



**T.C. SAĞLIK BİLİMLERİ ÜNİVERSİTESİ
İSTANBUL EĞİTİM ARAŞTIRMA HASTANESİ**

KULAK BURUN BOĞAZ VE BAŞ BOYUN CERRAHİSİ KLİNİĞİ

**KOKLEAR İMPLANT UYGULAMASININ MASTOİD
HAVALANMASINA ETKİSİNİN GENİŞ BAND TİMPANOMETRİ İLE
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Dr.Moustafa Chasan

(UZMANLIK TEZİ)

İSTANBUL – 2019



**T.C. SAĞLIK BİLİMLERİ ÜNİVERSİTESİ
İSTANBUL EĞİTİM ARAŞTIRMA HASTANESİ**

KULAK BURUN BOĞAZ VE BAŞ BOYUN CERRAHİSİ KLİNİĞİ

**KOKLEAR İMPLANT UYGULAMASININ MASTOİD
HAVALANMASINA ETKİSİNİN GENİŞ BAND TİMPANOMETRİ İLE
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Dr.Moustafa Chasan

**Tez Danışmanı
Prof.Dr.Özgür Yiğit**

(UZMANLIK TEZİ)

İSTANBUL - 2019

ÖNSÖZ

Bilgi ve deneyimlerini paylaşan aynı zamanda tez danışmanımda olan İstanbul Eğitim Araştırma Hastanesi Başhekimi, aynı zamanda hastanemiz Kulak Burun Boğaz ve Baş Boyun Cerrahisi kliniği klinik şefi Prof. Dr.Özgür YİĞİT'E,

Tezimin hazırlık ve yapım aşamalarında bana yol gösteren ve yardımcı olan ve uzmanlık eğitimim süresince tecrübe ve desteklerini esirgemeyen Uzm.Dr.Ayşe Pelin YİĞİDER'E,

Bu çalışmanın istatistik işlemlerini emeğini esirgemediği yapan Ertan KOÇ A

Birlikte çalışmaktan mutluluk duyduğum ve bana her türlü desteği sağlayan tüm asistan doktor arkadaşlarıma, Kulak Burun Boğaz ve Baş Boyun Cerrahisi Kliniğinde görev yapan diğer tüm personel arkadaşlara,

Beni bu günlere gelmem konusunda her türlü özveri ve sabırla yetiştiren annem ve babama, sonsuz minnet ve sevgilerimi sunarım.

Dr.Moustafa CHASAN

İstanbul 2019

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ.....	i
İÇİNDEKİLER	ii
TABLO LİSTESİ	iv
GRAFİK LİSTESİ	v
RESİM LİSTESİ.....	vii
KISALTMALAR	viii
ÖZET.....	ix
SUMMARY	xi
1.GİRİŞ VE AMAÇ	1
2.GENEL BİLGİLER.....	3
2.1 KULAK EMBRİYOLOJİSİ.....	3
2.1.1 Dış kulağın gelişimi	3
2.1.2 Orta kulağın gelişimi	3
2.1.3 İç kulağın gelişimi	4
2.2 TEMPORAL KEMİK	4
2.2.1 Skuamöz parça.....	5
2.2.2 Mastoid parça.....	5
2.2.3 Petröz parça	7
2.2.4 Timpanik parça	7
2.3 KULAK ANATOMİSİ.....	8
2.3.1 Dış Kulak	9
2.3.2 Orta Kulak	9
2.3.2.1 Kulak Zarı	10
2.3.2.2 Alt Duvar.....	10
2.3.2.3 Ön Duvar	10
2.3.2.5 İç Duvar.....	11
2.3.2.6 Arka Duvar.....	11
2.3.2.7 Orta kulak kemikçikleri.....	11
2.3.2.8 Tuba Östaki	12

2.3.2.8 İç kulak.....	12
2.4 ORTA KULAK BASINCININ DÜZENLENMESİ	13
2.4.1 Orta Kulak Havalanması ve Tuba Östaki	15
2.4.2 Orta Kulak İle Kan Dolaşımı Arasındaki Gaz Değişimi	16
2.4.3 Orta Kulak Basıncının Nöronal Kontrolü.....	17
2.4.4 Mastoid Hava Hücreleri Sistemi.....	17
2.5 .KOKLEAR İMPLANTASYON	17
2.5.1 Koklear implant	17
2.5.2 Koklear implantın amacı.....	17
2.5.3 Koklear implantın genel özellikleri	18
2.5.3.1 Dış parçalar	18
2.5.4 Koklear İmplantın Uygulanması.....	19
2.5.5 Koklear implant cerrahisi.....	20
2.6 KORTİKAL MASTOİDEKTOMİ.....	23
2.7 GENİŞ BAND TİMPANOMETRİ(GBT).....	23
2.7.1 Absorbans Grafiği.....	25
2.MATERYAL METOD	27
3.BULGULAR	29
4.TARTIŞMA	41
5.SONUÇ.....	44
KAYNAKLAR	45

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo.1. Hastaların yaş ortalamalarını ve cinsiyet dağılımını göstermekte(Wilcoxon test].....	29
Tablo.2. Preop - postop Rezonans Frekans değerleri arasındaki ilişkiyi göstermekte(Wilcoxon test].....	29
Tablo.3. Preop ve postop 226-250-500-1000-2000-4000-6000-8000 frekanslardaki absorbans değerleri arasındaki ilişkiyi göstermekte(Wilcoxon test].....	31
Tablo .4. Preoperatif ve postoperatif elde edilen tüm rezonans frekans değerleri ile frekanslara göre ölçülen timpanogram değerleri lineer olarak analiz edilerek frekanslara özgül absorbans değerleri ile rezonans frekans değerleri arasındaki ilişki incelenmiştir(Spearman kolerasyon).....	36
Tablo. 5. Rezonans frekans değişimleri ile preop-postop frekanslara spesifik absorbans değerlerindeki değişim analiz edilmiştir.(Spearman kolerasyon).....	40
Tablo.6. Yaş ile Preop-postop 226, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 6000, 8000 absorbans frekans değerleri arasında ilişki analiz edilmiştir.....	40

GRAFİK LİSTESİ

Sayfa No

Grafik.1. Preop ve postop rezonans frekanslarının grafik şeklinde gösterimi,.....	30
Grafik.2. Postop 226 frekanstaki absorbands değerinin preop döneme göre anlamlı ($p < 0.05$) düşüşü gösterilmekte,.....	31
Grafik.3. Postop 250 frekanstaki absorbands değerinin preop döneme göre anlamlı ($p < 0.05$) düşüşü gösterilmekte,.....	32
Grafik.4. Postop 500 frekanstaki absorbands değerinin preop döneme göre anlamlı ($p < 0.05$) düşüşü gösterilmekte,	32
Grafik.5. Postop 1000 frekanstaki absorbands değerinin preop döneme göre anlamlı ($p > 0.05$) değişim göstermediği gösterilmekte,.....	33
Grafik.6. Postop 2000 frekanstaki absorbands değerini preop döneme göre anlamlı ($p > 0.05$) değişim göstermediği gösterilmekte,.....	33
Grafik.7. Postop 4000 frekanstaki absorbands değerinin preop döneme göre anlamlı($p < 0.05$)düşüş gösterdiği gösterilmekte,.....	34
Grafik.8. Postop 6000 frekanstaki absorbands değerinin preop döneme göre anlamlı ($p < 0.05$) düşüş göstermediği gösterilmekte,.....	34
Grafik.9. Postop 8000 frekanstaki absorbands değerinin preop döneme göre anlamlı ($p < 0.05$) düşüş gösterdiği gösterilmekte,.....	35
Grafik.10. Rezonans frekansı ile 226 frekanstaki absorbands ölçüm sonuçları arasında anlamlı ($p < 0.05$) negatif korelasyon gösterilmekte,.....	36
Grafik.11. Rezonans frekansı ile 250 frekanstaki absorbands ölçüm sonuçları arasında anlamlı ($p < 0.05$) negatif korelasyon gösterilmekte,.....	36
Grafik.12. Rezonans frekansı ile 500 frekanstaki absorbands ölçüm sonuçları arasında anlamlı ($p < 0.05$) negatif korelasyon gösterilmekte,.....	37

Grafik.13. Rezonans frekansı ile 1000 frekanstaki absorbans ölçüm sonuçları arasında anlamlı ($p < 0.05$) negatif korelasyon gösterilmekte,.....	37
Grafik.14. Rezonans frekansı ile 2000 frekanstaki absorbans ölçüm sonuçları arasında anlamlı ($p > 0.05$) korelasyonun olmadığı gösterilmekte,.....	38
Grafik.15. Rezonans frekansı ile 4000 frekanstaki absorbans ölçüm sonuçları arasında anlamlı ($p > 0.05$) korelasyonun olmadığı gösterilmekte,.....	38
Grafik.16. Rezonans frekansı ile 6000 frekanstaki absorbans ölçüm sonuçları arasında anlamlı ($p > 0.05$) korelasyonun olmadığı gözlenmekte,.....	39
Grafik.17. Rezonans frekansı ile 8000 frekanstaki absorbans ölçüm sonuçları arasında anlamlı ($p < 0.05$) negatif korelasyonun olduğu gösterilmekte,.....	39

RESİM LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Resim 1: Sağ temporal kemiğin dıştan görünüşü.....	8
Resim 2: Dış,orta ve iç kulak anatomisi (http://medicine.iu.edu/oto/ dan alınmıştır)	8
Resim 3: Koklear implant (www.medel.com/ 'dan alınmıştır.)	19
Resim 4: Elektrodun yuvarlak pencere yoluyla kokleaya yerleştirilmesi(İEAH ameliyathanesinden alınmıştır).....	22
Resim 5: 3 Boyutlu Timpanogram.....	24
Resim 6: Absorbans grafiği örneği.....	25

KISALTMALAR

AH :Adenoid hipertrofisi

daPa :deka Pascal

GBT :Geniş Band Timpanometri

Kİ :Koklear implant

LSS : Lateral semisirküler kanal

SSK :Semisirküler kanal

ÖT :Östaki tüpü

RF :Rezonans frekansı

ÖZET

Koklear implant uygulamasının orta kulak rezonans frekansı ve absorbansı üzerine etkileri

Amaç: Koklear implant ameliyatında uygulanan kortikal mastoidektomi ve posterior timpanotomi esnasında mastoidin temel havalı hücreleri ortadan kaldırılmaktadır. Havalı mastoid büyüklüğünün orta kulak basıncını düzenleyici mekanizmalardan biri olduğu bilinmektedir. Dolayısıyla biz çalışmamızda, koklear implant cerrahisinin orta kulak basınç ve rezonansına etkisini hastalara preop ve postop uyguladığımız geniş band timpanometri ile değerlendirmeyi amaçladık.

Materyal ve Metod: Çalışmamıza Nisan 2018 ile Ağustos 2018 tarihleri arasında İstanbul Eğitim Araştırma Hastanesi Kulak Burun Boğaz Hastalıkları kliniğinde unilateral veya bilateral koklear implantasyon uygulanan, geçmişinde koklear implantasyon dışında başka bir kulak operasyon hikayesi bulunmayan ve herhangi bir kulak anomalisi olmayan, 1-14 yaş arasında toplam 26 hasta dahil edilmiştir. Tüm hastaların ailelerinden anamnez alındıktan sonra hastalara preoperatif otoskopik muayene, endoskopik nazofareks muayenesi ve geniş band timpanometrik inceleme yapılmıştır. Endoskopik nazofarenks muayenesi sonucunda hastalarda %50 ve üzeri adenoid hipertrofisi saptanan çocuklar çalışmaya dahil edilmemiştir. Postop 4. ayda geniş band timpanometrik incelemeleri tekrarlanarak preop değerler ile karşılaştırılmıştır.

Bulgular: Unilateral veya bilateral koklear implantasyon uygulanan hastaların 15'i erkek (%57.7), 11'i kız (%42.3) idi. Hastaların yaş aralığı 13 ay ila 100 ay arasında değişmekte olup, ortalama yaş 39.0 ± 28.7 ay idi. Tüm hastaların bilateral otoskopik muayeneleri doğal olarak izlendi. Preop rezonans frekans 966 ± 873 , postop rezonans frekans 1110 ± 248 olarak tespit edilmiş olup artma eğilimi göstermiş olsa da bu fark istatistiksel anlamlılığa erişmemiştir ($p > 0.05$). Postop 226-250-500-4000-6000-8000 frekanstaki absorbans değerleri, preop döneme göre anlamlı ($p < 0.05$) düşüş göstermiştir. Rezonans frekansı ile 226-250-500-1000-8000 frekanstaki absorbans ölçüm sonuçları arasında anlamlı ($p < 0.05$) negatif korelasyon gözlenmiştir. Rezonans frekans değişimleri ile preop-postop frekanslara spesifik

absorbans değerlerindeki değişim analiz edilmiştir. Preop-postop rezonans frekans değişimi ile preop-postop 226, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 6000, 8000 frekanslar arasındaki absorbans değerleri arasında anlamlı ($p>0.05$) korelasyon gözlenmemiştir. Yine yaş ile preop-postop 226, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 6000, 8000 absorbans frekans değerleri arasında anlamlı ($p > 0.05$) korelasyon gözlenmemiştir.

Sonuç: Mastoidektomi sonrası yüzey alanı kadar, mastoid kitlede de anlamlı azalma söz konusu olmaktadır. Kitle azalmasının esnekliğin sabit kaldığı durumlarda yüksek frekans ses iletiminde artmayla sonuçlanması beklenir. Rezonatör bir sistem rezonans frekansına en yakın olan frekansları iyi iletir. Bir başka deyişle yüksek frekans iletimi iyileşen bir rezonatör sistemin rezonans frekansı artar. Bizim çalışmamızda istatistiksel olarak anlamlı bulunmamakla birlikte postoperatif rezonans frekans değerleri preoperatif değerlere göre yüksek tespit edilmiştir. Postop 226,250,500,4000,6000,8000 Hz timpanogram absorbans ölçüm değerleri preop döneme göre anlamlı düşüş göstermesine karşın 1000 ve 2000 Hz lerde postoperatif olarak anlamlı değişim gözlenmemiştir. Orta kulak rezonans frekansı 1000-3000 aralığında olduğundan, rezonans frekansa en yüksek etkiyi bu frekans değerlerindeki iletim gösterir. Bu nedenle bu frekanslarda anlamlı değişim olmaması sonuç olarak anlamlı sonuç elde edilmemiş olmasının muhtemel nedeni olabilir. Koklear implant cerrahisi esnasında uygulanan kortikal mastoidektominin orta kulak rezonans frekansı üzerine etkilerinin gösterilmesi özellikle koklear rezervi olan ve ileride işitme cihazı kullanabilme ihtimali olan hastalar için önemlidir. Çalışmamız bu anlamda değerli bir çalışma olup bu konuda yapılacak gelecek çalışmalara ışık tutacaktır.

SUMMARY

THE EFFECTS OF COCLEAR IMPLANTATION ON THE MIDDLE EAR RESONANCE FREQUENCY AND ABSORBANS FREQUENCY

PURPOSE: In this study, we aimed to evaluate the effects of cortical mastoidectomy and posterior tympanotomy on middle ear pressure and middle ear resonance with the results of wide-band tympanometry when preoperative basic mastoid air cells were removed before the cochlear implant and postoperative mastoid air cells were removed after the cochlear implant.

MATERIAL METOD: The study included 26 patients aged between 1 and 14 years who had no operation except for cochlear implantation with unilateral or bilateral cochlear implantation in the Otorhinolaryngology Clinic of Istanbul Training and Research Hospital between April 2018 and August 2018. After anamnesis was taken from all the patients, otoscopic examination, endoscopic nasopharynx examination and tympanometric examination were performed.

RESULTS: Of the patients who underwent unilateral or bilateral cochlear implantation, 15 were male (57.7%) and 11 were female (42.3%). The mean age of the patients was 13 months and 100 months, and the mean age was 39.0 ± 28.7 months. Endoscopic nasopharyngeal examination revealed 50% or more adenoid hypertrophy in children. Bilateral otoscopic examinations of all patients were observed naturally. There was no significant difference ($p > 0.05$) between preop and postop resonance frequency values of the patients. The absorbance values in the Postop 226-250-500-4000-6000-8000 frequency showed significant ($p < 0.05$) decrease compared to preop period. A significant ($p < 0.05$) negative correlation was observed between the resonance frequency and the absorbance measurement results at 226-250-500-1000-8000 frequency. Resonance frequency changes and preop-postop frequencies were analyzed. There was no significant ($p > 0.05$) correlation between preop-postop resonance frequency change and preop-postop 226, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 6000, 8000 frequencies. Also, no significant ($p > 0.05$) correlation was observed between the pre-postoperative 226, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 6000, 8000 absorbance frequency values.

CONCLUSIONS: After mastoidectomy, there is a significant decrease in the mastoid mass as well as the surface area. It is expected that the reduction of mass results in an increase in high frequency sound transmission in cases where the flexibility remains constant. The resonator transmits frequencies that are closest to a system resonance frequency. In other words, the resonance frequency of a resonator system that improves high frequency transmission increases. In our study, although there was no statistically significant, postoperative resonance frequency values were higher than preoperative values.

The effects of cortical mastoidectomy on the middle ear resonance frequency during the cochlear implant surgery are especially important for patients with cochlear reserve and the possibility of using hearing aids in the future. Hearing aid can be applied to patients with high frequencies of cochlear implants and pes tons in cases of paused tone hearing such as electroacoustic stimulation. Although it is attempted to provide this transmission by bone through the technological changes in the external processors, the skull bones are still seen as the primary transmission path for the transmission of low frequency hearing.

1.GİRİŞ VE AMAÇ

Ondokuzuncu yüzyılın son dönemlerine kadar orta kulak ve mastoid havalanmasının sadece östaki tüpü ile sağlandığı düşüncesi hakimdi. Ancak yapılan çalışmalar sonucunda orta kulaktan gaz salınımının ve absorpsiyonunun da etkili olduğu gösterilmiştir. Bu gaz difüzyonunun gazların difüzyon katsayıları ile orantılı olarak belli bir hızda gerçekleştiği ve orta kulaktaki gaz bileşiminin de venöz kandaki gaz bileşimine benzediği saptanmıştır. Orta kulak basıncının kontrolü aşağıdaki 3 mekanizmanın birlikte çalışması ile sağlanmaktadır.

1-Çift yönlü gaz difüzyonu (salınım ve absorpsiyon)

2-Tubal hava geçişi (yukarı ve aşağı)

3-Çift yönlü sıvı değişimi (yapım ve eliminasyon)

Ayrıca orta kulak basıncını etkileyen iki düzenleyici mekanizma vardır. Bunlar esnek timpan membranının orta kulak hacmini değiştirme yeteneği ve havalı mastoid büyüklüğünün etkisidir. Mastoid hava hacmi büyüdükçe bu sisteme sabit bir miktar gaz eklenip çıkarıldığında basınç değişiklikleri de daha küçük olacaktır. Esnek timpanik membranın orta kulağa olan retraksiyonu da basınç değişikliklerini nötralize etmek için gerçekleşmektedir.

Temporal kemik pnömotizasyonu ile ilgili 2 teori vardır.

1.Diamant'ın herediter veya genetik teorisi(1940)

2.Wittmaack'ın endodermal teorisi(1918)

Diamant'a göre;temporal kemik pnömotizasyonu genetik olarak tanımlanmış ve daha az pnömotize hücresel sistem akut veya kronik otitis mediaya neden olmaktadır. Wittmaack'ın endodermal teorisine çevresel teori de denmektedir(1). Bu teoriye göre infamasyon veya tubal disfonksiyondan etkilenmemiş olan normal orta kulak mukozası normal pnömotizasyonun ön şartıdır.

Diamant'ın teorisine göre daha az pnömotize olan temporal kemiğin sonucu olarak otitis media gelişir iken Wittmaack'ın teorisine göre infant dönemde ve erken

çocukluk döneminde geçirilen orta kulak enfeksiyonları temporal kemiğin daha az pnömotizasyonuna neden olmaktadır.

Tos ve Stangerup'ın yapmış oldukları bir çalışmada da erkek çocukların kız çocuklarına göre temporal kemik pnömotizasyonun daha az olmasının nedeni infant dönemde daha çok orta kulak hastalığı geçirmiş olmasına bağlanmıştır.

Koklear implantasyon uygulanırken orta kulak havalanmasında görevli havalı mastoid hücreler ortadan kaldırılır, kortikal mastoidektomi ve posterior timpanotomi uygulanır.

Çalışmamızın amacı, koklear implant öncesi preop temel mastoid havalı hücrelerin ve koklear implant sonrası postop dönemde temel mastoid havalı hücrelerinin ortadan kaldırıldığı zaman kortikal mastoidektomi ve posterior timpanotominin orta kulak basıncına ve orta kulak rezonansına etkilerini geniş band timpanometri sonuçlarıyla değerlendirmektir.

Çalışmamızda bazı çocuklara tek taraflı, bazılarında da iki taraflı koklear implantasyon uygulanan 26 çocuğun (15 erkek, 11 kız) kulakları preop ve postop yapılan Geniş Band Timpanometri sonuçları ile karşılaştırıldı. Otoskopik muayene geniş band timpanometrik incelemeler yapıldı.

2.GENEL BİLGİLER

2.1 KULAK EMBRİYOLOJİSİ

2.1.1 Dış kulağın gelişimi

Dış kulak, kulak kepçesi ve dış kulak yolundan oluşmuştur. Bu yapılar birinci ve ikinci brankial arkuslar ile birinci farengial cepten oluşurlar. Embriyolojik yaşamın üçüncü haftasında birinci ve ikinci arkuslardan His' in tomurcukları diye isimlendirilen 6 tomurcuk oluşur. İlk 3 tomurcuk birinci brankial arkusdan, son 3 tomurcuk ikinci brankial arkustan oluşur. His tomurcuklarının birleşmesi ile 12. haftada kulak kepçesi oluşur. Erişkin şeklini 20. haftada alır. Dokuz yaşında erişkindeki çaplarına erişir. Dış kulak yolu, embriyolojik yaşamın 8. haftasında birinci farengial cebin derinleşmesi ile başlar. Epitel doku ile 12. haftada doldurulur. Kanal 28. haftada rekanalize olur. Dış kulak yolunun kemikleşmesi 3 yaşında tamamlanır ve 9 yaşında erişkin şeklini alır. Brankial ektoderm ile farengial endodermin karşı karşıya geldiği bölge timpanik membranı oluşturur. Kulak zarı üç tabakanın birleşmesinden oluşur. En dışta ektodermal epitelyum ortada mezodermal fibröz doku, içte endodermal mukoza vardır. İntrauterin 28. haftada embriyoda kulak zarı belli olur.

2.1.2 Orta kulağın gelişimi

Orta kulak ve östaki borusu birinci farengial cebin dışa doğru büyümesinden oluşur. Birinci farengial cep 3. haftadan başlayarak dışa doğru bir oluk şeklinde gelişir. Birinci ve ikinci brankial arkuslar arasındaki bu oluk dar ve uzun bir boru halini alır. Burası östaki borusunu yapar. En dıştaki yuvarlak kısım orta kulağı yapar. Dört-altıncı haftalar arasında orta kulak boşluğunun alt kısmı oluşur. Orta kulak boşluğundaki kasların tendonları, korda timpani ve mukoza plikaları 3-7. aylar arasında oluşur. Orta kulak gelişimi yaklaşık olarak 30. haftada tamamlanır. Orta kulak kemikçikleri 1. ve 2. brankial arkusların mezoderminin kondanse olmasıyla gelişir. Birinci brankial arkus mezoderminden; malleusun baş ve boynu, inkusun gövde ve kısa kolu, anterior 7 malleolar ligament, sfenomandibuler ligaman ve mandibula gelişir. İkinci brankial arkusun mezoderminden; manibrium mallei,

inkusun uzun kolu, stapes, styloid proses, stylohyoid ligaman ve hyoid kemik gelisir. Stapes tabanının endoteli kulak mukozasını teşkil etmek için kemikçikler etrafını ve orta kulak boşluğunu örter. Antrum 22. haftada gelişir ve 34. haftada yaklaşık olarak tamamlanmış olur. Doğumdan sonra pnömatizasyonu tamamlanır. Doğumda, sadece orta kulak boşluğu ve antrum mevcuttur. Doğumdan sonra mastoid kemik ve mastoid hücreler oluşur. Mastoid kemiğin pnömatizasyonu doğumla başlar ve 5-6 yaşlarında tamamlanır.

2.1.3 İç kulağın gelişimi

Embriyonal yaşamın üçüncü haftasında, ektodermden gelişen işitme çukurundan oluşur. Bu işitme çukuru derinleşerek bir kese halini alır. Buna otik vezikül denir. Otik vezikül daha sonra koklea, semisirküler kanallar (SSK) ve vestibülü meydana getirecek şekilde değişikliğe uğrar. İç kulak taslağı başlangıçtan itibaren bağ dokusu ile çevrilidir. Bu bağ dokusu daha sonra içte jelatinöz, dışta kıkırdak olmak üzere iki tabakaya ayrılır. Bu iki tabakanın birbirinden ayrılmasıyla perilenfatik aralık oluşur. Jelatinöz tabaka zar labirenti, kıkırdak tabaka kemik labirenti oluşturur. İç kulağın gelişimi embriyonel gelişimin üçüncü haftasında başlayıp, 28. haftasında sonlanır

2.2 TEMPORAL KEMİK

İşitme ve dengenin periferik organı olan kulak, temporal kemiğin içine yerleşmiştir. Temporal kemik, kafatasının yan ve alt duvarlarını oluşturur. Bu nedenle temporal kemik kafa tabanının bir parçasıdır. Parietal, sfenoid ve oksipital kemikler arasına yerleşmiştir. Temporal kemik dört ayrı parçanın birleşmesinden oluşur

- Skvamöz parça
- Timpanik parça
- Mastoid parça
- Petröz parça

2.2.1 Skuamöz parça

Kafatasının yan duvarının bir kısmını oluşturur. Düz olan dış yüzeyine temporal kas yapışır. Dış yüzün alt kısmından processus zygomaticus adı verilen bir çıkıntı öne doğru uzar. Bu çıkıntının alt kısmında mandibuler fossa bulunur. Dış yüzün arka kısmında A. temporalis media'ya ait bir sulkus bulunur. Skuamöz parçanın iç yüzü orta kafa çukuru ile komşudur.

2.2.2 Mastoid parça

Temporal kemiğin arka ve üst kısmında yer alır. Skuamöz parçanın petröz parça ile birleşmesinden meydana gelen petroskuamöz sutür, zigomatik kökten aşağıya doğru uzanır. Buna linea temporalis superior adı verilir. Orta kafa çukurunun alt kısmının sınırını yapar. Dış kulak yolunun arka üst kısmında küçük bir kemik çıkıntı bulunur. Bu çıkıntıya suprameatal spin veya henle spini denir. Bu spinin arkasında lamina kribrosa adı verilen delikli bir kısım vardır. Mastoidin iç yüzünde bir oluk bulunur, buna sigmoid sulkus denir. Bu sulkusa sigmoid sinüs yerleşir. Mastoid parçanın üst yüzeyinde antrumu örten ince bir kemik tabakası vardır. Buna tegmen mastoideum denir. Arkada, petröz parçanın arka yüzü ile birlikte arka kafa çukurunun ön sınırını yapar. Mastoid kemik hava boşluklarıyla doludur. Bu hava boşluklarının en önemlisi, her zaman bulunan antrumdur. Mastoid pnömatizasyonu antrumdan çevreye doğru yayılır. Pnömatizasyon skuamöz ve petröz kemiklere de yayılır. Bu iki kemik birbirinden petroskuamozal lamina ile ayrılmıştır. Bu lamina zamanla kaybolur, ancak bazen bu lamina yerinde kalarak bu iki kemiği birbirinden ayırır. Buna körner septumu denir.

Mastoid kemik pnömatizasyonuna göre üç tiptir

1. Pnömatik tip: Hücreler lateralde attikten zigoma köküne doğru, medialde genikulat ganglion ve superior semisirküler kanal ampullası üzerinden petröz apekse doğru genişleyen tarzdadır.

2. Diploik tip: Pnömatik tip ve sklerotik kombinasyonudur.

3. Sklerotik tip: Mastoid havalı hücrelerinin sınırlı olduğu, kompakt kemik dokusu içeren tarzdadır.

Pnömatik bir mastoidde mastoid selüller çeşitli gruplara ayrılırlar. Bu sınıflama ilk kez 1969 yılında Allam tarafından yapılmıştır ve günümüze dek birkaç küçük değişiklik göstererek kullanılmaktadır.

1. Periantral hücreler
2. Tegmental hücreler
3. Sinodural hücreler
4. Perisinüsül hücreler (retrosigmoid hücreler)
 - a. posterior perisinüsül hücreler
 - b. lateral perisinüsül hücreler
 - c. medial perisinüsül hücreler
5. Santral hücreler
 - a. süperfisiyel intersinofasyal hücreler
 - b. derin intersinofasyal hücreler
6. Apikal hücreler (mastoid tip hücreleri)
 - a. lateral apikal hücreler
 - b. medial apikal hücreler
7. Perifasyal hücreler
8. Zigomatik hücreler
 - a. lateral zigomatik hücreler
 - b. medial zigomatik hücreler
9. Antral hücreler

2.2.3 Petröz parça

Üç yüzlü ve üç kenarlı piramide benzer. Ön üst yüz orta kafa çukurunun bir bölümünü yapar. Ön üst yüzde impressio trigemini adını alan bir çukur alan vardır. Bu çukurda 5' inci sinirin ganglionu "Gasser ganglionu" yer alır. Bu çukur alanın hemen yanında birbirine paralel giden iki ince oluk vardır. Bu arkadaki oluktan n.petrosus superficialis majoris, önünden n.petrosus superficialis minoris geçer. Bu olukların dış yan kısmında eminentia arkuata adı verilen bir kabarıklık vardır. Bu kabarıklığın yanındaki düzgün alana tegmen timpani denir. Burası kavum timpaninin tavanını oluşturur ve malleusun başı ile komşuluk yapar. Petröz kemiğin arka üst kısmında meatus acusticus internusun deliği olan porus acusticus internus bulunur. Buradan 10 n.facialis, n.cochlearis, n.vestibularis superior ve n.vestibularis inferior geçer. Bu deliğin arka kısmında fossa subarcuata ad verilen küçük bir çukur alan vardır. Bu çukur alana apertura externa aqueductus vestibuli açılır. Petröz parçanın alt yüzünde processus styloideus adı verilen bir çıkıntı vardır. Bu çıkıntının hemen arkasında bulunan deliğe foramen stilomastoideum adı verilir. Bu delik fallop kanalının dış deliğidir.

Processus stilomastoideumun ön ve iç yan kısmında fossa jugularis adı verilen geniş bir çukur alan vardır. Bu çukur alanın hemen ön kısmında canalis caroticusun deliği vardır.

2.2.4 Timpanik parça

Dış kulak yolunun ön ve arka kısmını ve alt kısmının bir bölümünü yapar. Ön alt bölümünün ortası çok incedir, bazen foramen huschke denen küçük delikler ihtiva eder. Timpanik kemik üst kısmı açık kalmış bir halka gibidir. Bu açıklığa Rivinus çentiği denir. Kulak zarının pars tensası sulkus timpanikusa; pars flaccidası ise halkanın açık olan kısmına yerleşir. Temporal kemik erişkinlerde lateral pozisyonda, çocuklarda ise lateral-inferior pozisyonadadır Bebeklerde skuamöz parça diğerlerine oranla daha büyüktür, mastoid parça yoktur. Petröz kısım anulus timpanicus arkasında, skuamöz kısmın altında uzanmaktadır. Kavum timpani dış yanda timpanik kısım, iç yanda petröz kısım ile sınırlıdır. Antrum doğumda iyi gelişmemiştir. Dış tarafta ve önde skuamöz parça, ön ve arkada petröz parça ile komşudur.



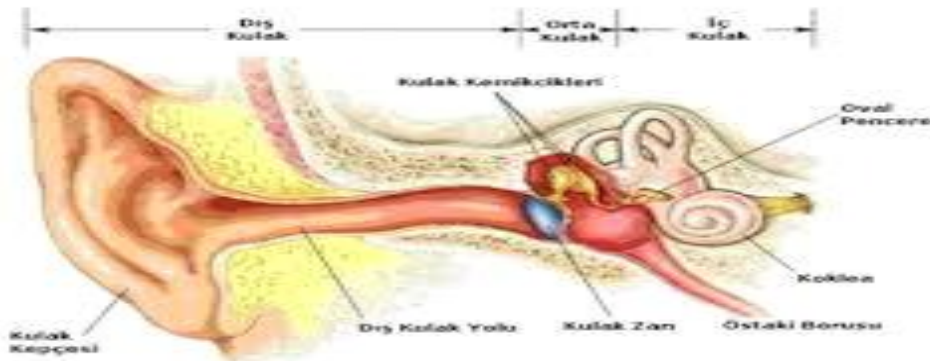
Resim 1: Sağ temporal kemiğin dıştan görünüşü

2.3 KULAK ANATOMİSİ

İşitme organı, denge organı ile birlikte temporal kemik içinde yerleşmiştir. Üç kısımdan oluşur:

1. Dış kulak
2. Orta kulak
3. İç kulak

Orta kulak timpanik membran ve iç kulak arasında yerleşmiştir. Tuba östaki aracılığı ile nazofarenkse, aditus ad antrum aracılığı ile mastoid antruma açılır. Orta kulağın hacmi 0.5 cm³ olarak kabul edilmektedir. Sınırları net olmayan bir prizmaya benzemektedir.



Resim 2: Dış, orta ve iç kulak anatomisi (<http://medicine.iu.edu/oto/> dan alınmıştır.)

2.3.1 Dış Kulak

Başın her iki yanındaki aurikula ile dış kulak yolundan oluşur. Kulak kepçesi dışta deri ve içte elastik bir kıkırdaktan oluşmuştur. Dış kulak yolu, kepçeden kulak zarına kadar olan uzunluğu içine alır. İki parçadan oluşur; 1/3 dış kısmı kıkırdak, 2/3 iç kısmı kemikten meydana gelir.

2.3.2 Orta Kulak

Orta kulak; kulak zarı ile iç kulak arasındaki boşluktur. Orta kulak boşluğu, Östaki tüpü ile nazofarenkse ve aditus yolu ile mastoid bölgeye açılır. Orta kulak üç bölümden meydana gelir. Kulak zarı hizasına rastlayan orta kulak boşluğuna mezotimpanum, altında kalan kısmına hipotimpanum, üstünde kalan kısmına ise epitimpanum denir. Hipotimpanum; kulak zarının aşağısında yer alan sığ bir boşluktur. Kemiksi yüzeyi, hava hücreleri nedeniyle düzensiz bir görünüme sahiptir. Bu duvar, juguler bulbusun üzerini örter. Orta kulağın medialinde promontoryum yer alır. Bu kabartı kokleanın bazal kısmı tarafından oluşturulur. Promontoryum, timpanik pleksusu oluşturan sinir liflerini içerir. Promontoryumun arkasında iki pencere bulunur. Bunlardan yukarıda olana oval (vestibüler) pencere, aşağıda olana ise yuvarlak (timpanik) pencere adı verilir. Mezotimpanumun arka sınırında bu iki pencerenin arasında timpanik sinüs bulunur. Epitimpanum, inkusun büyük bir kısmını ve malleusu içerir, süperiorda tegmen timpani ile sınırlandırılmıştır. Orta kulaktaki önemli yapılar şunlardır: Üç adet kemikçik (malleus, inkus, stapes), iki adet kas (m. tensör timpani ve m. stapedius) ve fasyal sinirin timpanik segmenti.

Orta kulak tabanını ağırlıklı olarak juguler bulbus, küçük bir kısmını da stiloid proses; posterior duvarını aditus et antrum, piramidal, kordal ve stiloid eminensler oluşturur. Anterior duvarını, karotis kanalının petröz bölümü, tensör timpani kası ve Östaki tüpünün ağzı yapar. Orta kulağın lateral bölümünü, kulak zarı ve skuamöz kemiğin skutum kısmı; tavanını tegmen timpani oluşturur. Orta kulağın medial duvarı ise iç kulakla komşudur. Bu duvarda kokleanın bazal dönüşünün oluşturduğu promontoryum yer alır

2.3.2.1 Kulak Zarı

Dış kulak yolu sonunda, orta kulak boşluğunu dış kulaktan ayıran 8-9 mm. çapında fibröz bir tabakadır. Timpanik parçanın sulcus timpanikusu içine oturur. Üst kısmında, halkanın iki ucu arasında bir açıklık bulunur. Bu açıklığa Rivinus çentiği adı verilir. Sulkus timpanikus içine kulak zarı gerlach halkası ile tespit edilir. Kulak zarının bu bölümü gergindir ve pars tensa adını alır. Rivinus çentiğini dolduran kısım ise gevşektir ve pars flaccida adını alır. Kulak zarı tam düz bir yüzey değildir. Orta kısmında, yukarıdan aşağıya ve önden arkaya uzanan manibrium mallei görülür. Manibrium mallei'nin ucu içe doğru çökük olduğundan kulak zarı konkav bir biçime sahiptir. Kulak zarının en derin noktası manibrium malleinin ucuna rastlar, buna umbo denir. Kulak zarı üç ayrı tabakadan meydana gelmiştir. En dışta; dış kulak yolu derisi, içte; orta kulak mukozası, bu ikisinin arasında ise fibröz tabaka bulunur. Fibröz tabaka dışta stratum radiale ve içte stratum sirkulare adı verilen liflerden oluşur. Pars flaccida bölgesinde ise fibröz tabaka bulunmaz. Bu bölge retraksiyonların ve kolesteatomların en sık bulunduğu bölgedir.

2.3.2.2 Alt Duvar

Bu duvar enlemesine daralmıştır. Bu darlık arkada daha belirgindir, ince bir kemik duvarla bulbus vena jugularisten ayrılır. Alt duvarın ön kısmı biraz daha geniştir ve A.Karotis İnterna ile komşuluk eder. Hipotimpaniumda Jacobson sinirinin orta kulağa girdiği canaliculi timpanici adı verilen bir delik bulunur.

2.3.2.3 Ön Duvar

İnternal karotis arterin yaptığı çıkıntı nedeniyle daralmıştır. Üstte tensor timpani kasının çıkıntısı bunun altında ise tubanın timpanik orifisi bulunur.

2.3.2.4 Üst Duvar

Buraya tegmen timpani adı verilir. Orta kulak boşluğunu orta kafa çukurundan ayırır. Yer yer dehissanslar gösterebilir.

2.3.2.5 İç Duvar

Bu duvar iç kulakla komşudur. Promontorium, kokleanın bazal helezonunun çıkıntısına uyar. Promontoriumun arka ve alt kısmında fossula fenestra cochlea denilen bir çıkıntı bulunur. Çukurluğun tabanında, orta kulak boşluğunu iç kulaktan ayıran ikinci bir kulak zarı (yuvarlak pencere) bulunur. Promontorium arka ve üst kısmında üç önemli nokta 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 fasyal çıkıntı içinde fasyal sinirin ikinci yatay parçası bulunur. Bunun da arka ve üstünde ise lateral semisirküler kanal yerleşmiştir. Promontoriumun üstünde, arkada, tensor timpani kasının yaptığı processus kokleiformis adlı kemik çıkıntı bulunur. Bu çıkıntı fasyal sinirin birinci ve ikinci parçalarının birleşme noktasıdır.

2.3.2.6 Arka Duvar

Bölgenin en önemli anatomik noktası, stapes tendonunun yaptığı eminentia pyramidalis adlı çıkıntıdır. Bu çıkıntıdan kulak zarına paralel giden dik bir düzlemle orta kulağı ikiye ayırdığımızda; içteki bölümde oval pencere, yuvarlak pencere ve sinüs timpani adında üç önemli oluşum vardır. Eminentia'nın dışında fasyal resess adı verilen bir çukurluk vardır, bu çukurun dış tarafında dış kulak yolu ve korda timpani, arka ve üstünü ise fossa incudus sınırlar. Bu komşuluk posterior timpanotomi yaklaşımında önemlidir

2.3.2.7 Orta kulak kemikçikleri

Orta kulak boşluğunda; kulak zarı ile iç kulak arasında üç tane hareketli kemikçik vardır. Bunlar dıştan içe doğru malleus, inkus ve stapestir.

Malleus; kapitulum ve manibriumdan oluşur. Ayrıca ön ve arkada iki çıkıntısı vardır ve 8-9 mm. uzunluğundadır. Manibrium, sıkıca kulak zarına bağlıdır ve zarı içe doğru çeker. Kapitulum yuvarlaktır ve epitimpanik reses'de inkus ile eklem yapar. Tensor timpani kası, manibriumun hemen üstünde kollumun altında malleusa bağlanır. Malleusu içe ve arkaya çekerek kulak zarını tespit eder.

İnkus; korpus ile biri uzun, diğeri kısa iki koldan oluşur. Korpusta malleus başıyla eklem yapan bir yüz vardır. Kısa kol, 5 mm. uzunluğunda, manibrium malleinin arka ve iç tarafında ve manibriuma paraleldir. Ucunda processus lenticularis denen ve stapes başı ile eklem yapan bir kısım bulunur.

Stapes; bir baş, iki bacak ve bir tabandan meydana gelir. Taban, ligamentum annulare ile oval pencere kenarlarına bağlanır. Arka bacağın üstünde stapes tendonunun yaptığı bir yüzey vardır.

Kemikçikler manibrium ile kulak zarına, ligamentum annulare ile oval pencereye, incudomalleolar ve incudostapedial eklemlerle birbirlerine bağlanırlar. Kemikçikleri orta kulak duvarlarına bağlayan dört bağ vardır; bunlardan üç tanesi malleusa, bir tanesi de stapes aittir.

2.3.2.8 Tuba Östaki

Orta kulak boşluğu ve mastoid havalı boşlukların dış ortamla ilişkisini sağlar. Ortalama uzunluğu 3,5 cm.dir. Üst ucu; orta kulak ön duvarına, alt ucu ise; nazofarenks yan duvarına açılır. Tuba östaki (ÖT) iki kısımdan oluşur:

-2/3 alt kısmı kıkırdak

-1/3 üst kısmı kemik

Osseöz kanal timpanik bölüm ağzında en geniş çapındadır, gittikçe daralır ve en dar yeri istmus bölümüdür. İstmusda kıkırdak kemiğe sıkı bir şekilde yapışır. 160 derecelik geniş bir açı yapar ve bu noktadan itibaren tubanın kıkırdak bölümü nazofarenkse kadar gittikçe genişler. M.tensor veli palatini ve M.levator veli palatini östaki borusunun açılmasını sağlarlar. Çocuklarda eriskinlere nazaran daha yatay, geniş ve kısadır. Erişkinlerde ise, arkadan öne, dıştan içe ve yukarıdan aşağıya bir doğrultu izler.

2.3.2.8 İç kulak

Kemik labirent ve zar labirentten oluşur. Kemik labirent; vestibül, koklea, koklear akuadukt ve semisirküler kanalları içerir. Zar labirent ise; skala media, utrikül, sakkül, semisirküler kanallar ve endolenfatik keseden oluşur

2.4 ORTA KULAK BASINCININ DÜZENLENMESİ

19. yüzyıldan 1980' lere kadar geçen zaman içinde orta kulağın havalanmasında tek yolun östaki tüpü olduğu kabul edilmekteydi. ÖT' nin sürekli olarak kapalı olduğu patolojik durumlarda da çeşitli orta kulak hastalıklarının (kroniktimpan membran retraksiyonu, efüzyonlu otit gelişimi vb.) oluşabileceği önesürülmekteydi. Klasik olarak "Hidrops ex vacou" teorisi olarak bilinen bu görüşün üçtemel dayanağı vardır.

1.Orta kulaktan gaz absorpsiyonu

2.Orta kulak havalanması

3.Ostaki tüpü obstrüksiyon

Bu görüşü destekleyen en önemli veriler orta kulak ve mastoid hücreler içindeki havanın orta kulak mukozasından sürekli olarak absorbe edildiğini gösteren çalışmalardan gelmektedir.Yirmi dört saat içinde orta kulak boşluğundan absorbe olan hava miktarı yaklaşık 1 ml olarak hesaplanmıştı.Bu absorpsiyon orta kulak basıncının azalmasına neden olur.ÖT' nin primer görevi orta kulağın havalanmasını sağlamaktır. Yutkunma esneme ve çiğneme ile ÖT' nin açılması, orta kulakta absorpsiyon sonucu oluşan negatif basıncın giderilmesini sağlar.Eğer tüp patolojik bir olay sonucu acılamayacak olursa hava absorpsiyonu ve basınc azalması devam eder.Negatif basıncın belli bir seviyeye gelmesi orta kulağa sıvı transudasyonuna neden olur.Bu basıncın daha da düşmesini onler bu nedenle bu teori "Hidrops ex vacou" olarak da adlandırılmaktadır.

Ancak 1970' li yıllardan itibaren yapılan çalışmalar bu klasik teoriye ciddi eleştiriler getirmiştir.En önemli eleştiri çeşitli kulak hastalıklarında ÖT' de bir daralma olmadığını gösteren çalışmalardan gelmektedir.Bluestone ve ark. X-ray kontrast madde kullanarak temporal kemiklerde yaptıkları çalışmalarda hastalıklı kulaklarda obstrüksiyonun genellikle olmadığını ve tubanın anatomik obstrüksiyonunun oldukça nadir olduğunu göstermişlerdir.

Diğer önemli bir bulguda orta kulaktan gaz salınımının ve absorpsiyonunun olduğunun gösterilmesidir.Sade ve ark. bu gaz difüzyonunun gazların difüzyon

katsayıları ile orantılı olarak belli bir hızda gerçekleştiğini ve orta kulaktaki gaz bileşiminin ve venoz kandaki gaz bileşimine benzediğini belirtmektedir. Buckingham ve ark. köpeklerde hipoventilasyonla veya CO2 içeren gaz karışımlarıyla ventilasyon yapıldığında orta kulakta pozitif hava basıncı geliştiğini belirtmişlerdir. İnsanda seri timpanometri ile değişik soluma paternlerine cevap olarak gelişen basınç değişiklikleri saptandığında da benzer bulgular elde edilmiş ve hiperventilasyonla orta kulakta negatif basınç geliştiği gösterilmiştir. Hipoventilasyonun etkisi, sabah uyanıldığında orta kulak basıncının ölçülmesiyle de gösterilmiş ve sabah uyanıldığında orta kulak basıncı pozitif olarak bulunmuştur. Bu bulgular klasik teoriye ters düşmektedir, çünkü uyku esnasında ÖT daha uzun süre kapalı olacağından sürekli gaz absorpsiyonu nedeniyle, orta kulakta negatif basınç tespit edilmesi gerekirdi. Halbuki tam aksi sonuçlar elde edilmiştir.

Bütün bu bulgular orta kulak havalanmasının kontrolü konusunda yeni görüşlerin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Magnusson orta kulakta basınç düzenleyen sistemin şu üç komponentin birbiriyle devamlı bir kooperasyon içinde olmasıyla meydana geldiği görüşünü ortaya atmıştır.

1-Çift yönlü gaz difüzyonu (salınım ve absorpsiyon)

2-Tubal hava geçişi (yukarı ve aşağı)

3-Çift yönlü sıvı değişimi (yapım ve eliminasyon)

Eğer intratimpanik basınçta bir değişim meydana gelecek olursa her üç komponent basınç eski haline getirmek için harekete geçer. Eğer komponentlerden biri yeterince iyi çalışmıyorsa diğer ikisi kompanse edebilir. Buna göre orta kulakta negatif basınç oluşması için;

1)Salından daha fazla gaz absorbe edilmeli

2)Tuba ostakiden daha fazla gaz nazofarenkse geçmeli

3)Elimine edilen sıvı miktarı yapılandan daha fazla olmalıdır.

2.4.1 Orta Kulak Havalanması ve Tuba Östaki

Orta kulak boşluğunun havalanmasının kontrolünde ÖT çok önemli bir yere sahiptir. Ancak ÖT aracılığı ile nazofarenksten gaz transferini kontrol eden kalitatif ve kantitatif fizyolojik parametreler hakkında çok az şey bilinmektedir. İnsanda ÖT 3-4 cm uzunluğundadır ve koni şeklinde iki parçanın isthmus denilen dar bir geçiş alanında birleşmesi ile meydana gelmiştir. Bunun medialde kalan konik parça kollabeolabilir bir yapıdadır ve çoğunlukla da kollabe durumdadır. ÖT'nün kollabe olabilen kısmı yutkunma, esneme veya mandibulanın hareketleri sırasında tensor veli palatinikası tarafından aktif olarak açılır. Bu kısım her 1-2 dakikada 0.2 sn süreyle açık kalır. Genel prensip olarak gazlar bir bölgeden bir diğerine o bölgelerdeki uygulamış oldukları total basınç farklığına uygun olarak hareket ederler. ÖT'nün her yutkunma ile açılmadığı ve her yutkunma hareketi sonrasında orta kulağa efektif bir gaz geçişinin olmadığı bilmesi gerekmektedir. ÖT'den geçerken gaz akışı esas olarak büyük bir engelle (isthmus) kısıtlanır. Gaz isthmusu geçer geçmez orta kulağa ulaşır.

Mastoid ve Timpan Membran

Orta kulaktaki fizyolojik basınç homeostazı basınç düzenleyicileri (tampon) olarak görev yapan bazı mekanizmalar tarafından sağlanır. Orta kulak için bu düzenleyici mekanizmalar iki tanedir; esnek timpan membranının orta kulak hacmini değiştirmeye yeteneği ve havalı mastoid büyüklüğünün etkisi. Sabit bir boşlukta gazın basıncı, hacmi, moleküllerin sayısı (molu) ve sıcaklık gaz kanununa uyar. $P \cdot V = n \cdot R \cdot T$ (Boyle Kanunu)

Bu nedenle, mastoid hava hacmi büyüdükçe, bu sisteme sabit bir miktar gaz eklenip çıkarıldığında basınç değişiklikleri de daha küçük olacaktır. Fizyolojik timpan membranı timpanik kemiğe komşu anulus bağlı rijit bir membrandır. Hemen hemen rijit olan bir membranın hareketi esas olarak anulus katlantı seviyesindedir. Bu mekanik bir menteşe olarak görev yapar. Timpan membranının içeri doğru yer değiştirmesi orta kulak hacmini belli bir dereceye kadar azaltabilir ve bunun sonucu olarak da orta kulak basıncını arttırabilir.

Orta kulaktaki negatif basınç değişikliklerini daha da nötralize etmek için ilave başka mekanizmalara da ihtiyaç vardır.Bunlardan birisi timpan membranın retraksiyonudur. Timpan membranın retraksiyonu orta kulak hacmini azaltarak basıncın yükseltilmesine neden olur.Retraaksiyon arttıkça orta kulaktaki gazların sıkışması daha fazla olur ve bu da gaz basınçlarında artışa neden olur. Timpan membranda daha fazla retraksiyon meydana gelmesi timpan membran fibroz tabakasını kaybettiğinde (Sade grade 2-4 atelektazi) daha muhtemeldir. Bu durum sürekli devam eden uzamış negatif basınç durumlarında gelişir. Timpan membran normal rijit özelliğini kaybeder ve fleksibl bir özellik kazanır.

Mastoid hücreler tamamen skleroze olduğunda tüm orta kulak hacminin yaklaşık %50'sinde değişime neden olabilir. Bu da teorik olarak 380 mmhg basınçta azalmaya eşdeğerdır. Diğer bir mekanizma orta kulak mukozasının şişmesi ve kan damarlarının genişlemesidir ki böyle vakalarda mukoza tüm orta kulak lümeninin önemli bir kısmını işgal edebilir.

2.4.2 Orta Kulak İle Kan Dolaşımı Arasındaki Gaz Değişimi

Orta kulak boşluğunun havalanmasının kontrolünde ÖT'ü önemli olmaklabirlikte en az onun kadar önemli olan bir başka mekanizma da orta kulak ile kandolaşımı arasındaki gaz değişimidir.Orta kulak mukozasından gaz absorpsiyonuyarında gaz salınımında olduğunun gösterilmesi orta kulak havalanmasınınacıklanmasına önemli katkı sağlamıştır.Gazlar kan damarlarından orta kulağa veyatersi yonde her bir gazın kısmi basınç farklılıklarına göre pasif olarak geçer.Gazpartikülleri denge haline gelinceye kadar, yüksek kısmi basıncın olduğu ortamdan düşük basıncın bulunduğu ortama doğru geçmeye meyillidir. Normal fizyolojik şartlar altında gaz kısmi basınçları orta kulak venoz dolaşımı ile orta kulak boşluğu arasında dengelenmeye meyillidir. Orta kulağı drene eden venoz kanın mikst venoz kandakinebenzer bir gaz bileşimine sahip olduğu düşünülürse orta kulaktaki denge hali sonuçolarak toplam gaz basıncı atmosfer basıncından yaklaşık 56 mmhg daha düşük olarakmeydana gelecektir. Bu teorik durum timpan membran üzerine yüksek bir atmosferbasıncın uygulanmasına neden olacaktır.Bu nedenle orta kulağın atmosferinkine yakınbir toplam basınca erişmesi için kompensasyona ihtiyaç vardır.Bu ÖT aracılığıyla nazofarenksten periyodik olarak gaz geçişi ile sağlanır.

2.4.3 Orta Kulak Basıncının Nöronal Kontrolü

Bu iki görüşe ilave olarak orta kulak havalanmasının kontrolünde nöral mekanizmalarında rol oynayabileceği hayvanlarda yapılan bazı çalışmalara dayanarak ileri sürülmektedir. Maymunlarda yapılan bu çalışmalar sonucu timpanik pleksus ile nukleus solitariusun subnukleusu arasında afferent yolların bulunduğu saptanmıştır. Bu reseptörlerin varlığı orta kulaktaki kemo ve baro reseptörlerden gelen uyarıların olduğu şeklinde yorumlanmaktadır. Çocukluk çağında Otitis Media görülme sıklığının erişkinlere göre daha fazla olmasının bu dönemde nöral maturasyonun tamamlanmamış olmasına bağlanmaktadır. Nitekim timpanik pleksusu oluşturan jacobson sinirinin kesilmesinin ‘guinea pig’ lerde 60 gün sonra otoskopik olarak timpan membranında retraksiyon, efüzyon gelişimi ve histopatolojik olarak da inflamasyon ve goblet hücre artışına neden olduğu bildirilmiştir.

2.4.4 Mastoid Hava Hücreleri Sistemi

Yetersiz mastoid havalanması, orta kulak sisteminde hava rezervuarının yetersiz olmasına ve mastoid hücreleri kaplayan mukoza vasıtasıyla gerçekleştirilen gaz değişiminde aksamaya neden olur.

2.5.KOKLEAR İMPLANTASYON

2.5.1 Koklear implant

Koklear implant, mekanik ses enerjisini, elektrik sinyallerine dönüştüren ve bunu doğrudan kokleaya aktararak, seslerin algılanmasını sağlayan elektronik bir cihazdır. Bu cihazlar çok ileri derecede sensörinöral işitme kaybı olan ve konvansiyonel işitme cihazlarından çok az veya hiç yararlanamayan doğuştan veya sonradan kazanılmış işitme kayıplı hastalara uygulanmaktadır.

2.5.2 Koklear implantın amacı

İleri ve çok ileri derecede sensörinöral işitme kayıplı bireylerde, koklear implantasyonun amacı:

- İşitme cihazlarının yetersiz kaldığı durumlarda, işitme yoluyla bireylere konuşma becerisini kazanmaları için yeterli elektriksel uyarı sağlamak,

- Tüm frekanslarda, konuşma uyarılarını duyabilecek düzeyde işitme yeteneğini sağlamak,

- Sadece işitme yeteneğini kullanarak ve alternatif iletişim yöntemlerine ihtiyaç duymadan daha az engelli kişiler olarak, yaşamlarını sürdürmelerine yardımcı olmaktır.

2.5.3 Koklear implantın genel özellikleri

Koklear implant dış ve iç parçalar olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır.

2.5.3.1 Dış parçalar

(1) Alıcı mikrofon: Akustik bilgileri alarak elektriksel sinyallere dönüştürür ve konuşma işlemcisine aktarır. Mikrofon kulak arkası işitme cihazlara benzer şekilde kulağa takılan sistemin içinde yer almaktadır. Son yıllarda gürültülü ortamlarda anlamayı arttırmak için çift mikrofonlu sistemler geliştirilmeye çalışılmaktadır.

(2) Konuşma sinyal işlemcisi (Speech processor): Normal işiten bireylerde ses sinyalleri kokleada hazırlanır ve kodlanır. Ancak koklear implant kullanan bir kimsede koklea ve tüylü hücreler by-pass edildiği için sinyaller doğrudan işitme sinirine verilmektedir. Konuşma sinyal işlemcisi sinyali kodlayıp amplifiye ederek, iç kulak stimulasyonu için uygun hale getirir. Elektriksel uyarı daha sonra dış antene iletilir.

(3) Dış Anten: Gelen elektriksel uyarıyı deriden iç antene aktarır. Konuşma işlemcisinin oluşturduğu sinyaller dış antenden içeriye radyofrekans dalgaları ile aktarılmaktadır. Dış anten ve temporal kemiğin üzerindeki yuvasında bulunan alıcı-uyarıcı (Receiver) arasında mıknatıs bağlantısı vardır. Bu sayede dış anten kulak arkasında sabitlenir.

2.5.3.2 İç(İmplant Edilen)Parçalar

- **İç Anten:** Dış antenden gelen sinyalleri alıcı-uyarıcıya (Receiver) iletir

- **Alıcı-Uyarıcı (Receiver):** Alıcı-uyarıcı bir kontrol kulesi gibi çalışır. Sinyalleri alır, kodlarını çözer ve elektrotlara aktarır. Ayrıca temporal kemik skuamöz parçası içine sıkıca yerleştirilmiş olan magnet parçası, dış anteni manyetik kuvvetle yerinde tutar.

- **(3)Elektrot Demeti:** Elektriksel uyarıyı iç kulağa aktarır ve koklea içinde ilgili lokalizasyonun uyarılmasını sağlar.Elektrodlar kokleanın yuvarlak penceresine yakın (ekstrakoklear) veya skala timpani içine (intrakoklear) veya koklear nukleusun yüzeyine yerleştirilebilir. En sık olarak, elektrodlar skala timpaniye yerleştirilir, çünkü elektrodlar bu sayede kokleanın uzunluğu boyunca yerleşen işitsel nöron dendritlerine en yakın hale gelir.



Resim 3: Koklear implant (www.medel.com'dan alınmıştır.)

2.5.4 Koklear İmplantın Uygulanması

Koklear implantasyon uygulaması bir ekip tarafından gerçekleştirilir. Bu ekipte; tıbbi değerlendirme ve koklear implant cerrahisi için kulak burun boğaz uzmanı, ameliyat öncesi odyolojik değerlendirme, ameliyat sırasında monitörizasyon, ameliyat sonrası koklear implantın programlanması ve izlenmesi için uzman odyolog, ameliyat öncesi ve sonrası bireysel eğitim, aile eğitimi ve dil gelişiminin değerlendirilmesi için eğitim odyoloğu, hastaların ve ailelerinin psikolojik durumunun incelenmesi ve psikolojik destek için psikolog, hastaların nörolojik değerlendirmesi için nöroloji uzmanı ve temporal kemik radyolojisinde deneyimli bir radyoloji uzmanı gerekmektedir.

Çocuk adaylar için kriterler şu şekildedir:

- İşitme kaybının derecesinin ileri veya çok ileri derecede olması,
- Hastanın en az 6 ay sistemli ve düzenli bir işitme cihazı deneyiminin olması
- İşitme cihazından çok az veya hiç yararlanamaması (hasta en az 6 ay izlenmelidir; menenjit için bu süre daha kısa tutulabilir)
- Çocuğun lisan yaşı ile kronolojik yaşı arasındaki farkın 4 yaştan fazla olmaması,
- Çocuğun, psikolojik olarak tutarlı davranışlar içinde olması, yoğun davranış problemlerinin olmaması ve Kİ ile ilgili beklentilerinin gerçekçi olması,
- Ailenin motivasyonun ve beklentilerinin uygun olması,
- Ailenin ameliyat öncesi ve sonrası dönemde gerçekleştirilecek eğitim programlarını izleyebilecek yapıda olması,
- İşitme cihazıyla yapılan uygun konuşma testlerinde ve rehabilitasyon programlarında çocuğun yeterli performans göstermemesi,
- Birçok hasta için hastanın 12 aydan büyük olması
- Medikal ve cerrahi kontraendikasyon olmaması

2.5.5 Koklear implant cerrahisi

Cerrahi öncesi implantın hangi kulağa uygulanacağına karar verilir. Her iki kulakta işitme kaybı eşitse, işitsel uyarana daha fazla maruz kalan kulak seçilir. Bu işitme kaybı farklı zamanlarda oluşmuşsa, daha kısa süreli kaybı olan taraf; eşit sürelerde kayıp var ve tek kulağa işitme cihazı kullanılmışsa işitme cihazı kullanılan kulak olmalıdır.

Anatomik varyasyonlar ve patolojiler yön seçiminde dikkate alınır. Yapılan çalışmalarda postoperatif performansın kulak yönünden bağımsız olarak hastanın total işitsel algısını yansıttığını göstermektedir.

Preoperatif dönemde koklear implant adayına menenjit profilaksisi açısından anti HİB ve pnömokok aşılı yapılmış olmalıdır. Ameliyat öncesinde antibiyotik profilaksisi önerilir. Kulak bölgesindeki akut ve kronik enfeksiyonlar kontrol altına alınmalıdır. Saçlar aurikulanın 5–6 cm üst ve arkasına kadar tıraş edilir. Ameliyat sahası povidon iod ile sterilize edilir. Standart yaklaşımda transmastoid fasyal sinir yaklaşımıyla yuvarlak pencere ve skala timpaniye ulaşılır. Bununla birlikte insizyon planlamasından elektrotun stabilizasyonuna, kokleostominin lokalizasyonundan implantın fiksasyonuna kadar birçok konuda arayış ve gelişmeler sürmektedir. Koklear implantasyon cerrahisinde temel amaç elektrot dizinini modiolustaki işitme siniri liflerini en etkin uyuracak şekilde koklea içine göndermek ve implant gövdesi ve elektrotu en güvenli, kullanıma uygun yerleştirmektir.

Cilt insizyonları postauriküler cildinin kanlanmasını bozmadan, mastoide erişim sağlayacak ve implantın internal parçasını örtecek şekilde oluşturulur. Bu amaçla koklear implant cerrahisinde değişik insizyonlar kullanılmaktadır.

Bunlar: anterior tabanlı ya da C şeklinde flep, posterior tabanlı ya da inverted J flep, inferior tabanlı flep ya da genişletilmiş endaural insizyon, superior ve anterior tabanlı flep. Postauriküler bölgenin beslenmesini süperfisyel temporal arter sağlar. Son dönemde implant boyutlarının giderek küçülmesi ile insizyonlarda giderek küçülmektedir. İnsizyona başlamadan önce kalıplarla implantın lokalizasyonu belirlenerek insizyon yapılır. Postauriküler insizyonda, modifiye minimal insizyon yapılır. Cilt altı dokular geçilerek periosta ulaşılır. Cilt, cilt altı ve periost iki ayrı flep halinde üst üste gelmeyecek şekilde kaldırılır. Sonrasında, sigmoid sinüs, digastrik ridge, lateral semisirküler kanalı ve inkusun gövdesini ortaya koyacak şekilde kortikal mastoidektomi yapılır. Dış kulak yolu yeterince inceltmeli ve kavitenin üst ve arka kenarları sağlam ve dik olarak korunmalıdır. İmplantın iç parçası, yerleştirileceği sinodural açının arkasındaki temporal kemiğin üzerine yerleştirilir. Önceden koklear implant iç parçasının yerleşeceği kemik yatak oluşturulur iken Y Güldiken ve ark. tarafından T Balkany ve ark. ile eş zamanlı tarif edilen subperiostal cep tekniği ile implantın iç parçası için temporal kemik üzerindeki periost kaldırılarak bir cep oluşturulur. İmplantın zamanla kemikte spontan olarak bir yatak oluşturduğu görülmüştür.

Posterior timpanotomi aşamasında yuvarlak pencereyi görünür hale getirmek amaçlanır. Fossa inkudis referans alınarak lateralde korda timpani, medialde fasiyal sinir ve superiorda fossa inkudisle sınırlanan üçgenden fasiyal resese ulaşılır. Fallop kanalının ön kısmı yeterince turlanarak yuvarlak pencere açığa konulur. Posterior timpanotomi sırasında anulus timpanikusun zedelenmesi iyatrojenik koleateatoma, dış kulak yolunun zedelenmesi ise elektrotun açığa çıkmasıyla sonuçlanabileceğinden dış kulak yolu dikkatlice inceltilmelidir.

Kokleaya girmek için iki yol vardır. Giriş, yuvarlak pencereden ya da yuvarlak pencerenin önünden promontoryuma yapılacak kokleostomiyle olabilir. Kokleostomi aşamasında en önemli referans noktası yuvarlak penceredir. Fasiyal resesten stapesin yaklaşık 2 mm inferiorunda yuvarlak pencere nişi gözlenir. Promontoryuma yapılan kokleostomide yuvarlak pencerenin 1 mm anteroinferiorundan stapesin boynu kadar mesafeden promontoryum 1.2 mm elmas tur ile düzleştirilir. 0.6 mm elmas turla skala timpani endosteumuna kadar turlanır. Endosteum pik yardımıyla açılır ve genişletilir. Ancak yuvarlak pencere görülmeden yapılan işlemler hook bölgesini zedeleyebilir. Yuvarlak pencerenin anteriorundan yapılacak implantasyon elektrotun skala vestibüli hatta skala mediaya ilerlemesine ve spiral hücre ganglionlarına zarar vermesine neden olabilir. Skala timpani tabanına ve dış duvara yakın bir kokleostomi koklear hasarı minimalde tutacaktır. Yuvarlak pencere yaklaşımında ise hook bölgesini zedelememek için yuvarlak pencere membranın anteroinferiordan açılmalıdır. Girişte elektrot daha kıvrımlı bir yol izlediği ve elektrotun özellikle orta kıvrıma yerleştirilmesinin daha zor olması nedeniyle pek tercih edilmemektedir.



Resim 4: Elektrodun yuvarlak pencere yoluyla kokleaya yerleştirilmesi

İmplant temporal kemik üzerine, elektrot da mastoid kavite içine yerleştirilir. Elektrot kokleostomiden alligator gibi ezici bir alet kullanmadan, baziller membranı ve spiral ligamanı travmatize etmeden, tümüyle skala timpaniye yerleştirmektedir. Elektrot yerleştirildikten sonra, kokleostomi düzeyinde implant etrafındaki açıklık temporal kastan alınan dokuyla tamamen kapatılır.İntraoperatif koklear implant bilgisayar sistemine bağlanarak implantın markasına ve tipine göre elektrofizyolojik testler yapılır.Testlerde sorun çıkmazsa, uygun şekilde kapatma işlemine geçilir.Kanama kontrolünde koklear implant yerleştirilinceye kadar bipolar koter kullanılabilir ancak implant yerleştirildikten sonra kokleaya ve implanta zarar verebilme riski nedeniyle bipolar koter kullanılmaz. Postoperatif birinci gün elektrotun intrakoklear yerleşimi Stenvers grafisi veya transorbital petröz grafi ile kontrol edilir.

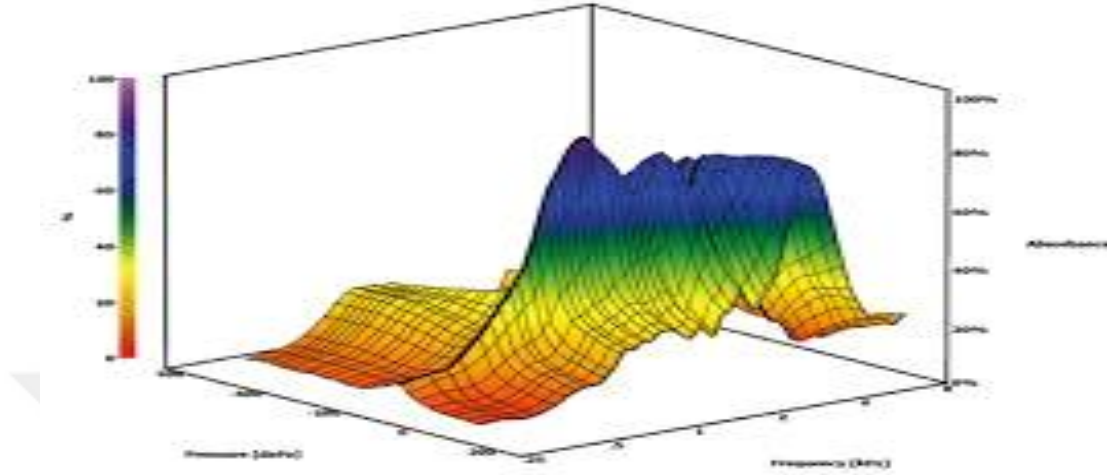
2.6 KORTİKAL MASTOİDEKTOMİ

İlk kez 1873 yılında Schwartze tarafından tariflenmiştir. Mastoid hücrelerin ve antrumun transkortikal olarak açılmasını ifade etmektedir. Orta kulak, iç kulak, fasyal sinir, endolenfatik kese, labirent, internal akustik kanal ve çeşitli kafa tabanı prosedürleri için ilk basamak transmastoid yaklaşımdır.Basit mastoidektomi terimi genellikle mastoid abselerin drenajında kullanılmaktadır. Dış kulak yolu arka duvarı salimdir ancak medialde daha kalındır. Anterior attik bölgesine bu yöntemle ulaşamaz yalnızca malleus başı ve inkus gövdesinin superior kısmı ile LSS kanalın kabarıklığı seçilebilmektedir. Temporal kemik yumuşak dokuları disseke edilerek inferiorda mastoid apeks, superiorda linea temporalis inferior, anterior da dış kulak yolu cildi,posteriorda yaklaşık olarak mastoid emisser ven çıkış bölgesi ortaya konulur. Antero superiorda da zigoma kökü ortaya konulmuş olmalıdır.

2.7 GENİŞ BAND TİMPANOMETRİ(GBT)

Geniş Bant Timpanometri (GBT); Douglas Keefe tarafından geliştirilen ve orta kulak analizinde kullanımı yeni olan bir ölçüm yöntemidir. Çalışma prensibi klasik timpanometri ile aynıdır. Klasik timpanometride dış kulak kanalına yerleştirilen probdan farklı frekansta saf ses uyararı kullanılırken GBT'de geniş frekans aralığını kapsayan klik uyararı kullanılmaktadır. Ölçüm sonucunda "3

Boyutlu (3D) Timpanogram” adı verilen bir grafik elde edilmektedir. Bu grafikte x eksenini basınç değerlerini, y eksenini orta kulağın absorbands miktarını, z eksenini frekans değerlerini göstermektedir



Resim 5: 3 Boyutlu Timpanogram

Geniş Bant Timpanometride klasik timpanometriden farklı bir terminoloji kullanılmaktadır. Geniş Bant Timpanometriyi anlamak için absorbands ve reflektans kavramlarının bilinmesi gerekmektedir.

Reflektans: Orta kulaktan yansıyan sesi,

Absorbans: Orta kulak tarafından soğurulan sesi ifade etmektedir.

Birbiri ile ters orantılı ilişkide olan bu iki kavram 0-1 arasında değer almaktadır. Absorbans oranının en büyük değerde olduğu noktada reflektans oranı en küçük değerdedir.

Elde edilen 3D timpanogram orta kulağın durumuna dair birçok frekans ve basınç değerlerinde bilgi içerdiği için üç boyutlu grafik daha karmaşık görünmektedir. Klinik kullanımda kolaylık sağlaması açısından üç boyutlu olan bu grafik farklı yöntemlerle sadeleştirilerek iki boyutlu grafikler haline dönüştürülmektedir.

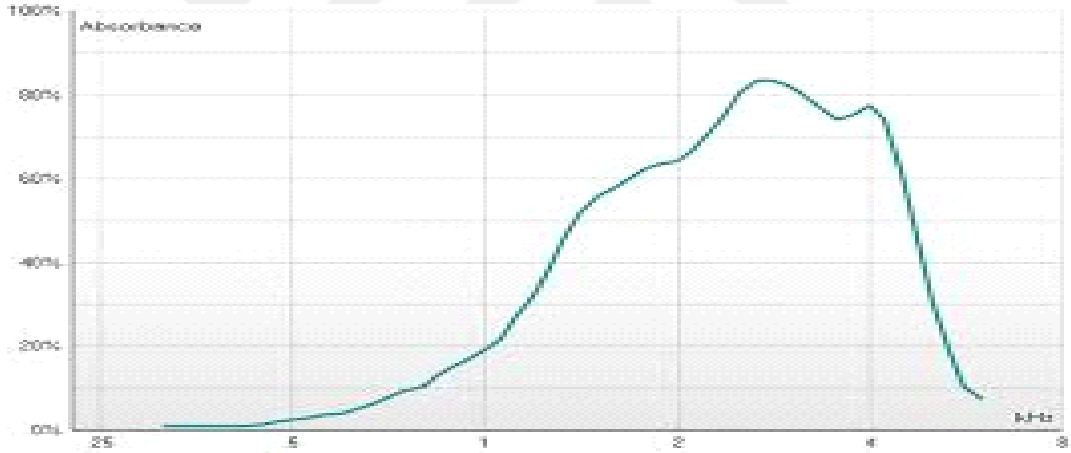
2.7.1 Absorbans Grafiği

Absorbans Grafiği 226-8000 Hz aralığında absorbans miktarını gösteren iki boyutlu grafikdir. Geniş Bant Timpanometri'de Absorbans grafiği basınçlı ve basınçsız olmak üzere iki şekilde elde edilmektedir.

Basınçlı absorbans grafiğinde, 3D Timpanogramda tepe basıncındaki absorbans miktarı görülmektedir. Üç boyutlu timpanogramda tepe basıncında, y ve z eksenlerinin oluşturduğu düzlemden bakıldığında elde edilen grafikdir.

Basınçsız absorbans grafiği ise; 3D Timpanogramda 0 daPa'daki absorbans miktarını göstermektedir.

Absorbans grafiği ayrıca, Geniş Bant Absorbans (GBA) ölçümü ile de elde edilmektedir. Geniş Bant Absorbans ölçümünde dış kulak kanalının basıncı değiştirilmediği için 3D Timpanogram çizilmemektedir.



Resim 6: Absorbans grafiği örneği

2.7.2 Rezonans Frekansı (RF)

Kütle ve komplians suseptans vektörlerinin eşit büyüklükte olduğu dolayısıyla bileşkelerinin sıfır olduğu frekans değeridir. Rezonans frekansında ses enerjisi sadece sürtünme etkisi altındadır. Bu nedenle rezonans frekansında, admitans vektörü kondüktans vektörü ile aynı yönde ve eşit büyüklükte dir. Admitans ve kondüktans cebirsel olarak da eşittir. Diğer bir ifadeyle; bu frekansta kondüktans vektörü aynı

zamanda admitans vektörüdür. Orta kulak, rezonans frekansına eşit frekansta gelen bir sesi diğer frekanslardaki seslere göre daha kolay geçirir.

Orta kulağı etkileyen bir patoloji orta kulağın rezonans frekansını değiştirmektedir. Orta kulakta esneklik azalmasına neden olan otoskleroz ve negatif orta kulak basıncı gibi durumlarda rezonans frekansı artmaktadır. Daha yüksek bir frekans değerinde kütle ve komplians suseptansları eşit hale gelmektedir. Rezonans frekansının altındaki frekanslar esneklik etkisi altında olduğu için orta kulak sistemi daha geniş bir frekans aralığında esneklik etkisi altında olmaktadır. Orta kulakta esneklik artışına neden olan patolojilerde ise rezonans frekansı azalmaktadır. Tanı sürecinde ve hastalığın takibinde önemli bir parametre olan orta kulak rezonans frekans değeri klasik timpanometri ile belirlenmemektedir.

2.MATERYAL METOD

Çalışmamızda İstanbul Eğitim Araştırma Hastanesi Kulak Burun Boğaz Hastalıkları kliniğinde Nisan 2018- Ağustos 2018 tarihleri arasında koklear implantasyon uygulanan 26 hasta incelendi.

Unilateral ya da bilateral implantasyon uygulanan, 1 yaşından büyük 14 yaşından küçük,daha önce koklear implantasyon dışında herhangi bir kulak ameliyatı geçirmemiş, kulak anomalisi olmayan 26 hasta çalışmaya dahil edildi. Koklear implant ameliyatı dışında başka kulak ameliyatı olan,orta ve/veya dış kulak anomalisi olan,preop seröz otitis media, akut otitis media olan,endoskopik nazal muayenesinde %50 den fazla adenoid vejetasyonu olan 1 yaşından küçük ve 14 yaşından büyük hastalar çalışma dışı tutuldu.

Dosya taramasında çalışma için uygun görülen hastalara çalışma hakkında bilgi verilerek kliniğe davet edildi ve yüz yüze görüşüldü. Bu görüşmede detaylı anamnezleri alındı, otoskopik muayeneleri, nazofarenks muayeneleri yapıldı.Daha sonra da preop ve postop 4.ayda ki geniş band timpanometrik incelemeleri yapıldı.

Anamnezde sık otitis media geçirip geçirmediği aileye sorularak cevaplamaları istendi.Preop otoskopik muayene ile timpan zarın rengi, matlığı, perforasyon olup olmadığı,vaskülarizyon incelendi.Yine hastaların nazofarenks muayeneleri de yapılarak adenoid vejetasyon olup olmadığı gözlendi.

Sağlam timpanik membran değerlendirilmesi yapılan tüm preop hastaların geniş band timpanometrik incelemeleri yapıldı ve bulgular kaydedildi.

Timpanometrik incelemede dış kulak yoluna prob yerleştirildi. Bu probta 3 adet kanal bulunur. Bu kanallar Receiver(alıcı),basınc pompası ve hassas mikrofondur.Geniş bant timpanometri basınçlı ölçüm modunda yapıldı.Ölçümler, dış kulak yoluna yerleştirilen prob ile elde edilen verinin bilgisayar yazılımı üzerinden kaydedilmesi yolu ile yapılmıştır. Veri tabanına otomatik olarak kaydedilen ölçümlerde, 226 Hz - 8000 Hz frekans aralığında, 2 ms durasyönlü, 21.5/sn özellikte klik uyarın kullanılmıştır. GBT ölçümü, 100 dB teSBS şiddet düzeyinde (100 dB teSBS=65 dB nHL) verilen uyarınla yapılırken, timpanometrik

basınçta absorbands ölçümünde (-400) ile (+300) daPa aralığındaki değişken basınç kullanılmıştır.250 – 8000 Hz arası Rezonans frekans değerleleri belirlendi. Preoperatif ve postoperatif 4.ay Rezonans frekans değerleri ve her franksın absorbands değerleri preop ve postop birbirleriyle karşılaştırıldı.

Elde edilen veriler, çalışma hipotezlerine göre seçilen cihaz protokolünde belirlenen bir hedef klasöre “matematiksel girdi dosyası (M dosyası)” olarak kaydedilmiştir. Bu veriler analiz için Interacoustics firması tarafından oluşturulan, verilerin sayısal dökümü ve grafiksel sunumunu sağlayan özel bir Microsoft Office Excel dosyasına aktarılmıştır. Microsoft Office Excel dosyasına kaydedilen tüm veriler. SPSS programına aktarılarak analiz edilmiştir.

3.BULGULAR

Verilerin tanımlayıcı istatistiklerinde ortalama, standart sapma, medyan en düşük, en yüksek değerleri kullanılmıştır. Değişkenlerin dağılımı kolmogorov simirnov test ile ölçüldü.Bağımlı nicel verilerin analizinde wilcoxon testi kullanıldı. Korelasyon analizinde spearman korelasyon analizi kullanıldı. Analizlerde SPSS 22.0 programı kullanılmıştır.

Unilateral ve bilateral koklear implantasyon uygulanan, 1-14 yaş arasındaki 26 hasta (26 kulak)değerlendirildi.17 hastanın sağ kulağına,8 hastanın ise sol kulağına koklear implantasyon uygulanmıştır.

Aşağıdaki tabloda hastaların yaş ortalamaları ve cinsiyet dağılımı gösterilmektedir (Tablo.1).

Tablo 1

	Min-Mak	Medyan	Ort.±ss./n-%
Yaş	13.0 - 100.0	24.0	39.0 ± 28.7
Cinsiyet	Kız		11 42.3%
	Erkek		15 57.7%

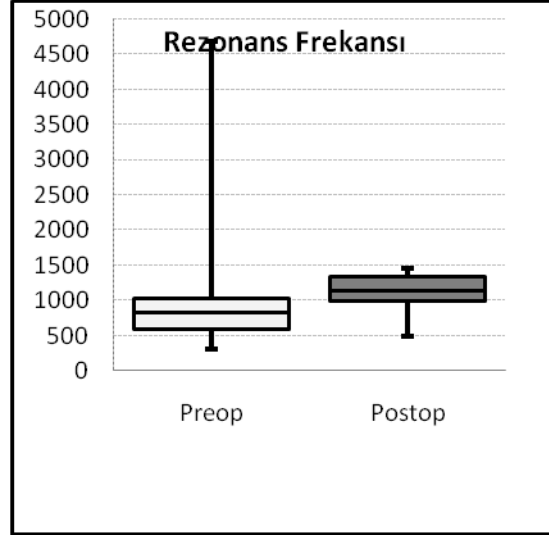
Preop - postop Rezonans Frekans değerleri arasında anlamlı ($p > 0.05$) farklılık gözlenmemiştir. (Tablo.2)

Tablo 2

	Min-Mak	Medyan	Ort.±ss.	p
Rezonans Frekansı				
Preop	310 - 4685	832	966 ± 873	0.053 ^w
Postop	491 - 1463	1130	1110 ± 248	

^w Wilcoxon test

Tablo 2'deki,preop ve postop rezonans frekanslarının grafik şeklinde gösterimi aşağıda gösterilmiştir.



Grafik 1

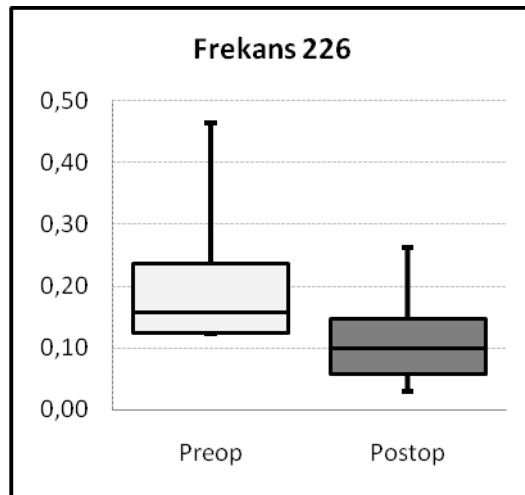
Postop 226 frekanstaki absorbanans değeri,preop döneme göre anlamlı ($p < 0.05$) düşüş göstermiştir. Postop 250 frekanstaki absorbanans değeri preop döneme göre anlamlı ($p < 0.05$) düşüş göstermiştir.Postop 500 frekanstaki absorbanans değeri preop döneme göre anlamlı ($p < 0.05$) düşüş göstermiştir. Postop 1000 frekanstaki absorbanans değeri preop döneme göre anlamlı ($p > 0.05$) değişim göstermemiştir. Postop 2000 frekanstaki absorbanans değeri preop döneme göre anlamlı ($p > 0.05$) değişim göstermemiştir.Postop 4000 frekanstaki absorbanans değeri preop döneme göre anlamlı($p < 0.05$)düşüş göstermiştir. Postop 6000 frekanstaki absorbanans değer preop döneme göre anlamlı ($p < 0.05$) düşüş göstermiştir.Postop8000 frekanstaki absorbanans değeri preop döneme göre anlamlı ($p < 0.05$) düşüş göstermiştir(Tablo.3).

Tablo 3

	Min-Mak	Medyan	Ort.tss.	p
Frekans 226				
Preop	0.00 - 0.46	0.16	0.19 ± 0.12	0.006 ^w
Postop	0.03 - 0.26	0.10	0.11 ± 0.06	
Frekans 250				
Preop	0.00 - 0.49	0.18	0.20 ± 0.12	0.008 ^w
Postop	0.03 - 0.29	0.11	0.12 ± 0.07	
Frekans 500				
Preop	0.10 - 0.69	0.31	0.34 ± 0.15	0.005 ^w
Postop	0.07 - 0.47	0.18	0.22 ± 0.12	
Frekans 1000				
Preop	0.20 - 0.92	0.63	0.62 ± 0.19	0.115 ^w
Postop	0.11 - 0.97	0.52	0.51 ± 0.20	
Frekans 2000				
Preop	0.09 - 0.95	0.73	0.68 ± 0.21	0.527 ^w
Postop	0.05 - 0.94	0.65	0.63 ± 0.21	
Frekans 4000				
Preop	0.08 - 0.99	0.86	0.79 ± 0.24	0.042 ^w
Postop	0.12 - 0.98	0.78	0.67 ± 0.29	
Frekans 6000				
Preop	0.00 - 0.87	0.56	0.53 ± 0.24	0.000 ^w
Postop	0.00 - 0.78	0.18	0.22 ± 0.22	
Frekans 8000				
Preop	0.00 - 0.77	0.28	0.32 ± 0.22	0.000 ^w
Postop	0.00 - 0.51	0.00	0.08 ± 0.14	

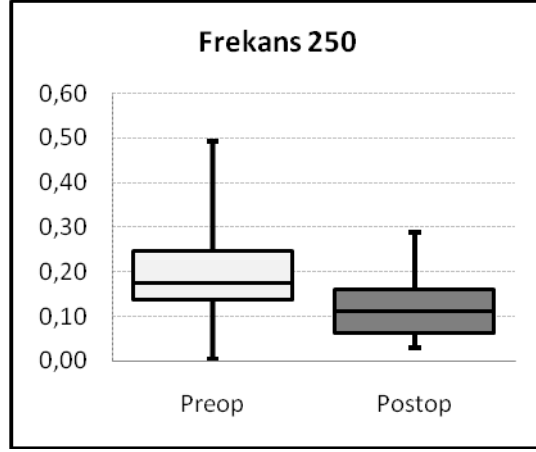
^w Wilcoxon test

Aşağıda tablo 3 'ki preop ve postop 226-250-500-1000-2000-4000-6000-8000 frekanslardaki absorban değerlerini grafikler şeklinde görmekteyiz.



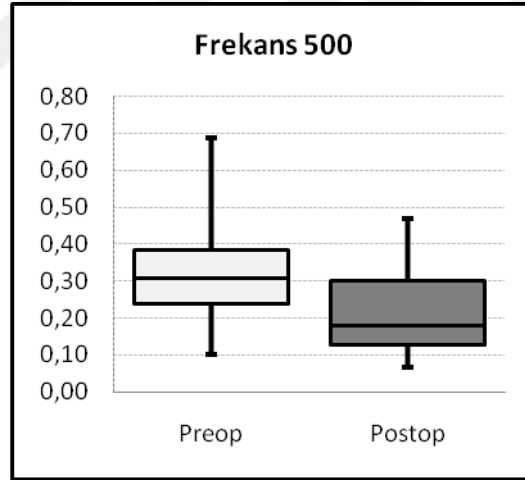
Grafik 2

Postop 226 frekanstaki absorban değeri preop döneme göre anlamlı ($p < 0.05$) düşüş göstermiştir.



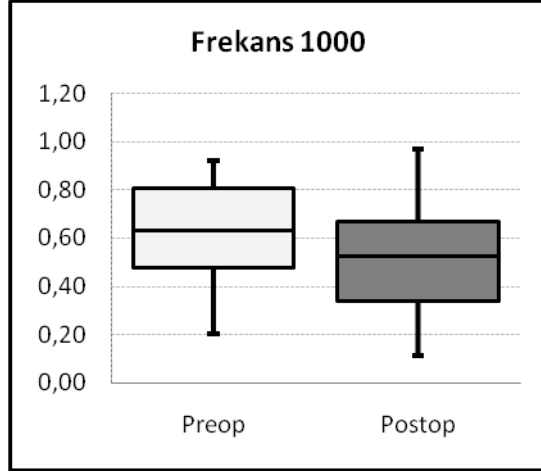
Grafik 3

Postop 250 frekanstaki absorbans değeri preop döneme göre anlamlı ($p < 0.05$) düşüş göstermiştir



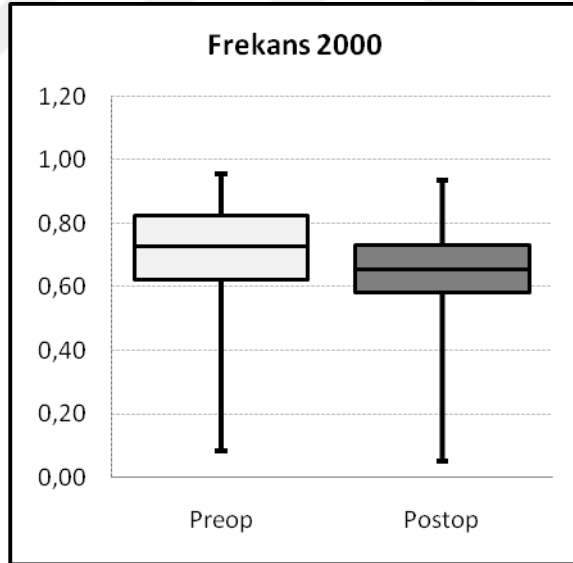
Grafik 4

Postop 500 frekanstaki absorbans değeri preop döneme göre anlamlı ($p < 0.05$) düşüş göstermiştir



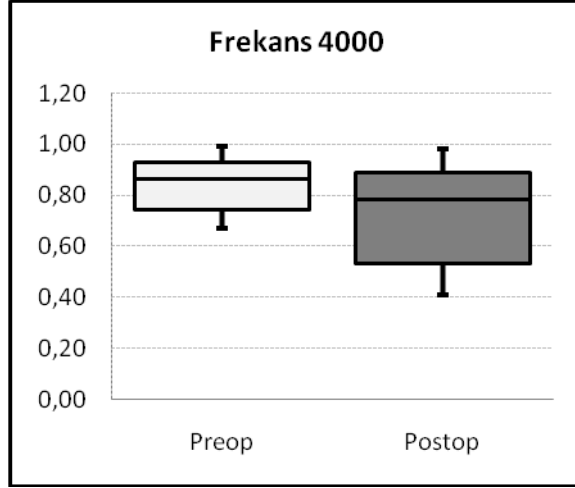
Grafik 5

Postop 1000 frekanstaki absorbans değeri preop döneme göre anlamlı ($p > 0.05$) değişim göstermemiştir.



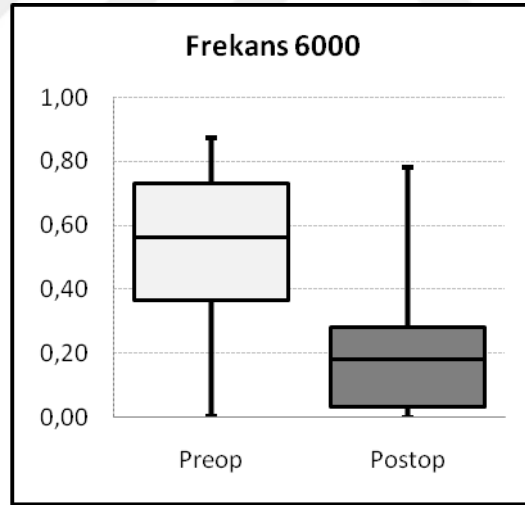
Grafik 6

Postop 2000 frekanstaki absorbans değeri preop döneme göre anlamlı ($p > 0.05$) değişim göstermemiştir.



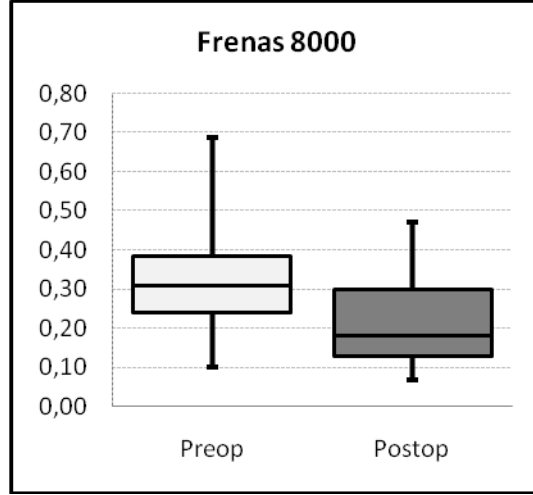
Grafik 7

Postop 4000 frekanstaki absorbans değeri preop döneme göre anlamlı ($p < 0.05$) düşüş göstermiştir.



Grafik 8

Postop 6000 frekanstaki absorbans değeri preop döneme göre anlamlı ($p < 0.05$) düşüş göstermiştir.



Grafik 9

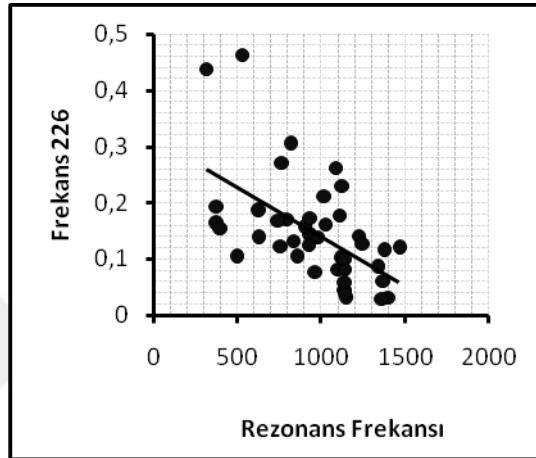
Postop 8000 frekanstaki absorbands değeri preop döneme göre anlamlı ($p < 0.05$) düşüş göstermiştir.

Preoperatif ve postoperatif elde edilen tüm rezonans frekans değerleri ile frekanslara göre ölçülen timpanogram değerleri lineer olarak analiz edilerek frekanslara özgül absorbands değerleri ile rezonans frekans değerleri arasındaki ilişki incelenmiştir. Rezonans frekansı ile 226 frekanstaki absorbands ölçüm sonuçları arasında anlamlı ($p < 0.05$) negatif korelasyon gözlenmiştir. Rezonans frekansı ile 250 frekanstaki absorbands ölçüm sonuçları arasında anlamlı ($p < 0.05$) negatif korelasyon gözlenmiştir. Rezonans frekansı ile 500 frekanstaki absorbands ölçüm sonuçları arasında anlamlı ($p < 0.05$) negatif korelasyon gözlenmiştir. Rezonans frekansı ile 1000 frekanstaki absorbands ölçüm sonuçları arasında anlamlı ($p < 0.05$) negatif korelasyon gözlenmiştir. Rezonans frekansı ile 2000 frekanstaki absorbands ölçüm sonuçları arasında anlamlı ($p > 0.05$) korelasyon gözlenmemiştir. Rezonans frekansı ile 4000 frekanstaki absorbands ölçüm sonuçları arasında anlamlı ($p > 0.05$) korelasyon gözlenmemiştir. Rezonans frekansı ile 6000 frekanstaki absorbands ölçüm sonuçları arasında anlamlı ($p > 0.05$) korelasyon gözlenmemiştir. Rezonans frekansı ile 8000 frekanstaki ölçüm sonuçları arasında anlamlı ($p < 0.05$) negatif korelasyon gözlenmiştir. **(Tablo 4)**

Tablo 4

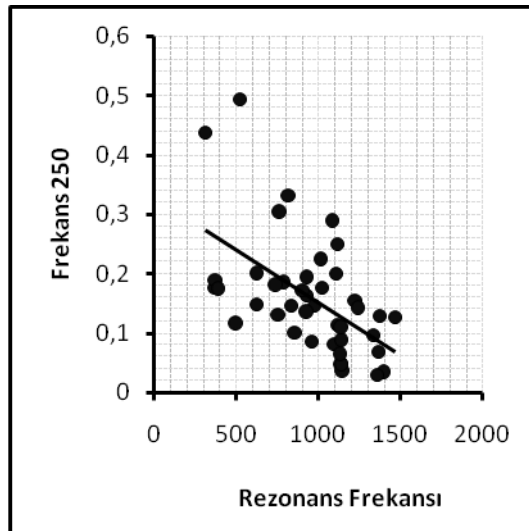
		226	250	500	1000
Rezonans Frekansı	r	-0.523	-0.513	-0.490	-0.346
	p	0.000	0.000	0.001	0.023
		2000	4000	6000	8000
Rezonans Frekansı	r	-0.094	-0.237	-0.269	-0.337
	p	0.547	0.126	0.081	0.027

Spearman Korelasyon



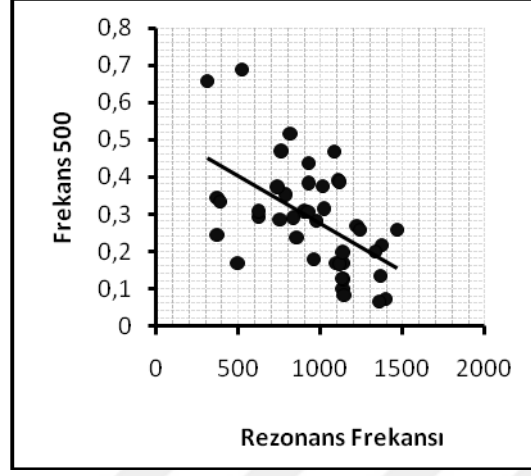
Grafik 10

Rezonans frekansı ile 226 frekanstaki absorbans ölçüm sonuçları arasında anlamlı ($p < 0.05$) negatif korelasyon gözlenmiştir.



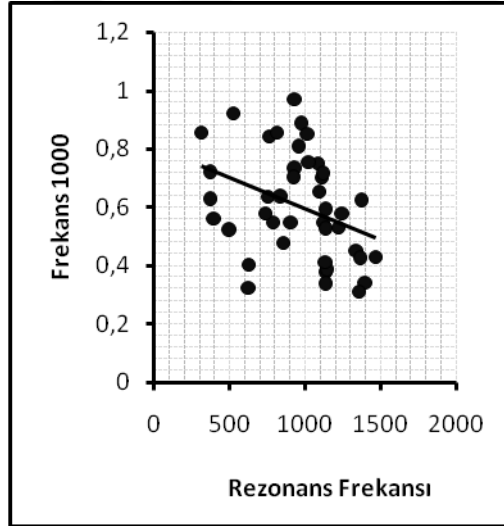
Grafik 11

Rezonans frekansı ile 250 frekanstaki absorbands ölçüm sonuçları arasında anlamlı ($p < 0.05$) negatif korelasyon gözlenmiştir



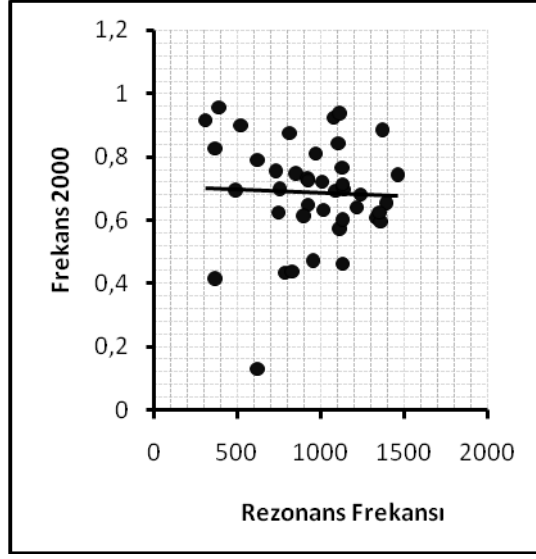
Grafik 12

Rezonans frekansı ile 500 frekanstaki absorbands ölçüm sonuçları arasında anlamlı ($p < 0.05$) negatif korelasyon gözlenmiştir.



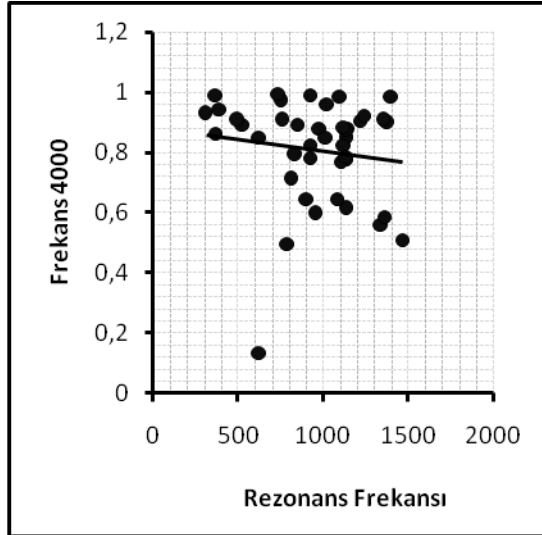
Grafik 13

Rezonans frekansı ile 1000 frekanstaki absorbands ölçüm sonuçları arasında anlamlı ($p < 0.05$) negatif korelasyon gözlenmiştir



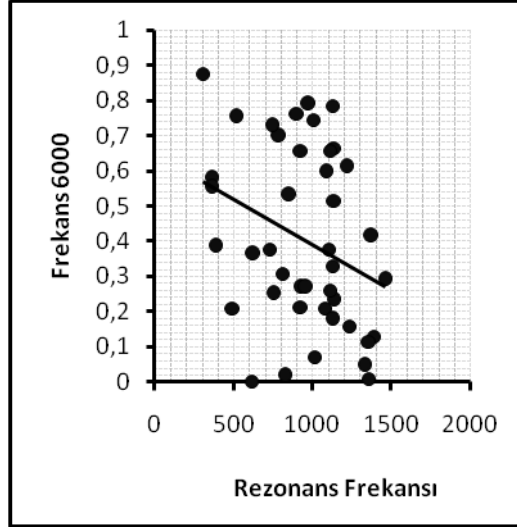
Grafik 14

Rezonans frekansı ile 2000 frekanstaki absorbands ölçüm sonuçları arasında anlamlı ($p > 0.05$) korelasyon gözlenmemiştir.



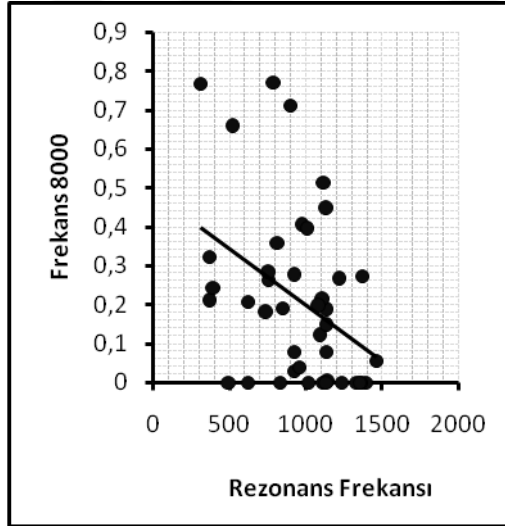
Grafik 15

Rezonans frekansı ile 4000 frekanstaki absorbands ölçüm sonuçları arasında anlamlı ($p > 0.05$) korelasyon gözlenmemiştir



Grafik 16

Rezonans frekansı ile 6000 frekanstaki absorban ölçüm sonuçları arasında anlamlı ($p > 0.05$) korelasyon gözlenmemiştir



Grafik 17

Rezonans frekansı ile 8000 frekanstaki absorban ölçüm sonuçları arasında anlamlı ($p < 0.05$) negatif korelasyon gözlenmiştir.

Rezonant frekans değişimleri ile preop-postop frekanslara spesifik absorbands değerlerindeki değişim analiz edilmiştir.Preop-postop rezonans frekans değişimi ile Preop-postop 226, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 6000, 8000 frekanslar arasındaki absorbands değerleri arasında anlamlı ($p > 0.05$) korelasyon gözlenmemiştir. (Tablo 5)

Tablo 5

Preop-Postop Değişim		226	250	500	1000
Rezonans Frekansı	r	-0.270	-0.265	-0.267	-0.218
	p	0.263	0.273	0.270	0.371
		2000	4000	6000	8000
Rezonans Frekansı	r	-0.111	-0.004	-0.056	-0.248
	p	0.652	0.986	0.819	0.305

Spearman Korelasyon

Yaş ile Preop-postop 226, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 6000, 8000 absorbands frekans değerleri arasında anlamlı ($p > 0.05$) korelasyon gözlenmemiştir.(Tablo 6)

Tablo 6

Preop-Postop Değişim		226	250	500	1000
Yaş	r	0.159	0.177	0.071	0.023
	p	0.447	0.396	0.736	0.914
		2000	4000	6000	8000
Yaş	r	-0.074	-0.190	0.046	0.135
	p	0.725	0.364	0.829	0.520

Spearman Korelasyon

4.TARTIŞMA

Bu çalışmada koklear implant cerrahisinde uygulanan kortikal mastoidektomi ile orta kulak (mastoid havalı hücre sistemi ve timpanum) değişen hava hücre hacim ve kitlesinin orta kulak rezonans frekansına ve frekansa spesifik absorbands değerlerine etkisinin geniş band timpanometri ile incelenmesi amaçlanmıştır.

Geniş band absorbands normal işiten sağlıklı kulaklarda, orta kulağın ses enerjisini topladığı frekanslarda daha fazladır. Orta kulak ve ilişkili havalı boşluklarda esneklik veya kütle üzerinde bir değişiklik söz konusu olursa, mekanik olarak iletilen ses enerjisi kayba uğrar. Geniş band absorbands dış kulak yoluna ambient basınç uygulanarak ölçülebildiği gibi dış kulak yolu basıncı değiştirilerek de ölçüm yapılabilmektedir. Klasik timpanogramda prob pozisyonu veya dış kulak yolu akustik özelliklerini etkileyen ekzositoz, osteom, buşon vb durumlarda orta kulak absorbands eğrisi etkilenir. Ancak geniş band timpanogramda absorband grafiği prob pozisyonundan etkilenmez. Bu nedenle özellikle 1,5 kHz üzeri frekanslarda tanısal olarak kullanılabilir. (12)

Mastoid havalı hücre sistemi orta kulak boşluğunun havalı posterior uzantısıdır ve gaz değişiminde önemli rol oynar. (13) Mastoid hücre havalı sistemi orta kulak gazı için bir rezervuar görevi görür ve bu özelliğiyle havalanma bozukluklarında görülen timpanik membran retraksiyonları, efüzyonlu otit media, kolesteatoma gibi hastalıkların patofizyolojilerinde önemli rol alır. (14,15) Mastoid yüzey alanı ile volüm oranının perfüzyon limitli transmukozal N₂ değişimi ile etkisini inceleyerek statik kondüsyonlarda, östaki tüpü fonksiyonları göz ardı edildiğinde mastoid havalı hücre sisteminin düşünüldüğünün aksine bir gaz rezervi gibi rol oynamadığını göstermişlerdir. (16)

Mastoid havalı hücre sistemi orta kulak yüzey alanına katkı sağlamak ile birlikte hücreleri oluşturan kemik duvarlar, orta kulak rezonatör organının kitlesini arttırmaktadır. Titreşimli bir sistemde kitle artışı yüksek frekans ses iletimini, esneklik azalması ise düşük frekans ses iletimini olumsuz etkiler. (17) Normal fonksiyon gösteren kulaklarda geniş band absorbands değerleri yüksek frekanslarda baskındır. (12)

Rezonans frekansı, kütle ve esneklik etkilerinin eşit olduğu ve dolayısıyla enerjii ileten sistemin sadece sürtünme etkisi altında kaldığı frekans değeridir. Rezonatör bir sistem rezonans frekansına en yakın olan frekansları iyi iletir. Bir başka deyişle yüksek frekans iletimi iyileşen bir rezonatör sistemin rezonans frekansı artar. Orta kulak ve mastoid hava hücrelerini etkileyen patolojilerin tanı ve takibinde önemli bir bulgudur. Otoskleroz erken döneminde odyogramda pes tonlarda işitme kaybı gözlenir, sistem pes tonları daha kötü iletme eğilimindedir. Esneklik azalmasına bağlı olarak RF artmaktadır. (18) İleri otoskleroz vakalarında ise kitle artışına bağlı olarak odyogram değerlerinde yüksek frekans düşmeler gözlenir. Bir başka deyişle sistem yüksek frekanstaki ses enerjisini daha kötü iletme eğilimindedir. Esneklik artışı RF'de azalma meydana getirmektedir. (19) Feeney ve ark çalışmasında orta kulak esnekliğinin azaldığı durumlarda düşük frekans absorbanısında azalma gösterilmiştir. (12)

Kim ve ark çalışmasında kemikçik dislokasyon problemlerinde geniş band timpanometride 400-800 Hz arasında belirgin bir notch (çentik) gözlenmiştir. (20)

Orta kulak katılığında azalmanın etkisi kadavralar ile yapılan bir çalışmada araştırılmış, inkusun uzun koluna ait 2 mm'lik bir bölümünün çıkarılmasıyla, 561 ve 841 Hz arasındaki reflektans paterninde önemli bir çentik ortaya çıkmıştır. Bu çentik hasarın cerrahi onarımı üzerine kaybolmuştur. (12)

Mastoidektomi sonrası yüzey alanı kadar mastoid kitlede de anlamlı azalma sözkonusu olmaktadır. Kitle azalmasının, esnekliğin sabit kaldığı durumlarda yüksek frekans ses iletiminde artmayla sonuçlanması beklenir. Çalışmamızda istatistiksel olarak anlamlı bulunmamakla birlikte Preop Rezonant Frekans 966 ± 873 , postop RF 1110 ± 248 olarak tespit edilmiştir. ($p:0,053$) Frekans spesifik absorban değerlerinde orta kulak rezonans frekansını belirlemede Postop 226,250,500,4000,6000,8000 Hz timpanogram absorban ölçüm değerleri preop döneme göre anlamlı ($p < 0.05$) düşüş göstermiştir. Ancak 1000 ve 2000 Hz lerde postoperatif olarak anlamlı değişim gözlenmemiştir. Orta kulak rezonans frekansı 1000-3000 aralığında olduğundan, rezonans frekansa en yüksek etkiyi bu frekans değerlerindeki absorban değerleri belirler. Bin ve 2000 Hz frekanslarının absorban değerlerinde anlamlı değişim olmaması, diğer tüm frekansların absorban değerleri anlamlı olarak değişmiş olsa

da, rezonans frekansındaki değişimin istatistiksel olarak anlamsız olmasının muhtemel nedeni olabilir.

İletim tipi işitme kaybına neden olan timpanik membran perforasyonu, kemikçik dislokasyonu, kemikçik ankiloz veya sklerozları gibi patolojiler geniş band timpanometri değerlendirilmesi ile birbirinden ayırt edilebilmektedir. Kim ve ark çalışmasında iletim tipi işitme kayıplarında orta kulak rezonans frekans değişimleri ve timpanik tepe basıncı (tympanic peak pressure, TPP) değişimlerine göre bir akış diyagramı belirlemişlerdir. Bu diyagrama göre absorbands ölçümlerindeki azalmaya azalmış tepe basınç noktasının eşlik etmesi durumunda, rezonans frekansının azalması timpanik membran perforasyonunda gözlenirken, rezonans frekansın normal kalması kemikçik zincir problemini işaret eder. Rezonans frekans ölçümü hesaba katılmadan yapılan ölçümlerde de azalmış absorbands ve hafif azalmış timpanik tepe basıncı kemikçik zincir problemini işaret eder. (20)

Literatürde timpanik membran perforasyonları üzerine yapılan çalışmalarda perforasyonun yerleşiminin geniş band timpanometri sonuçları üzerine ciddi etkisinin olmadığı gösterilmiştir. Yerleşiminden bağımsız olarak perforasyon boyutunun etkisi mevcuttur. Paradoksik olarak perforasyon küçüldükçe, GBT sonuçları üzerine etkisinin daha büyük olduğu ortaya konmuştur. Özellikle 1kHz altındaki frekanslarda bu etki daha baskındır. Çünkü daha küçük perforasyonlarda orta frekanslarda rezonans gelişir ve düşük frekanslarda absorbands azalır. Rezonans frekans timpanik membran perforasyonlarında azalmıştır.(21,22,23,24)

Çalışmamızda yaş ile rezonans frekans değerleri arasında anlamlı ilişki gözlenmemiştir. Uchida ve ark RF'nin yaş ile değişmediğini bildirmiştir.(25) Kim ve ark iletim tipi işitme kayıpları üzerine gerçekleştirdikleri 182 vakalık serilerinde yaş ile rezonans frekans değerleri arasında ilişki olmadığını bildirmişlerdir. (21)

Cinsiyete göre değişen absorbands değerlerinin vücut kitlesi değişimine bağlı olabileceği de bildirilmiştir. (26)

5.SONUÇ

Kortikal mastoidektomi sonrası oluşan mekanik değişiklikler orta kulak rezonans frekansını arttırmıştır. Ses enerjisini ileten sistem üzerimde yüksek frekans ses dalgalarının iletimi kolaylaşmıştır. Çalışmamızın kısıtlılıkları hasta sayısının kısıtlılığı, mastoid hacim ile ilişkisinin radyasyon maruziyeti riskinden dolayı yapılamayışı, test yapılan hasta grubunun küçük yaş çocuklardan oluşması ve buna bağlı kooperasyon güçlüğü, uygulanmış olan implantın karıştırıcı etkisidir. Özellikle timpanik membran ve kemik zincir değişikliği olmadan sadece mastoid hacim ve kitle etkisinin geniş band timpanometri ile değerlendirilmesi, bu cerrahilerin, ses iletim sisteminin akustik özellikleri üzerine etkileri açısından aydınlatıcı olacaktır.

KAYNAKLAR

1. J. Douglas Swarts, PhD, Brendan M. Cullen Doyle, Cuneyt M. Alper, MD, and William J. Doyle, PhD. Surface Area-Volume Relationships for the Mastoid Air Cell System and Tympanum in Adult Humans: Implications for Mastoid Function. *Acta Otolaryngol.* 2010 November; 130(11): 1230–1236. doi:10.3109/00016489.2010.480982.
2. J. Douglas Swarts, PhD1, Sean Foley, BA2, Cuneyt M. Alper, MD1, and William J. Doyle, PhD. Mastoid Geometry in a Cross-Section of Humans from Infancy through Early Adulthood with a Confirmed History of Otitis Media. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 2012 January; 76(1): 137–141. doi:10.1016/j.ijporl.2011.10.02
3. Ellison JC, Gorga M, Cohn E, Fitzpatrick D, Sanford CA, Keefe DH. Wideband acoustic transfer functions predict middle-ear effusion. *Laryngoscope.* 2012 Apr; 122(4): 887-94. doi: 10.1002/lary.23182. Epub 2012 Feb 2.
4. Aithal S1, Kei J, Driscoll C, Khan A Normative wideband reflectance measures in healthy neonates. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 2013 Jan;77(1):29-35. doi: 10.1016/j.ijporl.2012.09.024. Epub 2012 Oct 7 .
5. Özgür A., Müjdecı B, Terzi S, Özergin Coşkun Z, Yiğit E, Dursun E Wideband Tympanometry Normative Data for Different Age Groups in Turkish Population. *J Int Adv Otol.* 2016 Apr;12(1):82-6. doi: 10.5152/iao.2015.1408
6. Aithal S, Kei J, Aithal V, Manuel A, Myers J, Driscoll C, Khan A Normative Study of Wideband Acoustic Immittance Measures in Newborn Infants. *J Speech Lang Hear Res.* 2017 May 24;60(5):1417-1426. doi: 10.1044/2016_JSLHR-H-16-0237
7. Aithal S., Aithal V., Kei J. Effect of ear canal pressure and age on wideband absorbance in young infants. doi: 10.1080/14992027.2017.1284352
8. Wali HA., Mazlan R, Kei J. Pressurized Wideband Absorbance Findings in Healthy Neonates: A Preliminary Study. doi: 10.1044/2017_JSLHR-H-17-0120.
9. Durante AS, Santos M, Roque NMCF, Gameiro MS, Almeida K, Sousa Neto OM. Wideband acoustic absorbance in children with Down syndrome. doi: 10.1016/j.bjorl.2017.12.006.
10. Niemczyk E, Lachowska M, Tataj E, Kurczak K, Niemczyk K. Wideband tympanometry and absorbance measurements in otosclerotic ears. *Laryngoscope.* 2018 Dec 27. doi: 10.1002/lary.27747. [Epub ahead of print
11. Pitaro J1, Al Masaoudi L1, Motallebzadeh H2, Funnell WR3, Daniel SJ. Wideband reflectance measurements in newborns: Relationship to otoscopic findings. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 2016 Jul;86:156-60. doi: 10.1016/j.ijporl.2016.04.036. Epub 2016 May 2
12. Feeney MP, Keefe DH, Hunter LL, Fitzpatrick DF, Garinis AC, Putterman DB, McMillan GP. Normative Wideband Reflectance, Equivalent Admittance at the Tympanic Membrane, and Acoustic Stapedius Reflex Threshold in Adults. *Ear Hear.* 2017 May/ Jun;38(3):e142-e160. doi: 10.1097/AUD.0000000000000399.
13. J. Douglas Swarts, PhD, Sean Foley, BA, Cuneyt M. Alper, MD and William J. Doyle, PhD Mastoid Geometry in a Cross-Section of Humans from Infancy through Early Adulthood with a Confirmed History of Otitis Media. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 2012 January; 76(1): 137–141. doi:10.1016/j.ijporl.2011.10.021.

14. Sade J. The correlation of middle ear aeration with mastoid pneumatization. The mastoid as a pressure buffer. *Eur Arch Otorhinolaryngol.* 1992; 249(6):301–304. [PubMed: 1418937]
15. Lesinskas E. Factors affecting the results of nonsurgical treatment of secretory otitis media in adults. *Auris Nasus Larynx.* 2003 Feb; 30(1):7–14. [PubMed: 12589843]
16. J.Douglas Swarts, Surface Area-Volume Relationships for the Mastoid Air Cell System and Tympanum in Adult Humans: Implications for Mastoid Function. *Acta Otolaryngol.* 2010 November; 130(11): 1230–1236. doi:10.3109/00016489.2010.480982.
17. Bance M. Optimizing Ossicular Prosthesis Design and Placement. *Adv Otorhinolaryngol.* 2018; 81:14-23. doi: 10.1159/000485545. Epub 2018 Apr 6
18. Shahnaz, N., & Polka, L. (1997). Standard and Multifrequency Tympanometry in Normal and Otosclerotic Ears. *Ear and Hearing*, 18(4), 326–341. doi:10.1097/00003446-199708000-00007
19. Valvik B. R., Johnsen M., Laukli E. (1994). Multifrequency tympanometry. Preliminary experiences with a commercial available middle-ear analyzer. *Audiology* 33, 245–253.
20. Kim SY, et al. Differentiating among conductive hearing loss conditions with wideband tympanometry. *Auris Nasus Larynx* (2018), <https://doi.org/10.1016/j.anl.2018.05.013>
21. Nakajima HH, Rosowski JJ, Shahnaz N, Voss SE. Assessment of ear disorders using power reflectance. *Ear Hear* 2013;34(Suppl 1):48S–53S.
22. Merchant GR, Merchant SN, Rosowski JJ, Nakajima HH. Controlled exploration of the effects of conductive hearing loss on wideband acoustic immittance in human cadaveric preparations. *Hear Res* 2016;341:19–30.
23. Marcum SC, Steffens T, Zeman F, Kummer P. Wideband Absorbance and 226-Hz Tympanometry in the Prediction of Optimal Distortion Product Otoacoustic Emission Primary Tone Levels. *Am J Audiol.* 2018 Dec 6;27(4):614–622. doi: 10.1044/2018_AJA-18-0069.
24. Pan JL, Yang J The clinical value of wideband tympanometry in the diagnosis of otitis media with effusion]. *Lin Chung Er Bi Yan Hou Tou Jing Wai Ke Za Zhi.* 2018 Sep;32(17):1309–1315. doi: 10.13201/j.issn.1001-1781.2018.17.005
25. Uchida, Y., Nomura, H., Itoh, A., Nakashima, T., Ando, F., Niino, N., and Shimokata, H. (2000). The effects of age on hearing and middle ear function. *J. Epidemiol*, 10, 26–32.
26. Shahnaz N, Bork K. Wideband reflectance norms for Caucasian and Chinese young adults, *Ear Hear* 2006; 27; 774–788.