmaksızın, kulağa giren akustik enerjinin çoğu, iç kulağın yüksek empedanslı sıvıları tarafından geri yansıtılacaktır.

İki kas tendonu orta kulak boşluğuna girer ve kemikçik zincirindeki iki kemiğe (serideki özellikle ilk ve son kemikler) bağlanır. Bu kas tendonları kasıldığında, kemikçik zincirini kabaca zıt yönlerde çekerek kemikçik zincirini sertleştirir. Nihai sonuç, orta kulak sistemi yoluyla enerji akışına daha büyük bir engeldir. Bu kaslar, özellikle stapedius kası, normal işiten kişilerde yoğun seslere tepki olarak kasılır. Yoğun seslere verilen bu tepkinin, iç kulağı yüksek yoğunluklu gürültünün zararlı etkilerinden korumada bir rol oynayabileceği düşünülmektedir.

a. Orta Kulak Boşluğu Anatomi ve Fizyolojisi

Orta kulak, dış kulak ile iç kulak arasında yer alan hava dolu bir boşluktur (Şekil 6). Kafatasının şakak kemiği içinde yer alan nispeten dar, uzun bir alandır. Yetişkinde yatay düzlemde 2- 4 mm arasında genişliğe, yaklaşık 13 mm dikey boyuta ve yaklaşık 2 cm³ hacme sahiptir. Orta kulak boşluğu iki ana alan içerir: (1) timpanik boşluk (kavite) olarak anılan boşluğun alt kısmındaki geniş bir alan ve (2) daha küçük bir üst alan (boşluğun arka-üst kısmında), epitimpanum.

Boşluğun bu ikinci alanı, iki büyük kemiğin önemli kısımlarını (yani, malleusun başı ve incusun önemli bir kısmı) barındırır (Yost, 2000; Zemlin, 1998).



Şekil 7. Orta kulağın lateral duvarının bir görünümü (ön sol ve arka sağ).

Kaynak: J. D. Hoit and G. Weismer, 2018.

Orta kulak boşluğunun laterali büyük ölçüde kulak zarı (TM) tarafından oluşturulur; bununla birlikte, TM'nin üzerindeki yan duvarın bir kısmı (epitimpanik girintide), temporal kemiğin skuamöz kısmının bir bölümü tarafından oluşturulur. Orta kulak boşluğunun üst sınırı, orta kulak boşluğunu kafatasından ayıran ince bir kemik plakası (tegmen timpani) tarafından oluşturulur. Bu kemik, orta kulak boşluğu ile mastoid hava hücreleri arasında dolaylı bir iletişimin olduğu timpanik atriyumun çatısını oluşturmak için posterior yönde devam eder. Alt sınır, temporal kemiğin timpanik plakası tarafından oluşturulur. Bu plaka, orta kulak boşluğunu juguler fossadan (temporal kemikte juguler venin içinden geçtiği oluk) ayırır. Genellikle karotis duvarı olarak anılan ön duvar, üst bölgesinde işitme veya östaki tüpü (ÖT) için bir açıklık tarafından delinmiş ince bir kemik plakadır. Son olarak, boşluğun medial duvarı, iç kulağı barındıran şakak kemiğinin bir kısmı tarafından oluşturulur. Bu duvardaki önemli işaretler arasında burun (kokleanın bazal dönüşünün yanal çıkıntısının oluşturduğu yuvarlak bir çıkıntı), yuvarlak pencere ve oval pencere yer alır.

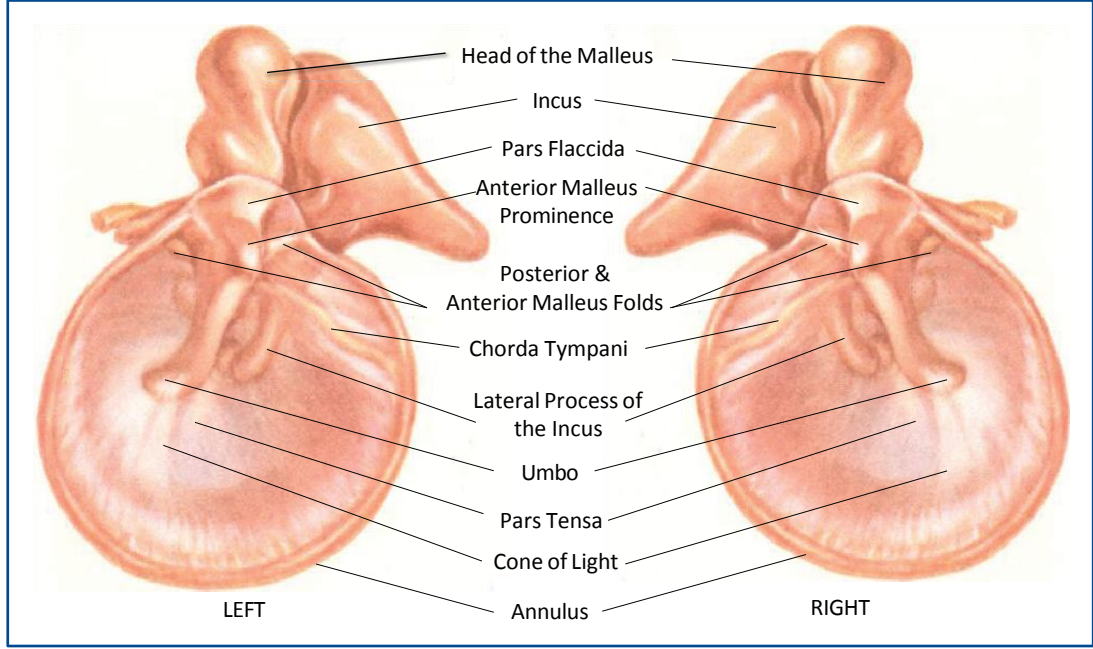
Orta kulak boşluğu, az miktarda hava içeren sert duvarlı bir boşluktur. Bu küçük miktardaki hava, ortamda bulunan büyük hacimli havadan çok daha az sıkıştırılabilir. Orta kulakta olduğu gibi kapalı olduğunda, bu küçük hava miktarının sertliği tarafından yönetilen bir akustik empedansı vardır; yani, oldukça sert olma eğilimindedir. Sert nesnelere, yüksek frekanslı seslere duyarlı olma eğilimindedir ve düşük frekanslı seslere karşı artan direnç sunar. Orta kulak boşluğundaki kapalı hava, kulağın genel akorunu sağlar ve orta kulak boşluğundaki hava hacmi, düşük frekanslı seslerin sistemden geçişini sınırlayan bir filtre görevi görür. Pratik açıdan bu, TM' nin aynı zamanda orta kulak sisteminin sertlik özelliklerine göre yönetileceği anlamına gelir. Sonuçta orta kulak sistemi, anatomik yapısından dolayı gelen bir sinyali düşük frekanslı sesleri zayıflatacak şekilde değiştirir (Glatke, 1978).

b. Kulak Zarı (Timpanik Membran, TM)

Kulak zarı (TM), koni şeklinde görünmesini sağlayan içbükey bir konfigürasyona sahiptir. Yetişkinde, TM yatay ekseninde yaklaşık 8-9 mm ve dikey ekseninde 9-10 mm çapındadır. Ses orta kulağa ulaştığında TM' ye çarpar ve bu yapıyı titreşime sokar. Ortalama olarak, yaklaşık 0,1 mm kalınlığında ve üç katman içerir.

TM'nin dış tabakası, epidermisten oluşturulurken, iç tabaka, membranöz tabakanın bir devamıdır. Orta katman, TM için destek sağladığı düşünülen lifli tabakadan oluşur. Lifli orta katman (veya katmanlar) içinde birbirine yakından bağlı iki lif seti (radyal ve dairesel) vardır. Lifler (radyal ve dairesel) kollajenden oluşur ve ses enerjisini mekanik veya titreşim enerjisine dönüştürmek için ideal olan hafif, sert bir zar sağlar (Møller, 2000). TM'nin 2 özel alanı mevcuttur. Bunlardan ilki daha gevşek yapıda bulunan pars flaccida, ikincisi ise; daha sert ve gergin yapıdaki pars tensa olarak adlandırılır.

TM, kemikçik zincirinin üst kısmında TM' ye bağlanmasının sonucu olan derin bir koni oluşturur. TM, merkezinin yakınında yaklaşık 2 mm içe doğru yer değiştirir. Maksimal içbükey bölgenin konisinin ucuna umbo denir (**Şekil 7**).



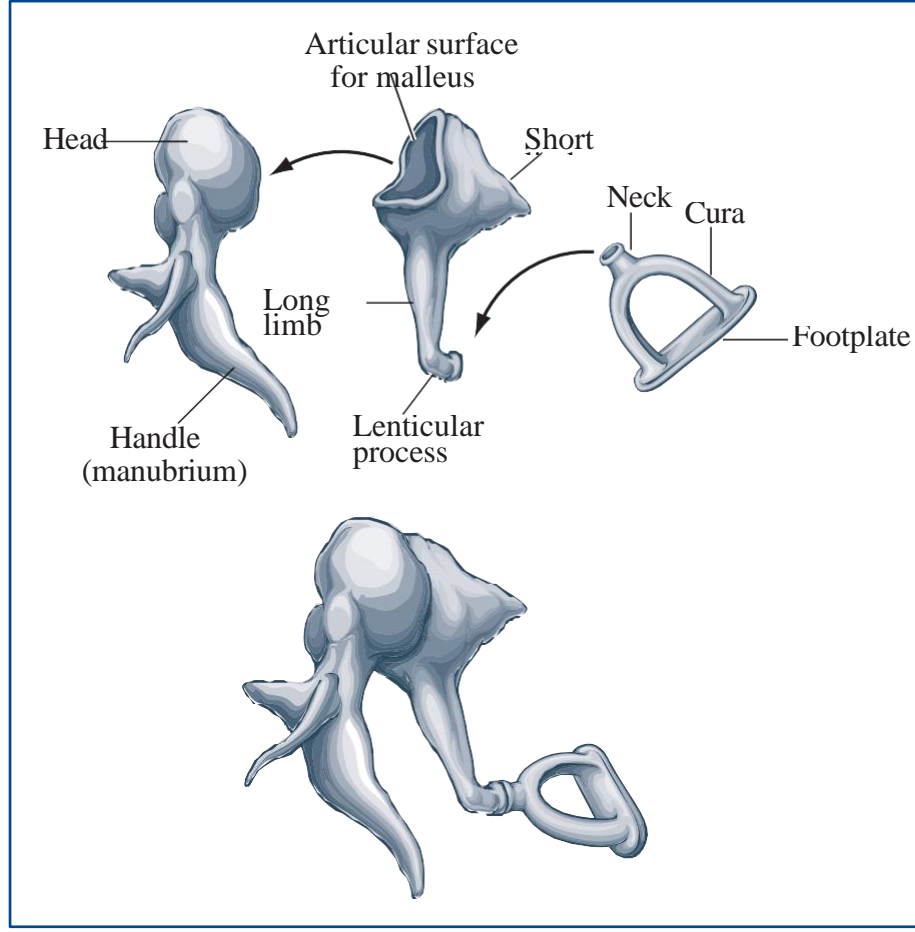
Şekil 8. Kulak zarının temsili görseli.

Kaynak: Polyak et al., 1946

TM erken gelişir ve fetal gelişim sırasında tam boyutuna ulaşır. Alt duvarda dar bir açı (40°) ve üst duvarda geniş bir açı (140°) oluşturacak şekilde dış kanalda eğik olarak konumlandırılmıştır. Doğumda TM öyle bir pozisyonadadır ki neredeyse kanal zemininde yatmaktadır. EAM uzadıkça, TM yetişkin pozisyonuna yaklaşıncaya kadar kademeli olarak daha dik hale gelir. Bebekte TM çok ince ve oldukça uyumludur (Zemlin, 1998).

c. Kemikçik Zinciri (Ossiküler Zincir)

Orta kulak boşluğunda asılı duran, TM ile iç kulak (yani oval pencere) arasında bir köprü oluşturan bir dizi üç küçük kemik vardır. Bu, malleus (çekiç), incus (örs) ve stapes (üzengi) olarak adlandırılan üç kemik insan vücudundaki en küçük kemiklerdir ve toplu olarak kemikçik zinciri olarak adlandırılırlar (Şekil 8). Bu üç kemik, yetişkin boyutuna cenin döneminin sonlarında ulaşmaktadır, genel boyutları ve şekilleri doğumdan sonra önemli ölçüde değişmez (Gelfand, 1997; Zemlin, 1998). Kemikçik zinciri destekleyen orta kulak boşluğunda bulunan iki kasın (tensor timpani ve stapedius) tendonlar bulunmaktadır.



Şekil 9. Orta kulak kemikçiklerinin çizimleri. Çekiç, örs ve üzenginin bireysel çizimleri (üstte).

Kaynak: J. D. Hoit and G. Weismer, 2018

Kemikçik zincirindeki üç kemiğin ilki olan Malleus' un uzunluğu yaklaşık 9 mm ve ağırlığı 23 ila 37 mg arasındadır (Yost, 2000). Bu kemik baş, boyun ve manubrium olmak üzere üç ana bölümden oluşur. Üç parçadan biri olan manubrium kulak zarının ortasına doğru TM' ye sıkıca bağlanır. Malleusun başı, manubriumdan epitimpanik girintiye doğru yukarı doğru çıkıntı yapan, kemiğin ampul şeklinde büyük bir kısmıdır. Kemiğin arka yüzeyi, serideki ikinci kemik olan incus ile bağlantı noktası görevi gören bir eklem yüzü içermektedir. Manubriumun boyunla birleştiği noktada tensör timpani kasının bağlanma noktasını oluşturan küçük bir çıkıntı vardır. Manubrium'un yanı sıra, malleus iki parça daha içerir. Anterior parça, manubrium ile başın birleştiği bölgede görülebilen omurga benzeri yapıdır.

İncus, kemikçik zincirindeki üç kemiğin orta kemiğidir (bkz. Şekil 3-2, 3-5, 3-6 ve 3-15). Temel olarak üç bölümden oluşur: bir gövde ve iki process.

Vücutun ön yüzeyinde, incusun malleus ile bağlantısı için temas noktası görevi gören bir eklem faseti vardır). İncusun iki process de bu kemiğin gövdesinden birbirine yaklaşık olarak dik açılarda çıkar. Kısa process, kabaca yatay bir düzlemde geriye doğru yönlendirilir ve epitimpanik girintinin bir kısmını malleusun başı ile paylaşır. Uzun process, manubriuma bir şekilde paralel olan dikey bir yönde ilerler. En alt ucunda, uzun process aniden orta yöne döner ve lentiküler process olarak anılan yuvarlak bir çıkıntı olarak son bulur. Bu işlemin medial ucu kıkırdak ile kaplıdır ve kemikçik zincirindeki üçüncü ve son kemik olan stapesin başı ile eklem yapar. İnsanda, kısa process ortalama olarak yaklaşık 5 mm uzunluğunda ve uzun process yaklaşık 7 mm uzunluğundadır ve ağırlığı ortalama 23 ile 32 mg arasındadır (Yost, 2000).

Kemikçik zincirindeki üçüncü kemik ve insan vücudundaki en küçük kemik stapestir. Bir baş, bir boyun, iki bacak ve bir ayak plakasından oluşur Stapes başı, incusun lentiküler süreci için bağlantı noktasını oluşturan içbükey bir eklem faseti içerir. Başın (veya bazen adlandırıldığı şekliyle boyun), stapedius kasının tendonunun bağlandığı küçük bir omurgası vardır. Boyundan medial olarak ilerleyen, stapesin taban plakasını boyuna bağlayan iki crura vardır. Stapesin yüksekliği 2,5 ile 3,8 mm arasında, ağırlığı ise 2,1 ile 4,3 mg arasında değişmektedir (Yost, 2000). Ayak plakasının medial yüzeyi ve çevresi, dairesel bağ ile oval pencerenin (koklea) kemik duvarına bağlanan ince bir hiyalin kıkırdak tabakası ile kaplıdır.

Kemikçik zinciri, yanal ucunda TM'ye sıkıca tutturulmuştur, orta ucunda kokleanın oval penceresi içinde yer alır ve burada halka şeklindeki bağ tarafından desteklenir. Sonuç olarak, kemikçik zinciri, büyük ölçüde sertlik reaktansının hakim olduğu kendi karakteristik empedansına sahiptir. Kemikçik zincir, TM' nin titreşimini iç kulaktaki sıvılara iletir. Stapesin farklı ses şiddetlerinde tepkileri görülmektedir. Bu tepkiler hassas koklear yapıların hasar görmesine karşı bir miktar koruma sağlayabilen yüksek yoğunluklu sinyaller tarafından tetiklenen bir stapedial refleksin aktivasyonu ile tesadüfen meydana gelebilir. Bu reflekse beyin sapı içindeki yapılar aracılık eder (üstün zeytin kompleksi seviyesine kadar).

d. Östaki Tüpü (ÖT)

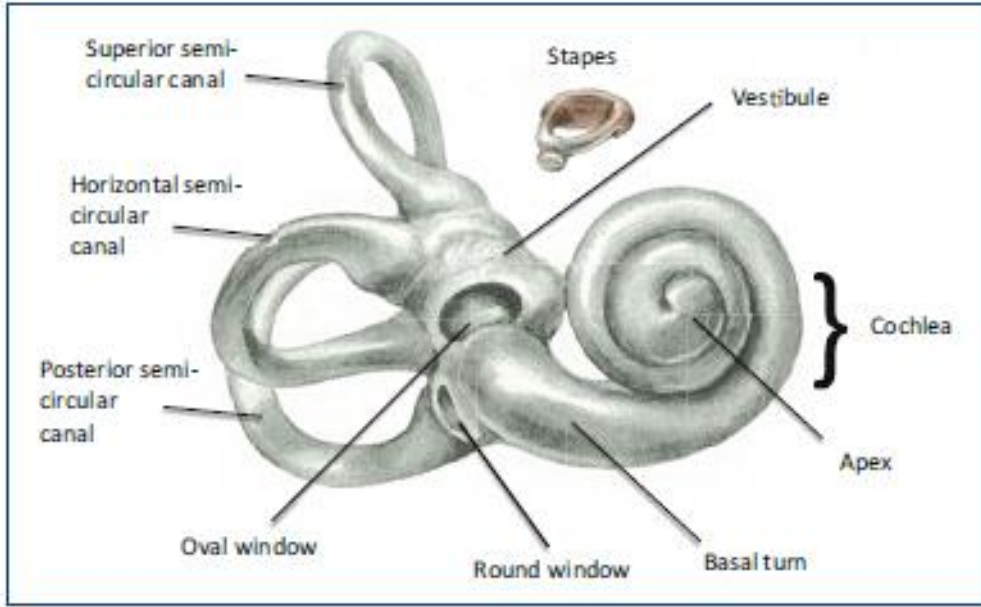
Östaki tüpü, orta kulak boşluğunun ön duvarından uzanır ve erişkinde yaklaşık 45°'lik bir açıyla aşağı, medial ve anterior yönde nazofarenksin arka duvarına doğru ilerler. Tüpün ilk üçte biri (yaklaşık 12 mm) kemik temelli, geri kalan üçte ikisi ise kıkırdaktan oluşmaktadır (yaklaşık 18 ila 24 mm) (Zemlin, 1998). Kemik ve kıkırdak temellerin birleştiği nokta, tüpün geri kalanında 3 ila 6 mm olan en dar nokta olan (1 ila 2 mm) isthmus olarak adlandırılır (Gelfand, 1997). ÖT normalde kıkırdak kısım bölgelerinde kapalıdır ancak iki kasın (tensor veli palatini ve levator veli palatini) fonksiyonu ile açılır. ÖT açıldığında, (1) orta kulak boşluğuna temiz hava verilir, (2) TM boyunca var olan herhangi bir basınç farkı eşitlenir ve (3) orta kulak boşluğunda toplanmış olabilecek az miktarda sıvı aşağı doğru akar. Kıkırdak kancasının bu açılması, gün boyunca veli palatini kaslarının kasılmasına (esneme, yutma ve diğer motor eylemler) neden olan ve normal orta kulak işlevinin sürdürülmesine yardımcı olan bir dizi etkinlik sırasında rutin olarak gerçekleşir (Zemlin, 1998).

3. İç Kulak Anatomi ve Fizyolojisi

Kokleanın anatomisi, kemikli yapılar, membranöz yapılar, sıvılar ve özelleşmiş duyuşal ve destekleyici hücrelerden meydana gelmektedir. Kokleanın kemik morfolojisi, membranöz ve hücreşel yapıların doğrudan veya dolaylı olarak dayandığı temeli sağlar. Koklea, temporal kemiğın içinde yer alır ve bu kemiğın anatomisinin anlaşılması, kokleanın yapısını ve işlevini anlamak için önemlidir. Salyangozun temporal kemiği içindeki konumu ve temporal kemiğının sert bir kemik temelden oluşması, son derece hassas ve karmaşık işitme organı için koruma sağlar.

a. Kemik Koklea

Koklea belki de vücuttaki en sert kemikli yapıdır. Temporal kemiğın petröz kısmında, kulak zarının veya orta kulak boşluğunun hemen medialinde yer alır. Kokleanın tepe noktası veya kubbesi (apikali), başın içinde elmacık kemiğine doğru bakacak şekilde öne ve hafifçe yana doğru yönelmiştir (**Şekil 9**). Kemikli koklea, spiral bir şekilde koninin içinden çıkan işitsel sinir lifleri ile spiral bir koniyi andırır.



Şekil 10. Oval pencere ile eklem yapan kemik kokleanın ve üzengi kemiğinin illüstrasyonu.

Kaynak: Polyak et al., 1946.

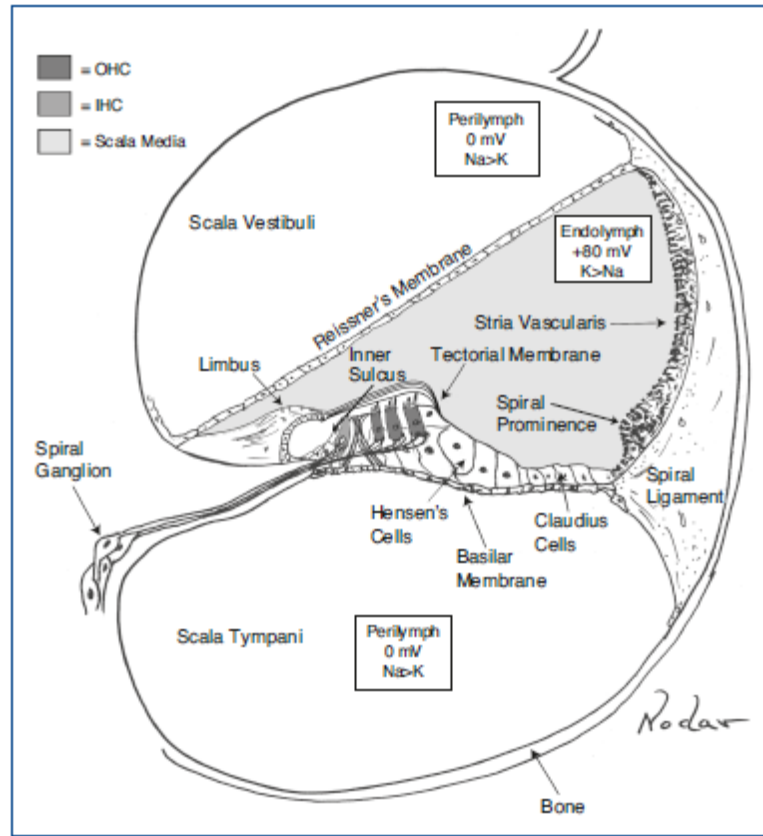
Kemikli koklea bir salyangoz kabuğuna benzer ve insanlarda 2,2 ila 2,9 tur dönüşe sahiptir (Buser & Imbert, 1992). Kemik salyangozun tamamı yaklaşık 1 cm genişliğinde ve tabandan tepeye kadar yaklaşık 5 mm'dir (Pickles, 1988). Kokleanın etrafına sarıldığı merkez olan Modiolus, saç hücrelerinden gelen sinir liflerinin yanı sıra kan damarlarını barındıran merkezi, delikli bir kemik çekirdektir. Kemikli spiral lamina, modiolus etrafında tabandan tepeye dolanan yapıdır. Kemikli spiral lamina, aralarından işitsel sinir liflerinin kokleadaki tüylü hücrelerden geçerek sonunda beyin sapı içindeki çekirdeklere bağlandığı iki ince plakadan oluşur. Spiral laminanın alt rafı aynı zamanda baziler membranın (BM) ve skala medianın iç tarafı için destek noktası ve bağlayıcı görevi görür; bu kanal kokleayı scala vestibuli ve scala tympani olarak ikiye ayırır. Spiral tabakanın üst rafı, spiral limbus olarak bilinen bir yapı ile devam eder ve tektorial membran için bağlantı ve destek noktası görevi görür.

Kemik kokleanın lateral yüzünde bazal dönüşte yer alan iki penceresi vardır. İki pencereden daha üstün olanı, orta kulağın üzengileriyle etkileşime giren ve scala vestibuli' ye açılan oval penceredir. Yuvarlak pencere oval pencerenin aşağısındadır ve skala timpaniye açılır. Yuvarlak pencere olarak adlandırılmasına rağmen, aslında doğumdan sonra boyutu değişmeyen oval bir

şekle sahiptir (Rask-Andersen ve ark., 2012). Aynı zamanda yuvarlak pencere, koklear implantların giriş noktasıdır.

b. Membranöz Koklea ve İlgili Yapılar

Kemik salyangozun tabanından tepesine kadar spiral şeklini takiben membranöz koklea bulunmaktadır. Membransı koklea oldukça elastiktir ve kemik koklea içinde kolayca hareket etmektedir. Kokleada, üstte scala vestibuli, ortada skala media ve en aşağıda skala timpani (Şekil 10) olmak üzere üç kanal bulunmaktadır.



Şekil 11. Kokleanın Kesitsel Görüntüsü

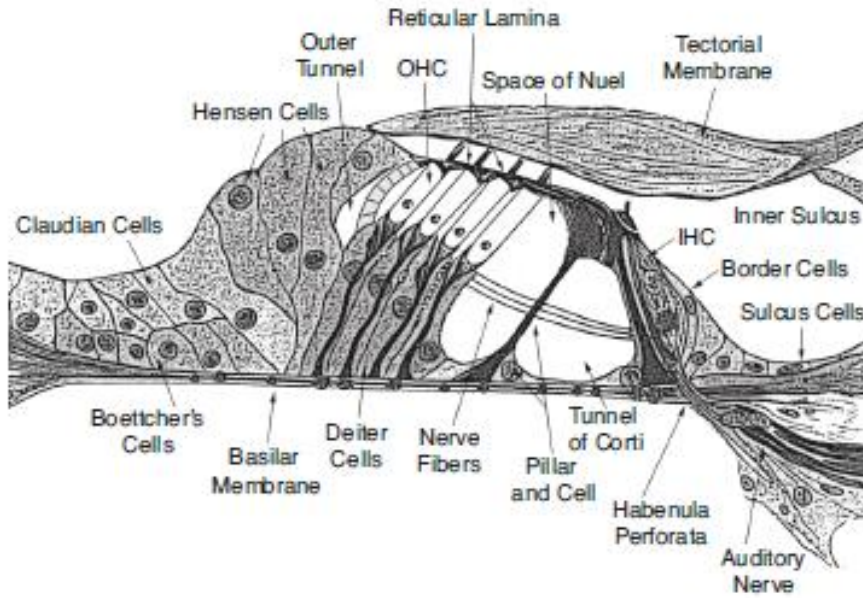
Kaynak: Musiek & Baran, 2020

Üç skala iki membran ile bölünmüştür: Baziler membran ve Reissner membran. Baziler membran (BM), skala mediayı oluşturmak üzere kemik kokleanın dış duvarındaki spiral bağa ve kemikli spiral laminaya bağlanır. Reissner membran, koklear kanalın çatısını ve scala vestibuli'nin tabanını oluşturur. Üç skala kokleanın uzunluğu boyunca spiralleşir ve tek bir istisna dışında birbirinden ayrılır. Kokleanın tepesinde skala vestibuli ve skala timpani

iletişim kurar ve bu bağlantı noktası helikotrema olarak adlandırılır. Skala timpani ve skala vestibuli perilenf ve skala media endolenf ile doludur (Yost, 2000). Perilenf, serebral omurilik sıvısı (BOS) ile aynı kimyasal bileşime sahiptir. Düşük potasyum (K⁺) ve yüksek sodyum (Na⁺) içerir. Scala vestibuli ve scala tympani ise tam tersi yoğunluklarda Na⁺ ve K⁺ konsantrasyonlarına sahiptir.

c. Korti Organı

İşitme organı olarak bilinen Korti organı BM'nin tepesinde yer alır. Korti organı, koklear kanalın tüm uzunluğu boyunca uzanır ve destekleyici yapılar, duyu hücreleri ve sinir liflerinden oluşur (Şekil 11). Tektorial membran, Corti organının hemen üzerinde yer alır. Korti organı, dış tüylü hücrelerin (DTH' ler) stereocilia' ları ile artikülasyonda önemli bir rol oynar. Tektorial membranın alt tarafı, DTH' lerin en uzun kirpiklerini barındıran çentiklere sahiptir (Slepecky, 1996). Stereocilia' nın uçları, tektorial membranın alt tarafına sıkıca gömülüdür. Tektorial membran, su, kollajen ve proteinlerden oluşan jelatinimsi bir kanatçıktır (Steel, 1983). Bir tarafta spiral limbusta, diğer tarafta Hensen destek hücrelerine bağlı olduğu düşünülmektedir.



Şekil 12. Korti Organın Anatomisi

Kaynak: Polyak et al., 1946.

Retiküler lamina, Korti organının duyu ve destek hücrelerinin tavanını oluşturur (Şekil 11). Retiküler lamina, tüylü hücrelerin üst kısmı için destek sağlar. Tüylü hücrelerin retiküler laminaya nüfuz ettiğini anlamak önemlidir. Bu,

yalnızca endolenf içinde yıkandığı anlamına gelir; aksi takdirde retiküler lamina endolenf bölmesine (scala media) bir bariyer oluşturur ve tüylü hücreleri endolenften ayırır. Bu nedenle tüylü hücreler, +80 mV yüke sahip yüksek potasyum konsantrasyonunda yıkanır. Öte yandan tüylü hücreler, potasyum içeriği düşük ve 0 mV'luk bir yüke sahip olan perilenf içinde yıkanır.

Koklear kanalın dış kenarına spiral bağ ve stria vaskularis yerleştirilmiştir. Spiral bağ, otik kapsül duvarı ile stria vaskularis arasında yer alır. Skala medianın tüm yan duvarını kaplar ve aşağı doğru skala timpaninin üst kısmına doğru uzanır. Spiral bağ, bağ dokusu hücrelerinden oluşur ve BM ile Reissner membrana destek sağlar. Üç hücre tipinden oluşur: marjinal hücreler, ara hücreler ve bazal hücreler (Slepecky, 1996). Stria vaskularis kokleaya kan ve besin sağlar ve endolenf üretir (Zemlin, 1998). Genellikle +80 mV endolenfatik dinlenme potansiyelinin kaynağı olarak kabul edilir (Crouch & Schulte, 1995; Geisler, 1998).

Korti organının genel anatomisi, iki ana tipteki duyu hücrelerini yansıtır: iç tüylü hücreler ve dış tüylü hücreler (**Şekil 11**). Korti tüneline çok sayıda DTH sırası ve tek bir İTH sırası düzenlenmiştir. İnsanda, tek bir İTH sırası koklea boyunca uzanır ve yaklaşık olarak toplamda 3.500 hücre bulunmaktadır. Üç ila beş sıra DTH, toplam yaklaşık 12.000 DTH kokleanın uzunluğu boyunca uzanır (Møller, 2000, 2013). Tüylü hücrelerin üst ucunda stereosilia bulunurken, tüylü hücrelerin tabanında afferent ve efferent işitsel sinir lifleri bulunur. İTH' ler ve DTH' ler yapı olarak çok farklıdır, bu da işlevlerinin oldukça farklı olduğunun başlıca göstergesidir.

DTH' ler silindirik şeklinde ve yaklaşık 10 µm çapındadır. BM boyunca düşük frekanslara ayarlanmış bölgelerde, DTH' ler nispeten uzunken, yüksek frekanslara ayarlanmış bölgelerde DTH' ler daha kısadır (Geisler, 1998). OHC'ler -60 mV elektrik yüküne sahiptir (Geisler, 1998) ve kısmi depolarizasyondan sonra hücrelerden iyon akışı için K⁺ (potasyum) kanallarına sahiptir. Her hücrede üç sıra stereocilia vardır.

İTH' ler yapısal olarak DTH' lerden daha güçlüdür. Oval veya şişek şeklinindedirler ve yaklaşık 35 µm uzunluğundadırlar. İTH' ler, DTH' lerden daha fazla mitokondriye sahiptir. İTH' lerde -40 mV elektrik yükü vardır ve bu tüylü

hücreler hem potasyum hem de kalsiyum kanallarına sahiptir (Geisler, 1998). İTH' lerin stereosilyaları üç sıra halinde düzenlenir ve uzunlukları derecelendirilir.

Stereocilia kokleanın tepe noktasında en uzundur ve kokleanın tabanına doğru kademeli olarak kısalır (Raphael & Altschuler, 2003). Kinocilium, her bir tüy hücresi için stereocilia' nın en uzun olanıdır ve silia dizisinin apikal tarafında bulunur. Kütiküler plakaya sabitlenmiş diğer kirpiklerin aksine kendi tabanına sahiptir (Geisler, 1998). Tüy hücreleri, BM'nin uzunluğu boyunca ayarlanmıştır. Kokleanın bazal kısmında yer alan tüylü hücreler, yüksek perdeli akustik uyarılara, apikal uçtakiler ise düşük perdeli seslere yanıt verirler.

Korti organı boyunca sadece tüylü hücreler değil, destekleyici hücreler de bulunur (**Şekil 11**). Bunlar falanks hücreleri, Deiters hücreleri, pillar hücreler, Hensen hücreleri, Claudian hücreleri, Bottcher hücreleri ve iç ve dış sınır hücrelerini içerir (Raphael & Altschuler, 2003; Slepecky, 1996).

B. İşitme Kaybı

"İşitme bozukluğu" (işitme kaybı, işitme güçlüğü), en geniş anlamıyla, sübjektif olarak zar zor hissedilen (çok hafif dereceden) rahatsızlıklardan tamamen sağırlığa (çok ileri derecede) kadar değişen, işitme yeteneğinin azalması olarak tanımlanmaktadır. İşitme kaybı, kulağın farklı mekanizmalarında oluşan bir bozukluktan kaynaklanabilir. İşitme kaybı, iletim, sensörinöral veya mikst olarak kategorize edilir.

1. İletim Tipi İşitme Kaybı

İletim tipi işitme kayıpları (İTİK), dış veya orta kulaktaki bozukluklarla ilişkilidir. Etiyoloji, otitis media (orta kulak enfeksiyonu), otoskleroz veya kemikçik zinciri kopukluklarına neden olan bir kafatası kırığı gibi farklı durumları içerebilir. İletim tipi işitme kaybı genellikle ses yüksekliği kaybı olarak sınıflandırılır. İletim tipi işitme kayıpları çoğunlukla tıbbi olarak tedavisi mümkün işitme kayıplarıdır. Bu nedenle, işitme kaybının hızlıca ve doğru tanınması büyük önem içermektedir. İTİK' in tıbbi olarak tedavisinin yapılamadığı durumda, amplifikasyon kullanımında kontrendikasyon olmaması koşulu ile, genellikle bireyler işitme cihazlarıyla büyük ölçüde başarı elde

ederler. Kemiğe implante edilebilir işitme cihazı (kemik yolu işitme cihazı) BAHA, bu tür işitme kayıpları için özel olarak geliştirilmiştir.

2. Sensörinöral Tıp İşitme Kaybı

Sensörinöral işitme kaybı (SNİK), iç kulağı ve işitsel kortekse giden nöral yolları etkileyen bozuklukları kapsar. Konjenital- sendromik ve sendromik olmayan, prebiakuzi, gürültü kaynaklı işitme kaybı, kafa travması, meniere, ototoksisite - aminoglikozidler, diüretikler, bazı kemoterapötik ajanlar, sistemik durumlar - menenjit, diyabet, vestibüler schwannoma gibi durumlar etilojileri arasında sıralanmaktadır. SNİK' in fizyolojisi, iç tüylü hücre işlevinin kayboluşunu, dış tüylü hücrelerin işlevini, kokleadaki elektrik potansiyelinin azalışını ve kokleanın mekanik özelliklerinde gerçekleşen değişiklikleri içerir. Oluşan işitsel eksiklikler, sensörinöral işitme kaybı bulunan bir kişinin, işitme cihazı tarafından sesler güçlendirilse bile etkili bir iletişim kurabilmesi için normalden daha yüksek sinyal-gürültü oranına (SNR) ihtiyacı olması anlamına gelir. Sensörinöral işitme kayıpları genellikle konuşmanın ve sesin netliğinin kaybolması ile ilişkilendirilir. Sensörinöral işitme kayıplarında genellikle tıbbi olarak tedavisi bulunmayan; bununla beraber, çeşitli tıbbi olmayan tedaviler mevcuttur.

Son teknolojik gelişmelerle, sensorinöral terimi, duyusal (koklear) veya nöral (VIII. sinir) bileşenlerine ayrılabilir ve bu da işitme kaybının ayırıcı tanısına daha fazla katkıda bulunabilir. Bu ayırım, işitme kaybının etiyolojisini saptamak ve örneğin işitsel nöropati spektrum bozukluğu (İNSB) teşhisi gibi prognozu yönlendirmek açısından önemli olabilir. Birçok insan genetik işitme kayıplarının her zaman doğuştan olduğuna inanır. Bununla birlikte, işitme kaybının genetik mekanizmaları üzerine yapılan son araştırmalar, işitme kaybının bireyin yaşamının herhangi bir döneminde ortaya çıkabileceğini göstermektedir.

a. Sensörinöral Tıp İşitme Kaybının Tedavi ve Yönetimi

SNİK' in tedavisinde kullanılabilecek çok az tıbbi veya cerrahi müdahale bulunmaktadır ve tedavi edilmediğinde SNİK sosyal izolasyon, depresyon, öz yeterlilikte azalma, yalnızlık, aile, arkadaş, iş yaşantısı gibi ilişkilerde stres ve hayal kırıklığı gibi sorunlarla sonuçlanabilir (Wayner ve Abrahamson, 2001).

İşitme cihazları, kronik SNİK bulunan bireyler için tedavinin temelini oluşturmaktadır ve çeşitli türleri vardır. Geleneksel kulak arkası hava yolu işitme cihazları, tek veya çift taraflı SNİK' in tedavisinde en yaygın kullanılan cihazlardır (Tanna RJ, Lin JW, De Jesus O., 2022). Ses, akustik enerjinin elektrik enerjisine dönüştürüldüğü bir mikrofon tarafından algılanır. Alıcı mikrofon sinyali, hastanın cihazının içerisindeki veya kulak kanalındaki bir hoparlör tarafından akustik bir sinyale dönüştürür. Kulak kepçesi veya dış kulak yolunun dış kulak şekil bozukluklarında ve enfeksiyon varlığında uygun değildirler. Genel olarak, işitme eşikleri 30 dB'den daha kötüyse, hasta işitme cihazlarından yararlanabilir (Tanna RJ, Lin JW, De Jesus O., 2022). Yakın tarihli bir sistematik inceleme (Chisolm ve diğerleri, 2007), işitme cihazlarının SNİK' li yetişkinlerin sağlıkla ilişkili yaşam kalitesini iyileştirdiği sonucuna varmıştır.

Hastalar için yararlı olabilecek diğer yardımcıları, kişisel frekans modülasyon (FM) sistemlerini veya işitme cihazları ile kullanılan kablosuz mikrofonlardır. SNİK' li hastaların ihtiyacı olan SNR' ı sağlaması amacı ile kullanılan bu sistemler hastanın konuşmaya odaklanması ve gürültülü ortamlarda daha iyi konuşma anlaşılabilirliğinde fayda sağlamaktadır.

Koklear implant, işitme cihazlarının fayda sağlamadığı hastalarda konuşma algısı sağlayan cerrahi olarak yerleştirilmiş bir cihazdır (Connell SS, Balkany TJ., 2006). Koklear implantlar hasarlı saç hücrelerini atlar ve işitsel nöronların doğrudan stimülasyonunu sağlar.

3. Mikst Tip İşitme Kaybı

Mikst tip işitme kaybı, hem iletim hem de sensörinöral işitme kaybının bir kombinasyonudur. Bu, genetik bir durumun sonucu olarak veya sensörinöral işitme kaybı olan bir çocuğun daha sonra orta kulak enfeksiyonu geliştirmesi gibi etiyolojilerin bir kombinasyonu olarak olabilir. İletim tipi işitme kayıplarında olduğu gibi, mikst tip işitme kaybının tanımlanması kritiktir, çünkü tıbbi müdahale iletim tipi bileşeni çözebilir.

C. İşitme Cihazı

İşitme cihazlarında bir sinyalin bloklardan geçme şekli blok diyagramda gösterilir. Akustik bir sinyalin karşılaştığı ilk blok, sesi elektrikli sinyale

dönüştüren mikrofondur. Modern minyatür elektret mikrofonlar, dahili gürültü ve titreşime duyarlılığı ile ilgili küçük kusurlar içerirken çok yüksek bir ses kalitesi sağlamaktadır. İki giriş noktasına sahip olan yönlü mikrofonlar, önden gelen seslere, diğer yönlerden gelen seslere göre daha duyarlıdır. Bu sayede, işitme cihazlarının sinyal-gürültü oranını akustik koşullara bağlı olarak çok yönlü mikrofonlara göre birkaç desibel iyileştirmesini sağlar ve gürültüde konuşmanın anlaşılabilirliğini artırabilir. Çift mikrofonlu işitme cihazlarının mikrofonların, farklı dinleme durumlarında otomatik olarak veya kullanıcı tarafından yönselliği değiştirilebilir (Dillon, 2012).

Mikrofonların ürettiği küçük sinyaller, işitme cihazı amplifikatörü sayesinde daha güçlü hale getirilir. Tüm amplifikatörler, sinyali çok yüksek bir seviyeye yükseltmeye çalışırlarsa, sinyali zirve kırarak distorsiyona (bozulmaya) uğratırlar. Aşırı distorsiyon, seslerin kalitesini ve anlaşılabilirliğini azaltır. Bozulmayı önlemek ve sesin dinamik aralığını azaltmak için çoğu işitme cihazında sıkıştırma amplifikatörleri kullanılır. Bu amplifikatörler, tıpkı bir kişinin seviye çok yükseldiğinde bir ses kontrolünü kısması gibi, kendilerine sunulan sinyalin seviyesi arttıkça kazançlarını azaltır.

Amplifikatörler sesi analog veya dijital olarak temsil edebilir. Analog amplifikatörler günümüzde artık kullanılmamakla birlikte, dijital sistemler, sinyalleri bir sayı dizisi olarak temsil eder. Tamamen dijital devreler, sesleri her cihaza özgü şekillerde işleyecek şekilde bir aritmetik işlem gerçekleştirebilir. Amplifikatörlerin işleme türü, üzerlerine yüklenen yazılım ile ilgilidir (Dillon, 2012).

İşitme cihazlarının sesi değiştirmesinin yaygın yolu, sinyali filtrelemektir. Filtreler, bir sinyaldeki düşük, orta ve yüksek frekans bileşenlerinin göreceli genliğini değiştirmek için kullanılabilir.

Alıcılar (receiver), güçlendirilmiş, değiştirilmiş elektrik sinyallerini tekrar sese dönüştürmek için elektromanyetizma kullanan minyatür kulaklıklardır. Frekans yanıtları, kısmen alıcıların içindeki rezonansların neden olduğu ve kısmen de bir alıcıyı kulak kanalına bağlayan boru (hortum) sistemi içindeki akustik rezonansların neden olduğu çok sayıda tepe ve dip ile karakterize edilir. Alıcının veya borunun (hortumun) içine damper (sönümleyici) adı verilen bir

akustik direnç yerleştirmek, bu tepe noktaları ve çukurları yumuşatır. Bir damper, zirvelere karşılık gelen frekanslarda enerjiyi emer ve bu, ses kalitesini ve dinleme konforunu artırır.

Kullanıcılar, işitme cihazlarını, işitme cihazının kasası (kabini) üzerindeki elektromekanik anahtarlar veya bir uzaktan kumanda (bu kumandalar ek aksesuar olabileceği gibi mobil uygulama da olabilir) aracılığıyla çalıştırır. İşitme cihazı tüm fonksiyonlarını bir pilden (Lityum-ion veya çinko-hava) enerji olarak gerçekteştirir. Bu piller, her bir işitme cihazının ihtiyaç duyduğu güce ve kullanılabilir alana bağlı olarak çeşitli fiziksel boyut ve kapasitelerde gelir.

1. İşitme Cihazı Tipleri

İşitme cihazları birçok şekilde kategorize edilebilir. Bunları kategorize etmenin en basit yolu, takıldıkları yere göre sınıflandırmaktır (Şekil12); bu aynı zamanda işitme cihazının maksimum boyutunun ne olması gerektiği anlamına da gelir.



Şekil 13. İşitme Cihazı Tipleri

Kaynak: *NIH/NIDCD*

a. Kulak Arkası İşitme Cihazı (BTE)

Kulak arkası (BTE) işitme cihazları geçmişe oranla oldukça küçük boyutlardadır. BTE' ler ayrıca iki parçalı işitme cihazlarıdır. İçerisinde mikrofon,

alıcı (receiver) gibi elektronik aksamaları barındıran kabin (kasa) ve sesin akustik olarak kulağa iletilmesini sağlayan tüp (hortum) ile kulak kalıbı veya yumuşak bir kubbenin (dome' a) birleşiminden oluşur.

b. Receiver In The Canal / Hoparlör Kulak İçinde Kulak Arkası İşitme Cihazı (RITE, RIC)

BTE' nin daha yeni bir varyasyonu, alıcının (hoparlör, receiver) BTE işitme cihazından farklı olarak kabinin içerisine değil, kulak kanalının içine yerleştirildiği ve elektronikten akustik bir tüp yerine bir elektrik kablosunun geçtiği hoparlör kulak içi işitme cihazı (RITE, RIC). Alışılacağı gibi, standart BTE işitme cihazları bir tüp (hortum) ile özel kalıplara takılırken; RIC' ler esnek, modüler, standart boyutlu kanal bağlantı parçalarına (dome, kubbe) takılır. RIC işitme cihazları, receiver olarak adlandırılan, kişinin işitme kaybına uygun olarak farklı güçlere, kulak kepçesinin büyüklüğüne göre farklı uzunluklara sahip receiver olarak adlandırılan hoparlör bulundurur. Bu hoparlöre kişiye özel olarak yapılmış kalıp ya da herkese uyum sağlayabilecek farklı boyut ve ventilasyon değerlerine sahip dome' lar (kubbeler) bulunur ve bu sayede kişinin kulak kanalının içerisine yerleştirilebilir.

c. In The Ear/Kulak İçi İşitme Cihazı (ITE)

Kulak içi işitme cihazları (ITE), adından da anlaşılacağı üzere tüm konkayı ve kulak kanalının uzunluğunun yaklaşık yarısını dolduran tam konka stillerinden farklı boyutlara sahiptir. ITE işitme cihazının daha küçük bir varyasyonu, crus-helias' a kadar konkanın yalnızca alt kısmını dolduran yarım konka ITE' dir. Başka bir varyasyon, konkanın yalnızca üst kısmını (cymba) doldurur ve RITE teknolojisi ile kulak kanalına bağlanır. Başka bir varyasyon, kulak kanalından dış konkayı dolduracak kadar dışarı doğru uzanmayan düşük profilli ITE' dir.

d. In The Canal/ Kanal İçi İşitme Cihazı (ITC)

Bir ITE işitme cihazı, kavum konkanın yeterince küçük bir bölümünü kapladığında ve dış yüzü kulak kanalı açıklığına paralel olduğunda, kanal içi (ITC) işitme cihazı olarak adlandırılır. Adından, bir ITC işitme cihazının tamamen kulak kanalına sığması beklenebilir, ancak adı işitme cihazının bulunduğu yerin tanımından çok, pazarlamadan ilham almaktadır).

e. Completely In The Canal/ Komple Kanal İçi İşitme Cihazı (CIC)

Tamamen (komple) kulak kanalına yerleşen işitme cihazları, tamamen kanal içi (CIC) işitme cihazları olarak bilinir. Bu işitme cihazları, işitme cihazının hiçbirinin konka içine çıkıntı yapmasına gerek kalmayacak kadar küçük bileşenler kullanır. Bu işitme cihazlarını kulaktan çıkarmak zor olabilir, bu nedenle genellikle ucunda küçük bir topuz bulunan naylon oltaya (misina) benzer küçük bir sap işitme cihazına takılır ve bu sap konkaya kadar uzanır. Bir CIC işitme cihazının medial ucu kulak zarının birkaç milimetre yakınında olduğunda, CIC' ye peritimpanik CIC denir.

2. İşitme Cihazında Akustik Parametreler (Kulak Kalıpları ve İstant Fit – Dome' lar)

Bir işitme cihazı kullanılırken tarafından bir işitme cihazı (İC) takıldığında, İC ile kullanıcının kulak kanalı arasında verimli akustik bağlantı sağlamak için bir kulak kalıbına ihtiyaç duyulur. Kulak kalıbının, fiziksel tutma, güçlendirilmiş sesin kulak kanalına iletilmesi ve kulak kanalı ile başın dışındaki hava arasındaki doğrudan ses yolunun kontrolü olmak üzere 3 çeşit işlevi bulunmaktadır.

Hem kulak kalıplarının hem de dome' ların çok çeşitli fiziksel stilleri vardır. Bu stiller, doldurdukları konka ve kanalın boyutuna göre değişir. Bu varyasyonlar, işitme cihazının görünümünü, akustik performansını, konforunu ve kulak kanalına tutunma güvenliğini etkiler.

Kulak kalıbı, bir ölçü (kulak izi) alınarak kişinin kulağına özel olarak yapılabileceği gibi çeşitli standart boyut ve şekillerde silikon kubbeler (dome) de bulunmaktadır. Kişiyeye özel olarak yapılan kulak kalıbının yapımı için kulak izi alınmalıdır ve bu kulak izi, kulağın ters kopyasıdır. Kulak izi alınması, işitme cihazı uyarlama (fitting) prosedürünün hayati derecede önemli bir parçasıdır ve başarı ile başarısızlık arasındaki farkı yaratabilir, çünkü kulak izi kulak kepçesi konturlarını ve meatal çıkıntıyı doğru şekilde yansıtmıyorsa, sistemin kalitesi konfor ve akustik performans açısından olumsuz etkilenebilir (Tate, 1994). Bu tür kulak kalıpları, işitme cihazının frekans yanıtı üzerinde önemli bir etkiye ve geri bildirim (feedback) karşı yüksek direnç sağlamaktadır.

Kulaklarımız tüm yaşamımız boyunca büyür ve büyümeleri durmaz. Büyüdükçe kulak kepçesi daha yumuşak hale gelir ve kalıbın kulağa tutunma

sorunları ortaya çıkabilir. Sert bir kulak kepçesi için (örn. pediatri) yumuşak malzemeler, yumuşak kulak kepçesi için ise daha sert malzemeler (örn. yaşlılar, yaşlılar) önerilmektedir. Pediatrik bir hastaya özel bir kulak kalıbı kullanılırken belirli faktörlerin göz önünde bulundurulması gerekmektedir: hijyen, çocuğun aktiviteleri, kulak kanalına yerleştirme ve çocuğun büyümesi.

Kulak kalıbı farklı malzemelerden üretilmektedir. Bunlar; Yumuşak Vinil, Silikon, Sert Vinil, Akrilik, Polietilen ve Karışık Metaryaller olarak sınıflandırılabilir. Yumuşak vinil, yumuşak ve yerleştirmesi rahat olduğu için bebekler için önerilmektedir. Uygun gereçlere sahipseniz ofis ortamında bile değişiklik yapılabilir. Yumuşaklıkları sebebi ile büzülmelere sebep olması dolayısıyla bazı dezavantajları bulunmaktadır. Silikonlar, çok yönlülüğü ve arzu edilen nitelikleri nedeniyle en popüler kulak kalıbı malzemeleridir. Silikondan yapılmış özel kulak kalıpları rahattır ve dayanıklıdır. Silikonlar, hipoalerjenik malzemeler olarak bilinirler. Sert vinil, oldukça serttir ancak vücut ısısıyla temas ettiğinde bükülebilir hale gelir. Sert vinil, hipoalerjenik özellikleriyle bilinir. Akrilik malzemelerden yapılmış özel kulak kalıpları sert ve hipoalerjeniktir. Tipik olarak, yüksek şeffaflığı veya yarı saydamlığı nedeniyle sağduyuludurlar. Standart akrilik, genellikle RIC cihazları için işitme cihazı üreticileri tarafından sipariş edilen varsayılan özel bir kulak kalıbı malzemesidir. Polietilen, sert bir malzemedir ve genellikle alerjik vakalarınızın çoğu için son çare olarak kullanılır.

Kişiye özel olarak yapılan kulak kalıplarına ek olarak RIC işitme cihazlarında receiver'ın kulak kanalına yerleştirilmesinde kullanılan kubbeler (instant ear tips, dome) mevcuttur.

3. In-situ Odyometri Testi

In-situ, bir işitme cihazı üzerinden (kulak içi veya arkası), kulak zarında veya kulak zarına yakın bölgedeki sesin özelliklerini (farklı frekanslardaki ses basıncı seviyesi dB SPL) ifade eder (Keidser ve diğerleri, 2011). In-situ odyometri, işitme cihazı tarafından üretilen akustik uyarılar ile hastaların işitme eşiklerini, işitme cihazı üzerinden belirleyen odyometridir. İşitme cihazı ve akustik özellikler (örneğin havalandırma delikleri, sızıntı ve kulak kalıbı özellikleri) de dikkate alınır (Block, 2008).

Modern dijital işitme cihazları frekansa spesifik saf sesler üreten dahili ses üreteçlerine sahiptir, bu sebeple in-situ (odyometri) aracılığı ile hastaların hava yolu işitme testleri gerçekleştirilebilir. In-situ odyometri, geleneksel odyometri ile karşılaştırıldığında işitme seviyelerinin değerlendirilmesinde kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntem, rezidüel kulak kanalı hacminin etkisini dikkate alarak işitme seviyelerindeki değişiklikleri gözlemlemek için uygulanabilir (Keidser ve diğerleri, 2011). Ayrıca, işitme cihazlarının dış kulak yolundaki etkilerini hesaba katan bir yaklaşım sunar (Block, 2008). Bu dış kulak yolu etkilerinin hesaba katılması, işitme kaybını daha etkili bir şekilde amplifiye etmeyi mümkün kılar (Keidser ve diğerleri, 2011).

In-situ odyometri, klinik uygulamada kullanışlı bir seçenek olmasının yanı sıra daha az ekipman ve donanım gerektirir. Ayrıca, farklı test modülleri arasında işitme eşikleri aktarılırken zaman tasarrufu sağlayabilir. Ancak, bir dezavantajı vardır: İn-situ odyometri, işitme cihazları ile yalnızca hava iletimi eşiklerinin ölçümü için sınırlıdır (Keidser ve diğerleri, 2011)."

III.GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışma İstanbul Aydın Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Odyoloji Anabilim Dalı, Odyoloji Programı Yüksek Lisans tezi olarak yapılmış olup, İstanbul Aydın Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu tarafından 2023/80 kayıt numarası ile onay verilmiştir (Ek- 2). Katılımcılar, gönüllülük esasına dayalı olarak bilgilendirilmiş ve gönüllü onam formu imzalamışlardır (Ek- 1).

Bu çalışmada örneklem büyüklüğünü hesaplamak için G * Power 3.1.97 programı kullanılmıştır. Programa göre etki büyüklüğü = 0,5 varsayıldığında, anlamlılık düzeyi = 0,05 ve güç = 0,95 olduğunda minimum örneklem büyüklüğü 54 elde edilmiştir. Çalışmaya sensörinöral tip işitme kayıplı bilateral ve unilateral işitme cihazı kullanan 18 yaş ve üzeri 27 erkek 27 kadın birey olmak üzere toplam 54 birey dahil edilmiştir.

A. Çalışmaya Dahil Edilme Kriterleri

- 18 yaş ve üzeri olmak
- Sensörinöral tip işitme kaybına sahip olmak
- Tip A timpanograma sahip olmak
- Connexx işitme cihazı program arayüzü ile programlanabilir “Hoparlör Kulak İçi (RIC)” model işitme cihazı kullanmak
- Hoparlör kulak içi (RIC) işitme cihazının uygulamasının “dome” ile yapılması
- İşitme cihazını yalnızca işitme cihazı markasının orijinal akustik aparatları ile kullanmak
- Hafif, orta veya ileri dereceli işitme kayıplarından birine sahip olmak

B. Çalışmaya Dahil Edilmeme Kriterleri

- Dış ve orta kulak patolojilerinin bulunması
- İletim ve mikst tip işitme kaybının bulunması
- Baş dönmesi şikayetlerinin bulunması
- Değişken işitme kaybına sahip olunması
- Kulak kalıbı ile hoparlör kulak içi (RIC) işitme cihaz kullanılması

İstanbul'da bir firmaya ait işitme cihazı ve uygulama merkezlerinde yapılan bilgilendirme sonrasında katılımcılara gönüllü onam formu imzalatılmıştır. Katılımcılara otoskopik bakı ve odyolojik değerlendirme (geleneksel saf ses odyometrisi ve timpanometri) yapılmıştır. Test yapılan cihazların kalibrasyonları çalışma öncesinde yapılmıştır. Geleneksel saf ses odyometri testi yapılırken Maico MA42 klinik odyometre kullanılarak hastanın hava yolu işitme eşikleri TDH39 kulak üstü kulaklıklar ile 250, 500, 1000, 2000, 4000 ve 6000 Hz' de ölçüm gerçekleştirilmiştir. Kemik yolu işitme eşikleri B71 kemik vibratör ile 250, 500, 1000 ve 2000 Hz' de gerçekleştirilmiştir. Timpanometrik inceleme için Maico MI34 timpanometre kullanılarak tepe basınç değerinin -100 daPa ile +50 daPa arasında ve statik kompliyans değerinin 0,3 ml'den daha büyük ve 1,6 ml'den daha küçük olması (Tip A) durumunda normal kabul edilmiştir. Çalışmaya dahil edilme kriterlerine uygun katılımcılar çalışmaya dahil edilmiştir.

Çalışmamızın dahil edilme kriterlerine uymakta olan, aynı işitme cihazı üreticisi firmaya ait Signia, Rexton ve A&M marka RIC (receiver in the canal) işitme cihazını kubbe /dome ile kullanan hastalara yapılan in-situ ölçümleri aynı firmaya ait işitme cihazları satış ve uygulama merkezlerinde bulunan bilgisayarlardaki Connexx işitme cihazı programlama arayüzü üzerinden gerçekleştirilmiştir. In-situ ölçümleri, Connexx işitme cihazı programlama arayüzü ile programlama yapılabilen, kendilerine ait işitme cihazları üzerinden yapılmıştır. Hastaların fiziksel olarak kullandıkları dome değiştirilmeksizin in-situ ölçümleri sırasında işitme cihazı programlama arayüzü üzerinden dome seçeneği açık, kapalı sleeve, lale, çift-power ve ventli sleeve dome olarak değiştirilerek toplamda 5 in-situ ölçümü gerçekleştirilmiştir.

C. İstatistiksel Analiz

Çalışma kapsamında toplanan veriler Excel programı ile veri seti haline getirilmiştir.

Verilerin analizinde öncelikle demografik verilere ait frekans analizi yapılmıştır. Anlamlılık testlerine karar vermek için verilerin dağılımları test edilmiştir (Shapiro-Wilk, Kolmogorov-Smirnov). Verilerin normal dağıldığı durumlarda gruplar arası karşılaştırmalar için Bağımsız Örneklem T testi, normal dağılmadığında ise tekrarlanmış testler ANOVA testi uygulanmıştır. Katılımcıların geleneksel odyometri işitme test sonuçları ile 5 farklı dome seçimi ile yapılacak in-situ işitme testi sonuçları karşılaştırılmıştır. Verilerin analizinde SPSS 26.0 paket programı kullanılmıştır.

IV. BULGULAR

Bu çalışma 18 yaş üzeri hafif, orta, ileri ve çok ileri derecelerde sensörinöral tip işitme kayıplı RIC tip işitme cihazı kullanan bireyler ile gerçekleştirilmiştir. Analizler kullanıcıların yalnızca yazılımdan sağlanan dome farklılığında in-situ odyometri ölçümlerindeki farklılıklar üzerinden gerçekleştirilmiştir. Çalışmaya toplam 54 birey, 96 kulak dahil edilmiştir. (42 kişi bilateral işitme cihazı kullanımı, 12 kişi unilateral işitme cihazı kullanımı)

A. Demografik Özellikler

Çizelge 1. Çalışmaya dahil edilen bireylerin cinsiyet ve yaş gruplarına göre yaş analizleri verilmiştir.

	Cinsiyet	N	Yaş Min	Yaş Max	Yaş Ortalama	Yaş Std Sapma
Cinsiyet- yaş	Erkek	27	18	83	59,48	14,206
	Kadın	27	28	78	47,89	13,664
	Toplam	54	18	83	53,69	14,994

Çizelge 4.1 'e göre çalışmaya dahil edilen katılımcılardan erkek bireylerin (n=27) yaşları minimum 18, maksimum 83 olup yaş ortalaması 59,48 ve standart sapması 14,206'dır. Kadın bireylerin (n=27) yaşları minimum 28, maksimum 78 olup yaş ortalaması 47,89 ve standart sapması 13,664'tür. Tüm katılımcıların (n=54) yaşları minimum 18, maksimum 83 olup yaş ortalaması 53,69've standart sapması 14,994'dir.

Tüm katılımcıların akustik immitansmetri sonuçları normal (tip A) elde edilmiştir.

B. Katılımcıların Sağ-Sol Kulak Dağılımı, İşitme Cihazı Marka Dağılımı ve İşitme Kaybı Başlangıç Süreleri Karşılaştırması

Çizelge 2. Katılımcıların sağ-sol kulak dağılımı, işitme cihazı marka dağılımı ve işitme kaybı başlangıç süreleri yukarıda belirtilmiştir.

		N (Kulak)	Yüzde
Sağ-Sol Kulak Ayrımı	Sağ Kulak	47	49
	Sol Kulak	49	51
	Toplam	96	100,0
İşitme Kaybı Başlangıç Süresi	0-2 yıl arası	34	35,4
	2-10 yıl arası	32	33,3
	10 yıl ve üzeri	30	31,3
	Total	96	100,0
İşitme Cihazı Marka Dağılımı	Signia	39	40,6
	Rexton	19	19,8
	A&M	38	39,6
	Total	96	100,0

Çizelge 4.2 'a göre çalışmaya dahil edilen katılımcıların işitme kayıplı kulakları ayrı değerlendirilerek sağ-sol kulak dağılımı, işitme cihazı marka dağılımı ve işitme kaybı başlangıç süreleri analiz edilmiştir. Sağ-Sol kulak dağılımına bakacak olursak sağ kulakta işitme cihazı kullanan 47 kulak (%49), sol kulakta işitme cihazı kullanan 49 kulak (%51), Signia marka işitme cihazı kullanan 39 kulak (%40,6), Rexton marka işitme cihazı kullanan 19 kulak (%19,8), A&M marka işitme cihazı kullanan 38 kulak (%39,6)'dır. Katılımcıların işitme kaybı başlangıç ve işitme cihazı kullanım süreleri incelenecek olursa 0-2 yıl arası 34 kulak (%35,4), 2-10 yıl arası 32 kulak (%33,3), 10 yıl ve üzeri 30 kulak (%31,3)'tır.

C. Katılımcıların İşitme Cihazlarını Hangi Akustik Parametre ile Kullandığının Karşılaştırması

Çizelge 3. Çizelge 4.3 Katılımcıların işitme cihazı kullanımındaki akustik parametrelerin dağılımını göstermektedir.

	Akustik Parametre	N (Kulak)	Yüzde
Kullanılan Akustik Parametre	Açık Dome	18	18,75
	Kapalı Sleeve Dome	19	19,80
	Lale Dome	21	21,88
	Çift -Power Dome	18	18,75
	Ventli Sleeve Dome	20	20,82
	Total	96	100,0

Çizelge 4.3 'e göre çalışmaya dahil edilen katılımcıların işitme cihazı kullanımındaki akustik parametrelerin dağılımı açık dome 18 kulak (%18,75), kapalı sleeve dome 19 kulak (%19,8), ventli sleeve dome 20 kulak (%20,82), çift power dome 18 kulak (%18,75), lale dome 21 kulak (%31,88) şeklindedir.

D. Geleneksel ve İn-Situ Odyometri Sonuçlarının İşitme Kaybı Dereceleri Karşılaştırılması

Çizelge 4. Katılımcıların geleneksel odyometri sonuçlarına göre işitme kaybı derece dağılımını göstermektedir.

	GELENEKSEL ODYOMETRİ	
	Frekans	Yüzde
Hafif Derece İşitme Kaybı	15	15,6
Orta Derece İşitme Kaybı	53	55,2
İleri Derece İşitme Kaybı	21	21,9
Çok İleri Derece İşitme Kaybı	7	7,3
Total	96	100,0

Çizelge 4.4 'e göre çalışmaya dahil edilen katılımcıların geleneksel odyometri ile işitme testi sonuçlarına göre sınıflandırılan işitme kaybı derecelerine bakacak olursak; hafif derece işitme kaybı 15 kulak (%15,6), orta derece işitme kaybı 53 (%55,2), ileri derece işitme kaybı 21 kulak (%21,9), çok ileri derece işitme kaybı 7 kulak (%7,3) olarak elde edilmiştir.

E. Geleneksel ve İn-Situ Odyometri Eşiklerinin Frekans – Akustik Parametre Karşılaştırması

Çizelge 5. Hastanın kulağında açık dome ile uygulama yapılmış şekilde işitme cihazı programlama arayüzünden farklı dome seçimlerinin Geleneksel Odyometri ve İn-Situ Odyometri 0,250 kHz ila 6 kHz frekans sonuçlarına etkisi.

Hastanın Fiziksel Olarak Kullandığı Dome: Açık Dome iken				
Frekanslar	Ölçüm Parametre Seçimi	Ortalama (dB)	Min-max(dB)	Sig. (1-5)
250 Hz	Geleneksel Odyometri	26,667	15-35	0,000
	Açık Dome ¹	38,333	20-45	
	Kapalı Dome ²	27,222	15-35	
	Tulip-Lale Dome ³	36,111	15-45	
	Double-Çift Dome ⁴	23,333	15-35	
Ventli Dome ⁵	28,889	15-35		

Çizelge 5. (devamı) Hastanın kulağında açık dome ile uygulama yapılmış şekilde işitme cihazı programlama arayüzünden farklı dome seçimlerinin Geleneksel Odyometri ve İn-Situ Odyometri 0,250 kHz ila 6 kHz frekans sonuçlarına etkisi.

Hastanın Fiziksel Olarak Kullandığı Dome: Açık Dome iken				
Frekanslar	Ölçüm Parametre Seçimi	Ortalama (dB)	Min-max(dB)	Sig. (1-5)
500 Hz	Geleneksel Odyometri	26,111	10-35	0,000
	Açık Dome ¹	28,333	15-40	
	Kapalı Dome ²	23,889	10-35	
	Tulip-Lale Dome ³	28,889	20-40	
	Double-Çift Dome ⁴	20,000	10-30	
	Ventli Dome ⁵	30,556	20-45	
1000 Hz	Geleneksel Odyometri	31,111	20-45	0,091
	Açık Dome ¹	34,444	20-40	
	Kapalı Dome ²	33,889	20-45	
	Tulip-Lale Dome ³	33,333	20-45	
	Double-Çift Dome ⁴	33,889	20-45	
	Ventli Dome ⁵	35,000	20-45	
2000 Hz	Geleneksel Odyometri	35,556	30-45	0,023
	Açık Dome ¹	36,667	30-45	
	Kapalı Dome ²	38,333	30-60	
	Tulip-Lale Dome ³	37,778	30-60	
	Double-Çift Dome ⁴	38,333	30-60	
	Ventli Dome ⁵	39,444	30-60	
4000 Hz	Geleneksel Odyometri	45,000	25-70	0,019
	Açık Dome ¹	41,667	25-65	
	Kapalı Dome ²	36,667	20-60	
	Tulip-Lale Dome ³	40,000	25-65	
	Double-Çift Dome ⁴	41,667	25-65	
	Ventli Dome ⁵	43,889	25-65	
6000 Hz	Geleneksel Odyometri	48,889	30-70	0,063
	Açık Dome ¹	47,778	30-70	
	Kapalı Dome ²	47,222	30-70	
	Tulip-Lale Dome ³	47,222	30-70	
	Double-Çift Dome ⁴	45,556	30-70	
	Ventli Dome ⁵	48,889	30-70	

Çizelge 4.5'e göre;

Açık dome kullanılan kulaklarda Geleneksel Odyometri 250 Hz eşikleri ortalama 26,67, İn-Situ Odyometri 250 Hz eşikleri ortalama 38,33 olup İn-situ odyometri sonuçları geleneksel odyometri sonucuna göre daha yüksek eşik değerlerinde elde edilmiştir. Akustik parametre arayüz üzerinden değiştirildiğinde (hastanın kulağındaki dome aynı) ise 250 Hz sonuçlarında istatistiksel olarak anlamlı farklılık elde edilmiştir. (p=0,000)

Açık dome kullanılan kulaklarda Geleneksel Odyometri 500 Hz eşikleri ortalama 26,11, İn-Situ Odyometri 500 Hz eşikleri ortalama 28,33 olup İn-situ

odyometri sonuçları daha yüksek eşik değerlerinde elde edilmiştir. Akustik parametre arayüz üzerinden değiştirildiğinde (hastanın kulağındaki dome aynı) ise 500 Hz sonuçlarında istatistiksel olarak anlamlı farklılık elde edilmiştir. (p=0,000)

Açık dome kullanılan kulaklarda Geleneksel Odyometri 1000 Hz eşikleri ortalama 31,11, İn-Situ Odyometri 1000 Hz eşikleri ortalama 34,44 olup İn-situ odyometri sonuçları daha yüksek eşik değerlerinde elde edilmiştir. Akustik parametre arayüz üzerinden değiştirildiğinde (hastanın kulağındaki dome aynı) ise 1000 Hz sonuçlarında istatistiksel olarak anlamlı farklılık elde edilememiştir. (p=0,091)

Açık dome kullanılan kulaklarda Geleneksel Odyometri 2000 Hz eşikleri ortalama 35,56, İn-Situ Odyometri 2000 Hz eşikleri ortalama 36,67 olup İn-situ odyometri sonuçları daha yüksek eşik değerlerinde elde edilmiştir. Akustik parametre arayüz üzerinden değiştirildiğinde (hastanın kulağındaki dome aynı) ise 2000 Hz sonuçlarında istatistiksel olarak anlamlı farklılık elde edilmiştir. (p=0,023)

Açık dome kullanılan kulaklarda Geleneksel Odyometri 4000 Hz eşikleri ortalama 45,00, İn-Situ Odyometri 4000 Hz eşikleri ortalama 41,67 olup İn-situ odyometri sonuçları daha düşük eşik değerlerinde elde edilmiştir. Akustik parametre arayüz üzerinden değiştirildiğinde (hastanın kulağındaki dome aynı) ise 4000 Hz sonuçlarında istatistiksel olarak anlamlı farklılık elde edilmiştir. (p=0,019)

Açık dome kullanılan kulaklarda Geleneksel Odyometri 6000 Hz eşikleri ortalama 48,89, İn-Situ Odyometri 6000 Hz eşikleri ortalama 47,78 olup İn-situ odyometri sonuçları daha düşük eşik değerlerinde elde edilmiştir. Akustik parametre arayüz üzerinden değiştirildiğinde (hastanın kulağındaki dome aynı) ise 6000 Hz sonuçlarında istatistiksel olarak anlamlı farklılık elde edilememiştir. (p=0,063)

Açık Dome ile işitme cihazı in-situ ölçümünde 250, 500, 1000, 2000 Hz frekanslarında geleneksel odyometri sonuçlarına göre daha yüksek elde edilirken, 4000 ve 6000 Hz frekanslarında daha düşük elde edilmiştir. Açık Dome ile işitme cihazı in-situ ölçümünde 250, 500, 2000, 4000 Hz frekanslarında arayüz

üzerinden akustik parametre değişimi ile sonuçlarda istatistiksel olarak anlamlı farklılık elde edilirken, 1000 ve 6000 Hz frekanslarında istatistiksel olarak anlamlı farklılık elde edilememiştir.

F. Hastanın Fiziksel Olarak Kullandığı Dome: Kapalı Dome iken

Çizelge 6. Hastanın kulağında kapalı dome ile uygulama yapılmış şekilde işitme cihazı programlama arayüzünden farklı dome seçimlerinin Geleneksel Odyometri ve İn-Situ Odyometri 0,250 kHz ila 6 kHz frekans sonuçlarına etkisi.

Frekanslar	Ölçüm Parametre Seçimi	Ortalama (dB)	Min-max(dB)	Sig. (1-5)
250 Hz	Geleneksel Odyometri	48,684	30-80	0,000
	Açık Dome ¹	56,842	15-95	
	Kapalı Dome²	45,526	25-75	
	Tulip-Lale Dome ³	54,211	25-85	
	Double-Çift Dome ⁴	50,263	30-65	
	Ventli Dome ⁵	44,474	15-75	
500 Hz	Geleneksel Odyometri	59,474	40-70	0,001
	Açık Dome ¹	54,211	25-70	
	Kapalı Dome²	55,000	40-65	
	Tulip-Lale Dome ³	55,263	35-70	
	Double-Çift Dome ⁴	45,263	25-60	
	Ventli Dome ⁵	54,474	30-70	
1000 Hz	Geleneksel Odyometri	66,053	50-75	0,017
	Açık Dome ¹	60,526	35-75	
	Kapalı Dome²	63,684	50-75	
	Tulip-Lale Dome ³	61,842	50-75	
	Double-Çift Dome ⁴	61,579	50-75	
	Ventli Dome ⁵	61,316	45-75	
2000 Hz	Geleneksel Odyometri	67,632	60-75	0,231
	Açık Dome ¹	65,526	60-75	
	Kapalı Dome²	67,368	60-75	
	Tulip-Lale Dome ³	65,263	60-75	
	Double-Çift Dome ⁴	65,263	60-75	
	Ventli Dome ⁵	65,000	55-75	
4000 Hz	Geleneksel Odyometri	70,263	60-85	0,040
	Açık Dome ¹	70,526	65-90	
	Kapalı Dome²	67,105	60-85	
	Tulip-Lale Dome ³	72,105	65-90	
	Double-Çift Dome ⁴	69,737	60-90	
	Ventli Dome ⁵	69,474	60-90	
6000 Hz	Geleneksel Odyometri	75,211	65-95	0,456
	Açık Dome ¹	76,842	60-95	
	Kapalı Dome²	76,368	60-95	
	Tulip-Lale Dome ³	76,842	60-95	
	Double-Çift Dome ⁴	76,842	60-95	
	Ventli Dome ⁵	76,842	60-95	

Çizelge 4.6'e göre;

Kapalı Sleeve dome kullanılan kulaklarda Geleneksel Odyometri 250 Hz eşikleri ortalama 48,68, İn-Situ Odyometri 250 Hz eşikleri ortalama 45,53 olup İn-situ odyometri sonuçları daha düşük eşik değerlerinde elde edilmiştir. Akustik parametre arayüz üzerinden değiştirildiğinde (hastanın kulağındaki dome aynı) ise sonuçların değiştiği görülmüştür. Akustik parametre arayüz üzerinden değiştirildiğinde (hastanın kulağındaki dome aynı) ise 250 Hz sonuçlarında istatistiksel olarak anlamlı farklılık elde edilmiştir. (p=0,000)

Kapalı Sleeve dome kullanılan kulaklarda Geleneksel Odyometri 500 Hz eşikleri ortalama 59,47, İn-Situ Odyometri 500 Hz eşikleri ortalama 55,00 olup İn-situ odyometri sonuçları daha düşük eşik değerlerinde elde edilmiştir. Akustik parametre arayüz üzerinden değiştirildiğinde (hastanın kulağındaki dome aynı) ise sonuçların değiştiği görülmüştür. Akustik parametre arayüz üzerinden değiştirildiğinde (hastanın kulağındaki dome aynı) ise 500 Hz sonuçlarında istatistiksel olarak anlamlı farklılık elde edilmiştir. (p=0,001)

Kapalı Sleeve dome kullanılan kulaklarda Geleneksel Odyometri 1000 Hz eşikleri ortalama 66,05, İn-Situ Odyometri 1000 Hz eşikleri ortalama 63,68 olup İn-situ odyometri sonuçları daha düşük eşik değerlerinde elde edilmiştir. Akustik parametre arayüz üzerinden değiştirildiğinde (hastanın kulağındaki dome aynı) ise sonuçların değiştiği görülmüştür. Akustik parametre arayüz üzerinden değiştirildiğinde (hastanın kulağındaki dome aynı) ise 1000 Hz sonuçlarında istatistiksel olarak anlamlı farklılık elde edilmiştir. (p=0,017)

Kapalı Sleeve dome kullanılan kulaklarda Geleneksel Odyometri 2000 Hz eşikleri ortalama 67,63, İn-Situ Odyometri 2000 Hz eşikleri ortalama 67,37 olup İn-situ odyometri sonuçları çok az da olsa daha düşük eşik değerlerinde elde edilmiştir. Akustik parametre arayüz üzerinden değiştirildiğinde (hastanın kulağındaki dome aynı) sonuçların değiştiği görülmüştür. Akustik parametre arayüz üzerinden değiştirildiğinde (hastanın kulağındaki dome aynı) ise 2000 Hz sonuçlarında istatistiksel olarak anlamlı farklılık elde edilememiştir. (p=0,231)

Kapalı Sleeve dome kullanılan kulaklarda Geleneksel Odyometri 4000 Hz eşikleri ortalama 70,26, İn-Situ Odyometri 4000 Hz eşikleri ortalama 67,11 olup İn-situ odyometri sonuçları daha düşük eşik değerlerinde elde edilmiştir. Akustik parametre arayüz üzerinden değiştirildiğinde (hastanın kulağındaki dome aynı)

sonuçların değiştiği görülmüştür. Akustik parametre arayüz üzerinden değiştirildiğinde (hastanın kulağındaki dome aynı) ise 4000 Hz sonuçlarında istatistiksel olarak anlamlı farklılık elde edilmiştir. (p=0,041)

Kapalı Sleeve dome kullanılan kulaklarda Geleneksel Odyometri 6000 Hz eşikleri ortalama 74,21, İn-Situ Odyometri 6000 Hz eşikleri ortalama 77,37 olup İn-situ odyometri sonuçları daha yüksek eşik değerlerinde elde edilmiştir. Akustik parametre arayüz üzerinden değiştirildiğinde (hastanın kulağındaki dome aynı) sonuçların değiştiği görülmüştür. Akustik parametre arayüz üzerinden değiştirildiğinde (hastanın kulağındaki dome aynı) ise 6000 Hz sonuçlarında istatistiksel olarak anlamlı farklılık elde edilememiştir. (p=0,456)

Kapalı Sleeve Dome ile işitme cihazı in-situ ölçümünde 6000 Hz frekanslarında geleneksel odyometri sonuçlarına göre daha yüksek elde edilirken, 250, 500, 1000, 2000, 4000 Hz frekanslarında ve saf ses ortalama değerlerinde daha düşük elde edilmiştir. Kapalı Dome ile işitme cihazı in-situ ölçümünde 250, 500, 1000, 4000 Hz frekanslarında arayüz üzerinden akustik parametre değişimi ile sonuçlarda istatistiksel olarak anlamlı farklılık elde edilirken, 2000 ve 6000 Hz frekanslarında istatistiksel olarak anlamlı farklılık elde edilememiştir.

Çizelge 7. Hastanın kulağında lale dome ile uygulama yapılmış şekilde işitme cihazı programlama arayüzünden farklı dome seçimlerinin Geleneksel Odyometri ve İn-Situ Odyometri 0,250 kHz ila 6 kHz frekans sonuçlarına etkisi.

Hastanın Fiziksel Olarak Kullandığı Dome: Lale Dome iken				
Frekanslar	Ölçüm Parametre seçimi	Ortalama (dB)	Min-max(dB)	Sig. (1-5)
250 Hz	Geleneksel Odyometri	39,697	25-60	0,005
	Açık Dome ¹	54,242	30-85	
	Kapalı Dome ²	39,394	20-65	
	Tulip-Lale Dome ³	48,939	30-75	
	Double-Çift Dome ⁴	38,939	20-65	
	Ventli Dome ⁵	39,394	20-65	
500 Hz	Geleneksel Odyometri	43,636	25-70	0,021
	Açık Dome ¹	43,788	25-65	
	Kapalı Dome ²	39,242	20-60	
	Tulip-Lale Dome ³	43,485	25-65	
	Double-Çift Dome ⁴	33,788	15-55	
	Ventli Dome ⁵	43,485	25-65	
1000 Hz	Geleneksel Odyometri	50,000	30-70	0,995
	Açık Dome ¹	50,455	30-70	
	Kapalı Dome ²	50,455	30-70	
	Tulip-Lale Dome ³	50,152	30-65	
	Double-Çift Dome ⁴	50,455	30-70	
	Ventli Dome ⁵	50,152	30-65	

Çizelge 7. (devamı) Hastanın kulağında lale dome ile uygulama yapılmış şekilde işitme cihazı programlama arayüzünden farklı dome seçimlerinin Geleneksel Odyometri ve İn-Situ Odyometri 0,250 kHz ila 6 kHz frekans sonuçlarına etkisi.

Hastanın Fiziksel Olarak Kullandığı Dome: Lale Dome iken				
Frekanslar	Ölçüm Parametre seçimi	Ortalama (dB)	Min-max(dB)	Sig. (1-5)
2000 Hz	Geleneksel Odyometri	55,909	45-65	0,990
	Açık Dome ¹	56,303	40-65	
	Kapalı Dome ²	55,545	40-65	
	Tulip-Lale Dome ³	55,848	40-65	
	Double-Çift Dome ⁴	56,152	40-65	
	Ventli Dome ⁵	56,152	40-65	
4000 Hz	Geleneksel Odyometri	61,818	45-80	0,064
	Açık Dome ¹	61,970	50-80	
	Kapalı Dome ²	56,970	45-75	
	Tulip-Lale Dome ³	61,667	50-80	
	Double-Çift Dome ⁴	61,818	50-80	
	Ventli Dome ⁵	61,667	50-80	
6000 Hz	Geleneksel Odyometri	68,333	55-85	0,898
	Açık Dome ¹	67,727	45-80	
	Kapalı Dome ²	67,576	45-80	
	Tulip-Lale Dome ³	67,424	45-80	
	Double-Çift Dome ⁴	67,576	45-80	
	Ventli Dome ⁵	67,273	45-80	

Çizelge 4.8'e göre;

Lale dome kullanılan kulaklarda Geleneksel Odyometri 250 Hz eşikleri ortalama 39,70 İn-Situ Odyometri 250 Hz eşikleri ortalama 48,939 olup İn-situ odyometri sonuçları daha yüksek eşik değerlerinde elde edilmiştir. Akustik parametre arayüz üzerinden değiştirildiğinde (hastanın kulağındaki dome aynı) sonuçların değiştiği görülmüştür. Akustik parametre arayüz üzerinden değiştirildiğinde (hastanın kulağındaki dome aynı) ise 250 Hz sonuçlarında istatistiksel olarak anlamlı farklılık elde edilmiştir. (p=0,005)

Lale dome kullanılan kulaklarda Geleneksel Odyometri 500 Hz eşikleri ortalama 43,64 İn-Situ Odyometri 500 Hz eşikleri ortalama 43,48 olup İn-situ odyometri sonuçları çok az fark ile daha düşük eşik değerlerinde elde edilmiştir. Akustik parametre arayüz üzerinden değiştirildiğinde (hastanın kulağındaki dome aynı) sonuçların değiştiği görülmüştür. Akustik parametre arayüz üzerinden değiştirildiğinde (hastanın kulağındaki dome aynı) ise 500 Hz sonuçlarında istatistiksel olarak anlamlı farklılık elde edilmiştir. (p=0,021)

Lale dome kullanılan kulaklarda Geleneksel Odyometri 1000 Hz eşikleri ortalama 50,00 İn-Situ Odyometri 1000 Hz eşikleri ortalama 50,15 olup İn-situ odyometri sonuçları çok az fark ile daha yüksek eşik değerlerinde elde edilmiştir.

Akustik parametre arayüz üzerinden değiştirildiğinde (hastanın kulağındaki dome aynı) sonuçların değiştiği görülmüştür. Akustik parametre arayüz üzerinden değiştirildiğinde (hastanın kulağındaki dome aynı) ise 1000 Hz sonuçlarında istatistiksel olarak anlamlı farklılık elde edilememiştir. (p=0,995)

Lale dome kullanılan kulaklarda Geleneksel Odyometri 2000 Hz eşikleri ortalama 55,91 İn-Situ Odyometri 2000 Hz eşikleri ortalama 55,85 olup İn-situ odyometri sonuçları çok az fark ile daha düşük eşik değerlerinde elde edilmiştir. Akustik parametre arayüz üzerinden değiştirildiğinde (hastanın kulağındaki dome aynı) sonuçların değiştiği görülmüştür. Akustik parametre arayüz üzerinden değiştirildiğinde (hastanın kulağındaki dome aynı) ise 2000 Hz sonuçlarında istatistiksel olarak anlamlı farklılık elde edilememiştir. (p=0,990)

Lale dome kullanılan kulaklarda Geleneksel Odyometri 4000 Hz eşikleri ortalama 61,82 İn-Situ Odyometri 4000 Hz eşikleri ortalama 61,67 olup İn-situ odyometri sonuçları çok az fark ile daha düşük eşik değerlerinde elde edilmiştir. Akustik parametre arayüz üzerinden değiştirildiğinde (hastanın kulağındaki dome aynı) ise sonuçların değiştiği görülmüştür. Akustik parametre arayüz üzerinden değiştirildiğinde (hastanın kulağındaki dome aynı) ise 4000 Hz sonuçlarında istatistiksel olarak anlamlı farklılık elde edilememiştir. (p=0,064)

Lale dome kullanılan kulaklarda Geleneksel Odyometri 6000 Hz eşikleri ortalama 68,33 İn-Situ Odyometri 6000 Hz eşikleri ortalama 67,42 olup İn-situ odyometri sonuçları çok az fark ile daha düşük eşik değerlerinde elde edilmiştir. Akustik parametre arayüz üzerinden değiştirildiğinde (hastanın kulağındaki dome aynı) ise sonuçların değiştiği görülmüştür. Akustik parametre arayüz üzerinden değiştirildiğinde (hastanın kulağındaki dome aynı) ise 2000 Hz sonuçlarında istatistiksel olarak anlamlı farklılık elde edilememiştir. (p=0,898)

Lale Dome ile işitme cihazı in-situ ölçümünde 250, 1000 Hz frekanslarında geleneksel odyometri sonuçlarına göre daha yüksek elde edilirken, 500, 2000, 4000 ve 6000 Hz frekanslarında daha düşük elde edilmiştir. Geleneksel odyometri ile Lale dome ile yapılan in-situ ölçümler arasında çok küçük farklar elde edilmiştir. Lale Dome ile işitme cihazı in-situ ölçümünde 250, 500 Hz frekanslarında arayüz üzerinden akustik parametre değişimi ile sonuçlarda

istatistiksel olarak anlamlı farklılık elde edilirken, 1000, 2000, 4000 ve 6000 Hz frekanslarında istatistiksel olarak anlamlı farklılık elde edilememiştir.

Çizelge 8. Hastanın kulağında Double-çift dome ile uygulama yapılmış şekilde işitme cihazı programlama arayüzünden farklı dome seçimlerinin Geleneksel Odyometri ve İn-Situ Odyometri 0,250 kHz ila 6 kHz frekans sonuçlarına etkisi.

Hastanın Fiziksel Olarak Kullandığı Dome: Double Dome iken				
Frekanslar	Ölçüm Parametre seçimi	Ortalama (dB)	Min-max(dB)	Sig. (1-5)
250 Hz	Geleneksel Odyometri	74,500	55-80	0,025
	Açık Dome ¹	79,000	45-95	
	Kapalı Dome ²	70,000	55-80	
	Tulip-Lale Dome ³	76,500	45-90	
	Double-Çift Dome ⁴	72,500	45-85	
	Ventli Dome ⁵	69,500	45-80	
500 Hz	Geleneksel Odyometri	79,500	55-90	0,000
	Açık Dome ¹	77,500	50-90	
	Kapalı Dome ²	76,500	55-90	
	Tulip-Lale Dome ³	77,000	50-90	
	Double-Çift Dome ⁴	68,000	40-80	
	Ventli Dome ⁵	77,500	50-90	
1000 Hz	Geleneksel Odyometri	80,000	55-95	0,076
	Açık Dome ¹	77,500	50-95	
	Kapalı Dome ²	78,000	55-95	
	Tulip-Lale Dome ³	77,500	50-95	
	Double-Çift Dome ⁴	77,500	50-95	
	Ventli Dome ⁵	79,000	60-95	
2000 Hz	Geleneksel Odyometri	80,500	50-90	0,053
	Açık Dome ¹	80,000	60-95	
	Kapalı Dome ²	77,500	55-95	
	Tulip-Lale Dome ³	79,500	60-95	
	Double-Çift Dome ⁴	79,500	60-95	
	Ventli Dome ⁵	80,000	60-95	
4000 Hz	Geleneksel Odyometri	80,500	55-90	0,019
	Açık Dome ¹	78,000	55-95	
	Kapalı Dome ²	73,000	55-90	
	Tulip-Lale Dome ³	76,500	60-95	
	Double-Çift Dome ⁴	76,000	55-95	
	Ventli Dome ⁵	77,000	55-95	
6000 Hz	Geleneksel Odyometri	85,500	65-95	0,078
	Açık Dome ¹	83,000	65-90	
	Kapalı Dome ²	82,500	65-90	
	Tulip-Lale Dome ³	82,000	60-90	
	Double-Çift Dome ⁴	82,500	65-90	
	Ventli Dome ⁵	82,500	65-90	

Çizelge 4.9'e göre;

Double dome kullanılan kulaklarda Geleneksel Odyometri 250 Hz eşikleri ortalama 74,50 İn-Situ Odyometri 250 Hz eşikleri ortalama 72,50 olup İn-situ odyometri sonuçları daha düşük eşik değerlerinde elde edilmiştir. Akustik

parametre arayüz üzerinden değiştirildiğinde (hastanın kulağındaki dome aynı) sonuçların değiştiği görülmüştür. Akustik parametre arayüz üzerinden değiştirildiğinde (hastanın kulağındaki dome aynı) ise 250 Hz sonuçlarında istatistiksel olarak anlamlı farklılık elde edilmiştir. (p=0,025)

Double dome kullanılan kulaklarda Geleneksel Odyometri 500 Hz eşikleri ortalama 79,50 İn-Situ Odyometri 500 Hz eşikleri ortalama 68,00 olup İn-situ odyometri sonuçları daha düşük eşik değerlerinde elde edilmiştir. Akustik parametre arayüz üzerinden değiştirildiğinde (hastanın kulağındaki dome aynı) sonuçların değiştiği görülmüştür. Akustik parametre arayüz üzerinden değiştirildiğinde (hastanın kulağındaki dome aynı) ise 500 Hz sonuçlarında istatistiksel olarak anlamlı farklılık elde edilmiştir. (p=0,000)

Double dome kullanılan kulaklarda Geleneksel Odyometri 1000 Hz eşikleri ortalama 80,00 İn-Situ Odyometri 1000 Hz eşikleri ortalama 77,50 olup İn-situ odyometri sonuçları daha düşük eşik değerlerinde elde edilmiştir. Akustik parametre arayüz üzerinden değiştirildiğinde (hastanın kulağındaki dome aynı) sonuçların değiştiği görülmüştür. Akustik parametre arayüz üzerinden değiştirildiğinde (hastanın kulağındaki dome aynı) ise 1000 Hz sonuçlarında istatistiksel olarak anlamlı farklılık elde edilememiştir. (p=0,076)

Double dome kullanılan kulaklarda Geleneksel Odyometri 2000 Hz eşikleri ortalama 80,50 İn-Situ Odyometri 2000 Hz eşikleri ortalama 79,50 olup İn-situ odyometri sonuçları daha düşük eşik değerlerinde elde edilmiştir. Akustik parametre arayüz üzerinden değiştirildiğinde (hastanın kulağındaki dome aynı) sonuçların değiştiği görülmüştür. Akustik parametre arayüz üzerinden değiştirildiğinde (hastanın kulağındaki dome aynı) ise 2000 Hz sonuçlarında istatistiksel olarak anlamlı farklılık elde edilememiştir. (p=0,053)

Double dome kullanılan kulaklarda Geleneksel Odyometri 4000 Hz eşikleri ortalama 80,50 İn-Situ Odyometri 4000 Hz eşikleri ortalama 76,00 olup İn-situ odyometri sonuçları daha düşük eşik değerlerinde elde edilmiştir. Akustik parametre arayüz üzerinden değiştirildiğinde (hastanın kulağındaki dome aynı) sonuçların değiştiği görülmüştür. Akustik parametre arayüz üzerinden değiştirildiğinde (hastanın kulağındaki dome aynı) ise 4000 Hz sonuçlarında istatistiksel olarak anlamlı farklılık elde edilmiştir. (p=0,019)

Double dome kullanılan kulaklarda Geleneksel Odyometri 6000 Hz eşikleri ortalama 85,50 İn-Situ Odyometri 6000 Hz eşikleri ortalama 82,50 olup İn-situ odyometri sonuçları daha düşük eşik değerlerinde elde edilmiştir. Akustik parametre arayüz üzerinden değiştirildiğinde (hastanın kulağındaki dome aynı) sonuçların değiştiği görülmüştür. Akustik parametre arayüz üzerinden değiştirildiğinde (hastanın kulağındaki dome aynı) ise 6000 Hz sonuçlarında istatistiksel olarak anlamlı farklılık elde edilememiştir. (p=0,078)

Double Dome kullanıldığında tüm frekanslarda in-situ odyometri sonuçları geleneksel odyometri sonuçlarına göre daha düşük elde edilmiştir. Double Dome ile işitme cihazı in-situ ölçümünde 250, 500 ve 4000 Hz frekanslarında arayüz üzerinden akustik parametre değişimi ile sonuçlarda istatistiksel olarak anlamlı farklılık elde edilirken, 1000, 2000 ve 6000 Hz frekanslarında istatistiksel olarak anlamlı farklılık elde edilememiştir.

Çizelge 9. Hastanın kulağında Ventli dome ile uygulama yapılmış şekilde işitme cihazı programlama arayüzünden farklı dome seçimlerinin Geleneksel Odyometri ve İn-Situ Odyometri 0,250 kHz ila 6 kHz arası frekansların sonuçlarına etkisi.

Hastanın Fiziksel Olarak Kullandığı Dome: Ventli Dome iken				
Frekanslar	Ölçüm Parametre seçimi	Ortalama (dB)	Min-max(dB)	Sig. (1-5)
250 Hz	Geleneksel Odyometri	27,600	5-40	0,000
	Açık Dome ¹	42,600	10-65	
	Kapalı Dome ²	32,800	15-55	
	Tulip-Lale Dome ³	39,600	20-65	
	Double-Çift Dome ⁴	28,400	15-50	
	Ventli Dome ⁵	31,400	15-55	
500 Hz	Geleneksel Odyometri	29,400	5-50	0,000
	Açık Dome ¹	32,400	10-55	
	Kapalı Dome ²	30,200	15-55	
	Tulip-Lale Dome ³	33,600	20-55	
	Double-Çift Dome ⁴	24,400	10-55	
	Ventli Dome ⁵	33,000	15-50	
1000 Hz	Geleneksel Odyometri	34,200	15-55	0,768
	Açık Dome ¹	34,600	15-60	
	Kapalı Dome ²	34,800	20-60	
	Tulip-Lale Dome ³	35,800	25-65	
	Double-Çift Dome ⁴	34,800	20-60	
	Ventli Dome ⁵	35,000	20-55	

Çizelge 9. (devamı) Hastanın kulağında Ventli dome ile uygulama yapılmış şekilde işitme cihazı programlama arayüzünden farklı dome seçimlerinin Geleneksel Odyometri ve İn-Situ Odyometri 0,250 kHz ila 6 kHz arası frekansların sonuçlarına etkisi.

Hastanın Fiziksel Olarak Kullandığı Dome: Ventli Dome iken				
Frekanslar	Ölçüm Parametre seçimi	Ortalama (dB)	Min-max(dB)	Sig. (1-5)
2000 Hz	Geleneksel Odyometri	47,400	30-60	0,843
	Açık Dome ¹	46,000	15-65	
	Kapalı Dome ²	46,400	35-65	
	Tulip-Lale Dome ³	46,600	30-65	
	Double-Çift Dome ⁴	47,000	35-65	
	Ventli Dome ⁵	47,200	35-65	
4000 Hz	Geleneksel Odyometri	65,200	40-85	0,045
	Açık Dome ¹	62,200	35-95	
	Kapalı Dome ²	60,200	45-90	
	Tulip-Lale Dome ³	63,200	45-90	
	Double-Çift Dome ⁴	63,400	50-90	
	Ventli Dome ⁵	62,800	40-85	
6000 Hz	Geleneksel Odyometri	70,800	40-105	0,092
	Açık Dome ¹	67,000	30-100	
	Kapalı Dome ²	68,400	30-100	
	Tulip-Lale Dome ³	67,400	30-100	
	Double-Çift Dome ⁴	66,400	30-100	
	Ventli Dome ⁵	67,000	30-100	

Çizelge 4.10'e göre;

Ventli Sleeve dome kullanılan kulaklarda Geleneksel Odyometri 250 Hz eşikleri ortalama 27,60, İn-Situ Odyometri 250 Hz eşikleri ortalama 31,40 olup İn-situ odyometri sonuçları daha yüksek eşik değerlerinde elde edilmiştir. Akustik parametre arayüz üzerinden değiştirildiğinde (hastanın kulağındaki dome aynı) sonuçların değiştiği görülmüştür. Akustik parametre arayüz üzerinden değiştirildiğinde (hastanın kulağındaki dome aynı) ise 250 Hz sonuçlarında istatistiksel olarak anlamlı farklılık elde edilmiştir. (p=0,000)

Ventli Sleeve dome kullanılan kulaklarda Geleneksel Odyometri 500 Hz eşikleri ortalama 29,40 İn-Situ Odyometri 500 Hz eşikleri ortalama 33,00 olup İn-situ odyometri sonuçları daha yüksek eşik değerlerinde elde edilmiştir. Akustik parametre arayüz üzerinden değiştirildiğinde (hastanın kulağındaki dome aynı) sonuçların değiştiği görülmüştür. Akustik parametre arayüz üzerinden değiştirildiğinde (hastanın kulağındaki dome aynı) ise 500 Hz sonuçlarında istatistiksel olarak anlamlı farklılık elde edilmiştir. (p=0,000)

Ventli Sleeve dome kullanılan kulaklarda Geleneksel Odyometri 1000 Hz eşikleri ortalama 34,20 İn-Situ Odyometri 1000 Hz eşikleri ortalama 35,00 olup İn-situ odyometri sonuçları daha yüksek eşik değerlerinde elde edilmiştir. Akustik parametre arayüz üzerinden değiştirildiğinde (hastanın kulağındaki dome aynı) sonuçların değiştiği görülmüştür. Akustik parametre arayüz üzerinden değiştirildiğinde (hastanın kulağındaki dome aynı) ise 1000 Hz sonuçlarında istatistiksel olarak anlamlı farklılık elde edilememiştir. (p=0,768)

Ventli Sleeve dome kullanılan kulaklarda Geleneksel Odyometri 2000 Hz eşikleri ortalama 47,40 İn-Situ Odyometri 2000 Hz eşikleri ortalama 47,20 olup İn-situ odyometri sonuçları çok da az daha düşük eşik değerlerinde elde edilmiştir. Akustik parametre arayüz üzerinden değiştirildiğinde (hastanın kulağındaki dome aynı) sonuçların değiştiği görülmüştür. Akustik parametre arayüz üzerinden değiştirildiğinde (hastanın kulağındaki dome aynı) ise 2000 Hz sonuçlarında istatistiksel olarak anlamlı farklılık elde edilememiştir. (p=0,843)

Ventli Sleeve dome kullanılan kulaklarda Geleneksel Odyometri 4000 Hz eşikleri ortalama 65,20 İn-Situ Odyometri 4000 Hz eşikleri ortalama 62,80 olup İn-situ odyometri sonuçları çok az farkla daha düşük eşik değerlerinde elde edilmiştir. Akustik parametre arayüz üzerinden değiştirildiğinde (hastanın kulağındaki dome aynı) sonuçların değiştiği görülmüştür. Akustik parametre arayüz üzerinden değiştirildiğinde (hastanın kulağındaki dome aynı) ise 4000 Hz sonuçlarında istatistiksel olarak anlamlı farklılık elde edilmiştir. (p=0,045)

Ventli Sleeve dome kullanılan kulaklarda Geleneksel Odyometri 6000 Hz eşikleri ortalama 70,80 İn-Situ Odyometri 6000 Hz eşikleri ortalama 67,00 olup İn-situ odyometri sonuçları daha düşük eşik değerlerinde elde edilmiştir. Akustik parametre arayüz üzerinden değiştirildiğinde (hastanın kulağındaki dome aynı) sonuçların değiştiği görülmüştür. Akustik parametre arayüz üzerinden değiştirildiğinde (hastanın kulağındaki dome aynı) ise 6000 Hz sonuçlarında istatistiksel olarak anlamlı farklılık elde edilmiştir. (p=0,092)

Ventli Sleeve Dome ile işitme cihazı in-situ ölçümünde 250, 500, 1000 Hz frekanslarında ve saf ses ortalama değerlerinde geleneksel odyometri sonuçlarına göre daha yüksek elde edilirken, 2000, 4000 ve 6000 Hz frekanslarında daha düşük elde edilmiştir. Ventli Sleeve Dome ile işitme cihazı in-situ ölçümünde

250, 500 ve 4000 Hz frekanslarında arayüz üzerinden akustik parametre değişimi ile sonuçlarda istatistiksel olarak anlamlı farklılık elde edilirken, 1000, 2000 ve 6000 Hz frekanslarında istatistiksel olarak anlamlı farklılık elde edilememiştir.

V.TARTIŞMA

18 yaş ve üzeri sensörinöral tip işitme kaybı bulunan bireylerin geleneksel odyometri sonuçları ile işitme cihazları üzerinden in-situ odyometri sonuçlarının kıyaslanması ve işitme cihazı programlama arayüzü üzerinden akustik parametre değişimi ile sonuçların değişimi incelenmiştir. Çalışmamızın hipotezi; Hastaya uygulaması yapılan akustik parametre seçimi ile gerçekleştirilen in-situ ölçümü ile hastaya uygulaması yapılmayan akustik parametre seçimi ile gerçekleştirilen in-situ ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmasıdır.

Çalışmamızın sonucu olarak işitme cihazı programlama arayüzünde akustik parametre seçimi in-situ odyometri sonuçlarını etkilemektedir. İşitme cihazı programlama arayüzünde akustik parametre seçiminin in-situ odyometri sonuçlarına etkisi ile ilgili literatürde birebir benzer çalışmalara rastlanmamıştır. Literatürde benzer çalışma olmamasından ötürü bu bölümde in-situ odyometri kullanılan çalışmalar, farklı akustik parametreler ve bu parametrelerin etkilediği ölçümler ve yöntemler karşılaştırılmış ve tartışılmıştır.

Çalışmamızda Açık Dome ile işitme cihazı in-situ ölçümünde 250, 500, 1000, 2000 Hz frekanslarında geleneksel odyometri sonuçlarına göre daha yüksek elde edilirken, 4000 ve 6000 Hz frekanslarında daha düşük elde edilmiştir. Açık Dome ile işitme cihazı in-situ ölçümünde 250, 500, 2000, 4000 Hz frekanslarında arayüz üzerinden akustik parametre değişimi ile sonuçlarda istatistiksel olarak anlamlı farklılık elde edilirken, 1000 ve 6000 Hz frekanslarında istatistiksel olarak anlamlı farklılık elde edilememiştir.

Çalışmamızda Kapalı Sleeve Dome ile işitme cihazı in-situ ölçümünde 6000 Hz frekanslarında geleneksel odyometri sonuçlarına göre daha yüksek elde edilirken, 250, 500, 1000, 2000, 4000 Hz frekanslarında ve saf ses ortalama değerlerinde daha düşük elde edilmiştir. Kapalı Dome ile işitme cihazı in-situ ölçümünde 250, 500, 1000, 4000 Hz frekanslarında arayüz üzerinden akustik parametre değişimi ile sonuçlarda istatistiksel olarak anlamlı farklılık elde

edilirken, 2000 ve 6000 Hz frekanslarında istatistiksel olarak anlamlı farklılık elde edilememiştir.

Çalışmamızda Lale-Tulip Dome ile işitme cihazı in-situ ölçümünde 250, 1000 Hz frekanslarında geleneksel odyometri sonuçlarına göre daha yüksek elde edilirken, 500, 2000, 4000 ve 6000 Hz frekanslarında daha düşük elde edilmiştir. Geleneksel odyometri ile Lale dome ile yapılan in-situ ölçümler arasında çok küçük farklar elde edilmiştir. Lale Dome ile işitme cihazı in-situ ölçümünde 250, 500 Hz frekanslarında arayüz üzerinden akustik parametre değişimi ile sonuçlarda istatistiksel olarak anlamlı farklılık elde edilirken, 1000, 2000, 4000 ve 6000 Hz frekanslarında istatistiksel olarak anlamlı farklılık elde edilememiştir.

Çalışmamızda Double Dome kullanıldığında tüm frekanslarda in-situ odyometri sonuçları geleneksel odyometri sonuçlarına göre daha düşük elde edilmiştir. Double Dome ile işitme cihazı in-situ ölçümünde 250, 500 ve 4000 Hz frekanslarında arayüz üzerinden akustik parametre değişimi ile sonuçlarda istatistiksel olarak anlamlı farklılık elde edilirken, 1000, 2000 ve 6000 Hz frekanslarında istatistiksel olarak anlamlı farklılık elde edilememiştir.

Çalışmamızda Ventli Sleeve Dome ile işitme cihazı in-situ ölçümünde 250, 500, 1000 Hz frekanslarında ve saf ses ortalama değerlerinde geleneksel odyometri sonuçlarına göre daha yüksek elde edilirken, 2000, 4000 ve 6000 Hz frekanslarında daha düşük elde edilmiştir. Ventli Sleeve Dome ile işitme cihazı in-situ ölçümünde 250, 500 ve 4000 Hz frekanslarında arayüz üzerinden akustik parametre değişimi ile sonuçlarda istatistiksel olarak anlamlı farklılık elde edilirken, 1000, 2000 ve 6000 Hz frekanslarında istatistiksel olarak anlamlı farklılık elde edilememiştir.

Tüm bu bulgular göz önünde bulundurulduğunda ventilasyon değeri büyüdükçe düşük ve orta frekanslı akustik sızıntı artmakta ve in-situ eşikleri daha yüksek elde edilmektedir. Oklüzyon etkisi arttıkça ise in-situ eşik değerleri geleneksel odyometri eşik değerlerine göre düşük elde edilmektedir. Aynı zamanda akustik parametre yazılım üzerinden değiştirildiğinde özellikle 250, 500 Hz ve 4000Hz etkilenmektedir.

Geleneksel olarak üretilen kulak kalıpları ile ilgili ventilasyon-havalandırma boyutu ile akustik özellikleri arasındaki ilişki güçlü şekilde

raporlanmıştır. (Dillon (2012); Kiessling ve ark. (2005), son 15 yıl içerisinde RIC model işitme cihazlarının artması ile birlikte hazır silikon ham maddeden yapılan akustik parametreler, geleneksel özel kulak kalıpları yerine giderek daha fazla kullanılmaya başlamıştır. Hazır silikon akustik parametreler şu anda tüm İC uygulamalarının yaklaşık %70'inde kullanılmaktadır (Sullivan 2018).

Silikon akustik parametrelerin yüksek pazar payının birçok nedeni vardır. Hızlı bir işitme cihazı uygulaması ile konfor ve kozmetik açıdan iyileşme sağlarlar ve yüksek müşteri memnuniyeti ile sonuçlanırlar (Winkler ve ark., 2016).

Farklı şekil ve ölçülerdeki silikon akustik parametreler, açık uyumlu olanlardan kulak kanalını tamamen kapamayı amaçlayanlara kadar geniş bir yelpazede bulunmaktadır. Kapalı domelerin ventilasyonu olmamasına rağmen, dome'un yerleştirilmesinin hassas olmamasından kaynaklanan sızıntı genellikle sesin kulak kanalına girmesine veya çıkmasına izin verir (Winkler ve ark. 2016). Özel kulak kalıpları ve silikon akustik parametreler için temel akustik prensipler aynıdır. Ancak, silikon akustik parametrelerin ventilasyonu, akustik davranışlarını etkileyebilir ve bu nedenle kulak uçlarının yumuşaklığı nedeniyle özel kulak kalıplarına göre daha değişken ve daha az belirgin olabilir.

Taylor (2006) yaptığı çalışmada, açık dome İC' lerin, günlük yaşamda ses kalitesi, görünüm, yer belirleme, rüzgar sesi, çiğneme veya yutma sesi gibi yönlerden daha iyi memnuniyet sağladığı bildirilmiştir. Ayrıca, hazır silikon domelerin genellikle oklüzyon etkisini azalttığı görülmüştür. Bununla birlikte, kulak kanalının açılması, geleneksel kapalı kalıplara kıyasla İC' lerin sinyal işleme sürecine bazı zorluklar getirebilir. Borges ve ark. (2014), bu konuda feedback öncesi daha az kazancı rapor etmiştir.

Ventilasyon büyüklüğü konusunda Magnusson ve ark. (2013) yönsel mikrofonların ve gürültü azaltmanın etkinliği konusunda azalan faydalar gösterdiğini bildirmiştir. Bununla birlikte, alçak frekansta göreceli olarak normal işitme olan kişiler için açık uyumlu kulaklıklar hala daha iyi bir seçenek olabilir. (Mueller & Ricketts (2006)). Açık olmayan silikon akustik parametreler için literatür oldukça sınırlıdır.

Blau ve ark. (2008), 20 denek üzerinde kulak kalıplarının (ventilli ve ventsiz) gerçek kulak-kalıp farkı (RECD) ve gerçek kulak tıkalı kazanç (REOG), gerçek kulak cihazsız kazanç (REUG) ölçümlerini incelemiştir. Çalışmaya ayrıca üç tip akustik parametre (Açık, kapalı ve power dome) dahil edilmiştir. Test edilen akustik parametrelerin akustik özelliklerinde farklılıklar ve her kulak kalıpları ile ölçümde de denekler arasında önemli ölçüde değişkenlik buldular.

Coburn ve ark. (2014), 7 katılımcı ile üç tip akustik parametre (açık, kapalı ve power) arasında ventilasyon etkisi açısından önemli farklar ve bireyler arasında büyük değişkenlikler gözlemiştir. Bu durum, akustik parametrelerin bireysel kulak kanalı özelliklerine bağlı olarak farklı akustik özelliklere sahip olabileceğini göstermiştir.

Jespersen & Møller (2013), 10 normal işiten birey üzerinde, üç farklı akustik parametre tipi için gerçek kulak ek kazanç (REIG) ölçümlerinin test-tekrar test güvenilirliğini araştırmıştır. Aynı zamanda bu ölçümleri özel kulak kalıpları ile de gerçekleştirmiştir. Geleneksel kulak arkası işitme cihazlarında kullanılan kişiye özel kulak kalıplarına göre akustik parametrelerde daha fazla değişkenlik bulmayı bekledikleri halde yine de yüksek bir güvenilirlik gözlenmiştir.

Literatürde tekrarlanan işitme cihazını kulağa yerleştirme işlemi veya işitme cihazı kullanıcısı tarafından yapılacak olan işitme cihazını kulağa yerleştirme işlemi nedeniyle akustik özelliklerdeki denek içi değişkenlik hakkında yayınlanmış veri bulunmamaktadır. Genellikle başlangıçta uyarlamayı gerçekleştiren işitme uzmanı tarafından dome yerleştirilir, ancak günlük kullanımda işitme cihazı kullanıcıları domeları kendileri yerleştirirler. Eğer akustik özellikler bu iki durum arasında değişirse, bu da işitme cihazı kullanıcısı tarafından deneyimlenen sesi etkileyebilir.

İşitme cihazının hedef kazaç seviyelerinde ses verebilmesi için akustik özellikler bilinmeli ve bu özellikler ışığında uyarlamalar gerçekleştirilmelidir. Eğer kulak kalıbı veya akustik parametrelerin akustik özellikleri bilinmiyorsa, işitme cihazı profesyonelleri başlangıç ayarlamasını değerlendirmek için gerçek kulak ölçümleri (REM) gerçekleştirirse, hedefe iyi bir eşleşme sağlanabilir.

Kulak kanalı kapatıldığında veya tıkanıp ses girişi engellendiğinde, oklüzyon etkisi meydana gelir (Dillon, 2012). Dillon (2012) ve Mejia ve ark. (2008), oklüzyon etkisinin en belirgin olarak yaklaşık 315 Hz frekansta merkezlenmiş oktav bantında olduğunu bildirmişlerdir. Bu frekansta genellikle e ve i ünlüleri için ilk formant frekansına yakındır (Zurbrügg et al. 2014). Oklüzyon etkisi ile hastalar özellikle kendi sesi olmakla birlikte çoğunlukla genel sesleri doğal olmayan, basık, boş veya yankılı olarak tarif etmektedirler.

Oklüzyon etkisini azaltmak için yaygın bir önlem, kalıbın veya akustik parametrenin içinden bir havalandırma deliği açmak ve havalanmasını sağlamaktır. Bu önlem kullanıcının deneyimlediği oklüzyon etkisini azaltmakla kalmaz, aynı zamanda kulaklığın sağladığı akustik bağlantı özelliklerini de değiştirir. Havalandırma deliğinin boyutunu artırmak, alçak frekanstaki seviye düşüşüne neden olur, bu da deliğin akustik kütesine ters orantılıdır (Kuk ve ark., 2009).

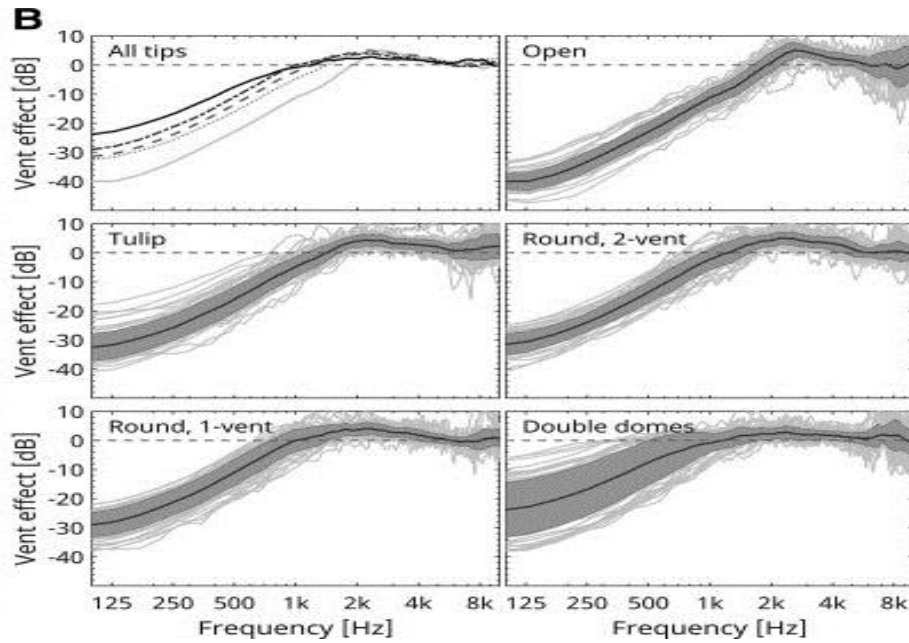
Akustik parametrelerin akustiği ve işitme cihazı uygulamasına etkileri üzerine Cubick ve arkadaşları (2022) yaptıkları çalışma iki deneyi içeriyordu. Deney 1, gerçek kulak ölçümlerine, ventilasyon etkisi ve oklüzyon değerlendirmelerine ve bunların denekler arasındaki değişkenliğine odaklanmıştır. Deney 2, gerçek kulak ölçümünün ve ventilasyon etkisinin denek içi değişkenliğini araştırmıştır. Çalışmada açıktan kapalıya kadar değişen beş farklı akustik parametrenin akustik özelliklerini ve oklüzyon algısını, ayrıca bu ölçümlerin kulak uçları arasında ve içerisindeki denekler arasında değişkenliğini incelemiştir. Çalışma ortalama yaşı 45 olan ve normal işiten 30 bireyde gerçekleştirilmiştir.

Araştırma altındaki beş akustik parametre bizim çalışmamızda kullanılan akustik parametreler ile benzerlik göstermektedir. Çalışmada elde edilen ortalama sonuçlar yaklaşık olarak üç kategoriye ayrılmıştır.

Açık dome, kulak kanalının dışında oluşturulan ses için genellikle geçirengindir. Açık dome 2 kHz civarında orta ve yüksek frekansta yaklaşık 2 dB'lik bir zayıflama göstermektedir. Çalışmamızda Cubick ve arkadaşlarının (2022) açık dome ile elde ettikleri bulgulardaki akustik özellikler ile uyumlu olarak in-situ ölçüm sonuçları daha yüksek elde edilmiştir.

Tulip (lale), Yuvarlak 1 (kapalı) ve Yuvarlak 2 (ventli) domelar benzer zayıflama desenleri göstermiştir; yaklaşık 1 kHz'ye kadar geçirgen bir yanıt ve 2.6 ila 2.8 kHz arasındaki frekansta yaklaşık 9 dB (Tulip), 10 dB (yuvarlak 2/kapalı) ve 12 dB (yuvarlak 1/ventli) kadar en fazla zayıflama görülmüştür. Çalışmamızda Cubick ve arkadaşlarının (2022) bulgularındaki akustik özellikler ile uyumlu olarak lale, kapalı ve ventli dome kullanılarak yapılan in-situ ölçüm sonuçları akustik parametrelerin akustik geçirgenlik özelliklerine göre farklılık göstermiştir.

Çift-double domelar, ortalama olarak yalnızca 600 Hz kadar geçirgendir ve 3 kHz'de 16 dB'lik en yüksek zayıflamayı göstermektedir. Çalışmamızda Cubick ve arkadaşlarının (2022) bulgularındaki akustik özellikler ile uyumlu olarak in-situ ölçüm sonuçları geleneksel odyometri sonuçlarına göre çift kubbe dome ile daha düşük elde edilmiştir.



Şekil 14. Cubick ve ark. (2022) yaptıkları çalışmada elde edilen her bir akustik parametre için ortalama ve bireysel ventilasyon etkisini gösterir.

Şekil ... ,a göre Cubick ve ark. (2022) ortalama olarak, en büyük ventilasyon etkisi açık dome için bulunmuştur. Burada, ventilasyon etkisi 2 kHz'nin hemen altında başlar ve yaklaşık 125 Hz civarında maksimum 40 dB'ye ulaşır. Yanıt seviyesi ise yaklaşık olarak 2 ile 6 kHz arasında bir tepeye sahiptir. Bu tepe, iki temel ölçüm arasındaki farktan kaynaklanmaktadır. Kulak kanalını tıkamak, kulak kanalını iki ucunda kapalı bir tüp haline getirir ve bu da kulak

kanalının rezonansının çok daha yüksek frekansta kaymasına ve dolayısıyla 2 ile 4 kHz arasında çok daha düşük bir yanıt vermesine neden olmaktadır. Cubick ve ark. bulgusu göz önünde bulunduğunda çalışmamızda açık dome kullanılarak in-situ odyometri ile elde edilen sonuçların 2 kHz' e kadar daha yüksek 2 kHz'den sonra düşüşe uğraması açıklanabilir.

Cubick ve ark. (2022)' a göre tulip, yuvarlak 2 ve yuvarlak 1 domeleri benzer yanıtlar göstermiştir, ventilasyon kaybı genellikle 1 ila 1.5 kHz arasında başlar ve en düşük frekanstaki ortalama zayıflama 28 ila 30 dB arasında değişir. Çalışmamızda tulip (lale), ventli dome ve kapalı dome kullanılarak in-situ odyometri ile elde edilen sonuçların Cubick ve ark. (2022) bulgusu ile uyumlu olduğu görülmüştür.

Cubick ve ark. (2022) çift domelerin yaklaşık 1150 Hz ve 125 Hz civarında ortalama ventilasyon etkisi en az belirgin olanıdır. Cubick ve ark. (2022)' nın çalışmasındaki bulgular ve oklüzyon etkileri göz önünde bulundurulduğunda çalışmamızda double dome) in-situ odyometri sonuçları geleneksel odyometriye göre düşük elde edilmesini açıklayabilir.

Cubick ve ark. (2022) yaptıkları istatistiksel analizde hemen hemen tüm frekanslarda akustik parametreler arasında ventilasyon etkisi açısından anlamlı farklılık olduğunu göstermiştir. İşitme cihazları in-situ odyometri testinde belirlenen dome çeşitlerine bağlı olarak ventilasyon değerlerini hesaba katarak kulak kanalına sesleri iletir dolayısıyla farklı ventilasyon etkileri frekans yanıtlarının da farklı olmasına yol açmaktadır.

Blau ve ark. (2008), farklı bir üreticiden akustik parametreler ve ventli özel kulak kalıpları için gerçek kulak-kalıp farkları (RECD) rapor etmiştir. Veriler, tamamen kapalı bir akustik parametre için RECD ve her akustik parametre tipinin bu RECD' den sapma sonuçları olarak sunulmuştur. Bu sapma, Cubick ve ark. (2022) yaptığı çalışmadaki ventilasyon etkisi sonuçları ile doğrudan karşılaştırılabilir ve uyumlu bulunmuştur. Dolayısı ile Blau ve ark. (2008) yaptıkları çalışmadaki sapma değerleri çalışmamızdaki bulguları desteklemektedir.

Coburn ve ark. (2014), küçük bir örnekleme (7 katılımcı) farklı bir üreticiden Açık, Kapalı ve Çift kubbeler olarak adlandırdıkları akustik

parametreler için akustik sızıntı verilerini araştırmıştır. Çalışmanın örneklem büyüklüğü küçük olduğundan dolayı doğrudan bir karşılaştırma doğru sonuçlar vermeyebilir. Coburn ve ark. (2014) çalışmalarında, Açık akustik parametrelerin en büyük ventilasyon etkisine sahip olduğunu, Kapalı akustik parametrelerin orta düzeyde bir ventilasyon etkisine sahip olduğunu ve çift kubbelerin en küçük ventilasyon etkisine sahip olduğunu belirtmişlerdir.

Çalışmamızda kullanılan akustik parametreler, belirgin bir akustik özelliğe sahiptir. Klinik pratikte, işitme cihazı profesyonellerinin görevi, bireysel kazanç gereksinimini ve işitme cihazı kullanıcısının bireysel kulak kanalı şeklini ve boyutunu en iyi şekilde eşleştiren kulak ucunu bulmaktır. Genel olarak, düşük frekansta daha yüksek bir kazanç gereksinimi, akustik olarak daha kapalı bir akustik parametre gerektirir. Kapalı bir akustik parametre de muhtemelen daha fazla tıkanıklığa neden olacaktır. Bu pratikte asıl önemli olan her hasta için konfor ve mevcut kazanç arasında en iyi dengeyi bulmaktır. Eğer reçete edilen kazanç silikon akustik parametreler ile eşleştirilemezse, özel olarak hazırlanmış bir kulak kabı düşünülmeli ve işitilebilirliği artırmak için yeterli kazancı sağlarken maksimum konfor sağlamak için de uygun boyutta bir dome seçimi yapılmalıdır.

Çalışma verilerimiz, aynı akustik parametrenin farklı kulaklarda farklı akustik özelliklere sahip olabileceğini göstermektedir. Bu durum, işitme kayıplı bireyin kulak zarında rezonans ve işitme cihazı ile amplifiye edilmiş sesin kombinasyonunu etkileyeceği düşünülmektedir. Klinik pratikte, işitme cihazı profesyonelleri, kulağa en uygun boyutta akustik parametreyi seçerek hastanın sesini optimize edebilir. Kulak kanalına göre küçük bir akustik parametre seçmek, sızıntıyı ve ventilasyon etkisini artırır. Kulak kanalına göre büyük akustik parametre seçimi ise hem sızıntıyı arttırabilir hemde takıp çıkarma zorluğu geliştirebilir.

Farklı işitme cihazı üreticileri, akustik parametre akustiğini dikkate almak için üç farklı stratejiyi takip ederler (Dillon, 2012). Bazı üreticiler, akustik parametre akustiğini başlangıçta uyarlarlarken dikkate almaz, bazıları seçilen her akustik parametre tipi için genel ventilasyon etkisi telafisi kullanarak uygun kazanç ayarı sağlar. Telafi yapılmaması durumunda orta ve düşük frekansta yetersiz amplifikasyon ve tiz bir işitme cihazı sesi oluşabilir (Boymans, M., &

Dreschler, W. A.,2017). Uyarlama yazılımında bireysel kazanç telafisi uygulamak, uygun kazanç telafisi ve ses kalitesi optimizasyonu sağlar. Bireysel kazanç gereksinimi ve kulak ucunun akustiğine dayalı olarak, reçete edilen kazançla eşleşmenin ve doğrudan ve amplifiye edilmiş ses bileşenlerinin seviyesinde çok benzer kazanç uygulanmamasıyla tarama filtresi etkisini azaltmanın en iyi dengelemesi bulunabilir. Çalışmamızda kullanılan Signia, Rexton, A&M marka işitme cihazları aynı üretici tarafından üretilmiş olup, Connexx işitme cihazı uyarlama arayüz programı ile programlanmaktadır. Çalışmamızın bulgularına dayanarak Connexx yazılımı seçilen her akustik parametre tipi için genel ventilasyon etkisi telafisi kullandığı düşünülmektedir. Çalışmamızda elde edilen akustik parametre değişimi ile in-situ odyometri ve işitme cihazı kazanç değişimi sebebi bu telafi mekanizmasıdır.

Sonuç olarak, işitme cihazı uyarlaması sırasında arayüz üzerinden doğru akustik parametre seçimi hem doğru in-situ ölçümü hemde reçete edilen kazancın işitme cihazları ile doğru eşleşmesi adına önemlidir. Bu dikkat edilmesi gereken husus, işitilebilirlik ve gelişmiş işitme cihazı özelliklerinden maksimum fayda sağlamak için en iyi temeli sağlayacağı düşünülmüştür.

O'Brien ve arkadaşları (2010), 24 işitme kayıplı katılımcı üzerinde in-situ eşiklerin güvenilirliğini ve geçerliliğini daha iyi anlamak için yaptıkları çalışmada katılımcıların işitme eşiği seviyeleri, geleneksel odyometri kullanan kulaklıklarla ve in-situ olarak açık ve kapalı dome ile Siemens BTE cihazı kullanılarak iki kez ölçüldü. Bu çalışma, daha az tıkayıcı olan açık dome ile düşük frekanslı sızıntı ile tutarlı olan 1500 Hz'e kadar olan frekanslarda dB HL eşikleri arasında önemli farklılıklar bulmuştur. 250 Hz'de, açık uç için ortalama fark 30 dB, kapalı uç için 10 dB'dir. Daha önceki çalışmalarla uyumlu olarak, O'Brien ve ark. (2010) in-situ eşik ölçümlerinin en az geleneksel olarak elde edilenler kadar güvenilir olduğunu bulmuşlardır.

Genel olarak, in-situ odyometri üzerine yapılan mevcut çalışmalar, bir kişi için geçerli ve güvenilir verilerin sağlanmasının zorlukları da olsa, farklı akustik parametreler ile birleştirilmiş bir işitme cihazı aracılığıyla in-situ eşiği ölçmenin fizibilitesini doğrulamaktadır. Çalışmamızda kullanılan Signia, A&M ve Rexton marka işitme cihazları ile aynı aileden işitme cihazları (Siemens) kullanılmıştır. Çalışmamızın bulguları, O'Brien ve ark. (2010)'nın yaptığı çalışmanın

sonuçlarına uyumlu olarak akustik parametre değişimleri ile eşikler arasında yüksek farklar elde edilmiştir.

VI.SONUÇ VE ÖNERİLER

Açık Dome ile işitme cihazı in-situ ölçümünde 250, 500, 1000, 2000 Hz

frekanslarında geleneksel odyometri sonuçlarına göre daha yüksek elde edilirken, 4000 ve 6000 Hz frekanslarında daha düşük elde edilmiştir. Açık Dome ile işitme cihazı in-situ ölçümünde 250, 500, 2000, 4000 Hz frekanslarında arayüz üzerinden akustik parametre değişimi ile sonuçlarda istatistiksel olarak anlamlı farklılık elde edilirken, 1000 ve 6000 Hz frekanslarında istatistiksel olarak anlamlı farklılık elde edilememiştir.

Kapalı Sleeve Dome ile işitme cihazı in-situ ölçümünde 6000 Hz frekanslarında geleneksel odyometri sonuçlarına göre daha yüksek elde edilirken, 250, 500, 1000, 2000, 4000 Hz frekanslarında ve saf ses ortalama değerlerinde daha düşük elde edilmiştir. Kapalı Dome ile işitme cihazı in-situ ölçümünde 250, 500, 1000, 4000 Hz frekanslarında arayüz üzerinden akustik parametre değişimi ile sonuçlarda istatistiksel olarak anlamlı farklılık elde edilirken, 2000 ve 6000 Hz frekanslarında istatistiksel olarak anlamlı farklılık elde edilememiştir.

Lale-Tulip Dome ile işitme cihazı in-situ ölçümünde 250, 1000 Hz frekanslarında geleneksel odyometri sonuçlarına göre daha yüksek elde edilirken, 500, 2000, 4000 ve 6000 Hz frekanslarında daha düşük elde edilmiştir. Geleneksel odyometri ile Lale dome ile yapılan in-situ ölçümler arasında çok küçük farklar elde edilmiştir. Lale Dome ile işitme cihazı in-situ ölçümünde 250, 500 Hz frekanslarında arayüz üzerinden akustik parametre değişimi ile sonuçlarda istatistiksel olarak anlamlı farklılık elde edilirken, 1000, 2000, 4000 ve 6000 Hz frekanslarında istatistiksel olarak anlamlı farklılık elde edilememiştir.

Double Dome kullanıldığında tüm frekanslarda in-situ odyometri sonuçları geleneksel odyometri sonuçlarına göre daha düşük elde edilmiştir. Double Dome ile işitme cihazı in-situ ölçümünde 250, 500 ve 4000 Hz frekanslarında arayüz üzerinden akustik parametre değişimi ile sonuçlarda istatistiksel olarak anlamlı

farklılık elde edilirken, 1000, 2000 ve 6000 Hz frekanslarında istatistiksel olarak anlamlı farklılık elde edilememiştir.

Ventli Sleeve Dome ile işitme cihazı in-situ ölçümünde 250, 500, 1000 Hz frekanslarında ve saf ses ortalama değerlerinde geleneksel odyometri sonuçlarına göre daha yüksek elde edilirken, 2000, 4000 ve 6000 Hz frekanslarında daha düşük elde edilmiştir. Ventli Sleeve Dome ile işitme cihazı in-situ ölçümünde 250, 500 ve 4000 Hz frekanslarında arayüz üzerinden akustik parametre değişimi ile sonuçlarda istatistiksel olarak anlamlı farklılık elde edilirken, 1000, 2000 ve 6000 Hz frekanslarında istatistiksel olarak anlamlı farklılık elde edilememiştir.

Sonuç olarak; çalışmamızda, işitme cihazı uygulaması sırasında işitme cihazı programlama arayüzü üzerinden akustik parametre seçimin in-situ odyometri test sonuçlarını etkilediği görülmektedir. Bu çalışmanın, in-situ odyometri testinde akustik parametre seçiminin önemine değindiği ve bundan sonraki işitme cihazı uygulamalarında referans olacağı öngörülmektedir.

İleri dönemde yapılacak benzer çalışmalarda:

Gerçek kulak ölçümü (REM) kullanılarak ventilasyon etkisinin objektif ölçümü yapılarak sonuçlar yeniden değerlendirilebilir.

Normal işiten bireylerin geleneksel odyometri ve in-situ odyometri sonuçları arasındaki farklar değerlendirilebilir.

BTE işitme cihazlarının uyarlanmasında işitme cihazı programı arayüzünden kalıp ve ventilasyon değerlerinin seçimi yapılarak in-situ testinin karşılaştırılması gerçekleştirilebilir.

VII. KAYNAKLAR

KİTAPLAR

- BLAUERT, J. (1997). **Spatial hearing: the psychophysics of human sound localization.** MIT press.
- BLOCK M. (2008). **Adding precision to the initial hearing aid fitting.** The Hearing Professional 2008 Edition: 7-10.
- BUSER, P., & IMBERT, M. (1992). **Audition.** Cambridge, MIT Press.
- DILLON H. (2012). **Hearing Aids.** Thieme.
- GEİSLER, C. D. (1998). **From sound to synapse: Physiology of the mammalian ear.** New York, NY: Oxford University Press.
- GELFAND, S. A. (1997). **Essentials of audiology.** New York, NY: Thieme.
- GLATTKE, T. J. (1978). **Anatomy and physiology of the auditory system.** Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- HOİT J. D. & WEİSMER G., (2018). **Foundations of Speech and Hearing: Anatomy and Physiology** [p. 214], San Diego, CA: Plural Publishing.
- HOİT J. D. & WEİSMER G., (2018). **Foundations of Speech and Hearing: Anatomy and Physiology** [p. 217], San Diego, CA: Plural Publishing.
- MØLLER, A. R. (2000). **Hearing: Its physiology and pathophysiology.** New York, NY: Academic Press.
- MØLLER, A. R. (2013). **Hearing: Anatomy, physiology, and disorders of the auditory system.** San Diego, CA: Plural.
- MUELLER H. G., RICKETTS T. A., BENTLER R. (2017). **Speech Mapping and Probe Microphone Measurements.** Plural Publishing.
- PİCKLES, J. O. (1988). **Introduction to the physiology of hearing (2nd ed.).** London, UK: Academic Press.

- POLYAK, S. L., MCHUGH, G., & JUDD, D. K. (1946). **The human ear in anatomical transparencies**. Elmhurst, NY: Sonotone Corporation.
- SLEPECKY, N. (1996). **The cochlea (pp. 44–129)**. New York, NY: Springer-Verlag.
- TANNA, R. J., LIN, J. W., & DE JESUS, O. (2023). **Sensorineural Hearing Loss**. In StatPearls. StatPearls Publishing.
- TATE, M. (1994). **Earmoulds**. In: **Principles of Hearing Aid Audiology**. Springer, Boston, MA.
- TREMBLAY K. & BURKARD R., (2012). **Translational Perspectives in Auditory Neuroscience: Normal Aspects of Hearing (p. 67)**. San Diego, CA: Plural Publishing.
- YOST, W. A. (2000). **Fundamentals of hearing: An introduction (4th ed.)**. San Diego, CA: Academic Press.
- ZEMLİN, W. R. (1998). **Speech and hearing science: Anatomy and physiology (4th ed.)**. Boston, MA: Allyn & Bacon.

MAKALELER

- AKŞİT, A. M., KAYA, M., FERDAL, A. & KÖSEMİHAL, E. (2020). **İşitme cihazı uygulamalarında yöntemsel tercihler**. Türk Odyoloji ve İşitme Araştırmaları Dergisi, 3 (1), 1-7.
- BLAU M., SANKOWSKY T., STIRNEMANN A., OBERDANNER H., SCHMITT N. (2008). **Acoustics of Open Fittings (pp. 711–716)**. Acoustics'08, June 2008.
- BORGES, R. C., COSTA, M. H., NAYLOR, P. A., & FERREIRA, A. A. (2014). **Impact of the vent size in the feedback-path and occlusion-effect in hearing aids**. 2014 IEEE Biomedical Circuits and Systems Conference (BioCAS) Proceedings.
- BOYMANS, M., & DRESCHLER, W. A. (2017). **In situ Hearing Tests for the Purpose of a Self-Fit Hearing Aid**. Audiology & neuro-otology, 22(1), 15–23.

- CONNELL, S. S., & BALKANY, T. J. (2006). **Cochlear implants**. *Clinics in geriatric medicine*, 22(3), 677–686.
- CONVERY, E., KEIDSER, G., SEETO, M., YEEND, I., & FREESTON, K. (2015). **Factors affecting reliability and validity of self-directed automatic in situ audiometry: implications for self-fitting hearing AIDS**. *Journal of the American Academy of Audiology*, 26(1), 5–18.
- CROUCH, J. J., & SCHULTE, B. A. (1995). **Expression of plasma membrane Ca-ATPase in the adult and developing gerbil cochlea**. *Hearing research*, 92(1-2), 112–119.
- CUBIĆK, J., CAPORALI, S., LELIĆ, D., CATIĆ, J., VIKÆR DAMSGAARD, A., ROSE, S., IVES, T., & SCHMIDT, E. (2022). **The Acoustics of Instant Ear Tips and Their Implications for Hearing-Aid Fitting**. *Ear and hearing*, 43(6), 1771–1782.
- DÌGIOVANNÌ, J. J., & PRATT, R. M. (2010). **Verification of in situ thresholds and integrated real-ear measurements**. *Journal of the American Academy of Audiology*, 21(10), 663–670.
- GAZIA, F., GALLETI, B., PORTELLI, D., ALBERTI, G., FRENÌ, F., BRUNO, R., & GALLETI, F. (2020). **Real ear measurement (REM) and auditory performances with open, tulip and double closed dome in patients using hearing aids**. *European archives of oto-rhinolaryngology : official journal of the European Federation of Oto-Rhino-Laryngological Societies (EUFOS) : affiliated with the German Society for Oto-Rhino-Laryngology - Head and Neck Surgery*, 277(5), 1289–1295.
- HOFMAN, M., & VAN OPSTAL, J. (2003). **Binaural weighting of pinna cues in human sound localization**. *Experimental brain research*, 148(4), 458–470.
- JESPERSEN, C. T., & MØLLER, K. N. (2013). **Reliability of real ear insertion gain in behind-the-ear hearing aids with different coupling systems to the ear canal**. *International journal of audiology*, 52(3), 169–176.

- KISSLING, J., BRENNER, B., JESPERSEN, C. T., GROTH, J., & JENSEN, O. D. (2005). **Occlusion effect of earmolds with different venting systems.** *Journal of the American Academy of Audiology*, 16(4), 237–249.
- KISSLING, J., LEIFHOLZ, M., UNKEL, S., PONS-KÜHNEMANN, J., JESPERSEN, C. T., & PEDERSEN, J. N. (2015). **A comparison of conventional and in-situ audiometry on participants with varying levels of sensorineural hearing loss.** *Journal of the American Academy of Audiology*, 26(1), 68–79.
- KUK FK. (1999) **Hearing aid design considerations for optimally fitting the youngest patients.** *Hearing J* 52(4):48–54.
- KUK, F., KEENAN, D., & LAU, C. C. (2009). **Comparison of vent effects between a solid earmold and a hollow earmold.** *Journal of the American Academy of Audiology*, 20(8), 480–491.
- LUDVIGSEN C, KUK FK. (2001) **New solutions for age-old hearing aid problems.** *Hearing Rev* 8:32-36, & 55.
- MAGNUSSON, L., CLAEISSON, A., PERSSON, M., & TENGSTRAND, T. (2013). **Speech recognition in noise using bilateral open-fit hearing aids: the limited benefit of directional microphones and noise reduction.** *International journal of audiology*, 52(1), 29–36.
- MEJÍA, J., DILLON, H., & FISHER, M. (2008). **Active cancellation of occlusion: an electronic vent for hearing aids and hearing protectors.** *The Journal of the Acoustical Society of America*, 124(1), 235–240.
- MUELLER, H. G., & RICKETTS, T. A. (2006). **Open-canal fittings.** *The Hearing Journal*, 59(11), 24.
- O'BRIEN, A., KEIDSER, G., YEEND, I., HARTLEY, L., & DILLON, H. (2010). **Validity and reliability of in-situ air conduction thresholds measured through hearing aids coupled to closed and open instant-fit tips.** *International journal of audiology*, 49(12), 868–876.

- RAPHAEL, Y., & ALTSCHULER, R. A. (2003). **Structure and innervation of the cochlea.** Brain research bulletin, 60(5-6), 397–422.
- RASK-ANDERSEN, H., LIU, W., ERIXON, E., KINNEFORS, A., PFALLER, K., SCHROTT-FISCHER, A., & GLUECKERT, R. (2012). **Human cochlea: anatomical characteristics and their relevance for cochlear implantation.** Anatomical record (Hoboken, N.J. : 2007), 295(11), 1791–1811.
- SMITH-OLINDE, L., NICHOLSON, N., CHIVERS, C., HIGHLEY, P., & WILLIAMS, D. K. (2006). **Test-retest reliability of in situ unaided thresholds in adults.** American journal of audiology, 15(1), 75–80.
- STEEL K. P. (1983). **The tectorial membrane of mammals.** Hearing research, 9(3), 327–359.
- TAYLOR, B. (2006). **Real-world satisfaction and benefit with open-canal fittings.** The Hearing Journal, 59(11), 74.
- WAYNER, D. S., & ABRAHAMSON, J. E. (2001). **The golden thread of hearing care.** The Hearing Journal, 54(9), 66–69.
- WINKLER, A., LATZEL, M., & HOLUBE, I. (2016). **Open Versus Closed Hearing-Aid Fittings: A Literature Review of Both Fitting Approaches.** Trends in hearing, 20, 2331216516631741.
- WIENER, F. M., & ROSS, D. A. (1946). **The Pressure Distribution in the Auditory Canal in a Progressive Sound Field.** The Journal of the Acoustical Society of America, 18(2), 401–408.
- ZURBRÜGG, T., STIRNEMANN, A., KUSTER, M., & LISSEK, H. (2014). **Investigations on the physical factors influencing the ear canal occlusion effect caused by hearing aids.** Acta Acustica United with Acustica, 100(3), 527–536.

ELEKTRONİK KAYNAKLAR

<https://hearingreview.com/hearing-products/accessories/earmolds/simple-expedient-method-facilitate-receiver-canal-ric-non-custom-tip-insertion> Erişim Tarihi: 05.08.2023

<https://hearingreview.com/hearing-products/hearing-aids/solution-lateral-migration-cosmetic-gaps-ric-hearing-aids> Erişim Tarihi: 20.08.2023

<https://hearingreview.com/practice-building/practice-management/using-in-situ-audiometry-more-effectively-how-low-frequency-leakage-can-affect-prescribed-gain-and-perception> Erişim Tarihi: 10.09.2023

DIĞER KAYNAKLAR

COBURN, C., ROSENTHAL, J., & JENSEN, K. K. (2014). Acoustic variability of occluded earbuds in receiver-in-the-canal-hearing aid fittings. In Poster presented at the American Auditory Society Scientific and Technology Meeting.

LUDVIGSEN, C., & TOPHOLM, J. (1997). Fitting a wide range compression hearing instrument using real ear threshold data: a new strategy. High Performance Hearing Solutions, 2, 37-39.

IEC 60645-1 (2012) Electroacoustics - Audiological equipment. Part 1: Pure-tone audiometers.

ISO 8253-1 (2010) Acoustics - Audiometric test methods. Part 1: Pure-tone air and bone, conduction audiometry.

EKLER

Ek 1 Gönüllü olur formu

Ek 2 Etik Kurul Kararı

Ek 1 Gönüllü olur formu



BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU

İŞİTME CİHAZI UYARLAMASINDA AKUSTİK PARAMETRE SEÇİMİNİN IN-SITU ODYOMETRİ ÖLÇÜMÜNE ETKİSİ

Sayın Gönüllü,

Sizi “İşitme Cihazı Uyarlamasında Akustik Parametre Seçiminin In-Situ Odyometri Ölçümüne Etkisi” dir. Bu çalışmanın amacı; ülkemizde odyolojik ekipman yetersizliği bulunan işitme merkezlerinde in-situ ölçümü ile işitme cihazı uyarlaması sırasında hastada kullanılan akustik parametre (dome)’ nin işitme cihazı fitting programında doğru seçiminin in-situ ölçümüne etkilerini incelemektir. Bu araştırma, İstanbul Aydın Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Odyoloji Anabilim Dalı’nda yürütülmekte olunan araştırmacı Sinem CAN’ ın yüksek lisans tezi kapsamında yapılmaktadır.

Çalışmaya 18 yaş ve üzeri, RIC (Hoparlör Kanal İçinde) işitme cihazını “dome” ile kullanan 54 kişi dahil edilecektir. Çalışmada yer alacak bireylerin geleneksel odyometri test sonuçlarını yinlemek ve doğrulamak için odyolojik testler (kulak muayenesi, işitme testi ve orta kulak basınç testi) yapılacaktır. Bireylere ait kullanmakta olduğu işitme cihazları üzerinden in-situ işitme testleri, işitme cihazı fitting yazılımı üzerinden akustik parametre seçimi değiştirilerek 6 kez yapılacaktır. Testler yaklaşık 30 dk sürecektir.

Bu çalışma sırasında uygulanacak testlerin ve araştırma ile ilgili gerçekleştirilecek diğer işlemlerin masrafları size veya güvencesi altında bulunduğunuz resmi ya da özel hiçbir kuruma veya kuruluşa ödetilmeyecektir. Size ait tüm tıbbi ve kimlik bilgileriniz gizli tutulacaktır ve araştırma yayınlanırsa bile kimlik bilgilerinin verilmeyecektir, ancak araştırmanın izleyicileri, etik kurullar ve resmi makamlar gerektiğinde tıbbi bilgilerinize ulaşabilir. Çalışmamızda yer alan test yöntemlerinin hiçbirinde herhangi bir risk bulunmamaktadır. Araştırma hakkında daha fazla bilgi almak için araştırmacı Sinem CAN’ a başvurabilir, araştırmacıya günün 24 saatinde 0554 xxxxxxxxxxxx numaralı cep telefonundan erişebilirsiniz.

Çalışmaya Katılım Onayı;

Çalışma kapsamında elde edilen şahsıma ait bilgilerin bilimsel amaçlarla kullanılmasını, gizlilik kurallarına uyulmak kaydıyla sunulmasını ve yayınlanmasını, hiçbir baskı altında kalmaksızın, kendi özgür irademle kabul ettiğimi beyan ederim.

Katılımcının;

Adı-Soyadı:

Telefon:

İmzası:

Araştırmacının;

Adı-Soyadı: Sinem CAN

İmzası:

Tarih: / / 2023

Ek 2 Etik Kurul Kararı

TÜRKİYE CUMHURİYETİ
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ



THE REPUBLIC OF TURKEY
ISTANBUL AYDIN UNIVERSITY

T.C.
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
GİRİŞİMSSEL OLMAYAN KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU KARARI

Sayı : B.30.2.AYD.0.00.00-050.06.04/80
Konu : Karar hk.

26.07.2023

Sayın, Dr. Öğr. Üyesi Denizhan DİZDAR

İstanbul Aydın Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'nun **26.07.2023** tarihinde yapılan olağan toplantısında danışmanlığını yürüttüğünüz "Sinem Can" isimli öğrencinize ait "İşitme Cihazı Uyarlamasında Akustik Parametre Seçiminin In-situ Odyometri Ölçümüne Etkisi" konulu yüksek lisans tez çalışmanız ile ilgili alınan **2023/80** no'lu karar gereği; başvuru dosyanız ile ilgili belgeler araştırmanın gerekçe, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenerek etik yönden oy birliğiyle uygun bulunmuş olup tutanaklar ekte sunulmuştur.

Bilgilerinize sunarım.

Prof. Dr. Erman PİLİNER
Girişimsel Olmayan
Etik Kurulu

ÖZGEÇMİŞ

Ad- Soyad: Sinem CAN

EĞİTİM BİLGİSİ

Yüksek Lisans: İstanbul Aydın Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Odyoloji Yüksek

Lisans Programı (2021- Devam Ediyor)

Lisans: İstanbul Aydın Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Odyoloji Lisans Programı (2017- 2021)

Lise: İzmir Kız Lisesi (2012-2016)

İŞ TECRÜBESİNE AİT GENEL BİLGİLER

- Pakses İşitme Cihazları Satış ve Uygulama Merkezi- Odyolog – Eğitim Sorumlusu (2021-Devam Ediyor)
- Alona Medikal Teknoloji LTD.ŞTİ. – TMS sistemleri ürün eğitmeni-odyolog (2021-2022)
- Smart Healtecho Medikal Mühendislik Danışmanlık Çözümleri ANON. ŞTİ. - Klinik Odyolog (2020-2021)
- Ab-1 Hayat Özel Eğitim ve Rehabilitasyon Merkezi – Odyolog (2021- Yarı Zamanlı)

STAJ DENEYİMLERİ

- Kanuni Sultan Süleyman Eğitim ve Araştırma hastanesi- İstanbul, Türkiye (2019)
- Maxtone İşitme Cihazları Satış ve Uygulama Merkezleri- İstanbul, Türkiye (2018)
- May İşitme Merkezi- İstanbul, Türkiye (2018)
- Okmeydanı Eğitim ve araştırma hastanesi- İstanbul, Türkiye (2018)
- Çocuk Eğitim Derneği- İstanbul, Türkiye (2018)

BAŞARILAR

- Sağlık Bilimleri Fakültesi Onur Öğrencisi
- Dragon Bot Festivali – Üniversiteler ArasıKürek takımı İstanbul İkinciliği

YABANCI DİL BİLGİSİ

- İngilizce

YAYINLAR

Yazılan uluslararası kitaplar veya kitaplarda bölümler

- Can S., Çelebi U.C., Vestibüler Hipofonksiyonlu Hastalarda Rehabilitasyon, Temel Vestibüler Rehabilitasyon El Kitabı, Ed. Özlem Konukseven, US Akademi, İstanbul, 2019, ISBN978-605-9358-71-2

Uluslararası bildiriler

- Baytok S., Can S., Çelebi U.C., Konukseven Ö.; Gürültüye Bağlı İşitme Kaybında Propolisin Odyolojik ve Histopatolojik Etkileri, XXXV. Dünya Odyoloji Kongresi (WCA), Polonya, 2020

Bilimsel ve Mesleki Kuruluşlara Üyelikler

- İstanbul Odyologlar Derneği

Katıldığı Bilimsel konferans, toplantı, seminer ve kongreler

- İstanbul Vertigo Forum -İstanbul Aydın Üniversitesi (16-17 Nisan 2018)
- 9. Ulusal Odyoloji ve Konuşma Bozuklukları Kongresi ”, 11 – 13 Ekim 2018 İstanbul
- 2. Bebekten Yaşlıya İşitme Cihazı Uygulamaları-1-2 Aralık 2018, İstanbul
- İstanbul Vertigo Forum-II -11-12 Nisan 2019, İstanbul
- 3 Mart Dünya İşitme Günü ve İşitme Sağlığı Farkındalığı Projesi.(Küçükçekmece İşitiyor) İstanbul 03/03/2019
- İAÜ İşitiyor, İstanbul 1 Aralık 2017
- Odyologlar Özel Eğitim Ve Rehabilitasyon Merkezleriyle Buluşuyor-2 Mart 2018, İstanbul
- New Insights into Electrophysiology and Vestibular Evaluation-16-17-18 Mart 2018, İstanbul

- 10 Ekim Dünya Odyologlar Günü Kutlaması ve Mezunlar Buluşması-8 Ekim 2019, İstanbul
- Özel Eğitim Ve Rehabilitasyon Merkezlerinde Olmazsa Olmaz "Aile Eğitimi" -11 Mart 2019, İstanbul
- 3D Kulak Kalıbı Kursu, Egger, İstanbul, 14 Aralık 2019
- Bilimsel Araştırma, Hazırlık, Yürütme, Yayınlama Workshop- 21 Aralık 2020, İstanbul
- Yapay Zekaya Bir Bakış, Doç. Dr. Tahir Çetin AKINCI- 28 Aralık 2020, İstanbul
- X. Ulusal Odyoloji ve Konuşma Bozuklukları Kongresi- 25-27 Aralık, 2020 (Online Sempozyum)
- 9. İşitme Cihazları ve İmplantlar Sempozyumu,14-16 Ekim 2019, Edirne
- 10. İşitme Cihazları ve İmplantlar Sempozyumu, 10-12 Aralık 2021 (Online Sempozyum)
- 3 Mart Dünya İşitme Günü Yeşil Sahalarda-2020 (WHO-Dünya Sağlık Örgütü ile koordine)
- Nörobilim Nedir? İşitme Alanında Yapılan Nörobilim Çalışmaları Workshop, Doç. Dr. Pelin KOÇDOR- 4 Ocak 2021, İstanbul
- Müzikal Algı Workshop, Defne Demirel, 11 Ocak 2021, İstanbul
- Fikirlerden Patente Kokleanın Frekans Seçiciliği Workshop, Doç. Dr. Erdoğan Bulut- 19 Nisan 2021 , İstanbul
- Robotlarla Odyoloji Workshop, Prof. Dr. Hatice Köse, 11 Ekim 2021, İstanbul
- Yazar Editöre Karşı Workshop, Prof Dr. Ahmet Akgül-Prof. Dr. İbrahim Sayın, 17 Aralık 2021, İstanbul
- 3 Mart Dünya İşitme Günü-Ordu İşitiyor, 2022
- 10. Ulusal Otoloji Nörotoloji Kongresi, 12. Koklear İmplantasyon Odyoloji Kongresi, 4-6 Mayıs 2023, Bodrum-Muğla