



T.C.
BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KULAK BURUN BOĞAZ ANABİLİM DALI
ODYOLOJİ VE KONUŞMA SES BOZUKLUKLARI BÖLÜMÜ

SEPTUM DEVIASYONU OLAN HASTALARDA
MULTİFREKANS TİMPANOMETRİ BULGULARI

Murat GÜLDÜZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ANKARA

2016



T.C.
BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KULAK BURUN BOĞAZ ANABİLİM DALI
ODYOLOJİ VE KONUŞMA SES BOZUKLUKLARI BÖLÜMÜ

SEPTUM DEVIASYONU OLAN HASTALARDA
MULTİFREKANS TİMPANOMETRİ BULGULARI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Murat GÜLDÜZ

Tez Danışmanı
Prof. Dr. Adnan Fuat BÜYÜKLÜ

ANKARA

2016

T.C
BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

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

Tez Savunma Tarihi: 03/10/2016

Tez Konusu: "Septum Deviasyonu Olan Hastalarda Multifrekans Timpanometri Bulguları"

TEZ DANIŞMANI: **Prof. Dr. Adnan Fuat BÜYÜKLÜ**

TEZ JÜRİSİ ÜYELERİ

Prof. Dr. Selim S. Erbek

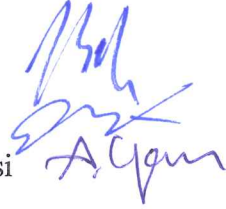
Başkent Üniversitesi

Prof. Dr. Adnan Fuat Büyüklü

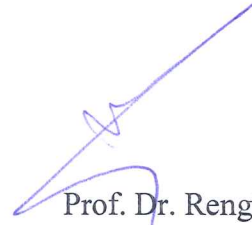
Başkent Üniversitesi

Prof. Dr. Aydan Genç

Hacettepe Üniversitesi



ONAY: Bu tez, Başkent Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği'nin ilgili maddeleri uyarınca yukarıdaki jüri üyeleri tarafından uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulunun 05... /10... / 2016 tarih ve 157... Karar Sayısı ile kabul edilmiştir.



Prof. Dr. Rengin ERDAL
Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimime başlamama olanak sağlayan, bilgi ve desteklerini benden esirgemeyen, tanımaktan onur duyduğum değerli hocalarım Başkent Üniversitesi Kulak Burun Boğaz Anabilim Dalı Başkanı Sayın Prof. Dr. Levent N. ÖZLÜOĞLU' na, Sayın Prof. Dr. Selim ERBEK'e, Sayın Prof. Dr. Hatice Seyra ERBEK'e

Çalışmamı gerçekleştirebilmem için tez konumun belirlenmesinden sonuçlandırılmasına kadar tüm tez sürecim boyunca bilimsel katkılarını esirgemeyerek bana destek olan, başından sonuna kadar daima yanımda olan, bana yol gösteren, benden emek, sabır ve güler yüzünü esirgemeyen çok değerli hocam ve tez danışmanım Prof. Dr. Adnan Fuat BÜYÜKLÜ'ye,

Bana yeni dostluklar kazandıran sevgili dönem arkadaşlarıma,

Eğitimim süresince tecrübelerini benimle paylaşan, bunun yanında dostluklarını benden esirgemeyen, Odyo. Sinem KAPICIOĞLU, Odyo. Güldeniz PEKCAN'a

Bu süreçte eğitimim için hiçbir fedakarlıktan kaçınmayarak her türlü imkanı sağlayan, beni daima yüreklendiren sevgili eşim Solmaz GÜLDÜZ'e; odyoloji eğitimimin bitiminde aileme katılan, bana babalık duygusunu tattıran, canım oğlum Mehmet Mert GÜLDÜZ'e ve bu süreç boyunca, her konuda desteklerini benden esirgemeyen canım aileme sonsuz teşekkür ederim.

ÖZET

Murat GÜLDÜZ, Septum Deviasyonu Olan Hastalarda Multifrekans Timpanometri Bulguları, Başkent Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Odyoloji, Konuşma ve Ses Bozuklukları Programı Yüksek Lisans Tezi, 2016

Literatürde, klasik timpanometri performansının orta kulak akustik özelliklerini değerlendirmede yeterli olup olmadığı tartışılmaktadır. Klasik timpanometreler de sıklıkla 226 Hz, prob ton kullanılmaktadır. Çoklu frekans timpanometri ise, 226 Hz-2000 Hz arasında değişik prob tonlar ile elde edilen timpanogramların analizini sağlayarak, orta kulak direnç ve geçirgenliğini geniş bir frekans yelpazesinde değerlendirebilen avantajlı bir test yöntemidir. Çoklu frekans timpanometrenin sunduğu önemli parametrelerden biri de rezonans frekansıdır (RF). Belli patolojilerin varlığında rezonans frekans değeri normal ve sağlıklı kulaklara kıyasla daha alçak ya da yüksek değerler almaktadır. Avantajlı bir test olmasına rağmen çoklu frekans timpanometrinin ülkemizde de tüm dünyada olduğu gibi klinik uygulamada yaygınlaşmamış olması birçok araştırmacı tarafından da belirtilen bir gerçektir. Bu nedenle çalışmamızın amacı, burun eğriliğinin dolaylı olarak orta kulak işleyişine bir etkisinin olup olmadığını çoklu frekans timpanometriyle ortaya koymaktır.

Çalışmamızda da burunda olan eğriliğin Eustachii tüpü aracılığı ile orta kulakta bir etki yaratıp yaratmadığını görmek.

Bu amaçla, Başkent Üniversitesi Kulak-Burun-Boğaz Anabilim Dalı ve Odyoloji ve Konuşma Ses Bozuklukları Ünitesi'nde işitme kaybı şikayeti olmayan ve otoskopik muayenesi normal olan 18-40 yaşları arasında 29 gönüllü (58 kulak) burun eğriliği olan katılımcı ve 29 gönüllü (58 kulak) burun eğriliği olmayan katılımcı yer almıştır. Bir KBB uzmanı tarafından otoskopik muayenesi yapılan katılımcıların, immitansmetrik ölçümleri de yapılmıştır. Tüm katılımcıların, her iki kulaklarından (116 kulak) birden alınan RF değerleri değerlendirmeye alınmıştır. Yapılan ölçümlerde burunun sağ tarafında eğrilik olanlar için, sol kulak için RF

ortalaması $727,78 \pm 220,95$ Hz, sağ kulak için RF ortalaması $738,89 \pm 252,21$ Hz ve burnunun sol tarafında eğrilik olanlar için, sağ kulak RF ortalaması ise $795,00 \pm 322,77$ Hz, sol kulak için RF ortalaması $830,00 \pm 290,82$ Hz ve kontrol grubunun sol kulak için RF ortalaması $831,03 \pm 850,00$ Hz, sağ kulak için RF ortalaması $884,48 \pm 900,00$ olarak bulunmuştur. Deviasyon tarafı ile karşı taraf RF değerleri arasında anlamlı farklılık saptanmazken, deviasyonu olan hastaların RF değerleri ile kontrol grubumuzun RF değerleri arasında anlamlı farklılık saptanmamıştır. Bu verilerle ileride yapılacak daha kapsamlı çalışmalara da bir alt yapı sağlanması umut edilmektedir.

Anahtar Kelimeler: rezonans frekansı, multifrekans timpanometri, Eustachi tüpü.

ABSTRACT

Murat GÜLDÜZ, In Patients with Nasal Septum Deviation who has Multifrequency Tympanometry, Başkent University, Institute of Health Sciences M. Sc. Thesis in Audiology and Speech – Voice Disorders, 2016

In the literature, the performance of conventional tympanometry on the characteristics of middle ear is still discussing. On the conventional tympanometry 226Hz prop tone is used often. Multifrequency tympanometry is an advantageous test method which can assess the resistance and permeability of the middle ear in a wide frequency interval by providing the analysis of the tympanograms which are obtained with different probe tones between 226 Hz and 2000 Hz. One of the important parameters of multifrequency tympanometry is the resonant frequency. Under the presence of some specific pathologies; resonant frequency value is normal and gets lower or higher values when compared to the healthy ears. Although it is an advantageous test, it is a fact known by several investigators that multifrequency tympanometry has not become widespread in clinical applications in our country as the world. The purpose of this paper is investigating the (evidences of) how the deviated nasal septum either indirectly affecting or not affecting to the functions/functionalities of the middle ear by using multifrequency tympanometry method.

Our study is based on the findings of multifrequency and tympanometry of septum deviation and its impact on middle ear due to Eustachian Tube.

For this reason, Totaly 58 volunteered which are 29 volunteered participant who has septum deviation and 29 volunteered participant who has no septum deviation, ages between 18-40, who has no reported hearing loss and have normal otoscopy findings at Başkent University ENT Department were involved in our study. After otoscopic examination, participants immittance measurements were recorded. Both ears of the participants (58 ears) were evaluated. RF values taken from both ears of all the participants. In patients with deviation on right side; resonance

frequency averages for the left ear as $727,78 \pm 220,95$ Hz, for the right ear as $738,89 \pm 252,21$ Hz and in patients with deviation on left side; resonance frequency averages for the right ear as $795,00 \pm 322,77$ Hz, for the left ear as $830,00 \pm 290,82$ Hz and for control group, resonance frequency averages for the left ear as $831,03 \pm 850,00$ Hz for the right ear as $884,48 \pm 900,00$ were found. There was no statistically significant relationship between deviation side and RFs, but significantly relationship between RF values of deviation patients and normative values of our clinic. These datas will be held in the future for more comprehensive studies.

Key Words: Resonance frequency, multifrequency tympanometry, eustachi tube.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ONAY SAYFASI	iii
TEŞEKKÜR	iv
ÖZET	v
ABSTRACT	vii
İÇİNDEKİLER	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR	xi
ŞEKİLLER	xii
TABLolar	xiii
1.GİRİŞ	1
2.GENEL BİLGİLER	3
2.1.Kulak Anatomisi.....	3
2.1.1.Dış Kulak.....	4
2.1.2. Orta Kulak.....	6
2.2. İşitme Fizyolojisi.....	12
2.2.1. Ses Dalgası ve Özellikleri.....	12
2.2.2. İşitme.....	13
2.3. Eustachii Borusu Fizyolojisi.....	21
2.3.1. Orta Kulak Basıncının Dış Ortam Basıncıyla Dengelenmesi.....	22
2.3.2. Eustachii Borusunun Açılma ve Kapanma Mekanizması.....	24
2.4. Nazal Septum Anatomisi.....	25
2.4.1 Nazal Septum Deviasyonu.....	26
2.5.Akustik İmmitans ve Timpanometri.....	28
2.5.1 Akustik İmmitans.....	28
2.5.2.Timpanometri.....	32
2.5.3.Timpanometrik Ölçümler ve Timpanogram Çeşitleri.....	33
2.5.4. Multifrekans Timpanometri.....	36
2.5.5. Multifrekans Timpanometrinin Çalışma Prensibi.....	38

3.BİREYLER VE YÖNTEM	41
3.1. Bireyler.....	41
3.2. Kullanılan Test ve Yöntem.....	43
4.BULGULAR	44
5.TARTIŞMA	50
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	53
7. KAYNAKLAR.....	54

SİMGELER VE KISALTMALAR

ANSI : American National Standards Institute

DKY : Dış kulak yolu

DSH : Dış saçlı hücre

İSH : İç saçlı hücre

TM : Timpan membran

Mmho : Acoustic Millimhos

dB : Decibel

Hz : Hertz

MFT : Multifrekans Timpanometri

RF : Rezonans Frekans

Ya : Akustik Admittans

Za : Akustik İmpedans

Xa : Akustik Reaktans

Ra : Akustik Rezistans

Z : Empedans

Ba : Akustik suseptans

Ga : Akustik kondüktans

SA : Statik admitans

SSK : Semisirküler kanal

AICA : Anterior Inferior Serebellar Arterin

daPa : Dekapascal

ŞEKİLLER

Şekil 1. Kulağının Anatomik Yapısı	3
Şekil 2. Timpanik Membran	5
Şekil 3. Orta Kulak kemikçikleri	9
Şekil 4. Eustachii Tüpü	10
Şekil 5. Eustachi tüpünün çocuk ve yetişkindeki pozisyonu	11
Şekil 6. İlerleyen dalga modeli	19
Şekil 7. Nazal septum anatomisi	25
Şekil 8. Kitle ve sertliğe göre susseptans ve konduktans eğrileri	31
Şekil 9. Timpanogram çeşitleri	34
Şekil 10. GSI (Grason-Stadler Inc.) Tymptstar Middle Ear Analyzer Version 2 ..	36

TABLolar

Tablo 1: Septum deviasyonu olan bireylerin demografik ve RF verileri	44
Tablo 2: Septum deviasyonu olmayan bireylerin demografik ve RF verileri	45
Tablo 3: Çalışmaya katılan bireylerin cinsiyete göre dağılımları	46
Tablo 4: Çalışmaya katılan kontrol grubunun RF değerleri	46
Tablo 5: Deviasyon tarafı ve karşı taraf RF değerleri kıyaslaması	47
Tablo 6: Deviasyonu sağ tarafta olanların sağ kulak RF ile kontrollerin sağ ve sol kulak RF karşılaştırması	47
Tablo 7: Deviasyonu sol tarafta olanların sol kulak RF ile kontrollerin sağ ve sol kulak RF karşılaştırması	48
Tablo 8: Hasta grubunun deviasyon tarafı ile karşı taraf RF ve kontrol grubu RF ortalaması karşılaştırması	49

1.GİRİŞ

Burundan nefes alma zorluğu insanlığın en eski ve en yaygın şikâyetlerinden biridir. Burundan rahat nefes alma hissi, birçok faktörden etkilenebilen karmaşık bir fenomendir. Günümüzde burun tıkanıklığı olan hastalarda saptanan en sık neden septum deviasyonudur.

Nazal septum; septal kartilaj, etmoid kemik, maksilla ve palatin kemik ile vomer tarafından oluşturulur. Septum deviasyonu travma, neoplaziler, enfeksiyonlar, genetik yatkınlık ya da konjenital malformasyonlar nedeni ile oluşabilir. Septal deviasyonunu nitelendiren ölçütlerde tam uzlaşma bulunmamaktadır. Var olan sınıflamalar şiddet ve yerleşim üzerine olup tanı için gerekli olan değerler değişkenlik göstermektedir. Orta hatta yerleşen septumun bu hattan ne kadar uzakta olduğunda deviasyon oluşacağını belirleyen standart bir tanım ya da sınıflama yoktur (1). Septum deviasyonunun erişkinlerdeki insidansını %90 civarında olarak bildiren yayınlar vardır (2). Ciddi septum deviasyonlarının nazal fizyolojiyi etkilediği gösterilmiştir.

Orta kulağın hava hacmi kişiden kişiye değişmekle birlikte ortalama 5-10ml kadardır. Eustachii tüpünün fizyolojik yapısı nedeniyle genişleyen havanın fazla miktarı pasif olarak dışarı çıkar ve orta kulak basıncı ile atmosfer basıncı eşitlenir. Ters durumda ise Eustachii tüpünün aktif olarak açılması gereklidir. Esneme, yutkunma ve sümürme gibi hareketler esnasına Eustachii tüpü aktif olarak açılır ve basınç eşitlenir. Sağlıklı kişilerde bu sonuç beklenirken Eustachii disfonksiyonu mevcutsa orta kulakta oluşan negatif basınca bağlı kulak zarının içeri doğru hareket etmesi ile barotravma gelişir. Barotravmayı saptamak için hikaye, fizik muayene ve bazı odyolojik testler kullanılabilir. Ancak birçok kişide fizik muayene normal saptanabilmekte ve orta kulakta meydana gelen değişiklikler fizik muayeneye yansımabilmektedir. Bu durumda odyometri, timpanometri ve multifrekans timpanometri gibi odyolojik tetkikler bu değişiklikleri yansıtmada yardımcı olabilmektedir.

Timpanometri, orta kulak fonksiyonunun hızlı, non-invaziv (cilt ya da mukozayı geçmeden tamamlanan tıbbi girişim) ve ekonomik biçimde değerlendirilebilmesini sağlayan bir testtir. Bu test kulağa verilen sese ve beraberinde dış kulak yolu basıncında yapılan değişikliklere karşı orta kulaktan alınan yanıtı bir mikrofon ile ölçerek orta kulak sisteminin direnç ve geçirgenliğinin değerlendirilmesini sağlar. İlk olarak Terkildsen ve Thomsen (1959) tarafından dünyaya tanıtılmıştır (3,4).

Tek frekans prob ton kullanan standart timpanometrilerin yetersizliği nedeniyle araştırmacılar orta kulak değerlendirmesinde kullanılacak yeni bir metod arayışına girmişlerdir (5). Multifrekans timpanometrinin gelişimi orta kulak direnç ve geçirgenliğinin geniş bir frekans yelpazesinde değerlendirilebilmesine olanak sağlamıştır. Multifrekans timpanometriyi hastalar üzerinde çalışan ilk kişi Colletti'dir (1976) ve farklı probe ton frekanslarında timpanogram değerlerinin çeşitli orta kulak rahatsızlıklarını sistematik olarak değişkenlik göstererek ortaya koyduğunu gözlemlemiştir. Bu sayede standart alçak frekans timpanometriye oranla multifrekans timpanometrinin farklı frekanslarla ortaya çıkabilecek orta kulak patolojilerinin değerlendirilmesinde daha kullanışlı olduğu kabul edilmiştir (6).

Multifrekans timpanometri 226 Hz-2000 Hz arasında değişik prob tonlar ile elde edilen timpanogramların analizini sağlayan daha kapsamlı bir test yöntemidir. Katılık etkisinin belirgin olduğu otoskleroz gibi hastalıklarda rezonans frekansı yüksek frekanslara, kütle etkisinin belirgin olduğu otitis media, ossiküler zincir kopuklukları gibi hastalıklarda düşük frekanslara kaymaktadır (7).

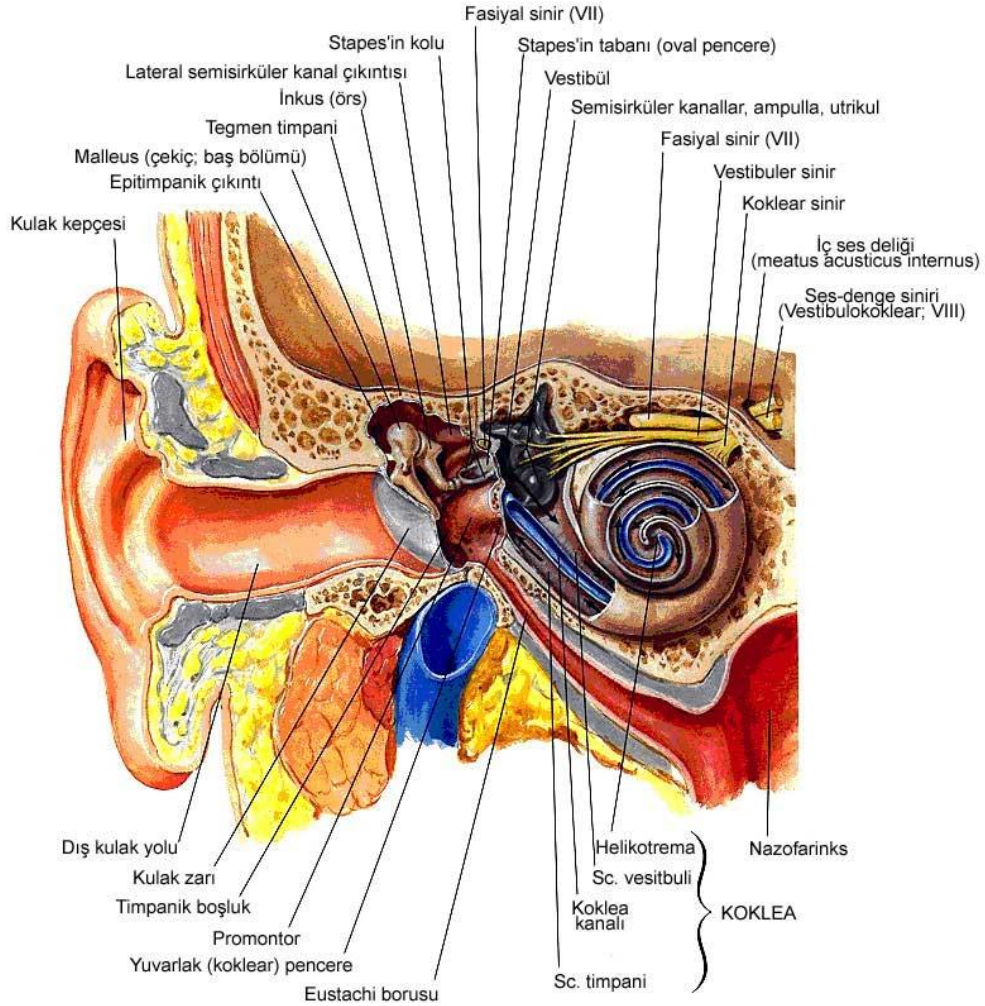
Bu çalışmanın amacı, septum deviasyonlarının nazal pasajlarda hava akım paternlerini etkileyerek ve konka hipertrofilerine neden olarak Eustachii tüpünü dolayısı ile de orta kulağı etkileyebilme potansiyelinden yola çıkarak, deviasyonu olan hastalarda multifrekans timpanometre ile orta kulakta bir değişim olup olmadığı değerlendirmektir.

2.GENEL BİLGİLER

2.1.Kulak Anatomisi

Kulak işitme ve denge fonksiyonlarının periferik organı olup, temporal kemik içine yerleşmiş halde bulunmaktadır. Görevleri ve yapıları bakımından birbirinden farklı üç parçadan oluşur (Şekil 1):

- Dış kulak
- Orta kulak
- İç kulak (8)



Not: Oklar, ses dalgalarının yönünü göstermektedir

Şekil 1. Kulağın Anatomik Yapısı (9).

2.1.1.Dış Kulak

Dış kulak kulak kepçesi (aurikula), dış kulak yolu, kulak zarının lateral (epitelyal) yüzü şeklinde üç kısma ayrılarak incelenir.

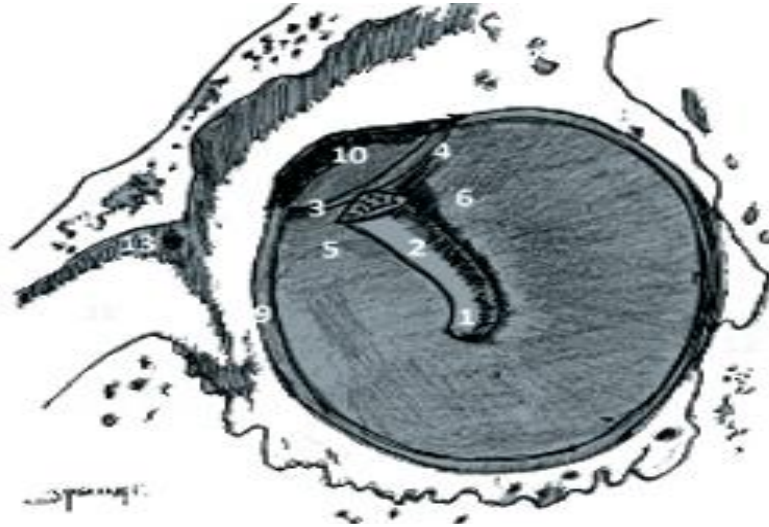
Aurikula, perikondrium ve deri ile örtülmüş ince elastik kıkırdaktan oluşan bir yapıdır. Aurikula; deri, dış kulak yolu kıkırdağı, kas ve bağlar aracılığı ile kafatasına yapışmıştır. Beslenmesi a. temporalis superficialis ve a. auricularis posterior tarafından sağlanır. Venler ise arterlere eşlik ederek, v. jugularise dökülürler. Lenfatik akımı preauriküler, retroauriküler ve infraauriküler lenf düğümlerine dökülür. Kulak kepçesinin ön yüzünün duyarlılığını, V. kranial sinirin n. auriculatemporalis dalı sağlar. Diğer bölgeleri VII. kranial sinir ve 2.-3. servikal sinirler inerve eder. (10).

Dış kulak yolu (DKY) konkadan timpanik zara kadar kısımdır. DKY uzunluğu arka duvarda 25 mm, ön duvarda ise yaklaşık 31mm'dir. Kanalın yaklaşık 1/3 dış kısmı kıkırdaktan, 2/3 iç kısmı ise kemik dokudan oluşmuştur (11). DKY iki yerde daralma gösterir; birincisi kıkırdak dokunun bittiği yer, ikincisi ise kemik dokunu başladığı, isthmus adı verilen timpanik membrana yaklaşık olarak 0,5 cm uzaklıkta olan bölgedir. DKY, serumen adı verilen koruyucu olarak görev yapan bir maddeyle kaplıdır (12). Beslenmesi eksternal karotid arterin a. auricularis posterior dalı ve a. temporalis superficialis dalı tarafından gerçekleşir. Venöz drenajı, v. maxillaris ve v. jugularis externa aracılığı ile plexus pterygoideus'a olur. Lenfatikleri anterior, posterior ve inferior auriküler lenf nodlarıdır. İnnervasyonunu V. kranial sinir sağlar. Ayrıca VII, IX, X. kranial sinirler ve üçüncü servikal sinir de dal vermektedir. X. kranial sinirden gelen dal Arnold siniri adını alır ve bu sinir DKY'nun temizlenmesi sırasında öksürük refleksinin oluşumuna neden olabilir (13, 14,15).

Kulak zarı, dış kulak yolunu orta kulaktan ayıran yapıdır. Oblik yerleşimli elips şeklinde bir perdedir. Kalınlığı 0,1 mm, vertikal çapı 10-11, horizontal çapı 8-9 mm'dir. Zar yukarıdan aşağı, önden arkaya, dıştan içe doğru eğik bir konumdadır ve

dış kulak yolu ile 45 derece açı yapar. Kulak zarının timpanik kemikte yerleştiği yer olan sulkus timpanikusa "timpanik halka" denir. Kulak zarı anulus fibrosus ile timpanik halkaya, santral bir yapışıklıkla da malleusun kısa koluna ve manibrium malleiye bağlıdır. Manibrium mallei'nin ucu içe doğru çökük olduğundan kulak zarı konkav bir biçime sahiptir. Kulak zarının en derin noktası manibrium malleinin ucuna tekabül eder ve umbo adını alır (16,17,18).

Kulak zarı pars tensa ve pars flaksida olarak ikiye ayrılır. Timpan kemik içinde kalan gergin kısım pars tensa (3/4 alt kısım), Rivinius çentigi içinde kalan gevşek kısım ise pars flaksida (1/4 kısım) ve ya shrapnell zarı adını alır. Pars tensa kulak zarının büyük kısmını oluşturan ve ses dalgaları ile titreşen timpanik kemik içindeki parçasıdır. Kulak zarı dışta skuamöz epitel, içte mukoza ve ikisi arasında yerleşmiş olan fibröz tabaka olmak üzere üç tabakadan oluşmuştur. Pars tensada bulunan fibröz doku, pars flaksidada yoktur (Şekil 2) (17,16,26).



Şekil 2. Timpanik Membran (26).

(1. Umbo, 2. Manubrium mallei, 3. Anterior malleolar plika, 4. Posterior malleolar plika, 5. Anterior von Tröltsch poşu, 6. Posterior von Tröltsch poşu, 7. Fossa inkudis, 8. Korda timpani posterior deliği, 9. Anulus fibrokarti lagineus, 10. Pars flaccida, 11. Eustachii tüpü, 12. Protuberentia Styloidea, 13. Korda timpani posterior deliği).

2.1.2. Orta Kulak

Orta kulak (cavum timpani) timpanik membran ile iç kulak arasına yerleşmiş bir boşluktur. Bu boşluğun ön-arka çapı yaklaşık olarak 15 mm'dir. Mediolateral çapı ise üstte 6 mm, umbo hizasında 2 mm kadardır. Ortalama hacmi 0,5 cm³ kadardır. Orta kulak boşluğu, östaki borusu aracılığı ile nazofarenks ile, aditus aracılığı ile mastoidin havalı boşluklarıyla, oval ve yuvarlak pencereler aracılığı ile iç kulakla bağlantılıdır. Orta kulak boşluğunda dış kulaktan iç kulağa ses dalgalarının iletimini sağlayan malleus, inkus ve stapes denilen üç adet kemikçik vardır (Şekil 2). Bu kemikçikler orta kulak boşluğunda kulak zarı ile iç kulağın fonksiyonel girişi olan oval pencere arasında bir köprü oluşturur. Kemikçikleri orta kulak duvarlarına bağlayan m. tensor timpani ve m. stapedius iki kas ve dört ligament bulunur (17,18). Orta kulak boşluğunun altı duvarı vardır (10,19).

Ön Duvar: Carotisin yaptığı çıkıntı nedeniyle daralmıştır. Eustachi tüpünün ağzı ve m. tensör timpani olmak üzere iki önemli oluşumu barındırır. Üstte tensor timpani kasının çıkıntısı bunun altında ise Eustachi tüpünün ağzı bulunur.

Arka Duvar: Bölgenin en önemli anatomik noktası, stapes tendonunun yaptığı eminentia pyramidalis adlı çıkıntıdır. Bu çıkıntıdan kulak zarına paralel giden dik bir düzlemlerle orta kulağı ikiye ayırdığımızda; içteki bölümde oval pencere, yuvarlak pencere ve sinüs timpani adında üç önemli oluşum vardır. Eminentia'nın dışında fasial reses adı verilen bir çukurluk vardır, bu çukurun dış tarafında dış kulak yolu ve corda timpani, arka ve üstünü ise fossa incudus sınırlar. Burada fasial sinirin vertikal segmentinin komşuluğu önemlidir.

Alt Duvar: Bu duvar enliğine daralmıştır. Bu darlık arkada daha belirgindir. İnce bir kemik duvarla bulbus vena jugularisten ayrılır. Alt duvarın ön kısmı biraz daha geniştir ve a.carotis interna ile komşuluk eder. Juguler ven, juguler bulbus ve stiloid çıkıntıyla komşuluk yapar. Hipotimpaniumda Jacobson sinirinin orta kulağa girdiği canaliculi timpanici adı verilen bir delik bulunur.

Üst Duvar: Tegmen timpani adı verilir. Orta kulak boşluğunu orta kafa çukurundan ayırır.

İç Duvar: Promontorium kokleanın bazal helezonunun çıkıntısıdır ve dolayısı ile orta kulak iç duvarını iç kulak oluşturur. Promontoriumun arka ve alt kısmında fossula fenestra cochlea denilen bir çıkıntı bulunur. Çukurluğun tabanında, orta kulak boşluğunu iç kulaktan ayıran yuvarlak pencere bulunur. Promontorium arka ve üst kısmında üç önemli yapı bulunur. Fenestra vestibüli veya oval pencere scala vestibüliye açılır. Stapesin tabanı bu pencereye yerleşir. Oval pencerenin arkasında pencereyi bir kas gibi arka ve üstten örten fasial çıkıntı içinde fasial sinirin ikinci yatay parçası bulunur. Bunun da arka ve üstünde ise lateral semisirküler kanal yerleşmiştir.

Promontoryumun üstünde, arkada, tensor timpani kasının yaptığı processus kokleiformis adlı kemik çıkıntı bulunur. Bu çıkıntı fasial sinirin birinci ve ikinci parçalarının birleşme noktasıdır.

Dış duvar: En önemli yapı timpanik membrandır

Orta Kulak Kemikçikleri

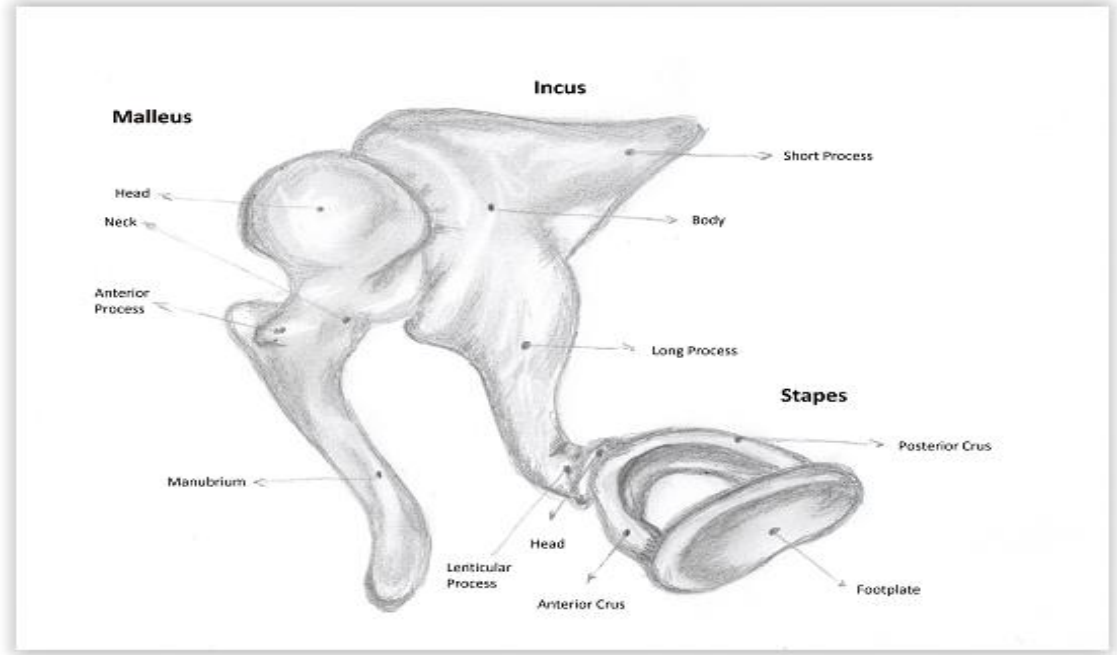
Orta kulak boşluğunda; kulak zarı ile iç kulak arasında üç tane hareketli kemikçik vardır. Bunlar dıştan içe doğru malleus, incus ve stapeştir. Bu kemikler çekiç, örs ve üzengi adlarıyla bilinir. En dışta ve en büyük kemik malleustur. En içteki ve en küçük kemik ise stapeştir (20).

Malleus: Orta kulak kemikçikleri içinden en büyük olanıdır. Dışta yer alır. Yaklaşık olarak 8-9 mm uzunluğundadır. Capitulum mallei ve manubrium mallei den oluşur. Manubrium ve capitulum mallei arasında 130 derecelik bir açı vardır. Malleusun ön ve dış kısımlarında iki küçük çıkıntı bulunur. Bunlardan dışta olanı manubriumun üst kısmında görüleni processus brevis/lateralistir. Önde bulunan çıkıntı farkedilmez. Bu çıkıntıya processus anterior adı verilir. Buraya plica

malleolaris anterior yapışır. Manubrium kulak zarı iç tarafına yerleşmiştir ve ona sıkıca bağlıdır. Kulak zarı ile birlikte titreşir. Caput mallei yuvarlaktır, epitimpanumda bulunur ve arka-iç yüzü ile inkus eklem yapar. Malleusun boynunun hizasında arkadan korda timpani geçer (21,22).

İncus: Gövde ve iki bacedan oluşur. Crus brevis ve crus longum isminde iki uzantısı vardır. İnkusun gövdesi, capitulum mallei ile eklem yapar ve onun yuvarlaklığına uyan bir çukurluk gösterir. Crus brevis 5 mm uzunluğunda manibrium malleinin arka ve iç tarafında ve manibriuma paraleldir. Crus brevisin ucunda kıkırdak bir kısım bulunur. Crus longum ise 7 mm uzunluğundadır. Her iki bacak arasında aşağı yukarı 100 derecelik bir açı bulunur. Crus longum, manubriumun arka ve iç tarafında hemen hemen ona paraleldir. Ucunda processus lenticularis denilen ve stapes başı ile eklem yapan bir kısım vardır (21).

Stapes: Yaklaşık olarak 3,5 mm uzunluğunda ve 2,5 gr ağırlığındadır. Bir baş(Caput stapedis) , bir boyun (Collum stapedis), iki bacak (Crus anterius, crus posterius) ve bir tabandan (Basis stapedis) oluşur. Taban oval pencereye oturur ve ligamentum annulare denilen bir bağ ile oval pencere kenarlarına sıkıca yapışır. Tabanın orta kulak yüzü düzdür. Bazen konveks olabilir. Vestibüler yüzü ise genellikle konkavdır. Ön bacağı (Crus anterius) daha kavislidir. Arka bacak (crus posterius) ise daha düzdür. Bacakların içe bakan kısımları olukludur. Bacaklar arasındaki açıklık foramen obturatorum adını alır ve membran ile örtülüdür (membrana obturatoria). Crus anterius ve crus posterius üstte birbirleri ile birleşir ve arkusu tamamlarlar. Baş ve arkus arasında kollum bulunur. Arka bacağın üst kısmında pürtüklü bir yüzey farkedilir. Buraya stapes kasının tendonu yapışır. Baş kısmı stapesin en çok biçim değişikliği gösteren parçasıdır. Bu fötal hayattaki kemik rezorpsiyonunun derecesi ile ilgilidir. Baş processus lenticularis ile eklem yapar. Eklem hemen hemen horizontal düzlemedir. Stapesin başı bacaklarla büyük bir açı yapmadan birleşir (Şekil 3) (21).



Şekil 3: Orta Kulak kemikçikleri (23).

Timpanik Kaslar

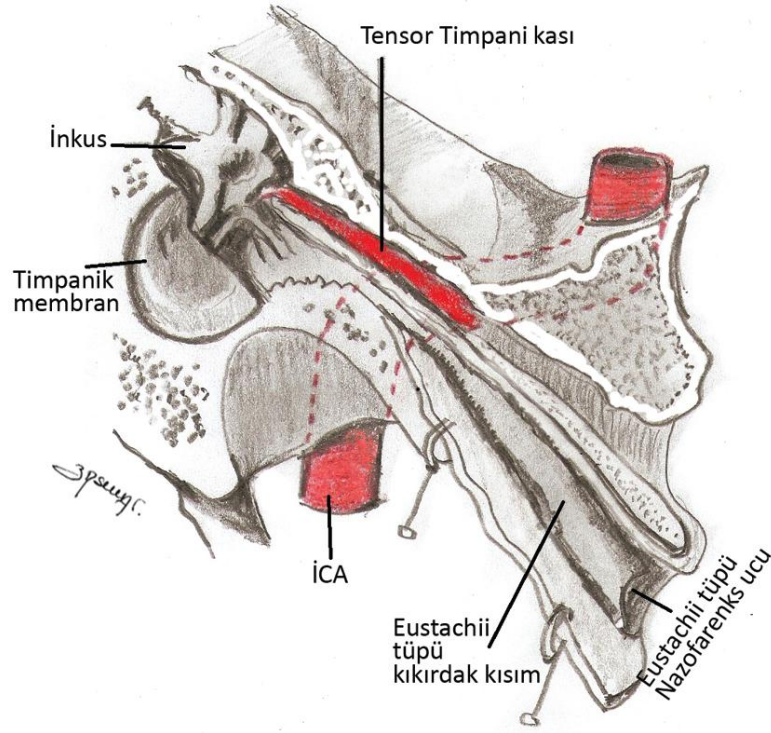
M. Tensor Timpani: Orta kulak ön duvarında semikanalis muskuli tensor timpani içinde ilerler ve kanalın ağzındaki küçük kemik çıkıntısının çevresini dolandıktan sonra arkaya ve dışa doğru bükülür ve malleusun boynuna yapışır. Ortalama 25 mm uzunluğundadır. Görevi, kasıldığı zaman manubriumu içe ve arkaya çekerek kulak zarını tespit etmektir.

M. Stapedius: Eminentia pyramidarum içinde bulunur. Tendonu bu çıkıntının ucundaki bir delikten çıkar ve stapesin boynuna ya da başına yapışır. Ortalama 6 mm uzunluğundadır. Bu kasın aktivesi kemikçiğin posterior'a doğru çekilmesine sebep olur. Bu şekilde yüksek şiddetteki seslerin iç kulağa geçişini engeller. Sinirini n. fasialisten alır (23,24).

Eustachii Tüpü

Eustachii tüpü ya da diğer adıyla tuba auditiva uzunluğu ırklara göre değişkenlik göstermekle birlikte 35-40 mm arasında değişir. Genelde kabul edilen,

erişkin Eustachii tüpünün posterior 1/3'ü kemik (11-14mm), anterior 2/3'ünün membranöz ve kartilajinöz (20-25mm) yapıda olduğudur (Şekil 4). Kavum timpaniye açılan ağzı 3-4 mm çapındadır, nazofarinkse açılan ağzı ise ovaldir ve vertikal çapı 7-8 mm, horizontal çapı ise 4-5 mm'dir. Tubal kıkırdağın yaptığı kabartıya torus tubarius denir. Torus tubarius üzerindeki lenf foliküllerine ise Gerlach bademciği ya da tonsilla tubaria adı verilir. Torus tubarius'un arkasında bulunan çukurluğa faringeal recess veya rossenmüller fossa denir. Eustachii tüpü kemik kısmını döşeyen epitelyum silyalı kolumnar epitel iken kıkırdak kısmının epiteli pseudostratifiye kolumnar epitelidir. Tubanın nasofarinkse açılan ağzının etrafında tubuloasiner hücreler ve Goblet hücreleri bulunur. Eustachii borusuyla ilişkili 3 kas bulunur; Tensor veli palatini, Tensor timpani (tensor veli palatininin devamıdır.) ve Levator veli palatini'dir (25,26).

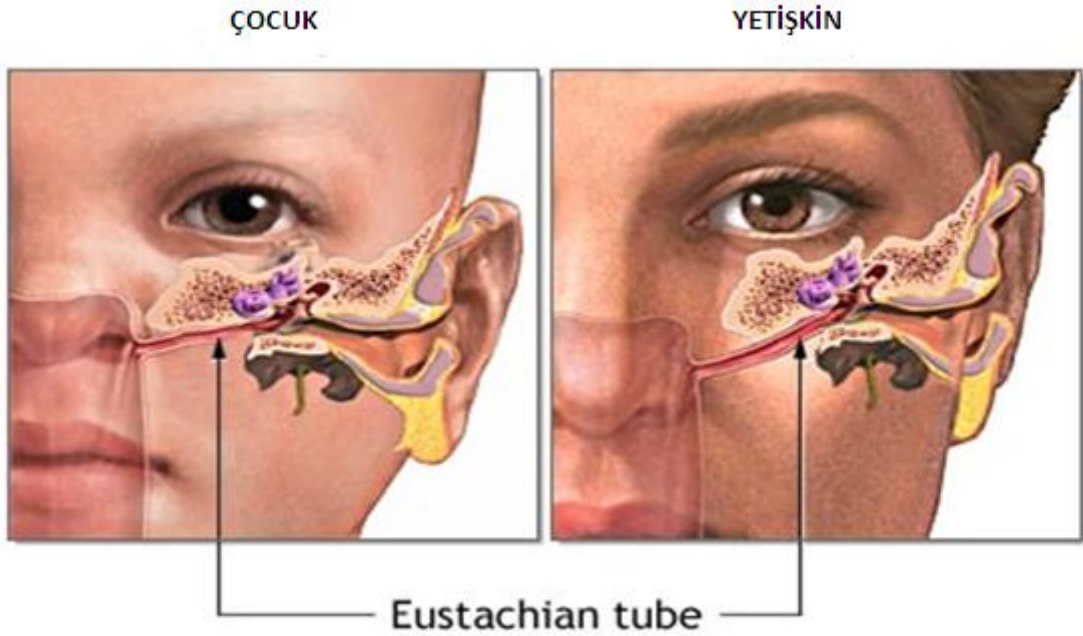


Şekil 4. Eustachii Tüpü (47).

Normalde kapalı olan tüp çiğneme, yutkunma, esneme hareketleri ile açılarak, orta kulak hava basıncının dış atmosferik basınç ile dengelenmesini sağlar. Sesin zardan kemikçik sistemine ve iç kulağa iletilmesinde en önemli özellik, kulak zarının her iki tarafta, yani dış ve orta kulak ortamlarında eşit düzeyde basınç etkisine sahip olması gereğidir. Kulak zarı ancak her iki tarafta eşit basınç olduğu zaman en yüksek

genlikte titreşir. Yani, en iyi ses iletimi orta kulaktaki basıncın atmosfer basıncına eşit olması ile olur. Orta kulaktada bu basınç eşitlemeyi Eustachii tüpü yapmaktadır. Eustachii tüpünün kapanması, çevre deforme dokular, tubal duvar ve kıkırdaktaki elastik liflerin geri çekilmesinde oluşan ekstrinsik güçlerin borunun duvarları pasif olarak birbirine yaklaştırmasına bağlanır (25,27).

Tuba Eustachii'nin Konumu: Doğumda Eustachii tüpü horizontaldır, büyüme ile birlikte yetişkinlerde horizontalle 30-40 derece açı yapar konuma gelir. Çocuklarda tüp relatif olarak geniş, kısa ve daha horizontal olduğundan nazofarenksten assendan enfeksiyon riskini artırır. Protympanum ile 160 derecelik açı yapar. Kafa tabanından öne, aşağıya doğru bir yol izler. Nazofarenksin yan duvarında sonlanır. Çocuklarda ise bazı değişiklikler görülür. Boru ile orta kulak boşluğu, çocuklarda hemen aynı doğrultudadır ayrıca tubanın nazofarenks ağzı çocuklarda yetişkine göre daha geniştir (Şekil 5). Bu nedenle süt çocuklarında, yatma pozisyonunda nazofarenkste toplanmış sekresyonların orta kulak kavitesine girmesi çok kolaydır (22,28).



Şekil 5. Eustachii tüpünün çocuk ve yetişkindeki pozisyonu (29).

2.2. İşitme Fizyolojisi

2.2.1. Ses Dalgası ve Özellikleri

Ses, maddesel bir ortamda yayılabilen, titreşimlerin boyuna dalgalar halinde ilerlemesidir. Yayıldığı ortam moleküllerinin ardışık olarak sıkışmasına ve gevşemesine neden olur. Ses dalgalarının hızı yayıldıkları ortamın yapısına göre değişir; yoğunluğu fazla olan katı ortamlarda en hızlı, sıvıda katı ortama göre düşük, gaz ortamlarda ise en düşük hızla yayılır.

Bir ses kaynağının iki özelliği olan “eylemsizlik” (inertia) ve “esneklik” nedeniyle titreşim siklüsü yaşanır. Her titreşim siklüsünde belirli bir enerji, ses şeklinde bulunduğu ortama yayılır (30).

Deniz seviyesinde 20°C sıcaklıktaki hava tabakasında sesin hızı 344 m/sn olarak bulunmuştur. Sıvı ortamlarda ise havaya göre 4 kat hızlı olarak yayılır (1437m/sn). Sesin kemikte ise yayılma hızı 3013 m/sn olarak bulunmuştur (17).

Sesin saniyedeki titreşim sayısına sesin frekansı, tonu ya da perdesi denir. Sesin frekansı saniyedeki titreşim sayısı, Hertz (Hz) ile ifade edilir. İnsan kulağı 20–20000 Hz aralarında sesleri duyar. ve 50-5000 Hz arasındaki seslere karşı daha hassastır. Sesin şiddet birimi desibeldir (dB) (31).

Bir ortamın ses dalgalarının yayılmasına gösterdiği dirence akustik direnç ya da impedans denmektedir. İmpedans, ortam moleküllerinin yoğunluğu ve esnekliği ile orantılıdır. Ses dalgaları ortam değiştirirken her iki ortamın impedansı birbirine ne kadar yakın ise yeni ortama geçen enerji miktarı da o kadar fazla olur (32).

2.2.2. İşitme

İşitme atmosferde meydana gelen ses dalgalarının kulağımız tarafından toplanmasından beyindeki merkezlerde karakter ve anlam olarak algılanmasına kadar olan süreç olarak adlandırılır ve işitme sistemi denilen geniş bir bölgeyi ilgilendirir. Dış, orta ve iç kulak ile merkezi işitme yolları ve işitme merkezi bu sistemin parçalarıdır. İşitme birbirini izleyen birkaç fazda gerçekleşir (32).

I. İletim

İşitmenin olabilmesi için ilk olarak ses dalgalarının atmosferden dış ve orta kulak aracılığı ile korti organına iletilmesi gereklidir. Bu mekanik olay sesin bizzat kendi enerjisi ile sağlanır. Bu olaya 'iletim-conduction' diyoruz. Aurikula ses dalgalarının toplanmasında, dış kulak yolu da bu dalgaların timpanik membrana iletilmesinde rol oynar (33).

Sesin Atmosferden Korti Organına İletilmesi

Ses dalgasının Corti organına iletilmesi sürecinde başın ve vücudun engelleyici, kulak kepçesi, DKY ve orta kulağın yönlendirici veya şiddetlendirici etkileri vardır. Baş ve vücut sesin iletimine karşı bir engel oluşturur. Ses dalgaları başa çarpınca yansır ya da az miktarda da olsa kırılır. Sesin geliş yönüne göre, ses dalgalarının çarptığı kulak tarafında ses dalgalarının basıncı artar aksi taraftaki kulak bölgesinde ise basınç düşer. Buna baffle etkisi denir. Her iki kulak arasındaki uzaklık interaural mesafe başın engelleyici etkisini belirgin hale getirir. Bu olay sonucunda sesin iki kulağa ulaşması arasında 0.6 ms'n'lik bir fark oluşur. Bu fark interaural zaman farkı diye ifade edilir ve interaural zaman farkı sesin geliş yönünü belirlemede önemli bir rol oynar. Kulak kepçesi biçimi ve konumu ile çevredeki sesleri toplamaya ve dış kulak kanalına yönlendirmeyi sağlar. Böylece ses şiddetini 6 dB'lik bir artış olduğu düşünülmektedir. DKY ses dalgalarını sadece yönlendirmez aynı

zamanda şiddetlendirir. Yaklaşık 3.5 cm uzunluğu olan ve bir ucu kapalı silindir biçiminde olan DKY, bu haliyle fiziki bakımdan bir rezonatöre benzetilebilir. Bu özelliği sayesinde 3500 frekansındaki bir ses dalgası DKY’nda yaklaşık olarak 15-20 dB kuvvetlenebilmektedir. DKY’nun işitmedeki görevlerinden biriside, havayı vücut sıcaklığına getirmesidir. Sesin alınmasında orta kulak ve DKY’ndaki hava ısısının birbirine yakın olması önemlidir. Gaz moleküllerinin hızı sıcaklıkla değişir. Bu nedenle farklı ısıda olan gaz moleküllerinden hızlı hareket edenin hareketi bir ses olarak algılanırdı.

Orta kulak, timpanik membrana ulaşan ses dalgalarının iç kulaktaki sıvı ortama geçmesini sağlar. Ses dalgaları orta kulaktan iç kulağa geçerken yani direnci düşük olan gaz ortamdan direnci daha yüksek olan sıvı ortama geçerken ortalama 30 dB civarında bir enerji kaybına uğrar. Orta kulak, bu ses dalgalarındaki enerji azalmasını önlemek amacıyla empedans (direnci) denkleştirme görevi üstlenir. Bu da orta kulağın gelen ses dalgasının iç kulağa geçerken uğrayacağı kaybı telafi ettiğini gösterir. (34,35,32).

Kulak Zarının Ses Dalgalarının İletimindeki Rolü

Kulak zarının timpan kemik içinde kalan gergin parçası pars tensa, kulak zarının ses dalgaları ile titreşen parçasıdır. Kulak zarının fibröz tabakası sirküler, radyal, parabolik ve semilüner liflerden oluşmaktadır. Parabolik ve semilüner lifler kulak zarına sürekli bir gerginlik sağlamaktadır. Bu gerginlik elastiki olmamasına rağmen kolaylıkla titreşebilir. Kulak zarı titreşimleri sadece dış yüzü ile alır ve ancak belli frekanslarda titreşir. Her taraftan gelen sesle titreşebilir, sesin geliş açısının titreşime bir etkisi yoktur. Yapılan ölçümlere göre kulak zarı ses enerjisinin orta kulağa direkt geçişini engellemekte ve 17 dB’lik bir kayba sebep olmaktadır.

Orta Kulağın Ses Dalgalarının İletimindeki Rolü

Orta kulak kendisine gelen ses titreşimlerini iç kulağa geçirmekte görev alır. Bu geçiş iki yolla olur; ses dalgaları ya kulak zarı ve kemikçikler sisteminin titreşimi ile oval pencereden perilenfe geçer ya da ses titreşimleri kulak zarı ve orta kulaktaki havanın titreşimi ile yuvarlak ve oval pencere yoluyla perilenfe aktarılır. Bu iki sistemle iç kulağa aktarılan enerjiler arasında önemli bir fark vardır. Kulak zarı ve kemikçik sistemi ile aktarılan enerji, diğer iletim yoluna göre daha kazançlıdır ve bu iki iletim mekanizması arasındaki fark 30 dB’i bulur. Ses dalgaları hava ve perilenf arasında ortam değiştirdiğinden rezistans farkından dolayı 30 dB’lik bir kayba uğrar. Orta kulak olmazsa ses titreşimleri iç kulağa 30 dB’lik bir kayıpla geçer. Orta kulak bir çeşit amplifikatör görevi görerek bu kaybı telafi etmektedir.

Orta Kulağın Yükseltici Etkisi

Orta kulakta sesin şiddetini arttırıcı başlıca üç mekanizma vardır.

a. Kulak zarının manivela etkisi (Catanery lever): Kulak zarının titreşim bakımından kemik annulus ve manibrium mallei olmak üzere iki sabit noktası bulunur. Kulak zarı kemiğe sıkıca yapıştığı için annulusta titreşmez; ancak ince olan orta kısımda titreşir. Ses enerjisi fibröz tabakadaki elastik lifler yardımı ile manibrium malleide yoğunlaşmaktadır. Bu şekilde ses enerjisi kısmen hareketli manibrium malleide büyüyerek geçer. Buna “catanery lever” adı verilir. Sonuç olarak DKY’ndan kulak zarına gelen ses enerjisi kemikçikler sisteminde amplifiye edilerek iç kulağa ulaştırılır.

b. Kemikçikler sisteminin yükseltici etkisi (Ossiküler lever): Malleus ve incus ses iletimi sırasında bir manivela gibi hareket eder ve sesi 1.3/1 oranında yükseltir. Bu yükseltme yaklaşık 2.5 dB’dir. Kemikçik sisteminin önemli bir özelliği, ses titreşimlerinin stapes tabanına ve yuvarlak pencereye aynı anda gitmesini önlemesidir.

c. Kulak zarı ile stapes yüzeyleri arasındaki büyüklük farkı (*Hidrolik lever*): Kulak zarının titreşen bölümlerinin genişliği ile stapes tabanı arasında 1/15 – 1/20 oranında değişen fark bulunur. Zarın titreşen alanı 55 mm², stapes tabanı ise 3.2 mm²'dir. Aralarındaki oran 17'dir. Yani akustik enerji iç kulağa yaklaşık 17 kat yükselerek geçer. Bu kazanç yaklaşık olarak 24 dB'dir.

Orta Kulağın Koruyuculuk Görevi

Orta kulak havalı bir boşluktur. İç kulak için havalı bir tampon görevi yaparak travmaların etkisini azaltmaktadır. Ayrıca orta kulaktaki iki kas yardımı ile yüksek şiddetteki ses titreşimlerinin iç kulağa geçmesini engellemekte görev alır. Bu kaslar şiddetli seslerle refleks olarak kasılır ve kemikçikleri tespit ederek amplitüdlerini sınırlar ve iç kulağa ses şiddetinin azalarak geçmesini sağlar.

Orta Kulağın Transfer Fonksiyonu

Orta kulağın ses iletimi frekanslarla sınırlıdır. Esnekliğin azalmasıyla alçak frekanslarda işitme kaybı ortaya çıkar. Aynı şekilde sistemin kütesinin artması yüksek frekanslarda işitme kaybına neden olur.

Orta Kulak Kaslarının Ses İletimine Etkisi

M.tensor timpani ve M.stapedius ses uyarlarıyla harekete geçer. Bu refleksif bir olaydır ve akustik refleks olarak isimlendirilir. Reflekslerin meydana gelmesi için işitme eşiğinin 80 dB üstünde bir ses verilmesi gerekir. Kaslar yüksek şiddetteki ses uyarılarına karşı iç kulağı korumakta görev alırlar. Ayrıca kemikçiklere yani iletim sistemine gerginlik ve rijidite sağlamak, kaslarla ossiküler zincire kan damarlarının gelmesini sağlayarak beslenmelerine olanak sağlamak ve

çiğneme, vokalizasyon ve kendi sesi ile ortaya çıkan gürültülerden korumak gibi çeşitli görevleri vardır.

Orta Kulağın Kemik İletimindeki Rolü

Kemik yolu ile sesin iç kulağa iletimi üç yolla gerçekleşir. Kafatasının blok olarak titreşimiyle iç kulak sıvıları ve dolayısıyla basilar membran titreşir. DKY'ndaki havanın titreşmesiyle kemik iletimi gerçekleşir; ancak bu olasılık sadece alçak frekanslar için geçerlidir. Mandibula kondilinin titreşimi de DKY kartilajı yoluyla ses enerjisinin iç kulağa iletimini sağlamaktadır. Kafatasının titreşimi aynı zamanda stapes tabanına da geçebilmektedir.

Pencerelerin Ses İletimindeki Rolü

Timpanik membran titreştiği zaman ses titreşimleri pencereye iki şekilde ulaşır; kemikçikler yoluyla oval pencereye ve hava yolu ile yuvarlak pencereye varır. Bu şekilde, yuvarlak ve oval pencereye ulaşan ses dalgaları arasında iletim hızının farklı olmasından dolayı faz farkı ortaya çıkar. Buna defazaj denir. Yani oval ve yuvarlak pencereye gelen ses dalgaları arasında faz farkı ortaya çıkar. Ses dalgaları, farklı fazlarda iletildiği zaman, koklear potansiyeller optimum seviyede olur. Buna karşılık, pencereye aynı fazda ulaşan ses dalgaları, koklear potansiyelin minimum seviyede olmasına sebep olur. Aynı fazlarda gönderilen ses dalgaları perilenfte aynı yönde hareket ederek birbirlerinin etkilerini yok eder.

Ses titreşimlerinin basilar membrana ulaşabilmesi için perilenfin hareket etmesi gerekir; ancak stapes tabanı titreşimi iletmek için perilenfe doğru hareket ettiğinde perilenfin de harekete geçebilmesi için ikinci bir pencereye ihtiyaç vardır. Yuvarlak pencere membranı stapes hareketi sırasında bombeleşerek perilenfe hareket imkânı sağlar. Yuvarlak pencerenin olmaması durumunda otik kapsülde esnek bir ortam olmadığından sıvılar sıkıştırılmayacak ve perilenf hareketi gözlenemeyecekti.

Eustachii Borusunun Ses İletimindeki Rolü

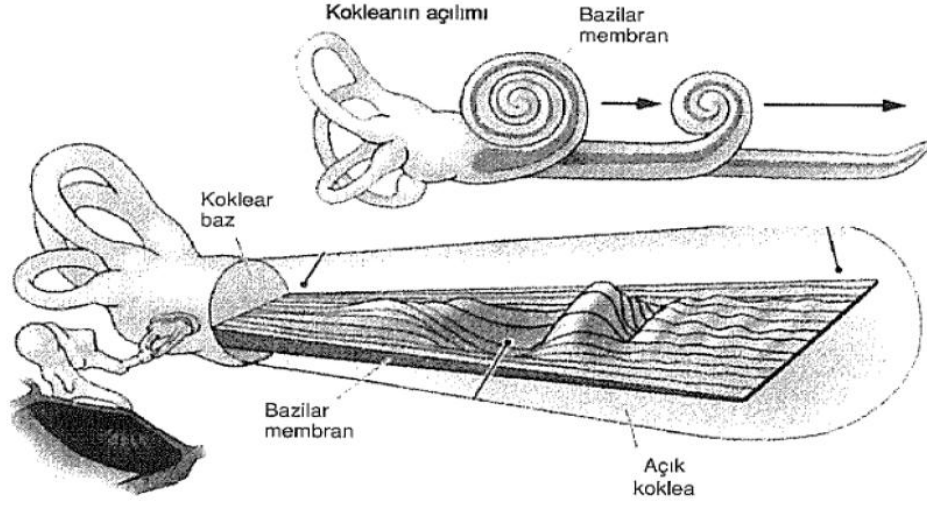
Orta kulak basıncıyla atmosfer basıncı arasındaki denge Eustachii tüpü aracılığıyla sağlanır. Kulak zarının normal titreşim yapabilmesi için orta kulağın normal havalanıyor olması ve iki taraftaki hava basıncının dengeli olması gerekir. Ani yükseklik kaybı veya dış ortamdaki basıncın ani değişiklikleri işitmede azalmaya sebep olur; ancak bu geçici bir durumdur. Eustachii borusu, dış ortamdaki basınç ile orta kulak hava basıncını dengeli hale getirmektedir ve işitme eski haline dönebilmektedir. Benzer şekilde ortamların ısısında yakın olması ses iletiminin iyileşmesine neden olmaktadır.

II. Transdüksiyon (Koklear mekanik; Ses dalgasının sinirsel enerji haline dönüştürülmesi)

İç kulakta frekansların periferik analizi yapılır ve corti organında ses enerjisi biyokimyasal olaylarla sinir enerjisi haline dönüştürülür (35).

Ses dalgalarının perilenfe iletilmesi: 1960 yılında Bekesy kobaylarda ve gerekse insan kadavralarında stroboskopik aydınlatma ile ses dalgalarının baziller membranda meydana getirdiği değişiklikleri araştırdı. Ses dalgalarının perilenfe geçmesi ile perilenf hareketlenir ve baziller membranda titreşimler meydana gelir. Bu titreşimler bazal turdan başlayarak apikal tura kadar uzanır. Bekesy bu harekete ilerleyen dalga “travelling wave” adını vermiştir. Bazal membran bazal turda dar (0.12 mm), apikal turda daha geniştir (0.5 mm). Bazal turda baziller membran gergindir ve baziller membran genişliği arttıkça gerginlik giderek azalır. Bu fark nedeni ile ses dalgası, bazal turdan apikal tura kadar gezinen dalga ile götürülmüş olur. Bekesy'nin ortaya koyduğu diğer bir nokta da baziller membran amplitüdlerinin her yerde aynı olmadığıdır. Baziller membrandaki titreşimin amplitüdü sesin frekansına göre değişiklik gösterir. Genellikle yüksek frekanslı seslerde baziller membran amplitüdüleri bazal turda en yüksek seviyededir. Buna karşılık apikal turda

alçak frekanslarda baziller membranın amplitüdleri en yüksek seviyeye ulaşır (Şekil 6).



Şekil 6. İlerleyen dalga modeli (36).

Kokleada yaklaşık 3500 iç saçlı hücre (İSH) ve 13000 dış saçlı hücre (DSH) bulunmaktadır. Bu hücreler ses enerjisinin, yani mekanik enerjinin, sinir enerjisine dönüşümünde rol alırlar. En uzun dış saçlı hücre stereosiliyası tektorial membranın alt yüzüne bağlanır. Daha kısa siliyalar ve iç saçlı hücre stereosiliyası tektorial membranın alt yüzüne bağlı olmadığı düşünülmektedir. Bazal membrandaki yer değişimi, tektorial membran ve retiküler lamina arasındaki DSH'lerini bükerek hareketlendirir. Tektorial membran ve retiküler lamina arasındaki sıvı kayma hareketi İSH'leri hareketlendirir. Böylece İSH hız, DSH yer değiştirme algılayıcısı olarak görev görür. Her saçlı hücrenin titreşim amplitüdünün en yüksek olduğu bir frekans vardır. Bu durum baziller membran amplitütleri için de geçerlidir (34, 35,37,38).

Kokleada 3 tür elektrik potansiyeli vardır.

1. Endokoklear potansiyel: Stria vaskularis tarafından oluşturulur. Anoksiye ve oksidatif metabolizmayı bozan kimyasal ajanlara aşırı duyarlı olduğu için, varlığı stria vaskularisin aktif iyon pompalama sürecine bağlıdır.

2. Koklear mikrofonik: Büyük ölçüde DSH ve bunların meydana getirdiği Kiyonu akımına bağlıdır. Baziller membran hareketleri ve ses uyarıları ile direkt ilişkilidir. DSH harabiyetinde kaybolur.

3. Sumasyon potansiyeli: İSH içindeki elektriksel potansiyelin yönlendirdiği bir akımdır. Ses uyarısına, frekansına ve şiddetine göre değişir (10,35).

III. Ses Enerjisinin Sinir Liflerine Aktarılması

İç ve dış saçlı hücrelerde meydana gelen elektriksel akım, kendisi ile ilişkili sinir liflerini uyarır. Bu şekilde sinir enerjisi frekans ve şiddetine göre corti organında kodlanmış olur (10,35).

Vertibüler nukleuslarda 4 tip nöron saptamıştır:

- Tip 1 nöronlar ipsiateraal rotasyon durumunda eskite olurlar ve miktarı en fazladır.
- Tip 2 nöronlar ipsiateraal rotasyon durumunda inhibe olmaktadır ve sayıları fazla değildir.
- Tip 3 nöronlar her harekette eskite olurlar sayıları çok azdır.
- Tip 4 nöronlar her harekette inhibe olurlar ve sayıları tip 3 nöronlar gibi çok azdır.

İnsanlarda işitme siniri 30000 liften yapılmıştır. Bu liflerin %90-95'i miyelinli, bipolar ve İSH'nde sonlanan tip 1 nöron şeklindedir. Buna karşılık %5-10'u miyelinsiz, unipolar ve DSH'nde sonlanan tip 2 nöron şeklindedir. Tıpkı saçlı hücrelerde olduğu gibi her sinir lifinin duyarlı olduğu bir frekans vardır (33, 37,39).

IV. Algı (cognition) – Birleştirme (association) Fazı

Tek tek gelen bu sinir iletimleri, işitme merkezinde birleştirilir ve çözülür. Böylece sesin karakteri ve anlamı anlaşılır hale getirilir (40).

Spiral gangliondaki sinir hücrelerinin aksonları n.koklearis adını alarak ponstaki koklear nükleuslara ulaşırlar. Koklear nükleuslar, ventral ve dorsal olmak üzere iki gruptur. Düşük frekanslı seslerle oluşan uyarı ventral nükleusta, yüksek frekanslı seslerle oluşan uyarı dorsal nükleusta sonlanır. Bu liflerin çoğu beyin sapının karşı tarafına geçerek superior olivar komplekse katılırlar. Lifler buradan lateral lemniskus ve inferior kollikulus'a giderler. Inferior kollikulustan çıkan lifler medial genikulat nükleus aracılığı ile temporal loptaki Sylvian fissürüne yerleşmiş işitme merkezine gelirler (33,35).

2.3. Eustachii Borusu Fizyolojisi

Tuba Eustachii uzunluğu 3-4 cm (ort. 36mm) kadardır. İnfantlarda uzunluk yaklaşık 18 mm'dir. Erişkinlerde lateral 1/3 (12 mm) kemik kısım ve medial 2/3 kıkırdak kısımdan oluşur. Kemik kısım temporal kemik skuamöz ve petröz kısımları içinde seyreder. İsthmus kemik kanalın en dar yeridir.

Maksiller sinir nazofarenks ağzını, mandibuler sinir kıkırdak kısım ve timpanik peksus kemik kısmını inerve eder.

Eustachii'nin 3 ana fonksiyonu vardır.

- Ventilasyon (tüpün üst kısmı),
- Temizleme (tüpün alt kısmı),
- Koruma (hem üst hem alt kısım).

Mastoid hava hücreleri orta kulağın hava rezervuarıdır. Orta kulaktan 24 saatte yaklaşık 1 ml hava absorbe edilmektedir. Normalde tuba Eustachii sık sık açılır ve orta kulak basıncını +50 ile -50 mm H₂O aralığında tutar.

Orta kulaktan sekresyonların ve yabancı materyalin drenajı Eustachii tüpü ve orta kulak mukozasının mukosilier sistemi ve Eustachii tüpünün yüzey gerilimi ve muskuler temizleme sistemi ile olmaktadır.

Tüp lümenindeki mukus daha yüzeysel kalın jel tabakası ve altında ince sol fazından oluşmaktadır. Silyalar sol faz içinde hareket ederler ve jel fazını hareket ettirirler.

Nazofarenksin normal florası ve lokal immunolajik mekanizmaları bakteriyel patojenlerden korunmaya yardımcıdır. Nazofaringeal immun sistemden gelen sekretuar IgA ve muhtemelen anne sütünden gelen antijen spesifik IgA patojenlerin nazofaringeal kolonizasyonunu azaltmaktadır. Sağlıklı bir bireyde kommensal mikroorganizmaların (viridan streptokoklar) patojen mikroorganizmalara oranı 5/1'den fazladır ve bu da patojenlerin çoğalmasını baskılamaktadır (39).

2.3.1. Orta Kulak Basıncının Dış Ortam Basıncıyla Dengelenmesi

Normalde Eustachii borusu kapalıdır, zaman zaman bazı kasların hareketi ile kısa bir süre için açılır ve bu süre içinde belirli bir hava kitlesi orta kulağa girer.

Bir zarın iyi titreşebilmesi, gergin olmasına, yani her iki tarafındaki basıncın birbirine eşit olmasına bağlıdır. Eşitlik bozulursa kulak zarı basıncı az olan tarafa doğru aspire edilir ve bu durum normal titreşimi engeller.

Organizma içindeki havalı boşluklarda sürekli bir hava emilmesi olayı vardır. Bu boşlukları çevreleyen mukoza, içerdeki havayı emer. Boşluğun dış ortama bağlantısı kesilirse, sürekli emilen hava yüzünden boşluktaki havanın basıncı düşer.

Düşük basınç, mukoza içindeki damarların permeabilitesini bozarak transudasyonlara neden olur.

4 cm³ hacmindeki bir orta kulakta 0.5 mm³ havanın emilmesi orta kulak boşluğundaki havanın basıncında düşme yapar. Rakamla değeri 1 mm H₂O basıncıdır. Normal bir orta kulakta, emilen hava yüzünden orta kulaktaki hava dakikada 1 mm H₂O basıncına eşdeğer bir basınç kaybına uğrar. Eustachii borusu 10 dakika kapalı kalsa orta kulak havasının basıncı 1cm H₂O basıncına eşit bir basınç kaybına uğrayacaktır.

Eustachii borusunun açılması, normal koşullarda yutkunma sırasında olmaktadır. Normal kişilerde dakikada 1 defa yutkunma meydana gelir. Yapılan gözlemlerde her iki yutkunmadan ancak birisinin etkili olduğunu diğerinin Eustachii borusunu açmadığını göstermiştir. Uyku sırasında yutkunma azalır, ortalama 5 dakikada bir yutkunma olayı meydana gelir.

Normal kişilerde Eustachii borusunun aynı permeabilitede olmadığı görülmektedir. Toulon deniz altı araştırma merkezi KBB Kliniğinin incelemesi, geçirgenliklerine göre östaki borularını şöyle sınıflandırmıştır:

-Çok geçirgen Eustachii borusu: Bunlar normal kişilerin %33'ünde görülür. Normal yutkunma hareketleriyle orta kulağa hava girmesi olanağı vardır. Orta kulaktaki havanın basıncı ile dış ortam basıncı arasındaki fark 2 mmsu basıncını geçmez. Her iki yutkunma olayından bir tanesi Eustachii borusunu açar ve gerekli hava orta kulağa geçer.

-Orta derecede geçirgen Eustachii borusu: Bunlar normal kişilerin %38'inde bulunurlar. Bu kişilerde Eustachii borusunun açılabilmesi için orta kulaktaki hava basıncı ile nazofarinksteki havanın basıncı arasında bir fark olmalıdır. Bu fark 0 ile 15 cmsu basıncı arasında değişir.

-Geçirgenliği bozuk Eustachii borusu: Bunlar normal insanların % 29'unda bulunurlar. Bu Eustachii borularının çalışabilmesi için orta kulak basıncı ile nazofarinksdeki basınç arasında 15 ile 30 cmsu basıncı kadar bir fark bulunması gerekir. Yutkunma hareketleri orta kulağa hava girmesini sağlar fakat basınç dengelemesini yapamaz.

Sonuç olarak Eustachii borusunun iyi çalışması için bazı normal kişilerde orta kulakta negatif basıncın bulunması gerekebilir. Orta kulaktaki negatif basınç Eustachii borusunun açılması yanında havanın emilmesinde yardımcı olur. Fakat bazen negatif basınç yer değiştirebilir. Bu basınç farkı belli değerleri aşarsa kulak zarında sürekli okme, işitmede hafif kayıplar ve ileri vakalarda tam blokaj görülür (41).

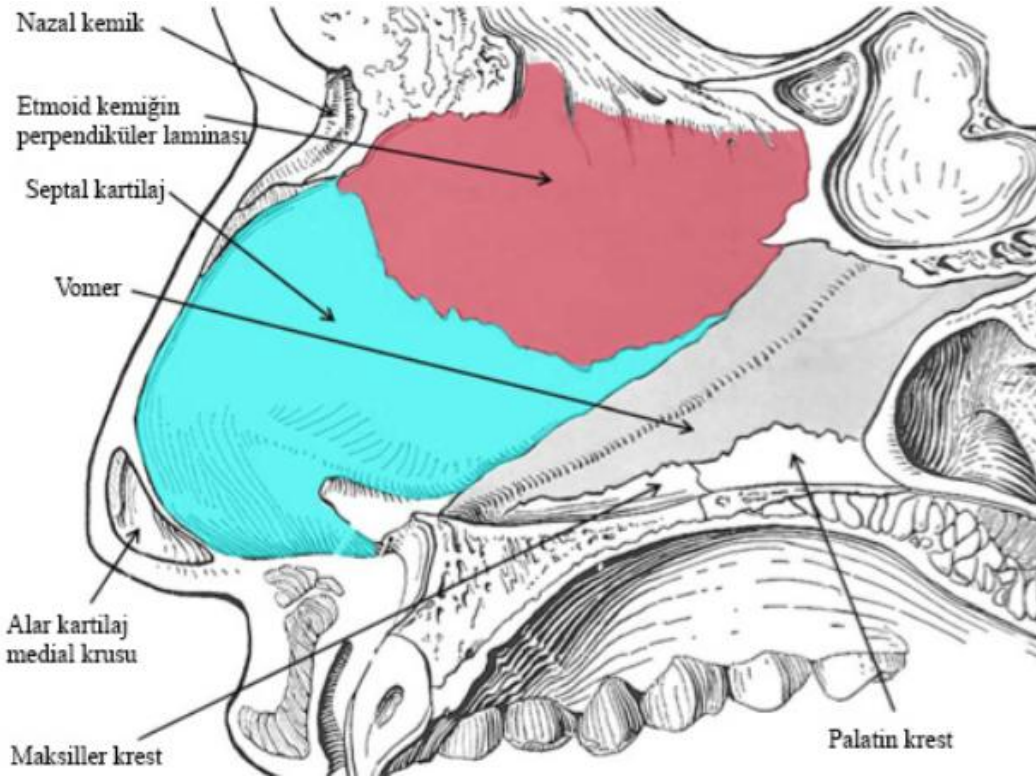
2.3.2. Eustachii Borusunun Açılma ve Kapanma Mekanizması

Eustachii borusunun açılmasına etken olan en önemli hareket yutkunmadır. Yutkunma bir reflektir ve bulber kontrol altındadır. Refleks, tükürüğün dil kökünü ve orofarinks duvarını irrite etmesiyle başlar. Eustachii borusunun aılmasında en etkili hareket tükürüğün yutulmasıdır. Katı maddelerin ve sıvıların yutulması aynı derecede etkili değildir.

Yutkunma sırasında görev alan kaslardan iki tanesi Eustachii borusunu aırmakta etkilidir. M. Elevator palatini önce kasılmaya başlar, Eustachii borusu kıkırdağını tespit eder ve alt dudağı gerer. Bundan sonra m. tensör veli palatini Eustachii borusunun fibröz kısmını dışa ve hafifçe yukarı doğru eker ve Eustachii borusu açılır. Eustachii borusunun en fazla açık olduğu kısım tüber pavyondur ve istmusa doğru giderek kasların etkisi azalır. Bu kısmın açılması bu yüzden pasif olarak gerçekleşir. Bu nedenle tıkanmanın en sık meydana geldiği bölgedir (41).

2.4. Nazal Septum Anatomisi

Nazal septum nazal kaviteyi ikiye ayıran bir duvardır. Kıkırdak, kemik ve fibröz dokulardan oluşan bu duvar hem buruna yapısal destek sağlayarak yüz görünümünü oluşturur, hem de hava akımını etkileyerek nazal işlevlerin tam olarak gerçekleşmesine katkı sağlar.



Şekil 7. Nazal septum anatomisi (42).

Kıkırdak septum tek bir kıkırdak yapıdan (septal kartilaj) oluşur (Şekil 7) (42). Septal kıkırdak dört köşelidir. Tabanda ve geride kemik septum yapıları ile desteklenir. Üstte ve geride etmoid kemiğin perpendiküler laminası ve altta ise premaxilla, maksiller ve palatine krest ve vomer ile komşudur. Ön tarafta oluşturduğu anterior ve posterior septal açılar septoplasti ve rinoplasti sırasında karşılaşılan önemli noktalardır (43).

Yüzün merkezinde bulunan septal kıkırdağın aynen bir epifiz plağı ya da sinkondroz gibi yüz kemikleri arasında bir büyüme alanı olarak davrandığı düşünülür

(44). Bu nedenle septal kartilajın tabanda maksiller ve palatin krestler, kaudalde vomer ve etmoid kemiğin perpendiküler laminası, lateralde ise nazal kemiklerle olan komşuluğu yüz gelişimi açısından oldukça önemli görünmektedir. Kıkırdak septumu etkileyen travmanın burunda orta çatı gelişimini ve maksilla gelişimini geriletği tek yumurta ikiz çalışmalarında gözlenmiştir (45).

Kemik septum etmoid kemiğin perpendiküler laminası ile vomer tarafından oluşturulur ve ayrıca tabanda maksiller ve palatine krest de septumun yapısına katılır (Şekil 7). Anteriorda septal kartilaj, kranyalde nazofrontal spin, kribriiform lamina ve sfenoid krest ve lateralinde nazal kemikler bulunur.

2.4.1 Nazal Septum Deviasyonu

Nazal septum deviasyonu orta hattaki nazal septumun kıkırdak, kemik ya da her iki kısmından kaynaklanan nonradan travmatik nedenlerle eğilmesi veya bükülmesi olarak tariflenebilir. Ancak deviasyonun standart tanımı ve derecelendirilmesi tartışmalıdır (1,46,47).

Kawalski ve Spiewak. yenidoğanlarda septum deviasyonunu anterior, posterior ve anterior-posterior olarak ayırmıştır (46). Büyükertan ve ark. paranasal sinüs bilgisayarlı tomografi görüntüleri üstünde septumu kaudal kısım haricinde dokuz parçaya ayırmış, bu parçaları anterior, media, posterior, superior ve inferiorda olmalarına göre tanımlamışlardır (48). Deviasyonu farklı morfolojilerine göre Mladina ve Bastaic yediye, Baumann ve Baumann altıya, Jin ve ark. ise dörde ayırmıştır (49,47). Mevcut sınıflamaların şiddet ve yerleşim üzerine oldukları ve yazarların kabullenişlerine göre yapıldıkları dikkat çekmektedir.

Nazal septum deviasyonu genetik nedenler, travmalar, infeksiyon, neoplazi ya da konjenital malformasyonlar nedeni ile oluşabilir. Yani deviasyon doğum öncesi, doğum sırasında ya da sonrasında gelişebilir (1).

Kawalski ve Spiewak yenidoğanlarda daha çok anterior yani kıkırdak septumda doğum travmasına bağlı deviasyon olduğunu ve ilk 24 saatte spontan olarak düzelebileceğini saptamışlardır. Yenidoğanlarda deviasyon insidansını ise %18.7 olarak bildirmişlerdir (46).

Ülkemizde yapılmış bir çalışmada ise 4-16 yaş arası çocuklarda nazal septum deviasyonu prevalansı %34.9 olarak saptanmıştır. Bu çalışmadaki yaş grupları değerlendirildiğinde yaşla birlikte prevalans artmaktadır. Yine posterior deviasyonların yaşla birlikte arttığı görülmüştür (50). Benzeri bir çalışmada Reitzen ve ark. da yakın sonuçlara ulaşmıştır. Buna göre yaşla deviasyon prevalansının artması etiyojide konjenital olmayan bir süreci düşündürse de; bu bulgu, septum gelişiminin erişkin döneme kadar devam etmesi nedeni ile deviasyon etiyojisinde geç dönemde etkili bir genetik predispozisyonu akla getirmektedir (51). Nazal septumun özellikle kemik kısmının anatomisi düşünüldüğünde, septumda deviasyonu oluşturan büyüme farklılıklarına neden olacak bir genetik predispozisyon, kranyofasiyal gelişimi de etkileyen büyüme farklılıklarına neden olabilir veya deviasyon ağızdan solunuma neden olmakta ve fonksiyonel olarak fasiyal morfolojiyi etkilemektedir.

Nazal Valv

İnternal ve eksternal olmak üzere iki tane valv vardır.

İnternal valvi alt konkanın ön ucu, üst lateral kıkırdak, septum ve apertura priformis arasındaki alan oluşturur. İnternal valvin en dar yerini üçgenin üst ucunu oluşturan, nazal septum ile üst lateral kıkırdakları kaudal ucunun meydana getirdiği 10–15 derecelik nazal valv açısı oluşturur.

Nazal valv tüm solunum yolları direncinin %50' sini oluşturur (52,53).

Eksternal valvi ise nazal vestibül, alar kıkırdaklar ve kolumella oluşturur (52).

Burunun fonksiyonları:

1. Solunum fonksiyonu: Nazal septum, anatomik olarak intranazal hava türbülansında önemli rol oynar. Kaudal ucu türbülansın başladığı noktadır (53). Burun içinden geçen havanın basıncı 10–15 mmH₂O, akım hızı ise 140 ml/dk. civarındadır.

2. Olfaksiyon fonksiyonu: Nazal kavite üst kısmında, üst konka ve septumun bir kısmını da içeren bölgede, 2–4 cm²'lik olfaktor epitel bulunur. Bu epitel koku duyusunu sağladığı gibi tad almada da yardımcıdır.

3. Regülasyon fonksiyonu: Burun solunan havanın nemlendirilmesi, filtrasyonu, ısısının ayarlanması ve solunum yolunun rezistansının ayarlanmasını da sağlar.

4. Fonasyon fonksiyonu: Burun sesin amplifikasyonu ve rezonansında rol oynar (54).

Deviasyonun şiddeti ile değişkenlik göstermekle birlikte hastalarda burun tıkanıklığı, epistaksis, kurutlanma, baş ağrısı, rinit veya rinosinüzit, koku bozukluğu, horlama, Eustachii tüpü disfonksiyonu gibi yakınmalar oluşabilir.

2.5.Akustik İmmitans ve Timponometri

2.5.1 Akustik İmmitans

Akustik immitans, akustik admitans ve akustik empedans kavramlarının her ikisini birden ifade eden kolektif bir terimdir. Objektif bir test olan akustik immitansmetri, dış kulak yoluna akustik uyaran verilerek kulak zarının katılığının ölçülmesi sonucu orta kulak fonksiyonunun değerlendirilmesi için kullanılır.(55).

American National Standards Institute (ANSI) tarafından 1987 yılında klinik akustik immitans sisteminin özelliklerini tanımlayan ve standartlaştırmayı amaçlayan bir yayın yapılmıştır. Bu sistemin üreticileri genellikle bir standarda uymak için kendi araçlarını tasarlamışlardır. Standardın amacı ise işitsel akustik immitans

ölçümlerinin 226 Hz prob ton kullanarak standart özellikleri karşılayan herhangi bir araç ile ölçüldüğünde eşdeğerlik sağlayabilmektedir. Ayrıca oluşturulan standart ortak, tek yönlü terminolojinin geliştirilmesine ve formatın planlanmasına yardımcı olmaktadır (56).

ANSI'ye göre immitans kavramını ve immitansın kapsadığı unsurlarını ölçü birimleri ile kısaca ifade edecek olursak:

Akustik İmmittans: Admittans ve impedansın her ikisini birden ifade eden kolektif terimdir.

Akustik Admittans (Ya): Birimi akustik mmho'dur. Akustik bir sistemden ses enerjisinin geçiş kolaylığını ifade eder.

Akustik Kondüktans (Ga): Birimi akustik mmho'dur. Admittansın reel unsurudur ve rezistans ile karşılıklı ilişki içindedir. Sistemin direnç (rezistans) gösteren unsurlarından enerjinin geçiş kolaylığıdır.

Akustik Suseptans (Ba): Birimi akustik mmho'dur. Admittansın varsayılan unsurudur ve sistemin kütle ve yay özelliği gösteren mekanik-akustik unsurlarından enerjinin geçiş kolaylığını ifade etmektedir. Kütle ve komplians suseptans değerlerinin sayısal çokluklarının cebirsel toplamıdır.

Akustik İmpedans (Za): Birimi akustik ohm'dur. Sistemin ses enerjisinin geçişi esnasında, enerjinin geçişine karşı oluşturduğu dirençtir.

Akustik Rezistans (Ra): Birimi akustik ohm'dur. İmpedansın reel unsurudur ve enerji geçişine sistemin direncini ifade eder.

Akustik Reaktans (Xa): Birimi akustik ohm'dur. İmpedansın varsayılan unsurudur, kütle reaktansı ve komplians reaktansın sayısal çokluklarının cebirsel toplamıdır (56).

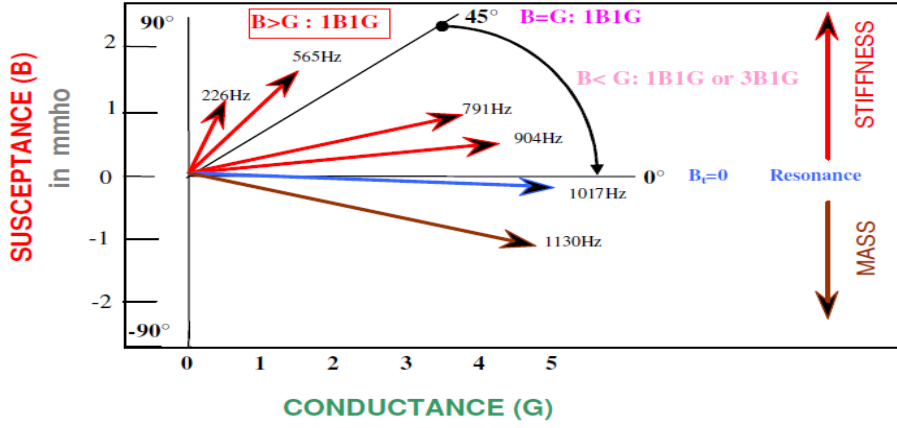
Akustik empedans ise akustik enerjinin orta kulak iletim sistemi içerisindeki akışına karşı gösterilen direncin ölçümüdür. Empedans (akustik ohm), akustik enerjinin akışına orta kulak sisteminin gösterdiği dirençtir. Admittans (akustik mmho) ise bunun tersi olarak orta kulak sisteminin kendi üzerinden enerji geçişine gösterdiği geçirgenliktir. Günümüzdeki tüm ölçüm cihazları aslında admittansı ölçmektedir (57).

Günümüzde akustik immitans ölçümü yapan cihazlar sadece akustik admitansı(Ya) ve onun iki alt unsuru olan akustik suseptans(Ba) ve akustik kondüktansı(Ga) ölçerler. Empedans yerine admitans ölçmenin önemli bir sebebi probe ile timpanik membran arasındaki havanın admitans değerini pek etkilememesi ancak empedans değerinde karmaşık hesaplamalar gerektirecek değişikliklerde bulunmasıdır. Bir diğer sebep ise admitans değerinin orta kulak mekanik-akustik sistemindeki farklı unsurların fonksiyon farklılıklarına karşı daha hassas olmasıdır. Admittansın alt unsurlarından biri olan akustik kondüktans, sürtünme unsurları bulunan bir sistemden ses enerjisinin geçiş rahatlığını ifade eder. Sürtünme unsuru enerjinin ısıya dönüşerek israf olmasına sebep olur ve frekans farklılıklarından etkilenmez. Diğer bir deyişle, ses enerjisinin frekansı hangi değerde olursa olsun sürtünme unsurunun etkisini ortadan kaldıramaz. Akustik suseptans ise frekans farklılıklarından etkilenen komplians (yay etkisi, geri tepme, katılık) ve kütle (atalet, hareketsiz kalma durumu) alt unsurlarını kapsayan bir terimdir (7,58).

Orta kulak bir iletim sistemi olarak zarlar, ligamanlar, kaslar, kemikçikler ve sıkışmış havadan oluşmaktadır. Tüm bu anatomik yapıların her mekanik özelliklere sahip akustik sistemde olduğu gibi kondüktans ve suseptans değerleri vardır ki bu değerler bir bütün halinde ele alındığında orta kulağın akustik admitans değerini verir. Bu değer timpanometri ile ölçtüğümüz admitans değeridir (7)

Akustik admitans karmaşık iki parametrenin ilişkide olduğu bir çokluğun ifadesidir. Dolayısıyla tek bir sayısal değer veya parametre ile açıklamak mümkün değildir. Şekil 7'de sağlıklı bir orta kulak sisteminde, admitansın iki parametresi olan suseptans ve kondüktansın ilişkilerini vektör olarak göstermektedir. Kondüktans

parametresi sürtünme unsuru ile ilgili olduğundan negatif değer alması mümkün değildir, bu yüzden X-ekseninde gösterilmektedir. Suseptansın iki parametresi kompliant suseptans ve kütle suseptansı hız-kuvvet ilişkilerine göre y-ekseninde pozitif/negatif değer alırlar (7). (Şekil 8)



Şekil 8. Kitle ve sertliğe göre susseptans ve konduktans eğrileri

Şekil 8’de de görüldüğü gibi kompliant ve kütle suseptanslarının toplamının 0’a eşit olduğu nokta rezonans noktasıdır. Bunun altındaki frekanslarda orta kulak kompliant suseptansın etkisi altında yani sertlik özelliği yüksek demektir. RF’nin üstündeki frekanslarda ise orta kulak sistemi kütle suseptansının etkisi altındadır.

Orta kulak sisteminde patolojik bir durum olduğunda, bu durum orta kulağın mekanik-akustik özelliklerinde bir takım değişikliklere sebep olur. Bu da admitans değerinin farklılaşması anlamına gelir. Bu anlamda immitans ölçümleri bize orta kulak fonksiyonlarındaki değişiklikler ve bunlarla ilişkili olabilecek patolojilere dair bilgi sağlar.

İmmitans odyometrisi bataryasında ilk akla gelen timpanometri olsa da, timpanometrinin yanı sıra östaki tüpü fonksiyon testleri, akustik refleks ve refleks decay testleri de yer almaktadır. İmmitans odyometri bataryası efüzyon, otoskleroz, kemikçik zincir fiksasyonu ve kopukluğu, timpanik membran zedelenmesi ve perforasyonu, orta kulakta sıvı birikimi yanı sıra 8. kranial çift fonksiyonu yine bu

sinir üzerinde ve orta kulakta tümör varlığı ve fasiyal sinir fonksiyonu gibi birçok konuda bilgi vermektedir (59,60).

2.5.2.Timpanometri

Timpanometri orta kulak fonksiyonunu objektif olarak ölçen bir testtir. Dış kulak yolundan yapılan basınç değişiklikleri ile orta kulağın akustik immitansını ölçer (59). Klasik timpanometri sıklıkla 226 Hz. prob tone ile uygulanmaktadır. Alçak frekansın seçilmiş olmasının sebebi yüksek frekanslarda oluşabilecek mikrofön düzensizliklerini engellemek, ölçüm esnasında akustik refleks oluşumunu engellemek amaçlıdır (7).

Alçak frekans timpanometri orta kulağın fonksiyonuna dair çok önemli bilgiler sunmaktadır ancak bazı yetersizlikleri de mevcuttur. Bu eksikliklerden ilki her orta kulak patolojisi için ayrı bir veri sunmadığından timpanometri ölçümünün sonucuna dayanarak net bir karar vermenin, teşhis koymanın mümkün olmamasıdır. Klinik uygulamada anemnez, saf ses odyometrisi ve otoskopik muayene sonuçları ile beraber bir hastalığın teşhisi mümkün olabilir (57).

Ölçümden kaynaklanan bir diğer yetersizlik, işitme eşiklerini etkilemeyecek düzeyde bile olsa timpanik membranı etkilemiş bir patolojinin ölçülen admitans değerine çok baskın şekilde yansyacağıdır. Kaldı ki aynı kulakta bununla beraber birçok orta kulak patolojisi de bulunabilir. Dış kulak yoluna yerleştirilen proba en yakın timpanik membran olduğundan timpanometrik veriyi en çok timpanik membran etkileyecek, var olan diğer patolojiler ise ölçülen admitans değerine ne yazık ki pek yansyamayacaktır. Ayrıca immitans ölçümleri ayırt etmeyi sağlayacak aralıklı değerler sağlamadığından normal orta kulakla patolojik orta kulağı ayırmak bile kimi zaman mümkün olmamaktadır. Bu kısıtlamalar ve eksikliklere rağmen timpanometri, otoskopi, saf ses odyometrisi ve akustik refleks ölçümleri ile beraber kullanıldığında orta kulak rahatsızlıklarının tespitinde etkilidir. (7).

2.5.3. Timpanometrik Ölçümler ve Timpanogram Çeşitleri

Timpanogramlar kullanılarak orta kulak iletisi sisteminin bütünlüğü (kulak zarının durumu, kemikçikler sistemi), orta kulak basıncı, kulak kanalı veya orta kulak hacmi, östaki fonksiyonu ve stapes kası refleksi ile ilgili bilgiler elde edilebilir (10). Timpanogram milimho birimi (mmho) ile ifade edilen akustik admitansın yansıdığı grafikdir. Bu grafikte akustik admitans, dış kulak yolundan probe marifeti ile +200 daPa ile -400 daPa arasında değiştirilen basınç düzeyleri esnasında kayıt edilen verileri gösterir. Timpanogramın tepe noktası normal orta kulaklarda 0 daPa ya da atmosfer basıncındadır ki bu da akustik enerji geçişinin en yüksek olduğu durumdur. Basınç pozitif ya da negatife doğru kaydıkça timpanik membran ve orta kulak sistemi katılaşır. Katılaşma akustik admitansın düşmesi anlamına gelir, bu da daha fazla enerjinin dış kulak yoluna yansması demektir. Basıncın ileri derecede pozitif ve negatif değerler aldığı her iki durumda da dış kulak yolu katı, sert bir duvara dönüşür ve admitans en düşük seviyede kalır (61).

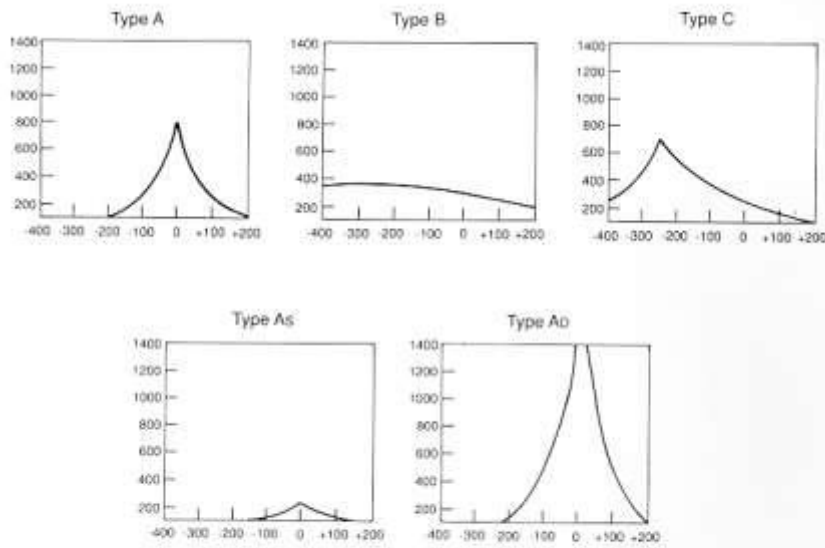
Dış Kulak Yolu Hacmi: Sadece orta kulak sisteminin admitansını elde edebilmek için öncelikle probe ucu ile timpanik membran arasında sıkışan havanın admitansı ölçülür ve toplam değerden çıkarılır.

Tepe Noktası (Peak) Telafili Akustik Admitans: Net orta kulak admitansı olarak da adlandırılabilir. Dış kulak yolundaki hava hacminin admitansının toplam admitans değerinden çıkarılmasıyla bulunan değerdir. Timpanogram değerinin yüksekliği bu değeri verir. Bazı orta kulak rahatsızlıkları, direkt olarak timpanogramın yüksekliği ile ilişkilidir. Oldukça güvenilir bir değerdir çünkü yükseklik ölçüsü hastanın ölçüm esnasındaki yutkunmasından ya da nefes örüntüsünden etkilenmez.

Timpanogram Gradienti: Timpanogramın şeklini belirleyen en önemli değerlerden biridir. Tepe noktasının dikliğini belirleyen açıdır. Bu değer daPa cinsinden elde edilir ve orta kulak admitansının tepe noktası ile ortalama değeri arasındaki farktır.

Timpanogram Tepe Basıncı: Timpanogramın tepe noktasının bulunduğu basınç seviyesidir. Normal kulaklarda -100 ila +50 daPa arasında değişkenlik göstermektedir. Östaki disfonksiyonu ve efüzyonlu otitlerde tepe basıncı negatif alana kaymaktadır (62).

226-Hz Timpanogram Tipleri: İlk kez Linden ve Jerger tarafından belirlenen ve en çok kullanılan beş temel tip (A,As,Ad,B,C) eğri mevcuttur (10). (Şekil 9)



Şekil 9. Timpanogram çeşitleri

Tip A: A tipi timpanogramın 3 alt tipi bulunmaktadır. Tip A timpanogramlar normal orta kulaklardan kayıt edilir. Tip A timpanogram 0 daPa basınçta normal yüksekliğe sahiptir. Tip As alçak tepe noktalıdır ve orta kulakta sıvı birikimi ya da kemikçik fiksasyonu olması halinde görülür. Tip Ad'nin ise tersine tepe noktası çok yüksektir. Bu tip timpanogram kemikçik kopukluğu ya da timpanik membran hasarlarında görülür (59).

Tip B: Tip B timpanogramın tepe noktası bulunmaz. Yatay düz bir çizgi şeklindedir. Orta kulak efüzyonu, timpan zar perforasyonu, serümen ile probun

tıkanması, dış kulak yolunu tıkayan serumen, tütün ağzının dış kulak yoluna dayanması gibi probun yerleştirilmesinde yanlışlık olduğu durumlarda tip B timpanogram elde edilir (59).

Tip C: Normal amplitüdü pik yapan ancak pik basıncının -50 daPa'dan düşük değerlerde gerçekleştiği timpanogram eğrisidir. Orta kulakta negatif basınç varlığında elde edilmektedir (63).

Jerger'in 1970 yılında sunduğu bu şekiller özellikle klinik ortamlarda geçerliliğini korumaktadır. Ancak bu analiz şekli sadece Y-226 Hz ile ölçüm yapan alçak frekans timpanometrisi için geçerlidir. Jerger (1970) tarafından 220 Hz probe ton için bildirilen bu üç timpanogram çeşidine (A,B ve C tipleri) ek olarak yüksek frekans probe ton için iki ilave timpanometrik kalıp daha ortaya çıktı. D tipi ve E tipi olarak adlandırılan bu kalıplar birden fazla tepe noktalıdır (59).

Tip As: +50 ile -50 daPa basınçlar arasında *peak* yapan ancak amplitüdün 0.3 ml'den az olduğu timpanogram eğrisidir. Otokleroz ve ossiküler fiksasyonda rastlanmaktadır

Tip Ad: +50 ile -50 daPa basınçlar arasında *peak* yapan ancak amplitüdün çok yüksek seyrettiği timpanogram eğrisidir . Kemikçik zincir disartikülasyonu , monomerik membran, timpanosklerotik plak olduğu durumlarda Tip Ad timpanogram elde edilir.

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

Tip E: Birden fazla ancak alçak tepe noktalarına sahiptir ve geniş, inişli çıkışlı tepe noktalarıyla karakterizedir. Jerger ve Northern (1970) tip E timpanogramın kemikçik zincir devamsızlığına işaret ettiğini ileri sürmüşlerdir (61).

Timpanometrideki yanlgılar hastaya, cihaza veya uygulayana bağlı olabilir. Öncelikle hastanın yutkunması veya hareket etmesi yanlg sonuçlar verebilir. Cihaza bağlı voltaj veya kalibrasyon bozukluğu olmaması gerekmektedir. En önemlisi uygulayana bağlı olan hatalardır. Probuñ yanlg yerleştirilmesi, buşunun iyi temizlenmemesi, uygun protokolle yapılmaması ve test sırasındaki dikkatsiz kayıtlar (sağı/solu karıştırmak, refleksleri yanlg kaydetmek) sonuçları olumsuz etkilemektedir. Son yıllarda, 10 frekanslı prob tone kullanabilen çoklu frekans timpanometreler geliştirilmiştir (63).

2.5.4. Multifrekans Timpanometri



şekil 10. GSI (Grason-Stadler Inc.) Tymptstar Middle Ear Analyzer Version 2

Klasik timpanometri sıklıkla 226 Hz probe tonla uygulanmaktadır. Ancak değişik frekanslarda probe ton uygulanması, özellikle orta kulak patolojilerinin tanısında yarar sağlamaktadır. Multifrekans timpanometri, 226 Hz ile 2000 Hz arasında değişik probe tonlar ile elde edilen timpanogramların analizini sağlayan bir yöntemdir. Yüksek frekanslı probe tonlar orta kulak sisteminin katılık etkisini artıran patolojilerde daha çok değer taşıtmaktadır. Bu anlamda otoskleroz, ossiküler zincirde parsiyel veya total ayrılma, orta kulak malformasyonları, primer kolestoatom, orta kulak tümörleri, osteogenesis imperfecta ve fibröz displazinin ayırıcı tanısında

multifrekans timpanogramın ayırıcı tanı değeri daha da önem kazanmaktadır (3). Düşük prob ton frekansları kullanıldığında timpanogram daha çok orta kulak ve timpan zarının katılığı hakkında bilgi vermektedir (63). Multifrekans timpanometrenin daha avantajlı bir test olmasının sebebi orta kulak sisteminin admitansını ve admitansı belirleyen unsurları ayrı ayrı ölçmesi ve daha detaylı bilgi vermesidir. Klasik 220/226 Hz probe ton sinyal veren timpanometrinin ölçtüğü statik admitans, timpanometrik tepe basıncı, dış kulak yolu hacmi ve timpanometrik gradient parametrelerine ek olarak çoklu frekanslarda statik admitans ölçümü, Vanhuysse paterni, 45 derece faz açısında admitans değerlendirmesi ve orta kulağın rezonant frekansı bilgilerini de vermektedir (3).

Rezonans frekans çoklu frekans timpanometrenin sunduğu önemli parametrelerden biridir. İmmittans kavramından söz ederken değinildiği gibi admitans bir sistemin enerjiiyi iletme becerisidir ve iki unsuru bulunmaktadır. Kondüktans (sürtünme unsurundan geçiş kolaylığı) frekans değerinden bağımsız bir elemandır ve enerjinin kayba uğramadan sistemden geçişini ifade eder. Suseptans (B) ise admitansın alt unsuru olarak enerjinin komplians ve kütle elemanlarından geçiş kolaylığını ifade eder ve frekans değerine bağlı olarak değişkenlik gösterir. Suseptansın iki alt unsuru kütle suseptansı ve komplians suseptansının cebirsel toplamları toplam suseptansı verir. Rezonans frekans (RF) toplam suseptans (Bt) değerinin sıfıra eşit olduğu ve sistemin doğal frekansında titreştiği frekanstır. Bu frekansta direnç en düşük seviyededir çünkü kütle ve komplians unsurları aynı fazda hareket etmeye başlarlar. Direnci oluşturan tek unsur sürtünme unsurudur ve bu unsur frekanstan bağımsız olduğu için etkisini kaybetmez. Belli patolojilerin varlığında rezonans frekans değeri normal ve sağlıklı kulaklara kıyasla daha aşağı ya da yukarı değerler almaktadır (7).

Multifrekans timpanometri ülkemizde yeni kullanıma girmiş bir tanı yöntemidir. Son zamanlardaki bu konuda yapılmış değişik uluslararası araştırmalar bulunmaktadır. Yapılan araştırmalar özellikle orta kulak effüzyonu ve otoskleroz tanısı üzerinde yoğunlaşmaktadır.

Ayırıcı tanıdaki avantajlarına rağmen ne yazık ki multifrekans timpanometrinin kullanımı klinik uygulamada pek yaygınlaşmamıştır. Multifrekans timpanometri ölçümlerinin rutin test bataryasına dahil edilememesinin önemli bir sebebi ölçümlerin standart tek probe tonlu timpanometriye oranla daha karmaşık ve anlaması güç oluşudur. Ayrıca, standart sonuçların bulunmaması ve çoklu frekans timpanometrinin klinikteki kullanımında sağlayacağı yararlar üzerine yeterli araştırma olmaması da multifrekans timpanometrinin kliniklerde kullanımında engel oluşturmaktadır (7).

2.5.5. Multifrekans Timpanometrinin Çalışma Prensipleri

Öncelikle 226 Hz'lik prob ton kullanılarak timpanogram ve statik admittans kaydedilir. Timpanogram kaydı, hava basıncı +200 ile -400 daPa arasında 200 daPa /saniye oranında değiştirilerek yapılır. Daha sonra orta kulağın rezonans frekansı, prob tonu 250 Hz ile 2000 Hz arasında 50 Hz'lik basamaklar şeklinde taranarak ve kulak kanalına +200 daPa basınç uygulanılarak araştırılır. Bu ölçümler sırasında saptanan faz açısı ölçümleri hafızaya kaydedilir. İkinci bir prob ton ise timpanometrinin tepe değerindeki basınç kulak kanalına uygulanarak verilir. Her iki ölçüm arasındaki veri farkları frekansiyel fonksiyonlu bir grafikte değerlendirilir. Düşük frekanslarda timpanometride tek tepe noktası izlenmektedir. Ters bir şekilde, yüksek frekans prob tonlu timpanogramlar çok sayıda tepe noktaları içerir.

Normal orta kulakta sesin gazdan önce katıya, daha sonra sıvıya transferi akustik admitans kuralları ile ayarlanmaktadır (64,65). Akustik immitans (Y_a), akustik empedansın (Z) tersi olarak tanımlanmaktadır.

Akustik immitans aşağıdaki formül ile açıklanmaktadır.

$Y=1/[c+j(2_{fm}-k/2_f)]$. Bu formülde m: orta kulak kütlelerini, k: kemikçik ve timpanik membran ligamentlerinin sertliği, 2_{fm} : kütle susseptansı, $k/2_f$: komplians veya sertlik susseptansı ve c: kondüktans. Açık ki sesin frekansı arttıkça sistem

daha çok kütleden etkilenmektedir. Frekans azaldıkça sistem daha çok komplanstan etkilenmektedir.

$Y=1/c$ olana tek bir frekans vardır ve bu frekansta total suseptans 0'dır. Bu f değeri rezonans frekansı olarak tanımlanmaktadır. Sonuçta kondüktanstan bağımsız olarak yüksek rezonant frekansı olan sistemler yüksek sertliği olan sistemlerdir ve düşük rezonans frekansı olan sistemler de yüksek kütleli sistemlerdir (66). Kütle etkisi altındaki orta kulaklara örnek kolesteatoma veya kemikçik zincir ayrılması ve sertlik etkisi altındaki kulaklara da otoskleroz ve timpanoskleroz örnek olarak verilebilir.

Vanhuysse, Creten ve Van Camp (1975) değişik frekanslarda timpanometrileri incelemiş ve susseptans (B) ve kondüktans (G) timpanogramlarının değişik frekanslardaki modellerini belirlemişlerdir (67). 1B1G paterninde orta kulak komplanstanın etkisi altındadır. Admitans faz açısı 45 ile 90 derece arasındadır. Standart düşük frekans timpanometri 1B1G paternindedir. 3B1G paternindeki susseptans eğrisi, 3 tepe noktası içerir. Faz açısı 0 ile 45 derece arasındadır. 3B3G paterninde faz açısı -45 ile 0 derece arasındadır ve hem susseptans, hem kondüktans timpanogramları 3 tepe noktası içerir. 5B3G paterninde faz açısı -90 ve -45 dereceler arasındadır ve susseptans eğrisi 5 tepe noktası içerir. Orta kulağı ilgilendiren patolojilerde Vanhuysse paternlerinin görüldüğü frekanslar değişmektedir. Örneğin otoskleroz gibi rezonans frekansını arttıran durumlarda Vanhuysse eğrileri daha yüksek frekanslarda görülecektir. Vanhuysse paternleri kullanılarak rezonans frekansı da hesaplanabilir. 3B3G modelinde B timpanogramdaki orta çentik pozitif veya negatif kuyruğa eşit olduğunda toplam susseptans değeri 0'dır ve orta kulak rezonans frekansındadır denir (68).

Bir diğer deyişle rezonans frekansı, minimum enerjiyle zarın maksimum hareketini sağlayan ve orta kulak tarafından kohleaya en fazla ses enerjisinin iletebildiği frekans olarak tanımlanabilir. Akustik admittansın kütle, katılık ve direnç elemanlarını ayrı ayrı değerlendirilmesini sağlamaktadır. Orta kulağın kütle ve komplanstan değerleri rezonans frekansını etkiler. Orta kulağın doğal rezonans

frekansı 1000-2000 Hz aralığındadır (39,81,37). Multifrekans timpanometri cihazlarının standart timpanometri cihazlarından en önemli farkı özellikle yüksek frekans rezonans frekansı değerlerinin tespitidir ve özellikle orta kulak sisteminin sertlik etkisini arttıran patolojilerin tanısında değerlidir. Multifrekans timpanometrinin özellikle otosklerotik kulağı, normal kulaktan ayırmakta standart timpanometriye göre daha başarılı olduğu da bildirilmiştir. Otosklerozun orta kulak sertliğini önemli ölçüde artırdığı ve rezonans frekansı değerinde artışa neden olduğu bildirilmiştir (69). Yüksek rezonans frekansı değeri alan sistemler yüksek sertlik (otoskleroz ve timpanoskleroz), düşük rezonans frekansı olan sistemler ise yüksek kütle (kolesteatoma veya kemikçik zincir ayrılması) etkisi altında kalan sistemlerdir (63).

3.BİREYLER VE YÖNTEM

Bu araştırma, Başkent Üniversitesi Tıp ve Sağlık Bilimleri Araştırma Kurulu tarafından onaylanmış (Proje no:KA15/56) ve Başkent Üniversitesi Araştırma Fonunca desteklenmiştir. Çalışma, Başkent Üniversitesi Kulak Burun Boğaz Anabilim Dalı'nda Odyoloji, Konuşma ve Ses Bozuklukları Ünitesi'nde otoskopik muayenesi normal ve işitme kaybı şikayeti olmayan, orta – ileri derecede tek taraflı septum deviasyonu olan ve orta – ileri derecede tek taraflı septum deviasyonu olmayan gönüllü katılımcılarla gerçekleştirilmiştir.

3.1. Bireyler

Çalışma grubu 18-40 yaş aralığında 58 yetişkin birey dahil edilmiştir. Septum deviasyonu olan ve septum deviasyonu olmayan sağlıklı grup olmak üzere iki grup belirlenmiştir.

Septum deviasyonu olan gruba, 15 erkek (30 kulak) ve 14 kadın (28 kulak) olmak üzere toplam 29 birey, kontrol grubuna ise 14 erkek (28 kulak) ve 15 kadın (30 kulak) olmak üzere toplam 58 birey dahil edilmiştir. 58 (116 kulak) gönüllü bireyden oluşmuştur. Örneklem genişliği çalışma öncesi yapılan istatistiksel ön değerlendirmeye hesaplanmıştır.

Septum deviasyonu olan çalışma grubunu oluşturan 29 kişinin çalışmaya dahil olmasında şu kriterler dikkate alınmıştır;

- Bilinen sağlık sorunu olmaması (kronik hastalıklar, nörolojik hastalıklar, immünolojik hastalıklar),
- Herhangi bir kulak hastalığı olmaması,
- İlaç kullanım öyküsü olmaması,
- Yapılan otoskopik muayenede herhangi bir dış kulak yolu ve/veya timpanik membran patolojisinin bulunmamış olması,

- İmpedansmetrik taramada tepe değeri ± 50 daPa A tipi normal timpanogramı olan ve 500-4000 Hz arasındaki akustik reflekslerin normal düzeyde bulunması,
- Daha önceden işitme eşiklerinde kalıcı olarak etkileyecek bir kulak burun boğaz problemi geçirmemiş olmaları,
- Burun muayenesinde orta – ileri derecede tek taraflı septum deviasyonu saptanması.

29 gönüllü bireyden oluşan kontrol grubunun çalışmaya dahil edilmesinde aşağıdaki kriterler dikkate alınmıştır;

- Bilinen sağlık sorunu olmaması (kronik hastalıklar, nörolojik hastalıklar, immünolojik hastalıklar),
- Herhangi bir kulak hastalığı olmaması,
- İlaç kullanım öyküsü olmaması,
- Yapılan otoskopik muayenede herhangi bir dış kulak yolu ve/veya timpanik membran patolojisinin bulunmamış olması,
- İmpedansmetrik taramada tepe değeri ± 50 daPa A tipi normal timpanogramı olan ve 500-4000 Hz arasındaki akustik reflekslerin normal düzeyde bulunması,
- Daha önceden işitme eşiklerinde kalıcı olarak etkileyecek bir kulak burun boğaz problemi geçirmemiş olmaları,
- Burun muayenesinde orta – ileri derecede tek taraflı septum deviasyonu saptanmaması.

Çalışmaya katılım gönüllülük esasına dayandığından katılımcılardan öncelikle, “Gönüllü Denek Bilgilendirme ve Onay Formu”nu doldurmaları ve imzalamaları istenmiştir.

Araştırma verilerinin istatistiksel analizi SPSS (Version 17, Chicago IL, USA) paket programıyla yapıldı. Veri analizi yapılırken, iki grup karşılaştırması için bağımsız iki grup t testi, önşartlar sağlamadığında ise Mann Whitney-U testi kullanılmıştır. İki birbirine bağımlı örneğin (deviasyon tarafı RF ve karşı taraf RF) aynı dağılım gösterip göstermediğini belirlemek için Wilcoxon Signed Ranks Test kullanılmıştır.

İstatistiksel anlamlılık düzeyi $p < 0.05$ olarak kabul edildi.

3.2. Kullanılan Test ve Yöntem

Katılımcılara öncelikle bir KBB uzmanı tarafından tam kulak burun boğaz muayenesi yapılmıştır. Bu muayenesi çalışmaya uygun olan hastalara timpanometri ve multifrekans timpanometri testleri uygulanmıştır.

Tüm bireylerin immitansmetrik ölçümleri Grason Stadler (GSI) Tymptar Version 2 elektroakustik immitansmetre kullanılarak yapılmıştır. Öncelikle 226 Hz'lik prob ton kullanılarak timpanogram ve statik admitans kaydedilmiştir. Timpanogram kaydı, hava basıncı +200 ile -400 daPa arasında 200 daPa /saniye oranında değiştirilerek kaydedilmiştir. Timpanogramları Tip A olarak saptanan bireylere multifrekans timpanometri ölçümü yapılmıştır. Cihaz, multifrekans timpanometri ölçümünü iki aşamada yapmaktadır. Öncelikle, sabit frekansta probe ton vererek +200 ile -400 daPa arasında basınç değişikliği yaparak SA, TTB ve gradient değeri gibi standart timpanometri parametrelerini araştırmakta ve timpanograma yansıtmaktadır. İkinci aşamada basınç sabit düzeyde tutularak katılımcıların her iki kulağına 250-2000Hz frekans aralığında ardışık olarak ve 50 Hz aralıklarla uyarın verilerek orta kulak rezonans frekans değerleri tespit edilmiş ve diğer immitansmetrik değerlerle beraber çıktıları kayıt altına alınmıştır.

4.BULGULAR

Çalışmaya septum deviasyonu dercesi orta veya ileri düzeyde olan 29 sağlıklı birey (Tablo 1) dahil edilmiştir. Bireylerin 14 (%48.3)'ü kadın, 15 (%51.7)'i erkek, yaş aralığı ise 18-40'tır. Deviasyon tarafına göre hastalar değerlendirildiğinde 9 (%31)'u sağa deviyeye, 20 (%61)'si sola deviyeye olarak belirlenmiştir.

Tablo 1: Septum deviasyonu olan bireylerin demografik ve RF verileri

Sıra	Ad Soyad	Cinsiyet	Deviasyon Tarafı	Sağ Kulak RF Değeri	Sol Kulak RF Değeri
1	G.Ç.	K	R	800	800
2	M.Z.	K	L	1650	1200
3	S.Y.	K	L	900	1050
4	A.E.	K	R	950	1000
5	M.G.	E	L	750	1000
6	O.O.D.	E	L	1100	1100
7	A.Ş.	E	L	1150	1050
8	M.K.	K	L	1300	1200
9	A.Ş.	K	L	700	800
10	A.S.	K	L	700	850
11	H.D.	E	L	1050	1000
12	Ö.O.	E	L	550	500
13	L.Ö.	E	R	1050	1050
14	C.E.	K	R	450	450
15	N.B.	E	L	550	550
16	E.D.	K	L	800	1300
17	M.S.	E	L	450	500
18	A.S.	E	L	500	500
19	G.P.	K	L	500	500
20	B.B.	E	L	550	500
21	T.D.	K	R	500	500
22	T.K.	K	L	600	500
23	M.Ç.	E	R	500	900
24	A.Ü.	E	R	550	550
25	T.D.	K	L	500	550
26	S.G.	K	L	1000	1100
27	H.H.A.	E	L	600	850
28	S.A.	E	R	750	700
29	B.K.	E	R	1100	600

Çalışmaya septum deviasyonu dercesi orta veya ileri düzeyde olmayan 29 sağlıklı birey (Tablo 2) dahil edilmiştir. Bireylerin 15 (%51.7)'ü kadın, 14 (%48.3)'i erkek, yaş aralığı ise 18-40'tır.

Tablo 2: Septum deviasyonu olmayan bireylerin demografik ve RF verileri

Sıra	Ad Soyad	Cinsiyet	Sağ Kulak RF Değeri	Sol Kulak RF Değeri
1	G. Ç.	E	650	1000
2	M.Z.	K	850	950
3	S.O.	K	1150	650
4	A.E.	K	850	900
5	M.G.	K	650	800
6	G.A.	K	850	850
7	A.Ş.	K	800	1000
8	M.K.	K	750	1350
9	A.Y.	K	950	1200
10	A.S.	K	1000	950
11	S.B.	K	900	900
12	Ö.B.	K	1000	1050
13	S.A.	K	500	800
14	S.C.	E	800	600
15	G.N.	E	900	700
16	K.S	E	800	850
17	S.İ.	E	1050	1050
18	G.Y.	E	750	750
19	G.B.	E	750	800
20	E.Ç.	E	850	800
21	M.Ç.	E	750	950
22	M.S.Y.	E	750	950
23	B.C.	E	800	900
24	M.F.	E	850	800
25	C.C.	E	900	900
26	M.D.	E	850	750
27	B.O.	K	650	750
28	M.Y.	K	850	700
29	M.S.Y.	K	900	1000

Tablo 3: Çalışmaya katılan bireylerin cinsiyete göre dağılımları

		Grup * cinsiyet		Total	p-değeri	
		Kadın	Erkek			
Grup	hasta	Count	14	15	29	0.793
		% within grup	48,3%	51,7%	100,0%	
	kontrol	Count	15	14	29	
		% within grup	51,7%	48,3%	100,0%	
Total		Count	29	29	58	
		% within grup	50,0%	50,0%	100,0%	

* $p < 0,05$ iki değişken arasında anlamlı bir ilişki vardır.

Hasta ve kontrol grupları arasında cinsiyet açısından anlamlı fark elde edilmemiştir. ($p=0.793$) (ki-kare testi)

Çalışmaya dahil edilen kontrol grubunun sağ ve sol kulak RF değerleri ve birbirleri arasında karşılaştırıldığında anlamlı bir fark saptanmamıştır. ($p=0.999$) (Wilcoxon signed ranks test) ($p > 0.05$) (Tablo 4)

Tablo 4: Çalışmaya katılan kontrol grubunun RF değerleri

Kulak Sayısı (n)	SAĞ KULAK RF		SOL KULAK RF		p Değeri
	Ortalama	Std.Sapma	Ortalama	Std.Sapma	
n=29	831,03	131,89	884,48	160,97	0.999

Hasta katılımcıların ($n=29$) deviasyon tarafı ve karşı taraf RF değerleri kıyaslandığında da istatistik anlamlı fark saptanmamıştır (Wilcoxon Signed Ranks Test) ($p=0,367$) ($p > 0.05$) (Tablo 5). Bu karşılaştırmadaki amacımız hasta bireylerin deviasyon olan tarafın kulağı ile deviasyon olmayan taraftaki kulaklığı arasında RF bir değişim olup olmadığını anlamak.

Tablo 5: Deviasyon tarafi ve karşı taraf RF değerleri kıyaslaması

		Ortalama	Std.Sapma	p Değeri
n=29	Deviasyon tarafi RF	801.72	278.22	0.367
	Karşı taraf RF	774.14	292.65	

Tablo 6: Deviasyonu sağ tarafta olanların sağ kulak RF ile kontrollerin sağ ve sol kulak RF karşılaştırması

Deviasyon olan taraf sağ	Sağ Kulak RF Değeri	Sol Kulak RF Değeri	Kontrol Grubu Sağ Kulak RF Değeri	Kontrol Grubu Sol Kulak RF Değeri
N Valid	9	9	29	29
Mean	738,89	727,78	831,03	884,48
Median	750,00	700,00	131,891	160,970
Std. Deviation	252,212	220,951	850,00	900,00
Minimum	450	450	500	600
Maximum	1100	1050	1150	1350

Deviasyonu sağ tarafta olan hastaların sağ kulak RF ile kontrol grubunun sağ kulak RF kıyaslandığında da istatistik anlamlı fark saptanmamıştır ($p=0,284$) (mann-whitney u testi) (Tablo 6).

Deviasyonu sağ tarafta olan hastaların sağ kulak RF ile kontrol grubunun sol kulak RF kıyaslandığında da istatistik anlamlı fark saptanmamıştır ($p=0,273$) (mann-whitney u testi) (Tablo 6).

Tablo 7: Deviasyonu sol tarafta olanların sol kulak RF ile kontrollerin sağ ve sol kulak RF karşılaştırması

Deviasyon olan taraf sol	Sağ Kulak RF Değeri	Sol Kulak RF Değeri	Kontrol Grubu Sağ Kulak RF Değeri	Kontrol Grubu Sol Kulak RF Değeri
N Valid	20	20	29	29
Mean	795,00	830,00	831,03	884,48
Median	700,00	850,00	131,891	160,970
Std. Deviation	322,776	290,825	850,00	900,00
Minimum	450	500	500	600
Maximum	1650	1300	1150	1350

Deviasyonu sol tarafta olan hastaların sol kulak RF ile kontrol grubunun sağ kulak RF kıyaslandığında da istatistik anlamlı fark saptanmamıştır ($p=0,165$) (mann-whitney u testi) (Tablo 7).

Deviasyonu sol tarafta olan hastaların sol kulak RF ile kontrol grubunun sol kulak RF kıyaslandığında da istatistik anlamlı fark saptanmamıştır ($p=0,706$) (mann-whitney u testi) (Tablo 7).

Kontrol grubunun sağ ve sol RF ortalamasını alıp tek değer elde ettik. Bu değeride hasta grubunda deviasyon olan tarafı ile hasta grubun deviasyon olan tarafın karşı tarafı RF değerlerini karşılaştırdık (Tablo 8).

Tablo 8: Hasta grubunun deviasyon tarafı ile karşı taraf RF ve kontrol grubu RF ortalaması karşılaştırması

Grup	Hasta Grubu		Kontrol Grubu
	Deviasyon tarafı RF değeri	Karşı taraf RF değeri	Kontrol grubu RF değeri (sağ ve sol kulak RF ortalaması)
N	29	29	29
Mean	801,72	774,14	857,76
Std. Deviation	278,222	292,654	108,171
Median	800,00	700,00	850,00
Minimum	450	450	650
Maximum	1300	1650	1075

Hasta grubu deviasyon tarafı RF ile kontrollerin RF kıyaslandığında da istatistik anlamlı fark saptanmamıştır ($p= 0,517$) (mann-whitney u testi).

Hasta grubu karşı tarafı ile kontrollerin RF kıyaslandığında da istatistik anlamlı fark saptanmıştır ($p= 0,038$) (mann-whitney u testi).

5.TARTIŞMA

Multifrekans timpanometri admitans ve unsurlarına dair ayrıntılı bilgi veren bir test yöntemidir. Admitans kompleks bir nicelikte vektörel bir büyüklüktür. Admitans ve unsurlarını belirleyen 3 değişken vardır: sertlik, kütle ve sürtünme. Sertlik değişkeni admitansın kendisiyle aynı adı taşıyan unsuru sertlik suseptansını, kütle değişkeni ise admitansın diğer unsuru olan kütle suseptansını belirler. Daha önce de belirtildiği gibi rezonant frekansta total suseptans 0'dır. RF değerinin altında kalan frekanslarda sistem sertlik kontrollü üstünde kalan frekanslarda ise kütle kontrollüdür. Sonuçta kondüktansdan bağımsız olarak yüksek rezonans frekansı olan sistemler yüksek sertliği olan, düşük rezonans frekansı olan sistemler ise yüksek kütle etkisi altındaki sistemlerdir. Kütle etkisi altındaki orta kulaklara örnek kolesteatoma veya kemikçik zincir ayrılması iken sertlik etkisi altındaki kulaklara da otoskleroz ve timpanoskleroz örnek olarak verilebilir (63). Multifrekans timpanometrinin özellikle otosklerotik kulağı normal kulaktan ayırmakta standart timpanometriye göre daha başarılı olduğu bildirilmiştir. Bunun sebebi otosklerozun önemli bir etkisinin orta kulak sertliğini ve rezonans frekansını artırmasıdır (57,69).

Ortalama 630 Hz (500-700) frekansta admittans faz açısı 45 derecededir ve son zamanlarda otosklerotik kulakların normal kulaklardan ayırt edilmesinde tek başına en etkin parametre olduğunu destekleyen yayınlar mevcuttur (68). Otosklerozdaki sponjioz kemik oluşumu timpano-ossiküler sistemde sertliğin artmasına neden olmaktadır. Bu da suseptansın komplians parçasının artması anlamına gelmektedir (57).

Avantajlı bir test olmasına rağmen multifrekans timpanometrinin klinik uygulamada yaygınlaşmamış olması birçok araştırmacı tarafından da belirtilen bir gerçektir. Multifrekans timpanometri kullanımının yaygınlaşmamasının önemli sebeplerinden biri de yeterli verilerin henüz var olmamasıdır (70,3). Multifrekans timpanometrinin sunduğu çoklu frekans uygulamalarının karmaşıklığı, bu konuda yeterli çalışma bulunmaması ve MFT kullanımının kliniklerde yaygınlaşmamış olması dikkate alındığında patolojik kulaklardan elde edilen değerlerle sağlıklı

kulaklardan elde edilen değerlerin kıyaslanmasını sağlıklı kılmak ve klinik uygulamanın yaygınlaşmasını sağlamak için normatif değerlere ihtiyaç duyulmaktadır. Bilindiği gibi orta kulak ve dış kulak yapıları yaşa ve kalıtsal özelliklere göre değişkenlik göstermektedir. Bu farklılıklar orta kulak admitansı ve ilgili değerleri de etkilemekte ve normatif değerlerin değişkenlik göstermesine sebep olmaktadır. (71,72). Dolayısıyla birçok araştırmacı farklı popülasyonlar ve klinikler için normalizasyon çalışmaları yapmıştır.

Rezonans frekans değerlerinin çok geniş bir frekans dağılımı göstermesinin en önemli nedenlerinden biri orta kulak ve dış kulak yapılarının kalıtsal özellikleri, yaşa göre farklılıklar göstermesidir. Bu durumun farklı toplumlara özgü RF normalizasyon değerlerine neden olduğu çalışmalarla desteklenmiştir (71,72). Çinlilerin RF değerleri, Kafkaslıların RF değerlerine nazaran daha yüksek saptanmıştır (73). Kliniğimizde Sezin ve arkadaşları (80), yaşları 21 ile 46 arasında değişen, 60 gönüllü yetişkinin yaşları ortalaması 31.8'dir (std. sapma 7.1). Tüm katılımcıların, her iki kulaklarından (120 kulak) birden alınan RF değerlerinin ortalaması 999.6 ± 134.9 Hz, sağ kulaklardan elde edilen değerlerin ortalaması 1020.8 ± 140.6 Hz, sol kulak ortalamaları ise 978.3 ± 180.5 Hz olarak belirlenmiştir. 1984 yılında Lutman ve arkadaşları ortalama RF değerini 871 Hz olarak bulmuştur (64). 1989 yılında, Japon araştırmacı Hiroshi Wada ve arkadaşlarının yaptığı "Dynamic Behavior of Middle Ear Based on Sweep Frequency Tympanometry" adlı çalışmasında elde ettiği bulgular ortalama RF değerini 1000 Hz civarında bulmuştur (76). Bir başka çalışmada da 19-45 yaş aralığında olan bireylerin ortalama RF değeri 948 Hz olarak bildirilmiştir (77). Dağ ve arkadaşlarının hamilelerle yaptığı bir çalışmada hamile kadınların hamile olmayan kadınlara göre RF değerini anlamlı olarak düşük bulmuştur. Hamilelik boyunca ödemin artmasıyla orta kulak doku ve sıvılarında da ödemin artmasıyla ilişkili olarak RF'nın düşebileceğini savunmuştur (74). Valvik ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada orta kulak RF ortalama değerini 1049 ± 261 Hz olarak saptamışlardır. Aynı çalışmada otosklerotik kulaklardan elde edilen ortalama RF değerinin istatistik anlamlı olarak 1238 ± 209 Hz olduğunu bildirmişlerdir (76). Yine vücut duruş pozisyonuna göre RF değerinin araştırıldığı bir çalışmada aradaki fark anlamlı bulunmasa da ayakta duruş

pozisyonunda bakılan RF değeri ile 20 derece eğimle baş aşağı yatarak bakılan RF değeri arasında fark bulunmuştur (75).

Çalışmamızı nazal pasajlar ve nazofarenkstekki hava akım - basınç değişiklikleri ve olası Eustachii disfonksiyonunun görüldüğü septum deviasyonu durumunda orta kulak RF'nın değişip değişmediğini araştırmak üzere planladık.

Çalışmaya septum deviasyonu dercesi orta veya ileri düzeyde olan 29 sağlıklı birey dahil edilmiştir. Bireylerin 14 (%48.3)'ü kadın, 15 (%51.7)'i erkek, yaş aralığı ise 18-40'tır. Deviasyon tarafına göre hastalar değerlendirildiğinde 9 (%31)'u sağa deviyeye, 20 (%61)'si sola deviyeye olarak belirlenmiştir.

Çalışmaya septum deviasyonu dercesi orta veya ileri düzeyde olmayan 29 sağlıklı birey dahil edilmiştir. Bireylerin 15 (%51.7)'ü kadın, 14 (%48.3)'i erkek, yaş aralığı ise 18-40'tır.

Çalışmamızda kontrol grubu 29 bireyin sol ve sağ kulak RF değerleri arasında istatistiksel anlamlı farklılık saptanmamıştır. Hasta grubu 29 bireyin de deviasyon olan kulak tarafı ile karşı taraf RF değerleri arasında istatistiksel anlamlı farklılık saptanmamıştır. Deviasyonu sağ tarafta olan 9 bireyin sağ kulak RF değerleri ile kontrol grubundaki 29 bireyin sağ ve sol kulak RF değerleri arasında istatistiksel anlamlı farklılık saptanmamıştır. Deviasyonu sol tarafta olan 20 bireyin sol kulak RF değerleri ile kontrol grubundaki 29 bireyin sağ ve sol kulak RF değerleri arasında istatistiksel anlamlı farklılık saptanmamıştır. Son olarak hasta grubunda deviasyon olan taraf ve karşı tarafı, kontrol grubundaki bireylerin sağ ve sol kulak RF değerlerinin ortalamasını alarak değerlendirdik. Hastaların deviasyon tarafı ile kontrol grubunun RF değerleri arasında istatistiksel anlamlı farklılık saptanmamıştır. Hastaların karşı tarafı ile kontrol grubunun RF değerleri arasında istatistiksel anlamlı farklılık saptanmıştır.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

“Septum Deviasyonu Olan Hastalarda Multifrekans Timpanometri Bulguları” adlı çalışmamıza dâhil edilen 58 örnekleme ait veriler değerlendirildiğinde ve normatif değerler ile kıyaslandığında elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibidir:

1. Katılımcıların sağ ve sol kulak RF değerleri karşılaştırıldığında istatistiksel anlamlı fark saptanmamıştır.
2. Karşılaştırma deviasyon tarafına göre yapıldığında da sağa deviyeye ve sola deviyeye gruplar arasında anlamlı fark saptanmamıştır.
3. Tüm katılımcıların (n=29) deviasyon tarafı ve karşı taraf RF değerleri kıyaslandığında da istatistik anlamlı fark saptanmamıştır.
4. Kontrol grubu ile hasta grubu RF değerleri kıyaslandığında da istatistik anlamlı fark saptanmamıştır.

Deviasyon nedeni ile artan nazal/nazofaringeal hava yolu direncinin orta kulak RF değerlerinde deviasyon tarafından bağımsız olarak bir düşüşe neden olabileceği kanıtlanmıştır. Deviasyonu olan hastaların ameliyat öncesi ve sonrası RF değerlerinin kıyaslanacağı bir çalışma planlanabilir.

7. KAYNAKLAR

- 1) Pirsig W. Growth of the deviated septum and its influence on midfacial development. *Facial Plast Surg.* 1992;8(4):224-32.
- 2) Mladina R, Cuić E, Subarić M, Vuković K. Nasal septal deformities in ear, nose, and throat patients: an international study. *Am J Otolaryngol.* 2008;29(2):75-82.
- 3) Margolis RH., Van Camp KJ., Wilso RH. & Creten WL. (1985). “Multifrequency Tympanometry in Normal Ears”, *J. Audiology*, Sayı 24, s. 44-53.
- 4) Öğüt F., Şerbetçioğlu B., Kirazlı T., Kirkim G. & Gode S. (2008). Results of Multi- frequency Tympanometry Measures in Normal and Otosclerotic Middle Ears”, *International Journal of Audiology*, Sayı 47, s. 615-620.
- 5) Shahnaz N, Polka L. Standard and multifrequency tympanometry in normal and otosclerotic ears. *Ear Hear* 1997;18:326–41.
- 6) Margolis RH. & Saly GL. (1999). “Wideband Reflectance Tympanometry in Normal Adults”, *Journal Acoustical Society of America*, Sayı 106, s. 265-280
- 7) Katz, J. (2002). *Handbook of Clinical Audiology*, Maryland: Williams & Wilkins, s. 159-175,60.
- 8) Akyıldız NA. *Kulak Hastalıkları ve Mikrocerrahisi Vol 1 Bilimsel Tıp Yayınevi; Temporal Kemik ve İşitme Organının Anatomisi*, Ankara, 1998 s: 22-57.
- 9) <http://koklea.tripod.com/kulak.htm>
- 10) Akyıldız N. *Kulak Hastalıkları ve Mikrocerrahisi. cilt 1. Ankara: Bilimsel Tıp Yayınevi, 1998, Aslan A, Belgin E. Kulak Anatomisi ve İşitme Fizyolojisi, Koç C, editör. Kulak Burun Boğaz Hastalıkları ve Baş-Boyun Cerrahisinde.,Ankara,Güneş Tıp Kitapevi; 2004. p. 45–71.*
- 11) A. Fuat Büyüklü *Kulak Burun Boğaz ve Baş Boyun Cerrahisi cilt1 p.7-8.*
- 12) Moller,2000, Seikel et al, 2010, Lee,2012.
- 13) Aslan A, Belgin E. *Kulak Anatomisi ve İşitme Fizyolojisi*, Koç C, editör. *Kulak Burun Boğaz Hastalıkları ve Baş-Boyun Cerrahisinde. Ankara: Güneş Tıp Kitapevi; 2004. p. 45–71.*

- 14) Austin DF. Kulak anatomisi. In Ballenger JJ, Snow JB, editors. Hafız G. çev. ed. Otolaringoloji Baş ve Boyun Cerrahisi. İstanbul: Nobel Tıp Kitabevleri; 2000. p. 838-57.
- 15) Duckert LG. Anatomy of the skull base, temporal bone, external ear and middle ear. In Cummings CW, Fredrickson JM, Harker LA, Krause CJ, Richardson MA, Schuller DE, editors. Otolaryngology Head & Neck Surgery. 3rd ed. St Louis: Mosby-year Book,1998. p. 2533-46.
- 16) Pearson AA. Development of anatomy of the ear. In: English GM, editor. Otolaryngology. Philadelphia: Harper and Row Publishers; 1984. 1 -68.
- 17) Akyıldız AN. Kulak Hastalıkları ve Mikrocerrahisi I. Ankara: Bilimsel Tıp Yayınevi, 2002: 77 -99.
- 18) Austin DF. Anatomy of The Ear. In: Ballenger J. Diseases of the Nose, Throat, Ear, Head and Neck. 14ed. Philadelphia: Lea and Febiger; 1991. p. 922 - 947.
- 19) Karasalihoğlu A. Kulak Burun Boğaz Hastalıkları ve Baş Boyun Cerrahisi. Ankara: Güneş Tıp Kitabevi 2003.
- 20) Uygur K, Kılıçkaya M, Tüz M. Kronik Otitis Media Cerrahisinde Fonksiyonel Sonuçlarımız, Türkiye Klinikleri KBB 2001, 1: 148-52.
- 21) Swartz JD, Harnsberger RH. Imaging of the Temporal Bone, 3th edition. New York, Thieme Medical Publishers Inc. ,1998:47 -107
- 22) Akyıldız N. Kulak hastalıkları ve mikroşirürüjisi. Cilt I, Ankara: Ongün Kardeşler Matbaacılık, 1986:1-33,39-52, 65, 89-104, 118-163, 313-334
- 23) Moller A.R. (2006). Hearing: Anatomy, Physiology and Disorders of the Auditory System, San Diego; California: Elseiver, s. 6-10.
- 24) Som PM, Curtin HD. Head and Neck Imaging, 4th edition. St.Louis, Mosby Inc. ,2003:1058 -1071.
- 25) Bluestone CD. Anatomy and physiology of the eustachian tube. In: Cummings CW, Fredrickson JM, Harker LE, editors. Otolaryngology head & neck surgery. 3rd ed. St.Louis: Mosby; 1998. p. 3003-22
- 26) A. Fuat Büyüklü Kulak Burun Boğaz ve Baş Boyun Cerrahisi Cilt 1 Anadolu Sanat Dijital Baskı, p. 11-12.

- 27) Moller, M. Hearing Its Physiology and Pathophysiology, ch.3. Academic Press, California, 74-75, 2000.
- 28) Cingi E. Kulak Burun Boğaz Hastalıkları Cilt I, Eskişehir: Etam Matbaacılık, 1995 12-19.
- 29) <http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/ency/imagepages/19595.htm>
- 30) Kaya S. Ankara ili ve çevresinde okul dönemi çocuklarında orta kulak hastalıkları insidansı. Türk Otolaringoloji Arşivi. 1987;25:184.
- 31) Belgin E, Şahlı AS. Temel Odyoloji. Ankara, Güneş Tıp Kitapevi, 2015
- 32) Akyıldız N. Kulak Hastlıkları ve Mikrocerrahisi. Cilt 1. Ankara: Bilimsel Tıp Yayınevi, 2002, s1-87
- 33) Abbas PJ, Miller CA, Physiology of the auditory system. _n Cummings CW, Fredrickson JM, Harker LA, Krause CJ, Richardson MA, Schuller DE, editors. Otolaryngology Head & Neck Surgery. 3 rd ed. St. Louis: Mosby-Year Book, 1998.p. 2831–74.
- 34) Bluestone CD. Physiology of the Middle Ear and Eustachian Tube. _n Paparella MM, Shumrick DA, Gluckman JL, Meyerhpff WL, editors. Otolaryngology. 3rd ed. Philadelphia: WB Saunders Company; 1991. p. 163–97.
- 35) Brenda L, Lonsbury-Martin, Martin GK, Luebke AE. İsitme ve vestibüler sistemlerin fizyolojisi. In Ballenger JJ, Snow JB, editors. Senocak D, çev.ed. Otolaringoloji Bas Boyun cerrahisi. 15. baskı. istanbul: Nobel Tıp Kitabevleri; 1996. p. 879–929.
- 36) Belgin E. İşitme fizyolojisi. In C K (ed) Kulak Burun Boğaz Hastalıkları ve Baş Boyun Cerrahisi. Ankara: Güneş kitapevi, 2004; 63-71
- 37) Lee KJ. Anatomy of the ear. In Lee KJ (ed) Essential Otolaryngology. Connecticut: Appleton&Lange Company 1999
- 38) Brownell WE, Bader CR, Bertrand D, Deribaupierre Y. Evoked Mechanical Responses of Isolated Cochlear Outer Hair-Cells. Science 1985; 227(4683): 194-196.
- 39) A. Fuat Büyüklü Kulak Burun Boğaz ve Baş Boyun Cerrahisi Cilt 1 Anadolu Sanat Dijital Baskı, 21-30, 115-119.
- 40) Guyton AC, Hall JE. Textbook of Medical Physiology. 7th ed. Philadelphia: WB Saunders Company; 1986.

- 41) Akyıldız AN. Kulak Hastalıkları ve Mikrocerrahisi I. Ankara: Bilimsel Tıp Yayınevi, 2002: 127-162
- 42) Neskey D, Eloy JA, Casiano RR. Nasal, septal and turbinate anatomy and embryology. *Otolaryngol Clin North Am.* 2009;42(2):193-205.
- 43) Steele NP, Thomas JR. Surgical anatomy of the nose. In: Stucker FJ, Souza C, Kenyon GS, Lian TS, Draf W, Schick B. editors. *Rhinology and Facial Plastic Surgery*, Springer, 2009; s.5-12.
- 44) Wealthall RJ, Herring SW. Endochondral ossification of the mouse nasal septum. *Anat Rec A Discov Mol Cell Evol Biol.* 2006;288(11):1163-72.
- 45) Grymer LF, Pallisgaard C, Melsen B. The nasal septum in relation to the development of the nasomaxillary complex: a study in identical twins. *Laryngoscope* 1991;101(8):863-8.
- 46) Kawalski H, Spiewak P. How septum deformations in newborns occur. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 1998;44(1):23-30.
- 47) Jin HR, Lee JY, Jung WJ. New description method and classification system for septal deviation. *J Rhinol.* 1997;14(1):27-31
- 48) Buyukertan M, Keklikoglu N, Kokten G. A morphometric consideration of nasal septal deviations by people with paranasal complaints; a computed tomography study. *Rhinology.* 2003,41(1):21-4.
- 49) Mladina R, Bastaic L. What do we know about septal deformities. *J Rhinol.* 1997;4(2):79-89.
- 50) Yıldırım I, Okur E. The prevalence of nasal septal deviation in children from Kahramanmaraş, Turkey. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 2003;67(11):1203-6.
- 51) Reitzen SD, Chung W, Shah AR. Nasal septal deviation in the pediatric and adult populations. *Ear Nose Throat J.* 2011,90(3):112-5.
- 52) KatBrcBoLlu Osman S. Estetik Septorinoplasti. _stanbul, Nobel TBp Kitapevi. 1997:1-11.
- 53) Ömür M, DadaI B. Klinik Bas Boyun Anatomisi. _stanbul, Ulusal TBp Kitapevi. 1996;(1):41-57.
- 54) Ballenger JJ. Burun ve paranasal sinüslerin klinik anatomi ve fizyolojisi. In: Ballenger JJ and Snow JB (eds). *Otorinolaringoloji Bas ve Boyun Cerrahisi.* (Çev. D Senocak). Istanbul, Nobel Tıp Kitapevi. 2000;15:1-18.

- 55) Özgirgin N, Çelik O. Kulak Burun Boğaz ve Baş Boyun Cerrahisi. İstanbul, Turgut yayıncılık, 1/12:217, 2002
- 56) Shanks, E. Janet & Diğerleri. (1988). "Tympanometry", American Speech-Language-Hearing Association, August 1987.
- 57) Shahnaz N, Polka L. Standard and multifrequency tympanometry in normal and otosclerotic ears. *Ear Hear* 1997,18:326–341.
- 58) Roeser R.J., Valente M. & Hosford-Dunn H. (2000). *Audiology Diagnosis*, New York: Thieme, s. 381-402.
- 59) Stach B. *Clinical Audiology: An Introduction*, New York: Delmar, s. 313-331,2010.
- 60) Esmer N., Akiner M.N., Karasalihoğlu A.R. *Klinik Odyoloji*, Ankara:Özışık Matbaacılık, s. 92-93, 1995.
- 61) Jerger J, Northern J. *Clinical impedance audiometry*. Stuttgart, Thieme, 18-64, 1970.
- 62) Gelfand S. *Essential of audiology*. New York, Thieme, 226-236, 2001.
- 63) Öğüt F. Multifrekansiyel timpanometri ölçümlerinin otosklerotik ve normal kulaklarda karşılaştırılması. Yüksek lisans tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi, Kulak Burun Boğaz Anabilim Dalı, İzmir, 2006.
- 64) Lutman ME. "Phasor admittance measurements of the middle ear: I. Theoretical approach." *Scand Audiol*, Sayı 13, s. 253–264,1984.
- 65) Lutman ME, McKenzie H, Swan IRC. Phasor admittance measurements of the middle ear. II. Normal phasor tympanograms and acoustic reflexes. *Scand Audiol*;13:265–74, 1984.
- 66) Nishihara S, Aritomo H, Goode RL. Effect of changes in mass on middle ear function. *Otolaryngol Head Neck Surg*;109:899–910, 1993
- 67) Vanhuyse VJ, Creten WL, Van Camp KJ. On the Wnotching of tympanograms. *Scand Audiol* ;4:45–50, 1975
- 68) Shahnaz: *Multifrequency-Tympanometry*. 2003
- 69) Margolis RH, Goycoolea HG. (1993). "Multifrequency tympanometry in normal adults." *Ear & Hear*, Sayı 14, s. 408-413

- 70) Tahincioğlu, Z. (2003). “Orta Kulak Patolojilerinde Multifrekans Timpanometri Bulguları”, Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- 71) Margolis, R., & Shanks, J. E. (1991). “Tympanometry: Principles and Procedures” In W. F. Rintelmann (Ed.), *Hearing Assessment*, Pro-Ed., Texas: Austin, s. 179-246.
- 72) Shanks, J. E., & Shelton, C. (1991). “Basic Principles and Clinical Applications of Tympanometry”, *Otolaryngology Clinics of North America*, Sayı 24, s. 299-328.
- 73) Shahnaz N, Davies D, Standard and multifrequency tympanometric norms for caucasian and chinese young adults. *Ear & Hearing* 27:75–90, 2006.
- 74) Kutlu Dağ E. Gebeliğin Orta Kulak Akustik Özelliklerine Etkisi. Yüksek lisans tezi, Başkent Üniversitesi Tıp Fakültesi, Kulak Burun Boğaz Anabilim Dalı, Ankara, 2014
- 75) Vidal VF, Bonnard D, Bellec O, Thomeer H, Darrouzet V, Effects of body tilt on multifrequency admittance tympanometry. *Otology & Neurotology* 36:737-740, 2014.
- 76) Wada H, Kobayashi T, Suetake M, Tachizaki H. (1989). “Dynamic Behavior of Middle Ear Based on Sweep Frequency Tympanometry.” *International Journal of Audiology*, Sayı 28 (3), s. 127-134.
- 77) Russolo M., Bianchi M., Miani C. (1991). “La timpanometria multifrequenziale nella diagnosi di otosclerosi fenestrata.” *Audiol Ital*, Sayı 8, s. 87–94.
- 78) Valvik B.R., Johnsen M., Laukli E. (1994). “Multifrequency tympanometry. Preliminary experiences with a commercial available middle-ear analyzer.” *Audiology*, Sayı 33, s. 245–253.
- 79) <http://www.meders.com.tr/tr/gsi-odyolojik-tani-cihazlari/diagnostik-tani-cihazlari/tympstar-middle-ear-analyzer.html>. Erişim tarihi:21.08.2016
- 80) Normal işiten yetişkinlerde orta kulak rezonans frekansı normatif değerleri PMID: 24283807 *Sayfalar 331 – 335* Rıza Korhan Sezin, Evren Hızal, Seyra Erbek, Levent Naci Özlüoğlu
- 81) Madanoğlu N. , Dış ve orta kulağın işitme mekanizmasındaki yeri. *Otoskop*. 1: 33-38. 2003.