

T.C.
İSTANBUL ÜNİVERİSTESİ İSTANBUL TIP FAKÜLTESİ
KULAK BURUN BOĞAZ VE BAŞ BOYUN CERRAHİSİ
ANABİLİM DALI

Hemodiyaliz Tedavisi Alan Son Dönem Böbrek Yetmezliği Hastalarının Odyolojik ve Vücut Sıvı Hacim Parametreleri Arasındaki ilişki : Endolenfatik Sıvı Değişim Dinamiklerinin Araştırılması

TIPTA UZMANLIK TEZİ

Dr. Yasin Çetinkaya

TEZ DANIŞMANI

Doç. Dr. Mehmet Çelik

İSTANBUL (2025)

ÖNSÖZ

Tezimi aldığım andan itibaren bilgi ve becerisiyle ile tüm tez aşamalarında çalışmalarımı yöneterek beni yönlendiren, tecrübeleri ile yol gösteren, ilgisi, anlayışı ve yaklaşımlarıyla her an tüm klinik hayatım boyunca yardımcıolan değerli ve sevgili hocam tez danışmanım Sn. Doç. Dr. Mehmet Çelik'e ,

Uzmanlık eğitimim tüm aşamalarında bilgi ve deneyimleriyle yol gösteren, üzerimde büyük emekleri olan Prof. Dr. Meryem Nesil Keleş Türel'e, Prof. Dr. Ökkeş Erkan Kıyak'a, Prof. Dr. Kemal Değer'e, Prof. Dr. Yahya Güldiken'e, Prof. Dr. Yusufhan Süoğlu'na, Prof. Dr. İsmet Aslan'a, Prof. Dr. Bora Başaran'a, Prof. Dr. K. Serkan Orhan'a, Prof. Dr. Şenol Çomoğlu'na Prof. Dr. Beldan Polat'a, Prof. Dr. Murat Ulusan'a, Doç. Dr. Levent Aydemir'e ve Uzm. Dr. Cömert Şen'e, Uzm. Dr. Said Sönmez'e, Uzm. Dr. Hakan Kara'ya,

İç Hastalıkları Anabilim Dalı Hemodiyaliz ünitesinde çalışmalarım esnasında tecrübeleri ve yardımlarından ötürü değerli hocam Prof. Dr. Halil Yazıcı ve Uzm. Dr. Ahmet Burak Dirim'e

Asistanlığım boyunca beraber çalıştığım ve eğitim hayatım boyunca emekleri olan aynı ekipte beraber çalıştığım arkadaşlarım Uzm. Dr. İlker Erdinç Öztürk, Uzm. Dr. Can Doruk, Uzm. Dr. Berkay Çaytemel, Uzm. Dr. Erol Bozbora, Uzm. Dr. Halime Kılıç ve asistanlığıa benden sonra başlayan her zaman yanımda olan , çalışırken her daim keyif aldığım ve onur ve gurur duyduğum, keyif aldığım ekip arkadaşlarım Dr. Ahmet Özkan, Dr. Ömer Orak, Dr. Tülay Günsay, Dr. Furkan Olgun, Dr. Vedat Emre Alayoğlu, Dr.Yakup Bahadır Öcal Dr. Sıla Yıldırım ,Dr. Aynur Deniz, Dr. Esra Koç, Dr. Muhammet Furkan İşgören'e

Ekiplerimiz farklı olsa da nöbetlerde beraber çalıştığımız, , birbirimize arkadaşlık ve yoldaşlık yaptığımız asistan doktor arkadaşlarıma, neredeyse son altı yılımda birçok hatıra biriktirdiğim birbirinden değerli tüm İstanbul Tıp Fakültesi Kulak Burun Boğaz kliniği çalışanlarına,

Asistanlığım boyunca her daim yanımda duran ve desteklerini esirgemeyen sevgili eşim Elif Çetinkaya ve sevgili kızım İnci Çetinkaya'ya,

Her daim bana destek olan, annem ve babam Nurten Çetinkaya ve Hasan Ali Çetinkaya'ya , babaannem Zeynep Çetinkaya'ya , ablam Zeynep ve kardeşlerim Kübra ve Enes'e

Sonsuz sevgi, saygı ve en içten teşekkürlerimi sunarım.

Dr. Yasin Çetinkaya

İstanbul-2025

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ……..…… i
İÇİNDEKİLER…….....……..... iii
ŞEKİL LİSTESI…….....…….. v
TABLO LİSTESİ…….....……..... vi
GRAFİK LİSTESİ…….....……..vii
KISALTMALAR……..... vii
ÖZET……..... x
ABSTRACT…….. xii
I. GİRİŞ VE AMAÇ…… 1
II. GENEL BİLGİLER……...…….……. 3
A. İç Kulak Embriyolojisi…….……3
1.İç Kulak: Ventral Sakküler Komponent……4
2.İç Kulak: Dorsal Utriküler Komponent…….……4
3.İç Kulak Embriyolojisi-Kemik Labirent……...……6
4.İç Kulak Embriyolojisi-Membranöz Labirent……...……6
B. İç Kulak Anatomisi……7
1.Kemik Labirent……8
2.Membranöz Labirent……8
3.Koklea……..……9
4.Semisirküler Kanallar……..……10
5.Vestibuler Akuadukt……..…11
C.Orta Kulak Embriyolojisi……..12
D. Orta Kulak Anatomisi…….…..…13
E. Akustik İmmitansmetri……..…15
1.Timpanometri…….…….…17
2.Geniş Band Timpanometri…….....…19
3.Geniş Bant Reflektans (GBR) ……22
4.Geniş Bant Absorbans (GBA) ……22
5.Ortam Basıncında GBT (*Ambient GBA-A*) ……22
6.Rezonans Frekansı (RF) ……23
7.Absorbans Grafiği…….…23
F. Saf Ses Odyometrisi…….25
G. İç Kulak Sıvısı Dinamikleri:Endolenfatik Hidrops…….……26

H. Son Dönem Böbrek Hastalığı……29
III. GEREÇ VE YÖNTEM……30
A. Çalışma grubu……30
1.Tez Çalışmasına Alınma Kriterleri……30
2. Tez Çalışmasından Dışlanma Kriterleri……30
B. Kullanılan Cihazlar……31
1. Otoskopik Muayene……31
2. Bioempedans Ölçümü……31
3. Wide Band Timpanometri Ölçümü……32
4. Odyometri Ölçümü……34
5. İstatiksel Analiz……34
IV. BULGULAR……35
V. TARTIŞMA……61
VI. SONUÇ……68
VII. KAYNAKÇA……69
VIII. ÖZGEÇMİŞ VE İLETİŞİM BİLGİLERİ……79

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1: İç Kulak Embriyolojik Gelişimi

Şekil 2: Otik plakod invajinasyonu ve otik vezikül oluşumu

Şekil 3: Koklea'nın genel anatomik görüntüsü

Şekil 4: Mebranöz labirentin genel anatomik görüntüsü

Şekil 5: Orta kulağın endoskopik görüntüsü

Şekil 6: 3 boyutlu geniş bant timpanogram örneği

Şekil 7: 3 boyutlu geniş bant timpanogram grafinin sadeleştirilerek 2 boyutlu grafik örnekleri

Şekil 8: Absorbans Grafiği

Şekil 9: Farklı patolojilere ait absorbans grafikleri

Şekil 10: Meniere hastalığı kriterleri

Şekil 11: Bioempedans ölçüm cihazı

Şekil 12: İnteracousticus Titan Wide Band timpanometri cihazı

Şekil 13: Resonance r17a marka taşınabilir odyometri cihazı

TABLO LİSTESİ

Tablo 1. Çalışmaya Katılan Hemodiyaliz Hastalarının Karakteristik Özellikleri

Tablo 2. Hemodiyaliz Hastalarında Volume Statusu Parametrelerinin Diyaliz Öncesi ve Sonrası Dönemler Arasında Kıyaslanması

Tablo 3. Hemodiyaliz Hastalarında Saf Ses Odyometri Parametrelerinin Diyaliz Öncesi ve Sonrası Dönemler Arasında Kıyaslanması

Tablo 4. Hemodiyaliz Hastalarında Wideband Timpanometri Parametrelerinin Diyaliz Öncesi ve Sonrası Dönemler Arasında Kıyaslanması

Tablo 5. Hemodiyaliz Hastalarında Timpanometrik Tepe Basıncında Absorbans Değeri Parametrelerinin Diyaliz Öncesi ve Sonrası Dönemler Arasında Kıyaslanması

Tablo 6. Hemodiyaliz Hastalarında Ortam Basıncında Absorbans Değeri Parametrelerinin Diyaliz Öncesi ve Sonrası Dönemler Arasında Kıyaslanması

Tablo 7. Hemodiyaliz Hastalarındaki Volume Statusu ve Hava Yolu Saf Ses Odyometri Parametrelerinin Birbiriyle İlişkisi

Tablo 8. Hemodiyaliz Hastalarındaki Volume Statusu ve Kemik Yolu Saf Ses Odyometri Parametrelerinin Birbiriyle İlişkisi

Tablo 9. Hemodiyaliz Hastalarındaki Volume Statusu ve Wideband Timpanometri Parametrelerinin Birbiriyle İlişkisi

Tablo 10. Hemodiyaliz Hastalarındaki Volume Statusu ve Tepe Basıncında Absorbans Değeri Parametrelerinin Birbiriyle İlişkisi

Tablo 11. Hemodiyaliz Hastalarındaki Volume Statusu ve Ortam Basıncında Absorbans Değeri Parametrelerinin Birbiriyle İlişkisi

Tablo 12. Hemodiyaliz Hastalarında Ultrafiltrasyon ve BNP'nin Hava Yolu Saf Ses Odyometri Parametreleri ile İlişkisi

Tablo 13. Hemodiyaliz Hastalarında Ultrafiltrasyon ve BNP'nin Kemik Yolu Saf Ses Odyometri Parametreleri ile İlişkisi

Tablo 14. Hemodiyaliz Hastalarında Ultrafiltrasyon ve BNP'nin Wideband Timpanometri Parametreleri ile İlişkisi

Tablo 15. Hemodiyaliz Hastalarında Ultrafiltrasyon ve BNP'nin Tepe Basıncında Absorbans Değeri Parametreleri ile İlişkisi

Tablo 16. Hemodiyaliz Hastalarında Ultrafiltrasyon ve BNP'nin Ortam Basıncında Absorbans Değeri Parametreleri ile İlişkisi

GRAFİK LİSTESİ

Grafik 1: Hemodiyaliz öncesi 26 hastanın timpanometrik tepe basıncında ve ortam basıncında absorbans eğrileri

Grafik 2 *:* Hemodiyaliz sonrası 26 hastanın timpanometrik tepe basıncında ve ortam basıncında absorbans eğrileri

KISALTMALAR

SDBY:Son dönem böbrek yetmezliği

KBY:Kronik böbrek yetmezliği

WBT: Wide band timpanometri

EH: Endolenfatik hidrops

UF:Ultrafiltrasyon

BNP: B tipi natriüretik peptid

ANSI: American National Standards Institute

HD: Hemodiyaliz

GBT: Geniş bant timpanometri

GBA: Geniş bant absorbans

GBR: Geniş bant reflektans

A-GBT: Averajlanmış Geniş Bant Timpnogram

DKY: Dış Kulak Yolu

Hz: Hertz

RF: Rezonans Frekansı

TTB: Timpanometrik Tepe Basıncı

MH: Meniere Hastalığı

AOM: Akut otitis media

AAO-HNS: Amerikan Kulak Burun Boğaz Baş ve Boyun Cerrahisi Akademisi

DKB: Diastolik kan basıncı

SKB: Sistolik kan basıncı

TBW: Total Vücut Sıvısı

ECW: Ekstraselüler Sıvı

ICW: İntraselüler Sıvı

Kİ: Koklear İmplant

ÖZET

Hemodiyaliz Tedavisi Alan Son Dönem Böbrek Yetmezliği Hastalarının Odyolojik ve Vücut Sıvı Hacim Parametreleri Arasındaki ilişki : Endolenfatik Sıvı Değişim Dinamiklerinin Araştırılması

Amaç: Diyaliz hastalarında öncesi ve sonrası Wideband Timpanometri (WBT) çalışması yaparken, sıvı değişkenliği iç kulak ve orta kulak basınç denge mekanizmalarını etkileyebilir. Diyaliz sırasındaki sıvı çekimi, ekstraselüler ve intraselüler sıvı dinamiklerinde belirgin değişikliklere yol açar. Bu durum, orta kulaktaki basınç regülasyonunu etkileyerek WBT parametrelerinde değişikliklere neden olabilir. Bu çalışmada KBY sebebiyle hemodiyaliz tedavisi alan hastalarda hemodiyaliz öncesi ve sonrası bioempedans ölçümleri, wide band timpanometri ölçümleri ve odyometri ölçümleri yapılarak bu ölçümler arasında anlamlı bir fark olup olmadığı, diyaliz esnasında ultrafiltrasyon ile çıkarılan sıvı miktarı ile bioempedans ölçümlerinin korelasyonu, bioempedans ölçümleri ile wide band timpanometri ve saf ses odyometri ölçümleri arasında korelasyon olup olmadığı ve buna bağlı olarak endolenfatik sıvı değişim dinamiklerinin araştırılması hedeflendi**.**

Gereç ve Yöntem: Bu çalışmamızda İstanbul Üniversitesi İstanbul Tıp Fakültesi Nefroloji Anabilim Dalı Hemodiyaliz ünitesinde tedavi alan 31 hasta çalışmaya dahil edildi. Hastalar yatak başı hemodiyaliz ünitesinde değerlendirildi. Hastalar işlem öncesinde otoskopik muayene ile değerlendirildi. Daha önce herhangi bir sebepten dolayı kulak ameliyatı olmuş hastalar ve muayenesinde perforasyon/retraksiyon vb. patolojik bulgular olan 4 hasta dışlandı. Bir hasta hemodiyaliz esnasında komplikasyon gelişmesi üzerinde çalışmadan dışlandı. Bunun sonucunda toplamda 26 hasta çalışmaya dahil edildi. Bu hastalara yatak başı hemodiyaliz öncesi ve sonrası bioempedans ölçümü, wide band timpanometri ve odyometri yapıldı. Hastalardan rutin hemodiyaliz öncesi BNP (B-tipi natriüretik peptit) bakıldı. Elde edilen bioempedans ölçümü, wide band timpanometri ve odyometri sonuçları ve hastalara ait klinik parametreler SPSS istatistik programı yardımıyla analiz edildi.

Bulgular: Çalışma grubunun yaş ortalaması 55.3 ± 18.3'tür. 11 (%42.3)'i kadın, 15 (%57.7)'i erkek cinsiyettedir. Çalışmamızda diastolik kan basıncı (DKB) haricinde diğer tüm vücut sıvı hacmi parametreleri hemodiyaliz öncesi ve sonrası değerler arasında anlamlı fark bulunmuştur. Hemodiyaliz hastalarının saf ses odyometri parametrelerinin diyaliz öncesi ve

sonrası dönemler arasında kıyaslanmasına bakıldığında, hemodiyaliz öncesi sağ kulak hava yolu 250 Hz medyan değeri ile hemodiyaliz sonrası medyan değerleri istatistiksel olarak anlamlı görüldü ($p<0.001$). Hemodiyaliz hastalarında wide band timpanometri parametrelerinin diyaliz öncesi ve sonrası dönemler arasında kıyaslanmasına bakıldığında her iki kulak tepe basıncı ile rezonans frerkansları değerlerinin hemodiyaliz öncesi ve sonrasında anlamlı fark bulunmuştur. Hemodiyaliz öncesinde, tepe basıncında absorbans değeri sağ kulakta 500 Hz medyan değeri ile sol kulakta 4000 Hz medyan değeri hemodiyaliz sonrası dönemdeki medyan değerleri arasındaki fark anlamlıdır . Hemodiyaliz öncesinde, ortam basıncında absorbans değeri sağ kulakta 2000 Hz medyan değeri ile sol kulakta 4000 Hz medyan değeri hemodiyaliz sonrası dönemdeki medyan değerleri arasındaki fark anlamlıdır . Bu çalışmamızda vücut sıvı hacim parametreleri ve odyolojik testler arasındaki değişiklikler arasındaki korelasyona bakılacak olursa , saf ses odyometri ve WBT'deki bazı frekanslardaki değerler ile pozitif yönde zayıf ve orta düzeyde ilişki olduğu bulunmuştur. Çalışmamızda hemodiyaliz sonrasında tepe basıncı değerleri ve rezonans frekansı değişimlerinin anlamlı derece değişiklik gösterdiği ortaya konmuştur.

Sonuç: Çalışmamız son dönem böbrek yetmezliği olan hastaların hemodiyaliz öncesi ve sonrası vücüt sıvı hacmi parametreleri, saf ses odyometri ve wide band timpanometri ile değerlendirildiği literatürdeki ilk çalışmadır. Diyaliz öncesi ve sonrası hastalarda meydana gelen vücut sıvı hacmi değişiklikleri orta kulak ve iç kulak empedansını etkilemekte, endolenfatik sıvı dinamiklerine değişikliklere yol açmaktadır. Diyaliz öncesi ve sonrası WBT karşılaştırıldığında, daha az negatif timpanometrik basınç ve daha yüksek rezonans frekans değerleri görülmesi endolenfatik hidrops gelişen hastalarda WBT kullanımı potansiyel bir tanı aracı kullanılması öngörülebilir. Bulgularımız, WBT'nin güncel kullanımını ve endolenfatik hidrops tanısındaki yerini daha iyi anlamak için ileri araştırmalara ihtiyaç olduğunu ortaya koymaktadır.

ABSTRACT

The Relationship Between Audiological and Body Fluid Volume Parameters in End-Stage Renal Disease Patients Undergoing Hemodialysis: Investigation of Endolymphatic Fluid Dynamics

Objective: When performing pre- and post-WBT studies on dialysis patients, fluid variability may affect the inner ear and middle ear pressure balance mechanisms. Fluid withdrawal during dialysis causes significant changes in extracellular and intracellular fluid dynamics. This may affect pressure regulation in the middle ear and cause changes in WBT parameters. In this study, it was aimed to investigate whether there is a significant difference between bioimpedance measurements, wide-band tympanometry measurements and audiometry measurements before and after hemodialysis in patients receiving hemodialysis treatment due to CKD, the correlation between the amount of fluid removed by ultrafiltration during dialysis and bioimpedance measurements, whether there is a correlation between bioimpedance measurements and wide-band tympanometry and pure-tone audiometry measurements, and the endolymphatic fluid exchange dynamics accordingly.

Materials and Methods: In this study, 31 patients receiving treatment at the Hemodialysis Unit of the Department of Nephrology, Istanbul Faculty of Medicine, Istanbul University, were initially enrolled. The patients were evaluated at the bedside in the hemodialysis unit and underwent otoscopic examination prior to the procedure. Four patients with a history of ear surgery or with pathological findings such as perforation or retraction on examination were excluded. Additionally, one patient who developed complications during hemodialysis was excluded from the study. Consequently, a total of 26 patients were included in the final analysis. These patients underwent bioimpedance measurements, wideband tympanometry, and audiometry both before and after bedside hemodialysis. Routine pre-hemodialysis measurements of B-type natriuretic peptide (BNP) were also performed. The bioimpedance measurements, wideband tympanometry and audiometry results, along with the patients' clinical parameters, were analyzed using the SPSS statistical program.

Results: The mean age of the study group was 55.3 ± 18.3 years, with 11 (42.3%) female and 15 (57.7%) male participants. In our study, a significant difference was found between the

pre- and post-hemodialysis values of all body fluid volume parameters, except for diastolic blood pressure (DBP). When comparing the pure-tone audiometry parameters of hemodialysis patients between the pre- and post-dialysis periods, a statistically significant difference was observed between the pre-hemodialysis median value of the right ear air conduction at 250 Hz and the post-hemodialysis median value ($p<0.001$). Regarding the comparison of wideband tympanometry (WBT) parameters before and after hemodialysis, significant differences were found in the peak pressure and resonance frequency values in both ears. In terms of peak pressure absorbance values, a statistically significant difference was observed between the pre-hemodialysis right ear median value at 500 Hz and the post-hemodialysis median value, as well as between the pre-hemodialysis left ear median value at 4000 Hz and the post-hemodialysis median value. Similarly, for ambient pressure absorbance values, significant differences were detected between the pre-hemodialysis right ear median value at 2000 Hz and the post-hemodialysis median value, as well as between the pre-hemodialysis left ear median value at 4000 Hz and the post-hemodialysis median value. When examining the correlation between changes in body fluid volume parameters and audiological test results, a weak to moderate positive correlation was found at certain frequencies in pure-tone audiometry and WBT. Our study demonstrated that post-hemodialysis peak pressure values and resonance frequency changes exhibited significant alterations.

Conclusion: Our study is the first in the literature to evaluate pre- and post-hemodialysis body fluid volume parameters, pure-tone audiometry, and wideband tympanometry (WBT) in patients with end-stage renal disease. The changes in body fluid volume that occur before and after dialysis affect the impedance of both the middle and inner ear, leading to alterations in endolymphatic fluid dynamics. When comparing pre- and post-dialysis WBT results, the observation of less negative tympanometric pressure and higher resonance frequency values suggests that WBT may have potential as a diagnostic tool in patients developing endolymphatic hydrops. Further research is needed to explore the current clinical applications of WBT and its potential role in the diagnosis of endolymphatic hydrops.

I. GİRİŞ VE AMAÇ

Kronik böbrek yetmezliği (KBY), böbrek fonksiyonlarınınneredeyse tamamen kaybedildiği , hastaların yaşam kalitesini ve genel sağlık durumunu ciddi şekilde etkileyen bir klinik tablodur.[1] SDBY'nin tedavisinde yaygın olarak uygulanan hemodiyaliz, vücuttaki metabolik atıkları ve fazla sıvıyı uzaklaştırarak homeostazın korunmasını sağlar.[2] Kronik böbrek yetmezliği olan hastalarda hem metabolik etkilere bağlı hem de sıvı fazlalığına bağlı olarak odyolojik problemler olabilmektedir.[3] Ancak, hemodiyaliz işleminin işitme sistemi üzerindeki etkileri tam olarak anlaşılmamış olup, bu konuda daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır.

Son yıllarda, hemodiyaliz hastalarında işitme kaybının prevalansında önemli bir artış gözlemlenmiştir. Araştırmalara göre, bu durumun olası nedenleri arasında volüm dengesi bozuklukları, elektrolit düzensizlikleri, ototoksik ilaç kullanımı ve sistemik metabolik değişiklikler yer almaktadır.[4] Hemodiyaliz süreci sırasında volüm ve basınç dengesinde meydana gelen ani değişiklikler, işitme sistemindeki sıvı dengesi ve basınç üzerinde dolaylı olarak etkili olabilmektedir.[4][5] Bu nedenle, SDBY hastalarında hemodiyaliz öncesi ve sonrasında işitme fonksiyonlarının detaylı bir biçimde incelenmesi önem taşımaktadır.

Wide band timpanometri (WBT) ve odyometri, işitme sisteminin ayrıntılı analizine imkan tanıyan ileri değerlendirme tekniklerindendir. WBT, orta kulak fonksiyonlarının daha geniş bir frekans aralığında incelenmesini sağlarken, odyometri işitme eşiği ve kaybının tipi hakkında bilgi sunar.[6][7] Konvansiyonel timpanometriden farklı olarak WBT 226-8000 Hz arasındaki tüm frekanslarda ölçüm yapabilmekte ve orta kulak ile alakalı bir çok veri sağlanmaktadır. Hemodiyaliz öncesi ve sonrası bu tekniklerin kullanılması, sıvı-elektrolit dengesindeki değişikliklerin ve diyaliz öncesi yüklenmenin işitme sistemi üzerindeki etkilerinin daha net bir şekilde anlaşılması ve akut değişikliklerin olup olmadığı , volüm statusu ölçümleri ile WBT ve saf ses odyometrisi arasında korelasyon olup olmadığı bu çalışmada hedeflenmektedir.

Endolenfatik hidrops (EH), işitme ve denge sistemlerinde basınç artışı ve sıvı dengesizliği sonucu gelişen, tekrarlayan vertigo atakları, tinnitus ve işitme kaybı gibi semptomlarla seyreden bir durumdur.[8] EH, SDBY hastalarında ve hemodiyaliz uygulamaları sonrasında daha sık görülme potansiyeline sahiptir.[4] Ancak, bu durumun mekanizmaları ve klinik önemi konusunda daha fazla araştırma gerekmektedir.

Diyaliz hastalarında öncesi ve sonrası Wideband Timpanometri (WBT) çalışması yaparken, sıvı değişkenliği iç kulak ve orta kulak basınç denge mekanizmalarını etkileyebilir. Diyaliz sırasındaki sıvı çekimi, ekstraselüler ve intraselüler sıvı dinamiklerinde belirgin değişikliklere yol açar. Bu durum, orta kulaktaki basınç regülasyonunu etkileyerek WBT parametrelerinde değişikliklere neden olabilir. Bu tez, SDBY hastalarında hemodiyaliz öncesi ve sonrasında WBT, odyometri ve volüm statusu parametrelerini kullanarak işitme fonksiyonlarını değerlendirmeyi amaçlamaktadır.

II. GENEL BİLGİLER

A. İç Kulak Embriyolojisi

İç kulak, kulağın üç bölümünden ilk gelişen kısımdır. İç kulağın gelişimsel bileşenleri, membranöz labirent ve kemik labirenttir. Membranöz labirent, işitme ve denge fonksiyonlarını sağlayan hassas yapıları içerirken, kemik labirent, bu yapıların korunması için bir destek ve koruma sağlar. İç kulak, rhombensefalonun gelişmekte olan miyelensefalik bölümünün her iki yanında bulunan yüzey ektoderminin özel bir bölgesinden türetilir. Bu bölge, ilk olarak "otik plakod" olarak adlandırılan bir kalınlaşma şeklinde belirginleşir. Otik plakod, iç kulağın gelişimi için kritik bir yapıdır ve bu süreçte membranöz labirentin temelini oluşturur. Gelişim, yüzey ektoderminin kalınlaşmalarından oluşan otik plakod veya otik diskin gelişimin dördüncü haftası civarında arka beynin dorsolateralinde belirmesiyle başlar. Otik plakod, notokord ve paraksiyel mezoderm tarafından yüzey ektoderminin indüklenmesi nedeniyle oluşur. Otik plakod, gelişen özel duyusal organların oluşumunda rol oynayan ilk duyusal plakodlardan biridir. Otik plakod, kısa bir süre sonra yüzeyin altına doğru çökerek otik çukur adı verilen bir yapı oluşturur. Bu çukur, zamanla yuvarlak bir şekil alarak otik vezikül veya otosist olarak adlandırılan bir yapıya dönüşür ve yüzey ektoderminden ayrılır. Başlangıçta oval bir yapı olan otik vezikül, duvarındaki farklı bölgelerin farklı büyüme hızları sayesinde membranöz labirenti oluşturan yapılara dönüşür. Bu süreç, işitme ve denge işlevleri için gerekli olan iç kulak yapılarının temelini oluşturur.

Otik plakod, otik çukur oluşturmak için rombensefalonun bitişiğindeki mezenşime doğru kıvrılır. Otik çukurun kenarları birbirine katlanır ve otik vezikül adı verilen sütunlu epitel ile kaplı içi boş piriform bir yapı oluşturmak üzere birleşir. Otik vezikül hızla yüzey ektoderminin derinliklerine doğru hareket eder ve bunun yerine otik kapsülü oluşturmak için mezenşimle sarılır. Statoakustik veya vestibülokoklear ganglion, otik vezikülün oluşumu sırasında nöronlar delaminasyona uğradığında ortaya çıkar ve daha sonra ganglion koklear ve vestibüler kısımlara ayrılır.

Otik vezikül iki görünür bölge oluşturur: ventral sakküler kısım ve dorsal utriküler kısım. Ventral sakküler kısım, koklear kanallar ve sakküller dahil olmak üzere işitmeyle ilgili iç kulak yapılarını oluşturur. Dorsal utriküler kısım, utrikül, yarım daire kanalları ve endolenfatik tüp dahil olmak üzere vestibüler sistemi oluşturur. [9], [10] Sonuç olarak, otik vezikül, zarlı

labirentin tüm bileşenlerini ve işitme ve dengeyle ilişkili iç kulak yapılarını oluşturmak üzere farklılaşacaktır. Otik vezikül, ilk dört hafta içinde endolenfatik uzantı adı verilen tüp benzeri bir yapı oluşturmak için uzar. Kısa bir süre sonra, oluk benzeri bir girinti oluşur ve endolenfatik uzantının medial tarafında tübüler bir divertikül belirler. Bu divertikül, endolenfatik kanal ve keseye farklılaşır ve yaklaşık dört yaşına kadar büyümeye devam eder. [11]

1. İç Kulak: Ventral Sakküler Komponent

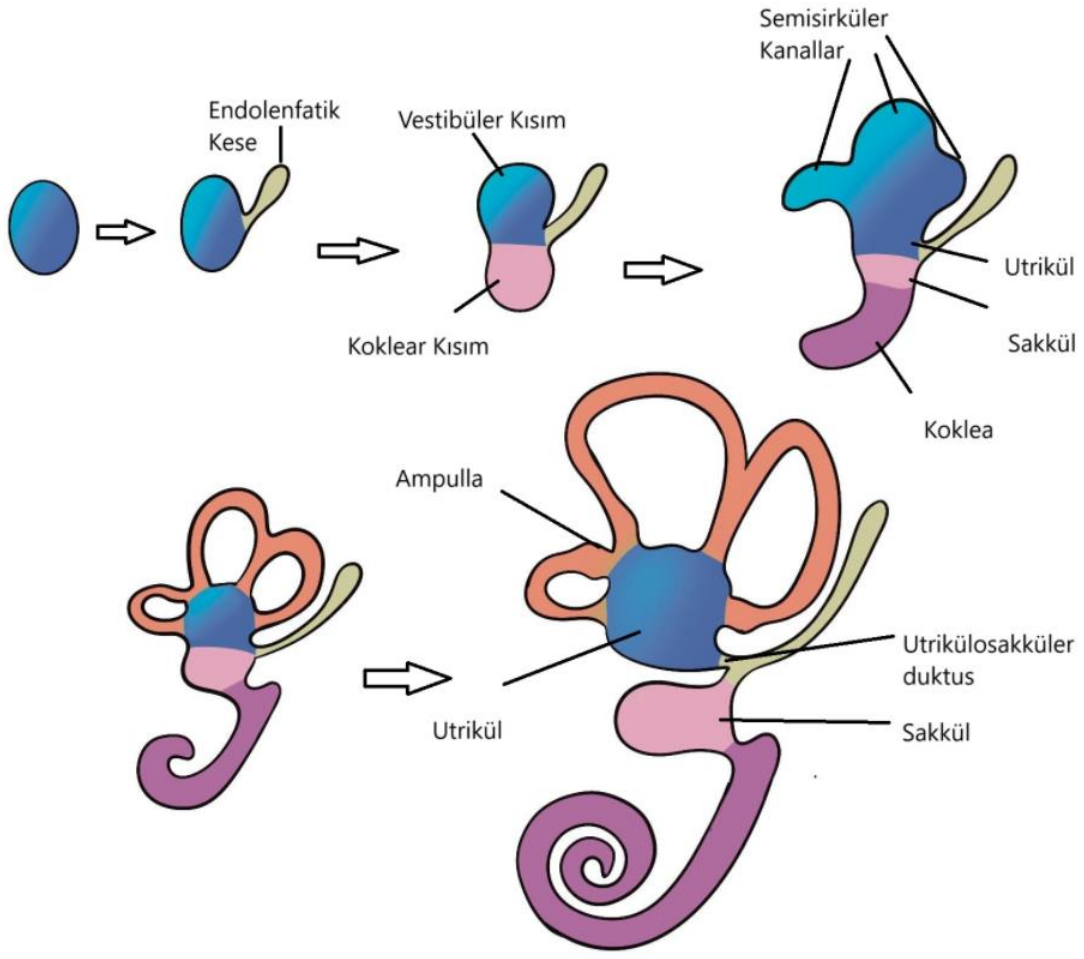
Otik vezikülün ventral sakküler bileşeni, altıncı haftada mezenşim içinde tübüler bir koklear kanal olan primordial kokleayı oluşturur. Koklear kanal büyür ve kokleayı üretmek için iki buçuk kez spirallenir. Sakkül hızla, duktus reuniens adı verilen bir kanal aracılığıyla utriküle bağlanır. Otik vezikülü çevreleyen mezenşim, daha sonraki gelişimde iç kulağın kemik labirentini üretmek için kemikleşecek olan kıkırdaklı otik kapsülü oluşturmak üzere uyarılır. Kıkırdaklı otik kapsül daha sonra kokleanın sıvı dolu perilenfatik boşluğuna birleşen vakuoller oluşturur.

Perilenfatik boşluk daha sonra iki bölüme ayrılır: skala vestibül ve skala timpani. İki zar, koklear kanalı perilenfatik bölümlerden ayırır. Baziler zar, koklear kanalı skala timpaniden ayırırken, vestibüler zar koklear kanalı skala vestibülden ayırır. Koklear kanalın lateral yönündeki hücreler, koklear kanalın skala mediası içinde Corti organını veya spiral organı veya spiral Corti organını oluşturmak üzere farklılaşır. Koklear kanal ayrıca, bağ dokusu, spiral ligament aracılığıyla çevredeki kıkırdağa bir bağlanma geliştirir. Corti organı, koklear kanaldan gelen epitel hücre sırtlarının, tektorial zarla kaplı mekanosensör tüy hücreleri sıraları ürettiğinde oluşur. Spiral ganglion, vestibülokoklear sinirden (CN VIII) türetilen ganglion hücreleri zarlı kokleanın spiralleri boyunca göç ettiğinde oluşur. Sinirsel süreçler daha sonra spiral gangliondan Corti organının kıl hücrelerine kadar uzanır. Labirenti çevreleyen kıkırdaklı otik kapsül, gerçek kemikli labirenti oluşturmak için yaklaşık 23. haftada kemikleşir.[12] Bu zaman zarfında, iç kulak yetişkin boyutuna ve biçimine ulaşmıştır.

2. İç Kulak: Dorsal Utriküler Komponent

Otik vezikülün dorsal utriküler kısmı, denge organları olan utrikülü ve yarım daire kanallarını oluşturur. Altıncı hafta boyunca, disk benzeri epitel çıkıntıları, primordial

membranöz labirentin dorsal utriküler kısmından dorsolateral olarak uzanır. Bu disklerin merkezi kısımları birbirine yaklaşır ve epitelleri, programlanmış hücre ölümü yoluyla nihayetinde gerileyen füzyon plakaları oluşturmak üzere birleşir. Gerilemeyen disklerin periferik kaynaşmamış kısımları, utriküle bağlanan yeni başlayan yarım daire kanallarını oluşturur. Daha sonra, yarım daire kanalları ön, arka ve lateral yarım daire kanallarına dahil edilir. Her yarım daire kanalının bir ucunda,kanalın genişlemesiyle ampulla oluşur. Ampullalar, özel reseptör alanları olan krista ampullaris ile tepeler oluşturan duyusal kıl hücreleri içerir. Sakkül ve utrikül duvarlarında benzer alanlar oluşur. Bu bölgeler açısal ivmedeki değişiklikleri algılar ve dönme duyusal organı olarak görev yapar (Şekil 1). Krista ampullaris'in duyusal hücreleri, vestibülokoklear sinirin vestibüler lifleri aracılığıyla beyne ulaşan uyarılar üretir.[13]



Şekil 14: İç Kulak Embriyolojik Gelişimi

3. İç Kulak Embriyolojisi-Kemik Labirent

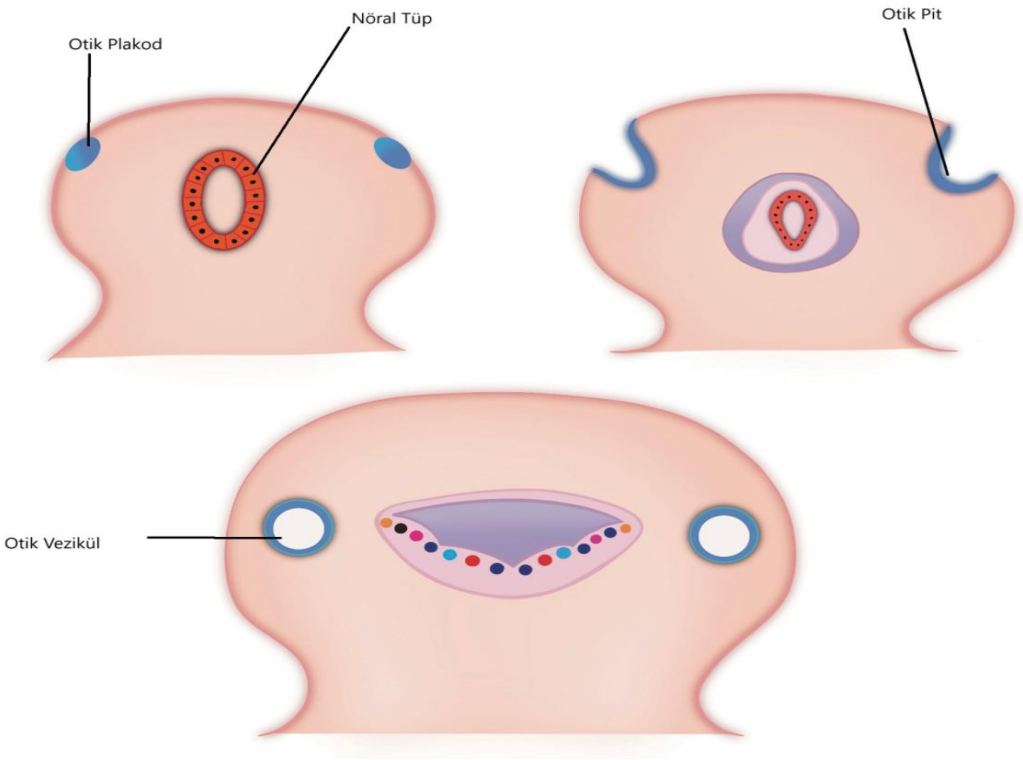
Kemik labirent, membranöz labirenti çevreleyen mezenşimden gelişir. Membranöz labirenti çevreleyen mezenşim, yoğunlaşarak otik kapsül olarak adlandırılan bir yapı oluşturur. Bu yoğunlaşmış mezenşim kısa bir süre sonra kıkırdağa dönüşür. Kıkırdak ve membranöz labirent arasında periotik doku adı verilen gevşek bir doku tabakası bulunur. Bu doku tabakasının kaybolmasıyla kemik labirentin boşlukları oluşur.Vestibül utrikül ve sakkül çevresindeki periotic dokunun kaybolması ile oluşur. Semisirküler kanallar çevresindeki periotik doku kaybolarak bu yapıları oluşturur. Koklear kanalın her iki yanında periotic dokunun kaybolmasıyla iki ayrı boşluk meydana gelir: scala tympani ve scala vestibuli.Scala vestibuli, vestibül ile bağlantılıdır. Scala tympani, timpanik kaviteye doğru büyür, ancak bir membranla bu kaviteden ayrılmış durumdadır. Zamanla, kıkırdaktan oluşan labirent ossifikasyona uğrayarak kemik labirenti oluşturur. Bu süreç, iç kulağın işitme ve denge fonksiyonlarını gerçekleştirebilmesi için gerekli yapısal destek ve korumayı sağlar. [14]

4. İç Kulak Embriyolojisi-Membranöz Labirent

Otik plakod, gelişen rombensefalonun miyelensefalik kısmının her iki yanında bulunan özel bir yüzey ektoderminden türetilir. Bu bölge, başlangıçta otik plakod olarak adlandırılan bir kalınlaşma şeklinde görülür. Otik plakod, kısa sürede yüzeyin altına doğru çökerek otik çukur (otic pit) oluşturur. Daha sonra otik çukur, yuvarlaklaşarak otik vezikül/otokist hâline gelir ve yüzey ektoderminden ayrılır (Şekil 2).

Başlangıçta oval bir yapı olan otik vezikül, duvarının çeşitli kısımlarındaki farklı büyüme süreçleri sonucunda membranöz labirenti oluşturan yapılara dönüşür. Ventral koklear kısım, sakkül, koklear kanal (Corti organı) gibi yapıları oluşturur ve nöral krest hücrelerinden türeyen vestibülokoklear sinirin spiral ganglionu ile temas eder. Dorsal kısım ise utrikül, semisirküler kanallar, endolenfatik kanal ve kese gibi yapıları oluşturur ve vestibülokoklear sinirin vestibüler ganglionu ile temas eder.

Membranöz labirentin epitelinin lokalize bölgelerinde farklılaşma meydana gelerek denge ve işitme için özelleşmiş duyusal son organlar oluşur. Dengenin duyusal son organları, semisirküler kanalların kristaları ve utrikülün makulasıdır. İşitmenin duyusal organları ise sakkülün makulası ve kokleanın Corti organıdır. Bu yapılar, sırasıyla vestibüler ve koklear ganglion hücrelerinin periferik uzantılarıyla innerve edilir. Bu ganglionlar nöral krest hücrelerinden türemiştir. Bu hücreler, hayat boyunca bipolar özelliklerini korumaları ile dikkat çeker.



Şekil 15: Otik plakod invajinasyonu ve otik vezikül oluşumu

B. İç Kulak Anatomisi

İç kulak, hem işitme hem de denge fonksiyonlarını sağlayan yapıları içerir ve iki ana bölümden oluşur: kemik labirent ve membranöz labirent. İşitme, membranöz kohlea içinde bulunan özel hücrelerin uyarılmasıyla gerçekleşirken, denge işlevi ise membranöz semisirküler kanallar (SSK) üzerindeki hücrelerin uyarılmasıyla sağlanır. Bu uyarılar, vestibülokohlear sinir aracılığıyla beyne iletilir ve burada santral işitme ve denge merkezlerinde işlenir.İç kulak kemik labirent ve membranöz labirent olmak üzere ikiye ayrılır.

1. Kemik Labirent

İç kulak membranöz ve kemik labirent olarak iki bölümden meydana gelmektedir . Kemik labirent, membranöz labirenti çevreleyen yapıdır. Histolojik açıdan, kemik labirent iç kısımda endosteal bölüm, ortada enkondral tabaka ve dışta periosteal tabaka olmak üzere 3 bölümden oluşmaktadır. Kemik labirent, koklea, semisirküler kanallar ve vestibül olmak üzere üç ana bölümde incelenebilir.

2. Membranöz Labirent

Membranöz labirent, kemik labirentin içinde ve ona paralel bir şekilde yer alır. Bu yapı bölgesini koklea, semisirküler kanal,sakkül ve utrikül olmak üzere 4 ana bölgeyi kapsayan bir yapıdır. İşitme organını barındıran membranöz labirentin kokleaya denk gelen kısmına koklear kanal adı verilir. Denge işlevini üstlenen kısım ise sakkül utrikül ve semisirküler kanallardan meydana gelmekte olan vestibüldür. . Ayrıca, membranöz labirent bu bölümlerin birbiriyle bağlantısını sağlayan kanalları da içerir.

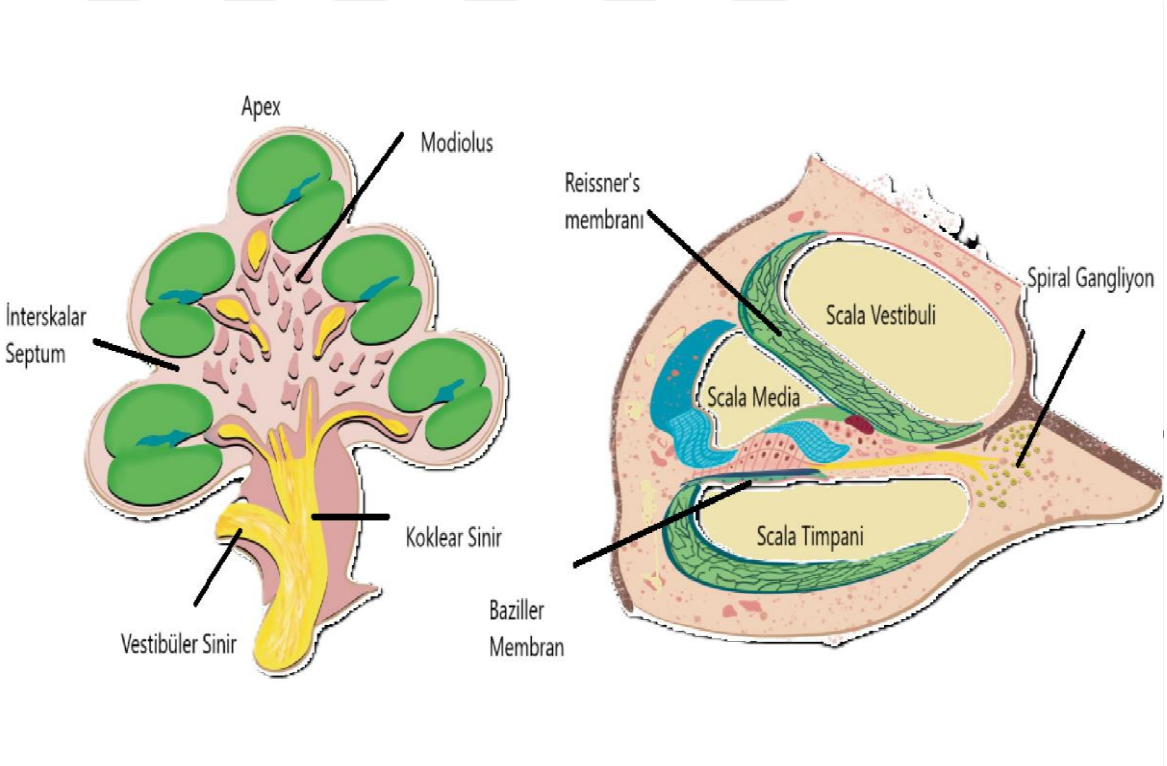
3. Koklea

İç kulak, temporal kemikteki petröz bölgesinde yer alır ve iki temel duyusal sistemi barındırır. Bunlar, işitme işlevini yerine getiren koklear sistem ile denge ve postürün korunmasında rol oynayan vestibüler sistemdir. Bu iki sistem, kemik ve membranöz labirent olarak adlandırılan, birbirini tamamlayan iki yapı içinde bulunur.[15]

Koklea, iç kulak (İAK) fundusunun anterolateral kısmında konumlanmış, modiolus etrafında 2 1/2 veya 2 3/4 tam dönüş yapan, yaklaşık 5 mm yüksekliğinde spiral bir yapıya sahip işitme organıdır.[16] Kokleanın taban kısmına bazis koklea, tepe noktasına ise kupula koklea adı verilir. Koklear apertür, iç akustik kanal (İAK) fundusu ile bazis kokleayı birbirinden ayıran ve koklear sinirlerin geçişine olanak sağlayan delikli bir yapıdadır. Spiral gangliyon hücrelerini içeren modiolus, süngerimsi bir kemik yapıda bulunan merkezi bir eksen olarak konumlanır. Osseöz spiral lamina adı verilen yarı kemik bölme, baziler membran ile tamamlanır ve modiolus çevresinde spiral şekilde kıvrılarak skala media ile skala timpaniyi birbirinden

ayırır. Kokleanın ardışık kıvrımları ise interskalar septum ile birbirinden ayrılmış durumdadır. . Yuvarlak pencere, orta kulak ile skala timpani arasında bağlantı sağlar. Stapesin yer aldığı oval pencere ise orta kulak boşluğu ile skala vestibuliyi birbirine bağlar.

Koklear kanal , yuvarlak pencerenin çevresindeki ile kranial kavitenin subaraknoid aralığı ie skala timpani arasında bulunmakta olan açıklıktır. Koklear akuadukt, iç akustik kanalın alt kısmında ve onla aynı doğrultuda uzanan kemik kanal şeklindedir. Corti organı baziler membran üzerinde yer alır. Baziler membranın uzunluğu boyunca uzunlamasına uzanır ve çok sayıda epitel hücre ve yapıdan oluşur. Medial olarak, osseöz spiral laminanın tepesinde yer alan spiral limbus, Reissner membranı için medial bağlanma noktası görevi gören ve iç ve dış tüy hücrelerinin üzerinde bulunan tektorial membrana yol açan kalınlaşmış bir periosteum bandıdır (Şekil 3). Tektorial membran, esas olarak tip 2 liflerinden oluşan esnek bir jelatinimsi yapıdır; bir lastik banda benzer şekilde hareket eden bir kütle yükü görevi görür. [17]



Şekil 16: Koklea'nın genel anatomik görüntüsü

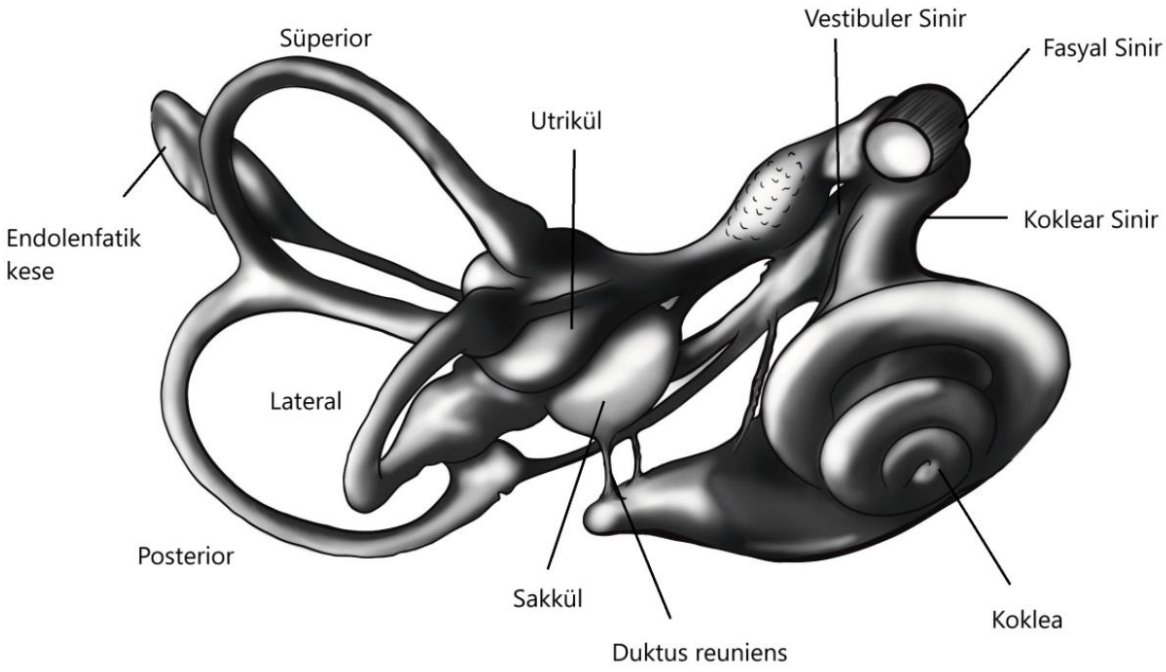
4. Semisirküler Kanallar

Horizontal, superior ve inferior olmak kaydıyla üç adet semisirküler kanal (SSK), birbirlerine 90 derecelik açılarla yerleşmiştir ve her biri yaklaşık 240 derecelik bir kıvrıma sahiptir. Bu kanalların bütün uçları utriculus'a açılır. Her semisirküler kanal, 2 mm genişliğinde ampulla ossea adı verilen bir şişkin bacağa ve 1 mm genişliğinde non-ampuller yapıdaki diğer bir bacağa sahiptir. Destek ve duyu hücrelerinin üst kısmı jelatinöz maddeden oluşmakta olan cupula ismi verilen bir yapı ile sarılıdır. Bu bölgeden nervus ampullaris anterior,posterior ve lateralis başlar. Bu üç n. ampullaris devamında sakküler sinir ve utriküker sinir ile birleşerek vestibüler siniri meydana getirir. Posterior ve süperior semisirküler kanalların non-ampuller bacakları krus kommunis adı verilen yapıyı oluşturur. Hem ampuller hem de non-ampuller bacaklar vestibüle açılmaktadır. Ampulla, delikli bir yapıya sahip olup vestibüler sinir liflerinin geçişine olanak tanır.[18]

Membranöz labirent, düşük sodyum ve yüksek potasyum konsantrasyonuna sahip, hücre içi sıvıyı andıran endolenfatik sıvı ile doludur.[19] Vestibülün iç bölümünde, üst kısmında *resessus eliptikus* içinde utrikulus, önde ise sferik reses içinde membranöz labirentin bir bölümü olan sakkulus bulunmaktadır.

Utrikulus üzerinde, semisirküler kanallara açılan delikler ve sakkul ve utrikülü birbirine bağlayan bağlayan utrikulosakküler duktus bulunur. Utrikulusun duvarında bulunmakta olan ve utrkül için sensöryel görev gören *maküla utrikuli*, yatay düzlemde denge algısını sağlayan özel duyusal hücreler ve destekleyici hücreleri içerir. Bu hücrelerin yüzeyinde ise kalsiyum içeren otolit partikülleri bulunur.

Sakkülüs, utrkülüs kanalı ile birleşerek utrikülosakkus duktusu oluşturur. Vestibül içinde vestibülün sferik resses içerisinde bulunmaktadır. Endolenfatik duktus mediale ve aşağı doğru aqueductus vestibuli boyunca uzanarak, temporal kemiğin pars petrosa'sının arka yüzünde saccus endolymphaticus'da sonlanır (Şekil 4).



Şekil 17:Mebranöz labirentin genel anatomik görüntüsü

5. Vestibuler Akuadukt

Vestibüler akuadukt, iç kulaktan kafa tabanının derinliklerine kadar uzanan dar, kemiksi kanallardır. Proksimal segment, endolenfatik duktusun başlangıç kısmını oluşturur. Vestibüler akuadukt, iç kulağın osseöz labirentin bir komponentidir. Endolenfatik kese ve kanalı içermektedir. Normalde yaklaşık 1.5 mm çapındadır (posterior semisirküler kanal ile benzer boyutta) ve vestibülden başlayarak, petroz temporal kemiğin uzun eksenine transvers bir yönde uzanarak posterior kraniyal fossaya ulaşır. Daha distal bölümünde, endolenfatik kesenin kemik içinde yer alan (intraosseöz) kısmı bulunur. Ekstraosseöz bölüm ise sigmoid sinüse komşu , posterior kranial fossanın dura materinin meydana getirdiği bir boşluk içinde yer almaktadır . Endolenfatik kanal, vestibüler akuadukt içinde oldukça sabit bir boyuta sahipken, endolenfatik kesenin boyutu belirgin şekilde anatomik varyasyonlar gösterebilmektedir.[20]

C. Orta Kulak Embriyolojisi

Orta kulak ve faringotimpanik tüpün epitel örtüsü, tubotimpanik resesten türemektedir. Bu reses, birinci faringeal poşun dorsal bölümünden gelişir ve aynı zamanda ikinci poştan da bir katkı alır. Timpanik antrum ve mastoid hava hücreleri, orta kulaktan gelen uzantılar ile oluşur.

Malleus ve inkus, Meckel kıkırdağının dorsal ucundan, stapes ise ikinci faringeal ark kıkırdağının dorsal ucundan gelişir. İşitme kemikçikleri, başlangıçta gelişen orta kulağın mukozal membranı dışında bulunur. Daha sonra mukozal membranın invaginasyonu ile bu membran tarafından sarılır ve yaşam boyunca bu yapı tarafından kaplı kalır. Kulak kemikçikleri, intrauterin yaşamın 4. ayında tamamen kemikleşir ve vücutta tam ossifikasyona uğrayan ilk kemiklerdir. Tensor timpani kası, birinci faringeal arkın mezoderminden, stapedius kası ise ikinci faringeal arkın mezoderminden türemektedir. [14]

Orta kulak ve labirentin gelişimi birbirinden bağımsız olup, fetüsün 5. ila 6. haftasında başlar ve 24. haftada tamamlanır.[21] Dış ve orta kulağın gelişimi, birinci ve ikinci brankiyal arklar, birinci brankiyal yarık ve çevresindeki mezankim tarafından oluşturulan pars brakiyalis aracılığıyla gerçekleşir. İç kulak yapıları ise otik vezikülden (otokist) köken almakta olup, pars otica tarafından gelişimlerini tamamlamaktadır.[21], [22]

4. ve 30. haftalar arasında, birinci brankiyal poş, tubotimpanik resesi oluşturarak işitme tüpü (östaki tüpü), timpanik kavite (orta kulak boşluğu) ve mastoid antrumun gelişimine yol açar. Buna karşılık, orta kulağın işitme kemikçik zinciri, stapes'in taban plağı hariç olmak üzere, birinci ve ikinci brankiyal arklar tarafından oluşturulur. Üst orta kulak kemikçikleri (malleusun başı, inkusun gövdesi ve kısa krusu), birinci brankiyal arkın mezankimal kökeninden gelişirken, alt orta kulak kemikçikleri (malleusun manubriumu, inkusun uzun krusu ve lentiform prosesi), ikinci brankiyal arkın mezankimal kökeninden türemektedir. Stapesin başı ve krusu birinci ark kökenliyken, stapesin taban plağı ve annüler ligamenti, otik kapsülden gelişmektedir. [23]

D. Orta Kulak Anatomisi

Timpanik membranın yatay çapı ortalama 8 mm, dikey çapı 10 mm civarında değişmektedir. Anterior ve posterior malleolar ligamentler, membranı iki bölüme ayırır. Üst kısım pars flaksida, alt kısım ise pars tensa olarak adlandırılır. Pars tensa, üç katmandan oluşur: iç yüzeyi mukoza tabakası, orta kısmı sirküler ve radyal liflerden oluşan fibröz doku, dış yüzeyi ise fibröz tabaka ile kaplıdır. Buna karşın, pars flaksida fibröz tabaka içermez.[24]

Orta kulak, timpanik kavite olarak da adlandırılan, temporal kemiğin petroz parçası içerisinde yer alan ve işitme kemikçik zincirini içeren hava dolu bir boşluktur. Timpanik membranın (kulak zarı) hemen medialinde bulunur. Orta kulak anatomik olarak hipotimpanum, mezotimpanum ve epitimpanum (veya attic) olmak üzere üç bölüme ayrılır. Prussak boşluğu, işitme kemikçik zinciri ile skütum arasında yer almaktadır. Bu boşluk; yanlarda pars flaksida ve skütum, üstte lateral malleal ligaman, medialde ise malleusun boynu ile sınırlıdır. [25]

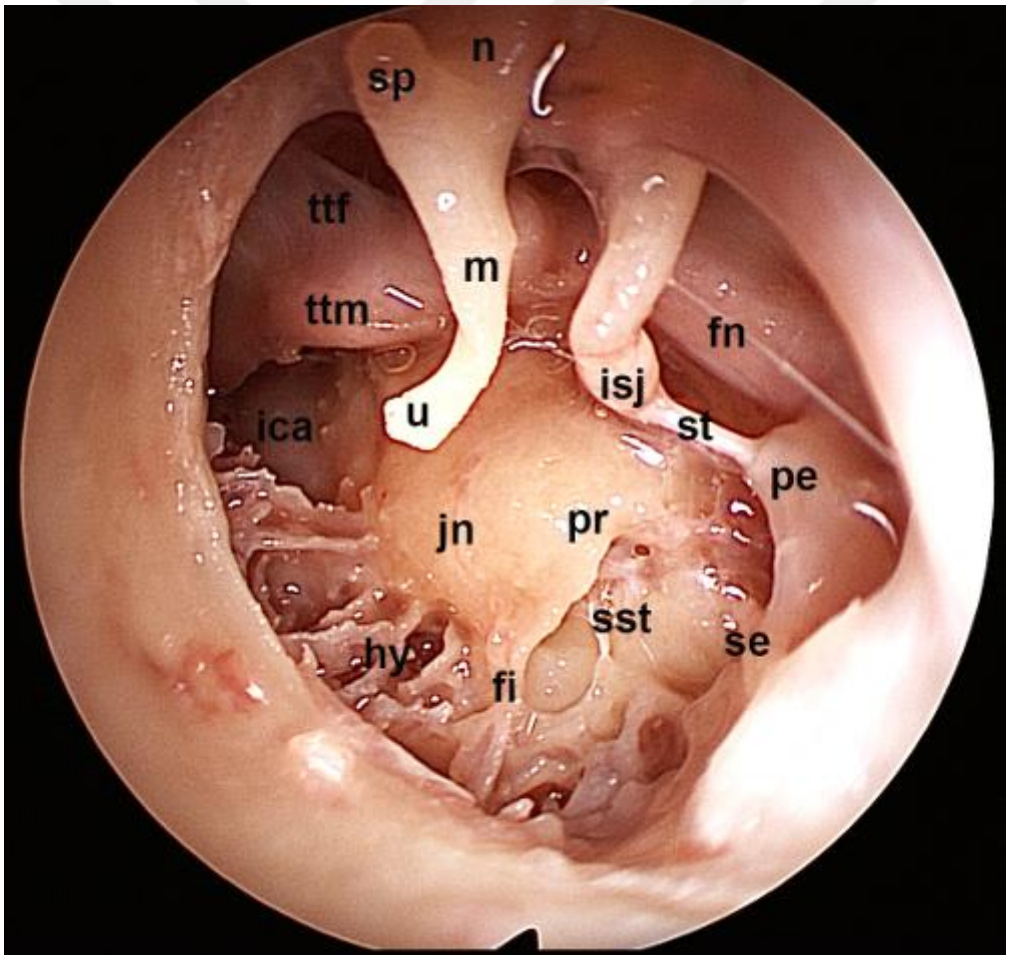
Orta kulakta, kulak zarı iç kulak ile kulak zarı arasında yer alan ve akustik enerjinin iletiminde görevli üç hareketli kemikçik bulunmaktadır. Bu kemikçikler eklem yaparak birbirine bağlanmış olup, sırasıyla malleus (çekiç), inkus (örs) ve stapes (üzengi) olarak adlandırılmaktadır. [26]

Östaki tüpü (ET), orta kulak ile üst aerodigestif traktın hava sirkülasyonunu sağlayan bir kanaldır. Orta kulaktan nazofarenkse doğru yaklaşık 45 derecelik bir açıyla uzanır. Tüpün proksimal üçte biri petroz kemikte yer alırken, geri kalan distal üçte ikilik bölümü fibrokartilajinöz bir yapıdadır ve dinlenme halinde kapalı durumdadır. Açık hale geldiğinde, enine kesiti ters J harfi şeklini alır ve dış yan tarafı fibröz bir membran ile kapatılmıştır. [27]

Timpanik kavitenin medial sınırını, kemik labirent (veya otik kapsül) oluşturur. Bu yapı üzerinde, koklear promontoryum, lateral semisirküler kanal kabartısı, fasiyal sinir kanalı, oval pencere nişi ve kokleariform çıkıntı belirgin şekilde yer alır. Kokleariform çıkıntı, cerrahi müdahalelerde fasiyal sinir kanalının ikinci bölümü için önemli bir referans noktasıdır. [28]

Tegmen timpani bölümü orta kraniyal fossa ve orta kulağı birbirinden ayıran temporal kemik plakası olup, orta kulağın üst sınırını oluşturur. Ön tarafta, orta kulak; iç karotid arter kanalı ve östaki tüpü timpanik açıklığı ile sınırlıdır. Bu açıklıktan, tensor timpani kası köken alır. Koklеariform çıkıntının sonunda ani bir yön değişikliği yaparak ilerleyen bu kas, malleusun boynu ile bağlantı kurar.[29]

Timpanik kavitenin arka duvarı, mastoid ile epitimpanum arasında bağlantı sağlayan aditus ad antrum, yuvarlak pencere nişi, sinus timpani ve fasiyal reses tarafından oluşturulmuştur (Şekil 5). Bu yapılar, piramidal eminens tarafından birbirinden ayrılmaktadır Stapedius kası, stapesin başına yapışır ve piramidal eminens tarafından örtülüdür. Orta kulağın tabanı, jugular duvar ile sınırlıdır. [30]



Şekil 18: Orta kulağın endoskopik görüntüsü [31]

E. Akustik İmmitansmetri

Odyolojik değerlendirme sürecinin önemli bir aşaması ve değerli ölçümler olanb akustik immitansmetrik ölçümler, dış kulak kanalındaki ses iletim fonksiyonunu analiz eder ve orta kulak yapıları hakkında genel bilgiler sunar ve dış kulak yolundan itibaren kulak zarı ve ordan orta kulağa ulaşan akustik enerjinin orta kulak yapılarının gösterdiği yanıt olarak da tanımlanır. [32] Orta kulak ölçümlerinin çoğu, bir ses uyarısının bir ortamda (hava veya sıvı) ne kadar kolay yayılabileceğini tanımlayan akustik immitans değerlerine atıfta bulunur. Çoğu ortam, enerji yayılımına karşı bir direnç gösterir. Bu bağlamda, orta kulağın yapıları da ses enerjisinin yayılımına bir direnç uygular ve bu direnç "akustik empedans" (Za) olarak adlandırılır. Tanım gereği, akustik empedansın tersine "akustik admittans" (Ya) denir.[33], [34] Akustik immitansmetri, temel olarak timpanometri, akustik refleks ölçümleri ve refleks deşarj (refleks decay) testlerini içerir .[35]

Akustik immitansın (akustik empedansı ve alustik admitansı gruplayan bir terim) kulak kanalı ölçümleri ve akustik yansıma ve güç emiliminin ilgili nicelikleri, işitsel işlevi değerlendirmek ve iletim tipi işitme kaybının ayırıcı tanısına yardımcı olmak için 50 yıldan uzun süredir kullanılmaktadır. Dış ve orta kulak yapılarının mekanik-akustik transfer fonksiyonu ile beyin sapı seviyesine kadar işitme yolları hakkında klinisyene objektif bilgiler sunar. Bu test, odyoloji kliniklerinde değerlendirme bataryasının rutin bir bileşeni olarak kullanılmaktadır. Akustik immitans ölçümleri, immitansmetri olarak da adlandırılmaktadır. İmmitansmetri, özellikle dış ve orta kulağın çalışma fonksiyonunu değerlendiren bir yöntem olup odyolojik değerlendirme süreçlerinde rutin olarak kullanılmaktadır.[36] Bu özelliği sayesinde immitansmetri, kliniklerde sıkça tercih edilen tarafsız ve hassas bir testtir. Hem yetişkinlere hem de çocuklara uygulanabilen bu non-invaziv yöntem, hastanın aktif bir yanıt vermesini gerektirmez. Öncelikli olarak orta kulak fonksiyonlarını değerlendirirken, bir yandan iç kulağımız ile ilgili ve işitsel yollarla ilgili de bilgi verir.

İmmitansmetri, objektif bir ölçüm yöntemi olarak hasta iş birliği gerektirmeden kolaylıkla uygulanabilmektedir. Günümüzde pek çok klinisyen tarafından odyolojik değerlendirmenin ilk adımı olarak tercih edilmektedir. Genellikle dış kulak ve orta kulak fonksiyonlarını değerlendirmek amacıyla kullanılsa da, aynı zamanda iç kulak ve üst düzey işitme yolları hakkında da önemli bilgiler sağlamaktadır. Bu testlerden elde edilen veriler, odyolojik test bataryasındaki diğer test sonuçlarıyla birlikte değerlendirildiğinde, kişilerin orta

kulak, koklea ve nöral fonksiyonları hakkında değerli tanısal bilgiler sunar. Akustik immitansmetri, non-invaziv, hızlı ve kolay uygulanabilir bir testtir. Ancak, test sonuçları kulak kanalında serumen birikimi veya hareket kısıtlılığı gibi faktörlerden etkilenebilir. [37] İmmitansmetrik ölçümler, orta kulak patolojilerinin ve bazı nörolojik durumların değerlendirilmesinde önemli bilgiler sunar. Bu ölçümler, orta kulakta sıvı birikimi, orta kulak sıvısı , stapes fiksasyonu(otoskleroz) , kemik zincir sertleşmesi veya kopukluğu kulak zarı perforasyonu gibi durumların yanı sıra 8. kraniyal sinir fonksiyonu ile bu sinir üzerinde ya da orta kulakta tümör varlığını değerlendirmede kullanılabilir.[38]

Ayrıca,hastalar tetkik edilirken tek başına akustik immitans testleri ile tanı koyulması oldukça zordur. Akustik immitansmetri testlerinin hem klinik değerlendirme ve hem de diğer testlerle desteklenmesi gereklidir.

Akustik immitansmetri ölçümü, timpanometri ve akustik stapedial refleks ölçümleri gibi farklı alt testleri kapsamaktadır. Bu testler, tek frekanslı, çok frekanslı veya geniş bant klik uyaranlar kullanılarak gerçekleştirilebilir. Klinikler arasında terminoloji ve uygulama birliğini sağlamak amacıyla, Amerikan Ulusal Standartlar Enstitüsü (ANSI) 1987 yılında bu konuda bir standardizasyon çalışması yapmıştır. [39]

Akustik Absorbans: Uyarının yayılımı sırasında kemikçik zinciri tarafından emilen akustik enerji miktarını ifade eder. Akustik absorbans, emilen ses gücünün gelen ses gücüne olan oranı olarak bilinir ya da şu şekilde ifade edilir: $(1 - \text{Reflectance}^2)$.

Akustik Admittans (Ya): Empedansın tersi olarak tanımlanır ve bir ortamda ses yayılımının kolaylığını ifade eder. Akustik admittans, karmaşık bir değişkendir ve uyarının frekansına bağlıdır.

Akustik İmmitans: Bir ortamda ses enerjisi akışının ölçümüdür. İmmitans, akustik empedans (direnç) veya akustik admittans (kolaylık) terimleriyle ifade edilebilir.

Akustik Empedans (Za): Bir ses uyarısının çeşitli ortamlar boyunca geçerken karşılaştığı "direnci" ifade eder. Akustik empedans, karmaşık bir değişken olup uyarının frekansına bağlıdır.

Akustik Reflektans: Bir akustik uyarı bir ortamda (örneğin, kemikçik zinciri boyunca) yayılırken geri yansıtılan akustik enerji miktarını ifade eder. Şu şekilde tanımlanır: (1 - Absorbans).

1. Timpanometri

Timpanometri, orta kulağın akustik admittansını, kapalı bir dış kulak kanalı içerisindeki hava basıncına bağlı olarak ölçen objektif ve fizyolojik bir değerlendirme yöntemidir. Normal şartlar altında her iki kulağımız, ortam veya atmosfer basıncında verimi en yüksek olacak şekilde çalışır. Ancak, tanısal amaçlar doğrultusunda, orta kulağın daha yüksek veya daha düşük basınçlarda nasıl çalıştığını incelemek klinik açıdan önemlidir. Çünkü birçok patolojik durum, orta kulak basıncını etkileyebilir. Pozitiften negatife doğru bir basınç aralığında orta kulağın işlevindeki değişiklikler grafiksel şekilde ortaya Konarak gözlemlenebilir.

Bu hava basıncında meydana gelen azalış ve artış, kulak zarının ve kemikçik zincirinin sertleşmesine neden olmaktadır. Bu durum, orta kulağa iletilen ses enerjisinin admittansında bir azalma olarak görülür. Aynı şekilde, kulak kanalında ve kulak zarındaki gerilme veya gevşeme durumları da basınç değişimine bağlı olarak bu grafikle izlenebilir. Kulak kanalındaki hava basıncının en verimli olduğu nokta, timpanogramda bir tepe noktası olarak gözlemlenir. [40] Orta kulaktaki kemikçik yapılar, gelen ses uyarılarını kulak zarından (malleus) iç kulağa (stapes tabanına) iletir. Akustik enerji iletimi açısından, orta kulak ile iç kulak arasında fiziksel bir uyumsuzluk söz konusudur. Bunun nedeni, orta kulakta sesin gaz ortamında yayılması, iç kulakta ise sıvı ortamda iletilmesidir. İletilen uyarının enerjisinin optimize edilebilmesi için orta kulağın empedansının ayarlanması gerekmektedir. Bu ayarlama, stapes üzerindeki uyarının iç kulağa “optimal güç aktarımı” sağlamasına, diğer bir ifadeyle "minimum empedans yansıması"na olanak tanır. Bu işlem, "orta kulak empedans uyumlayıcı transformatörü" olarak adlandırılır ve stapes üzerindeki akustik ses enerjisinin iç kulağın heliks yapıları içerisinde bir akustik basınç dalgasına dönüştürülme verimliliğini ifade eder. Bu süreç, enerji kayıplarını minimize ederek yüksek verimlilik sağlar.[41]

Timpanometri (empedans ölçümü), çocuklarda yapılan odyolojik değerlendirmelerin önemli ve değerli bir bileşeni olarak görülmektedir. Empedans, akustik sinyale karşı gösterilen direnci ifade ederken, kulak zarının esnekliği ile birlikte orta kulak ve kemikçiklerin hareket

kabiliyeti hakkında bilgi sağlar. Akustik admittans ise, empedansın tersini temsil eder ve sistemin uyumluluğunu tanımlar. [42] Klasik timpanometri, prob frekansı olarak genellikle 226 Hz veya 1000 Hz kullanmaktadır. Özellikle bebeklerde, daha yüksek prob frekansı tercih edildiğinde, kulak kanalının daha küçük hacmine bağlı olarak orta kulak hakkında daha ayrıntılı bilgiler elde edilebilmektedir. [43] Literatürdeki veriler, yaklaşık 6 aylık bebeklerde yüksek frekanslı orta kulak (OK) iletiminin daha verimli olduğunu göstermektedir. 1000 Hz gibi yüksek frekanslı bir ton ile yapılan timpanometri ölçümleri, 226 Hz prob tonu ile yapılan ölçümlere kıyasla orta kulaktaki değişiklikleri belirlemede daha hassas olabilir.[44]

Timpanometri ölçümünde kullanılan dış kulak yolu probu, birbirine entegre üç temel bileşenden oluşur: alıcı bir hoparlör ve mikrofon ve dış kulak yolundaki basıncı düzenlemeye yarayan pompa sistemi. Ölçüm sırasında, basınç değişiklikleri (basınç gradyanları) oluşturulabilmesi için kulak kanalındaki basınç manipüle edilirken, düşük frekanslı bir prob tonu (örneğin, 226 Hz) sabit bir seviyede sürekli olarak sunulur. Prob içerisinde bulunan mikrofon, kulak kanalı içindeki ses basıncını aksiyon potansiyeli oluşturarak elektriksel iletilere dönüştürür , bu sinyaller daha sonra amplifiye edilir. Prob tonunun sabit seviyesinden farklı olarak meydana gelen sapmalar, otomatik kazanç kontrol sistemi ile dengelenir. Ardından, amplifiye edilen sinyaller, kulağın geçirgenliği ile orantılı olmakta olan voltaj değişikliklerini , faz açısı farklılıklarını ortaya koymak amacıyla prob sinyalleriyle karşılaştırılır.[45]

226 Hz timpanogramların yorumlanmasında niteliksel ve niceliksel yaklaşımlar kullanılmaktadır. İlk kullanılan cihazlar kalibrasyonsuz olduğu ve timpanometrik sonuçları keyfi uyumluluk birimleri olarak sunduğu için, timpanogram şekillerini tanımlamak amacıyla niteliksel ölçümlere ihtiyaç duyulmuştur. Bu yaklaşımlardan en yaygın olanı, Lidén (1969) ve Jerger (1970) tarafından tanımlanan sınıflandırma sistemidir.[46][47]

Tip A: Kulak zarının normal hareketliliğini ve orta kulak basıncını gösterir. Sağlıklı bir kulak yapısının göstergesidir.

Tip As: Kulak zarında skar dokusu veya otoskleroz gibi durumlar, kulak zarının sertleşmesine neden olarak timpanogram tepe yüksekliğini azaltabilir.

Tip Ad: Kulak zarının incelmesi (örneğin, kulak zarının aşırı elastik olması) veya kemikçiklerin ayrılması gibi durumlar, admittansın artmasına ve tepe yüksekliğinin normalden daha büyük olmasına yol açar.

Tip B : Orta kulak boşluğunda sıvı birikimi (örneğin, effüzyonlu otitis media) gibi durumlar, admittansın azalmasına ve timpanogramın genişlemesine ya da düzleşmesine yol açar. Şiddetli vakalarda, timpanogram tüm basınç aralıklarında tamamen düz bir çizgi gösterir. Bu durum, kulak zarının sertleştiğini ve hiçbir hava basıncında ses enerjisini etkili bir şekilde iletemediğini belirtir.

Tip C: Östaki tüpü disfonksiyonu nedeniyle orta kulak basıncı atmosferik basınca göre düşebilir. Bu durumda, timpanogramın tepe noktası sola kayar. Daha nadiren, akut otitis media (AOM) gibi durumlar nedeniyle orta kulakta pozitif basınç görülebilir; bu, timpanogram tepe noktasının sağa kaymasına neden olur.[48]

Timpanometri sonuçları, normal ve anormal kulaklarda geniş bir değişkenlik gösterebilir. Bu nedenle, yalnızca timpanometri sonuçlarına dayanarak patolojik durumlar hakkında çıkarım yaparken dikkatli olunmalıdır. Timpanometri, otolaringolojik muayene ve hastanın tıbbi geçmişi ile birleştirilerek kullanıldığında tanısal açıdan daha faydalı hale gelmektedir. [49]

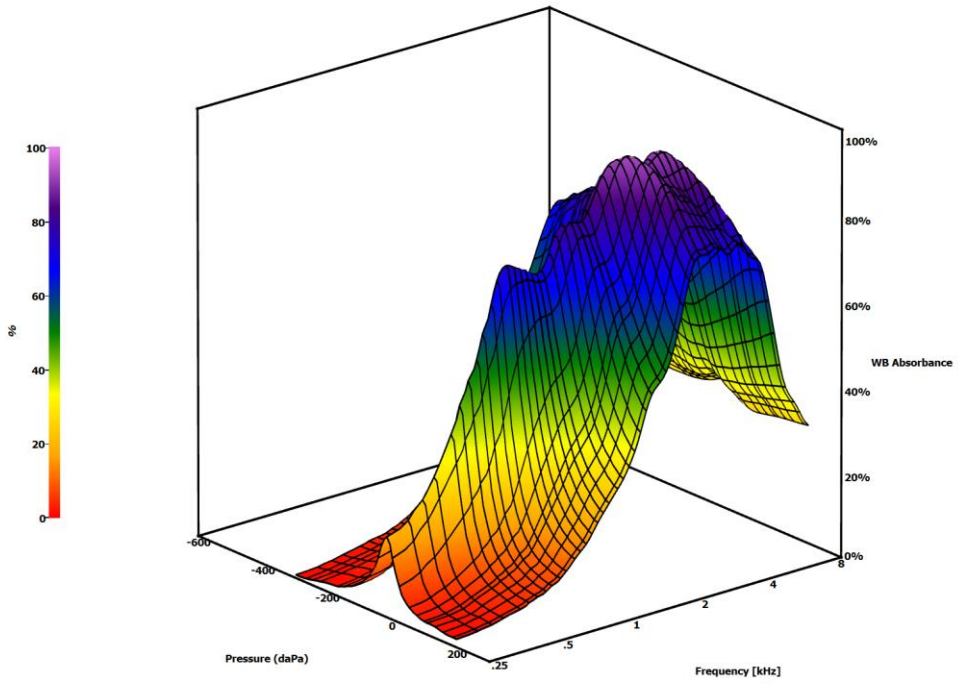
2. Geniş Band Timpanometri

Interacoustics tarafından Titan platformu üzerinde geliştirilen geniş bant timpanometri sistemi, orta kulak fonksiyonlarını daha kapsamlı bir şekilde değerlendirmek için ticari olarak kullanılmaktadır. Bu sistem, enerji absorpsiyonunu farklı frekanslar ve basınç noktalarında üç boyutlu olarak analiz etme imkanı sunar. Reflektans ve absorpsiyon ölçümleri, hem ortam basıncı (0 daPa) hem de değişken basınç seviyelerinde yapılabilmektedir. Yüksek frekanslı ölçümlerde, probun kulak kanalına yerleştirilmesinin yarattığı etkiler, multifrekans timpanometriye göre daha az belirgindir.[50], [51] Standart 226 Hz timpanometri ile kıyaslandığında, klik uyaranlar sayesinde geniş frekans aralığını yaptığı bir ölçüm ile değerlendirme yeteneği ile iletim tipi işitme kayıplarını tespit etmede daha etkili olduğu belirtilmiştir. Tüm bu farklılıklar, geniş bant timpanometrinin orta kulak değerlendirmelerinde multifrekans ve geleneksel timpanometri yöntemlerine göre daha üstün bir performans

sergilemesini sağlamaktadır.[52] Geniş bant timpanometri, multifrekans ve geleneksel timpanometri yöntemlerine oranla orta kulak değerlendirmelerinde daha avantajlı özellikler sunmaktadır.[50] . Geniş bant timpanometrigeleneksel timpanometriye kıyasla;orta kulak patolojilerive iletim komponenti problemlerinde daha hassas duyarlılıkta bir ölçüm imkanına sahiptir. [53]

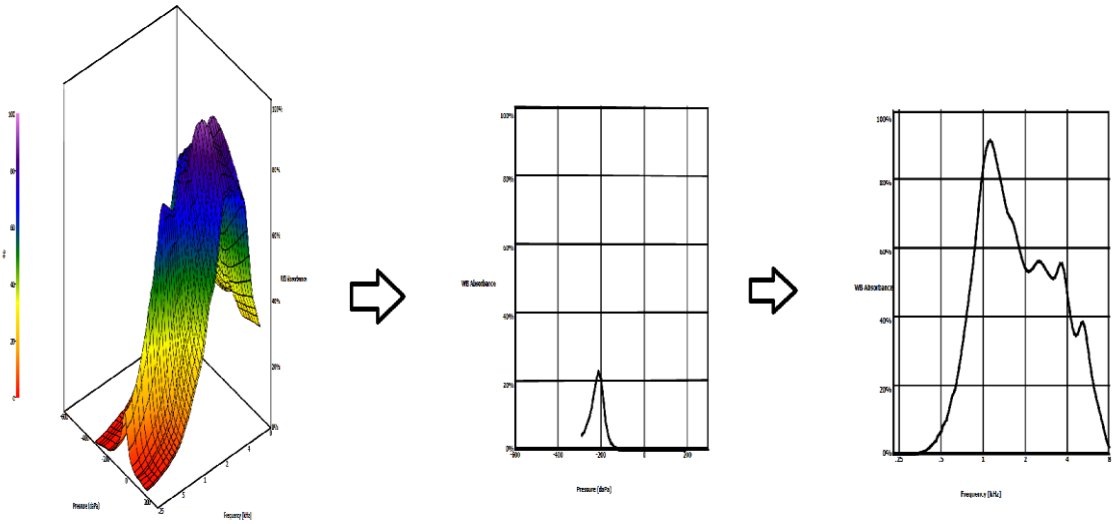
Geniş bant timpanometri , absorbansı frekans ve basıncın değişimlerini grafiksel olarak gösteren çok boyutlu bir orta kulak fonksiyonu temsili sağlamaktadır. Geniş bant timpanometride kullanılan basınç tarama yöntemi, konvansiyonel timpanometri ile aynı olduğundan, hem geniş bant hem de tek frekans timpanometri ölçümleri neredeyse 6 saniyelik ölçüm sırasında aynı anda elde edilebilmektedir. Geleneksel timpanometrinin 226 Hz frekansındaki prob tonları, orta kulağın yapısal durumuna göre farklı ve değişken sonuçlar meydana gelebilmekte ve bu durum test sonuçlarını etkileyebilir. Geniş bant uyaranların (örneğin, akustik klik) kullanımı, orta kulak değerlendirmelerinde daha etkili ve hassas bir yöntem olarak öne çıkmıştır. Geçici uyaranların çoklu frekans bileşenleri içermesi, geniş bant timpanometrinin (WBT), hastadan kaynaklanan hareketlere bağlı miyojenik gürültüye karşı daha az duyarlı olmasını sağlamaktadır. [41][54]

WBT, orta kulağın fonksiyonlarını, 226 Hertz ve 8000 Hertz arasındaki frekanslarda, küçük artışlarla uygulanan geçici bir uyaran ile değerlendirir. Bu geniş frekans aralığında gerçekleştirilen değerlendirme, orta kulak ile alakalı detaylı veriler sağlar ve gerekli tanı süreçlerine katkılar sunabilir. [55] Değişken kulak basınçları altında,belirli bazı frekans aralığında (örnek olarak , 250 Hertz ile 8000 Hertz) uyaranlara yanıt olarak Geniş Bant Akustik (GBA) ya da Geniş Bant Reflektans (GBR) ölçümleri yapılmaktadır ve sonuçlar 3 boyutlu timpanogramlar ile gösterilmektedir. Bu yöntem, tek bir ölçümde geniş frekans aralığını kapsayan yüzlerce timpanogramın birleştirilmesini sağlar ve elde edilen veriler üç boyutlu bir görselleştirme ile sunulur. [55], [56] Bu üç boyutlu timpanogram üzerinde x ekseni olarak gösterilen eksen basınç miktarını , y ekseni olarak gösterilen eksen orta kulaktaki absorbans değerini , z ekseni olarak görülen eksen ise frekansları belirtmektedir(Şekil 6).



Şekil 19: 3 boyutlu geniş bant timpanogram örneği

Üç boyutlu timpanometri bize orta kulak hakkında farklı basınç ve frekans değerlerini içeren kapsamlı bilgiler sunar. Bu nedenle, üç boyutlu grafikler genellikle komplike bir görünümü mevcuttur. Ancak, bu testi kullanırken kolay kullanmak amacıyla, bu grafikler iki boyutlu grafik formatına dönüştürülmektedir(Şekil 7).



Şekil 20: 3 boyutlu geniş bant timpanogram grafinin sadeleştirilerek 2 boyutlu grafik örnekleri

3. Geniş Bant Reflektans (GBR)

Geniş bant reflektans, bu ölçüm teknikleri arasında yaygın olarak bakılan yöntemlerden biridir. Literatürde, enerji reflektansı (power reflectance) olarak da adlandırıldığı görülmektedir.[57]Enerji reflektansı, tüm enerjinin emildiği durum için 1, tüm enerjinin geri yansıtıldığı durum için ise 0 arasında bir değer alır.[58] Geniş bant reflektansı, geniş bant akustik empedans ölçümlerini sunmak için daha uygun bir yöntemdir. Dış kulak yolunda geniş bantlı akustik empedans ölçümleri 1920'lere kadar uzanmakla birlikte, özellikle Zwislocki akustik köprüsünün geliştirilmesiyle araştırmalarda popülerlik kazanmıştır. [59] Akustik empedanstan reflektansa dönüşüm, admittans ölçümlerine kıyasla kulak kanalındaki transdüser derinliğine daha az duyarlı bir ölçüm sağlamaktadır.[60] Geniş bant reflektans, iletilen enerjiye karşı geri yansıyan enerjinin oranını temsil eder ve birimsiz bir parametre olarak ifade edilir.[61]

4. Geniş Bant Absorbans (GBA)

GBA , kulak yoluna iletilen akustik enerjinin orta kulak tarafından emilen kısmını ifade etmektedir. Absorbans, frekansa bağlı olarak timpanik membrane tarafından absorbe edilen akustik enerji miktarını temsil eder. GBA ile GBR arasında birbirini tamamlayıcı bir ilşki bulunur. Bu ilişki matematiksel olarak GBA = 1 – GBR şeklinde ifade edilir. [58] [32] Birçok çalışmada, GBA'nin 1 kHz'in altındaki frekanslarda ve 4 kHz'in üzerindeki frekanslarda azalma gösterdiği bildirilmiştir. Ayrıca, konuşma frekanslarını değerlendirebilme yeteneği nedeniyle geleneksel timpanometriye göre daha üstün olduğu ifade edilmiştir. Çalışmalarda görülmüş ki, orta kulakta bulunan bir çok patolojinin iletilen akustik enerjinin absorbansını etkilediğini ortaya koymuştur.[62]

5. Ortam Basıncında GBT (*Ambient GBA-A*)

Ölçüm sırasında kanala herhangi bir basınç uygulanmadan, yukarıda bahsettiğimiz reflektans ve absorbans ölçümleri ortam basıncında (ambient) gerçekleştirilebilmektedir. Sağlıklı yetişkin bireylerde, absorbans değerinin yaklaşık 1000 ile 4000 Hz arasındaki frekanslarda maksimum seviyeye ulaştığı, ancak 1000 Hz’nin altındaki ve 4000 Hz’nin üzerindeki frekanslarda azalma gösterdiği gözlemlenmiştir.[63]

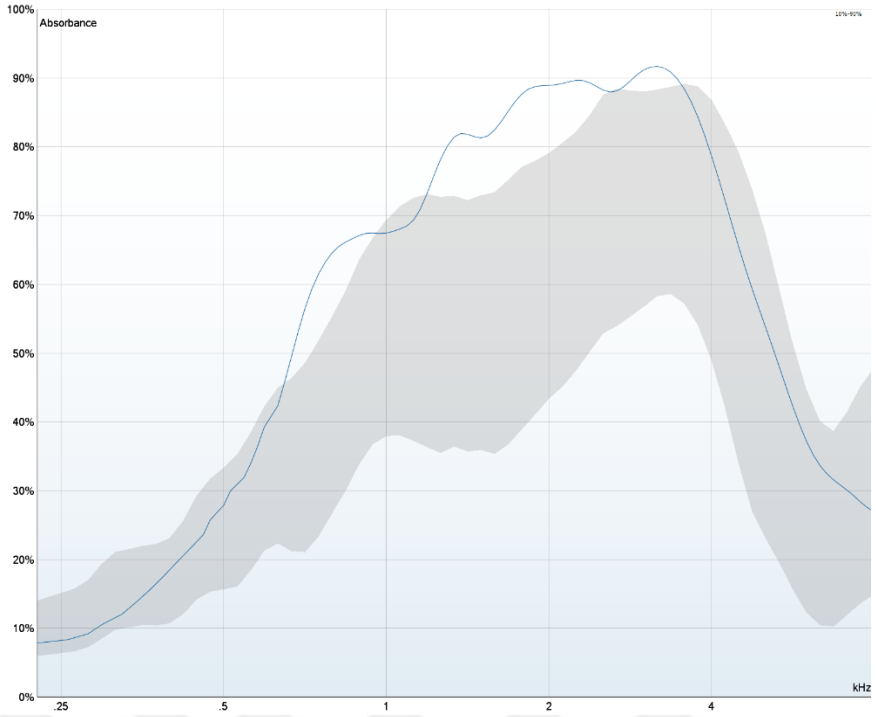
6. Rezonans Frekansı (RF)

Rezonans frekansı, orta kulak patolojilerinin değerlendirilmesinde ve ayrımında kritik bir parametredir. WBT ile RF ölçümü, özellikle otoskleroz, efüzyonlu otitis media, disartiküle kemikçik zinciri gibi durumların değerlendirilmesinde faydalıdır. Normatif değerler genellikle 800 Hz ile 1200 Hz arasında değişir. RF'deki anormal değerler, orta kulak basınç sistemindeki bozukluklara işaret edebilir. [61] [64] . Rezonans frekansı, mass ve stifness etkilerinin orta kulakta birbirini dengelediği ve toplamlarının sıfır olduğu frekans aralığını ifade eder. Bu frekansta, kütle ve sertlik etkileri eşit büyüklükte ancak zıt yönlüdür, böylece sistem optimal titreşim koşullarına ulaşır. [65] Rezonans frekansı, orta kulağın sertliğiyle doğru, kütlesiyle ise ters orantılıdır. Orta kulak yapısında meydana gelen değişiklikler, rezonans frekansında sapmalara yol açabilir. Bu nedenle, rezonans frekansı, orta kulak mekanizmasının işlevsel ve yapısal özelliklerini değerlendirmede önemli bir parametre olarak kabul edilir. [66]

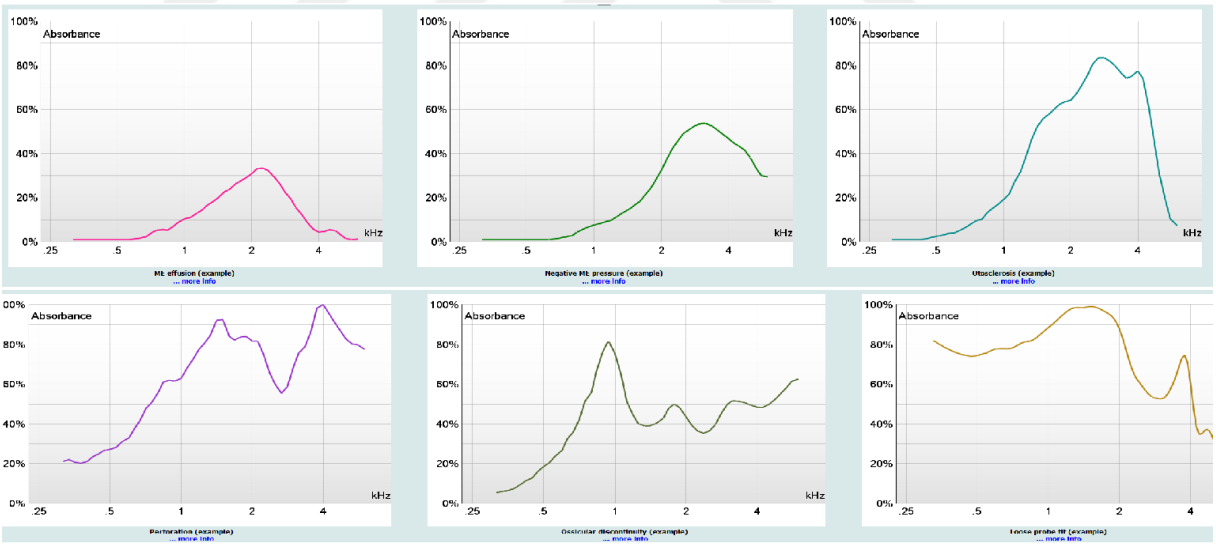
7. Absorbans Grafiği

GBA ölçümü, 226 Hertz ile 8000 Hertz arasındaki frekans aralığında bir çok farklı frekans noktasından elde edilmiş absorbans miktarını bir grafik üzerinde iki boyutlu şekilde gösterildiği bir analiz yöntemidir (Şekil 8). Wideband timpanometri (WBT) ile absorbans grafiği, ortam basıncında ve timpanometrik tepe basıncında , iki farklı yöntemle oluşturulmaktadır. Timpanometrik tepe basıncında oluşturulan bu grafikler , üç boyutlu timpanogram üzerinde tepe basıncındaki absorbans değerlerini göstermektedir. [67] Ortam basıncı ile meydana gelen absorbans grafiği, bu üç boyutlu timpanogram üzerinde 0 daPa basınç noktasındaki absorbans değerini temsil etmektedir. [68]

Absorbans grafikleri, farklı bir çok patolojiden elde edilen verilerle karşılaştırılarak değerlendirilmelidir. Bu grafikler, otoskleroz, osiküler zincir anomalileri, flaksit kulak zarı, , semisirküler kanal dehisansı, orta kulaktaki negatif basınç ve orta kulak sıvı birikimi gibi durumların ayırt edilmesine olanak tanır. Şekil 9'da, çeşitli patolojilere ait absorbans grafiklerine örnekler sunulmuştur.



Şekil 21:Absorbans Grafiği



Şekil 22: Farklı patolojilere ait absorbans grafikleri

F. Saf Ses Odyometrisi

Saf ses odyometrisi, işitsel hassasiyeti değerlendirmek için en yaygın kullanılan testlerden biridir. Bu testte saf ses sinyalleri genellikle hava iletim ve kemik iletim yollarıyla iletilir. Amerikan Ulusal Standartlar Enstitüsü'nün (ANSI) standardına göre, işitme eşik seviyesi şu şekilde tanımlanmaktadır: "Artan deneme girişimlerinin en az %50'sinde yanıtların meydana geldiği en düşük ses basınç seviyesi veya kuvvet seviyesi."

Klinik uygulamalarda, odyometrik eşik verileri genellikle odyogram adı verilen bir grafik üzerinde gösterilir. Bu grafik, sağ ve sol kulak için hava ve kemik iletimiyle elde edilen verileri temsil etmek amacıyla çeşitli semboller içerir. 1974 yılında Amerikan Dil, İşitme ve Konuşma Derneği (ASHA) bu format tarafından önerilmiş ve kabul edilmiştir. Veriler, işitme seviyesi biriminde sunulmaktadır ve bu seviyeler, referans ses basınçlarına göre kalibre edilmiştir. Referans değerler, normal işitmeye sahip genç yetişkinlerin sessiz test koşulları altında gösterdiği işitme hassasiyetini temsil eder. Bu nedenle, bir odyogram, bir hastanın sesleri algılama yeteneğini, normal işitmeye sahip genç yetişkinlerin işitme hassasiyeti ile karşılaştırmalı olarak sunar.

Odyometrik testlerde, 125 veya 250 Hz'den başlayarak 8000 Hz'e kadar oktav aralıklarında saf sesler, kulaklıklar veya kulak içi kulaklıklar aracılığıyla dinleyiciye sunulur. Eşik seviyesi genellikle Hughson-Westlake'in "artan yöntem" (ascending method) versiyonlarından biri kullanılarak belirlenir. Bu yöntemde sesler başlangıçta eşik seviyesinin oldukça üzerinde bir seviyede sunulur ve daha sonra 10-15 dB'lik azalan adımlarla ses işitilmez hale gelene kadar düşürülür. Daha sonra ton, 5 dB'lik artan adımlarla yükseltilir ve ardından 10 dB'lik azalan adımlarla düşürülerek bir yanıtın üç kez elde edildiği tek bir işitme seviyesi belirlenir.[69]

Hava iletim değerleri, işitme sisteminin keskinliğini ölçtüğü için bu ölçümler değerlendirildiğinde, meydana gelen işitme kaybı nedenleri veya özellikli bir orta kulak patoloji hakkında sınırlı bilgi sağlamaktadır. Ancak, kemik iletim testiyle elde edilen değerlerle birlikte değerlendirildiğinde, işitme kaybı türünün belirlenmesine yardımcı olur.

Saf ses eşikleri bir odyogram üzerine çizildiğinde, işitme kaybının derecesi hakkında da bilgi sağlar. 0 ila 25 dB aralığında kalan değerler normal olarak kabul görürken, 25 desibel'in üzerindeki değerler farklı seviyelerde işitme kaybını temsil eder.

Saf ses kemik iletim testi, koklea doğrudan ya da dolaylı olarak uyarıldığında işitsel eşik seviyesini ölçer ve uyaranlar dış ve orta kulak yapılarından bağımsız olarak iletilir. Bu nedenle, hava iletim ve kemik iletim yoluyla elde edilen eşiklerin karşılaştırılması, işitme kaybının türünün (normal işitme, iletim tipinde işitme kaybı, sensörinöral tipte işitme kaybı [SNİK] veya mikst tipnde işitme kaybı) belirlenmesi ve varsa iletim tipinde işitme kaybının derecesinin tanımlanması için kullanılır.

Kemik iletim değerlerinin bir odyogram üzerindeki yeri , meydana gelen işitme kaybının şiddetinin belirlenmesine yardımcı olmaktadır . Kemik işitme testi yapılırken, genellikle bir kemik osilatörü mastoid kemiği üzerine yerleştirilir. Bu yerleşim, osilatörün yerleştirildiği taraftaki kulaktan gelen yanıtların garanti edilmesini sağlamasa da, frontal kemik gibi diğer yerleştirme bölgelerine kıyasla dinamik aralık avantajı sunar.[70] Günümüzde kullanılan birçok odyometre, titreşim cihazının mastoid tip üzerine yerleştirilmesi amacıyla kullanılmaktadır.

Hava iletimi ile kemik iletim değerleri arasındaki bulunan bu ilişki, işitmenin kaybının türünü belirlemek için kullanılır. Hava iletim eşikleri normal kemik iletim eşiklerine göre yükselmişse (hava-kemik aralığı olarak adlandırılan bir fenomen), kayıp iletim tipi olarak sınıflandırılır. Hava iletim ve kemik iletim eşikleri aynı derecede işitme kaybını gösteriyorsa, kayıp sensörinöral olarak sınıflandırılır. Son olarak, hava iletim eşikleri anormal kemik iletim eşiklerine göre yükselmişse kayıp mikst olarak sınıflandırılır.

G. İç Kulak Sıvısı Dinamikleri:Endolenfatik Hidrops

Endolenfatik hidrops, Menieré hastalığının temel patolojik özelliğini oluşturmaktadır. Bu hastalık 1861 senesinde Prosper Ménière tarafından ortaya konmuştur Bu hastalık, genellikle tek taraflı bir seyir izlese de zamanla bilateral hale gelebilir. MH'nin kesin nedeni tam olarak bilinmemekle birlikte, iç kulaktaki endolenfatik sıvı dengesindeki bozukluğun bir sonucu

olarak ortaya çıktığı düşünülmektedir. [71] Endolenfatik hidrops, iç kulakta sıvı basıncının ve hacminin artmasıyla tanımlanır ve bu durum hem vestibüler hem de koklear sistemlerin işlevlerinde bozulmalara yol açar.

Endolenfatik hidrops, Menieré hastalığının temel patolojik özelliğini oluşturur. Bu durum, iç kulakta sıvı miktarının artışı veya drenajındaki bozukluk nedeniyle meydana gelir.[72] Sonuç olarak, iç kulakta basınç yükselir ve bu durum, hem koklear işlevlerde (işitme kaybı ve tinnitus) hem de vestibüler sistemde (vertigo) bozulmalara yo1 açar. Güncel araştırmalar, genetik faktörlerin, otoimmün süreçlerin ve viral enfeksiyonların Menieré hastalığının gelişiminde rol oynayabileceğini ileri sürmektedir.[73]

Vertigo atakları , dalgalanma şeklinde kendini gösteren sensörinöral tip işitme kaybı, kulakta çınlama ve aural dolgunluk olmak üzere bu hastalğın 4 ana kardinal bulgusu vardır. [74] Meniere hastalığının tanısı için dört ana bulgunun bir arada bulunması gerekmekle birlikte, bu bulguların aynı anda görülmesi her zaman mümkün değildir. Bazen bir belirti diğerlerine göre ön plana çıkar ve diğer belirtiler aylar ya da hatta yıllar sonra ortaya çıkar. Bu nedenle, Meniere tanısı genellikle vertigonun yıllar içindeki klinik seyri göz önüne alınarak konulabilir.

Akut ataklar, genellikle düşük frekanslarda başlayan, etkilenmiş kulakta sensörinöral işitmenin kademeli olarak kötüleşmesi üzerine eklenir. Zamanla, ilgili periferal vestibüler sistemin yanıt verebilirliğinde bir azalma meydana gelir. Bu bulguların patolojik temeli, membranöz labirentte meydana gelen bir distorsiyon olarak kabul edilmektedir. Bu durumun ayırt edici özelliği, endolenfatik hidrops varlığıdır.[75] Endolenfin aşırı birikimi sonucu membranöz labirentin anatomisinde meydana gelen değişiklikleri yansıtır. Bu süreç, perilenfatik boşluk pahasına gerçekleşir.

Geleneksel görüş, endolenfin kokleadaki stria vaskülaris ve vestibüler labirentteki koyu hücreler tarafından üretildiğini ve hem radyal hem de longitudinal bir şekilde dolaştığını öne sürmektedir.[76] Hidrops durumunda altta yatan patofizyoloji tartışmalı olmakla birlikte, endolenfin endolenfatik kese tarafından yetersiz emilimi en yaygın kabul gören teoridir.[77] Endolenfatik kanal, endolenf homeostazını düzenleyen bir valf gibi işlev görebilir. [78]Temporal kemik histolojik çalışmaları, hayvan modellerinde endolenfatik kesenin işlevinin

bozulması sonucu hidropsa eşdeğer durumların ortaya çıkabileceğini göstermiştir ve bu bulgular söz konusu patogenez teorisini desteklemektedir. [79]

Ménière hastalığının tanısını kesin olarak koyan tek bir test bulunmamaktadır. Tanı, öncelikle hastalığın seyir paternine ilişkin ayrıntılı bir tanım içeren kapsamlı bir hasta öyküsüne dayanır ve bu öykü, niceliksel testlerle desteklenir. Hastalığın en güncel tanımı Bárány Derneği tarafından yapılmıştır (Şekil 10). Daha yakın zamanda, Bárány Derneği Ménière hastalığının tanısı için yeni kriterler önermiştir. Bu yeni kriterlere göre, "kesin Ménière hastalığı" tanısında vertigo epizodlarının maksimum süresi 12 saat ile sınırlandırılmıştır. Ayrıca, yalnızca orta ve düşük frekanslarda işitme kaybı asimetrisi dikkate alınmaktadır. [80]

Klasifikasyon	Kriterler
Kesin MH kriterleri	20 dakika ile 12 saat arası süren 2 veya daha fazla vertigo atağı
	Düşük ila orta frekansta sensörinöral işitme kaybı
	Etkilenen kulakta dalgalanan işitsel semptomlar
	Başka bir vestibüler tanı olmaması
Olası MH kriterleri	20 dakika ile 24 saat arası süren 2 veya daha fazla vertigo atağı
	Etkilenen kulakta dalgalanan işitsel semptomlar
	Başka bir vestibüler tanı olmaması

Şekil 23: Meniere hastalığı kriterleri

Meniere hastalığına yönelik yaklaşımlar; medikal tedavi, diyet düzenlemeleri, vestibüler rehabilitasyon ve cerrahi müdahaleler şeklinde gruplandırılabilir.

Tedavinin amacı, Ménière hastalığına eşlik eden semptomların azaltılmasıdır. İdeal tedavi, vertigoyu hafifletmeli , tinnitusu ortadan kaldırmalı ve işitme kaybını geri döndürmelidir. Ne yazık ki, uzun süreli işitme kaybı tedaviye genellikle yanıt vermemektedir. Günümüzde kanıtlanmış tedavilerin neredeyse tamamı, hastalığın en rahatsız edici semptomu olan vertigonun hafifletilmesine yöneliktir. [81]

Ménière hastalığı olan hastalarda vertigo tedavisinin değerlendirilmesi, hastalığın doğal seyri nedeniyle zordur; çünkü vakaların %60-80'inde semptomlar kendiliğinden iyileşmektedir ve birçok tedavi yöntemi anlamlı bir plasebo etkisine sahiptir. Ameliyatı reddeden hastaların %71'inde semptomların iyileşmesi ve endolenfatik kese cerrahisi ile medikal tedavilerin

plasebo kontrollü çalışmalarındaki sonuçlar, bu durumu desteklemektedir.[82] Ménière hastalığı için mevcut tedavi yöntemlerinin çeşitliliği, hastalığın klinik seyrindeki aşırı farklılıklar ve tedavi etkinliğinin değerlendirilmesindeki zorluklardan kaynaklanmaktadır.

H. Son Dönem Böbrek Hastalığı

Son Dönem Böbrek Yetmezliği (SDBY), böbrek fonksiyonlarının, böbrek nakli veya diyaliz olmaksızın uzun süreli yaşamı sürdüremeyecek düzeyde yetersiz hale gelmesi durumudur. [83], [84] Tahmini glomerüler filtrasyon hızı (GFR) bu aşamada genelliklebelirli bir değerin altına düşmektedir.[84] 1980 ile 2000 yılları arasında, diyabetes mellitus, hipertansiyon ve ilişkili hastalıkların artışına bağlı olarak SDBY insidansı üç katın üzerinde artış göstermiştir. Ancak bu artış zamanla dengelenmiş olsa da, hasta sağkalım sürelerinin uzaması nedeniyle SDBY prevelansı istikrarlı bir şekilde artmaya devam etmektedir. 2018 yılı itibarıyla Amerika Birleşik Devletleri'nde 750.000'den fazla bireyin SDBY tanısı aldığı bildirilmiştir. Aynı zamanda yüksek mortalite oranlarıyla ilişkilidir; hemodiyalize başlayan hastaların yarısından azı beş yıl süreyle yaşamını sürdürebilmektedir.[85] Birinci basamak hekimleri, kronik böbrek hastalığının tanılanması, hastalığın ilerleyişinin izlenmesi, değiştirilebilir risk faktörlerinin tedavisi ve komplikasyonların yönetimi gibi kritik rollere sahiptir. SDBY genellikle yavaş ilerleyen bir hastalıktır ve birçok vakada önlenebilir.

III. GEREÇ VE YÖNTEM:

İstanbul Üniversitesi, İstanbul Tıp Fakültesi Etik Kurulu biriminin 04/10/2024 tarihli ve 19 sayılı toplantı sonucunda bu çalışmanın etik yönden uygunluğu 14/10/2024 tarihinde 2953095 sayılı yazı ile bildirildi. Bu tez çalışmamız İstanbul Üniversitesi İstanbul Tıp Fakültesi Nefroloji Anabilim Dalı Hemodiyaliz Ünitesi'nde gerçekleştirildi. İşlem öncesinde hasta ve hasta yakınına detaylı bilgilendirme yapılmış ve yazılı aydınlatılmış onamları alınmıştır.

A. Çalışma grubu

Son dönem böbrek yetmezliği sebebiyle hemodiyaliz tedavisi alan , 18 yaşın üzerinde olan ve kullanılacak testleri ve ölçekleri cevaplayabilecek mental kapasitede bulunan hastalar çalışmaya dahil edildi. Bilinen herhangi bir kulak patolojisi olan hastalar, daha önce geçirilmiş kulak cerrahisi olan hastalar, 18 yaşından küçük olan hastalar ve kullanılacak testleri ve ölçekleri cevaplayabilecek mental kapasitede olmayan hastalar çalışmadan dışlandı.

1. Tez Çalışmasına Alınma Kriterleri

2. Son Dönem Böbrek yetmezliği bulunan ve bu sebepten hemodiyaliz olan hastalar
3. 18 yaş üzeri hastalar
4. Kullanılacak testleri ve ölçekleri cevaplayabilecek mental kapasitede olmak

2. Tez Çalışmasından Dahil Edilmeme Kriterleri

1. 18 yaşından küçük olan hastalar
2. Bilinen herhangi bir kulak patolojisi olması
3. Kullanılacak testleri ve ölçekleri cevaplayabilecek mental kapasitede olmamak
4. Daha önce geçirilmiş kulak cerrahisi öyküsü olması

Hastalar İstanbul Üniversitesi İstanbul Tıp Fakültesi Nefroloji Anabilim Dalı Hemodiyaliz Ünitesi'nde yatak başında değerlendirildi. Hemodiyaliz tedavisi alan 31 hasta çalışmaya dahil edildi. Hemodiyaliz öncesinde hastalardan detaylı anamnez alındı ve otoskopik muayene yapıldı.Dört hasta daha önce geçirilmiş operasyon ve perforasyon ve retraksiyon vb. Fizik muayene bulguları nedeniyle çalışmadan dışlandı. Bir hasta hemodiyaliz esnasında komplikasyon gelişmesi üzerine çalışmadan çıkarıldı. Toplamda 26 hasta 52 kulak çalışmaya dahil edildi. Hemodiyaliz öncesinde hastalardan rutin BNP (B tipi natriüretik peptid) gönderildi. Hemodiyaliz öncesi ve sonrasında hastalara bioempedans ölçümü, wideband timpanometri ve taşınabilir odyometri ile saf ses odyometri testi yapıldı. Aynı şekilde hemodiyaliz öncesi ve sonrası kan basıncı ölçümü , kilo ölçümü, UF(ultrafiltrasyon) miktarı ölçümü yapıldı. Tüm hasta verileri Windows Excel programında yerleştirildi.

B. Kullanılan Cihazlar

1. Otoskopik Muayene

Hastalar wideband timpanometri ve odyometri ölçümleri yapılmadan önce her iki kulağına otoskopik muayene yapıldı. Kulak muayenesinde buşon saptanan hastalar temizlendi. Kulak muayenelerinde patoloji saptanmayan hastalar çalışmaya dahil edildi.

2. Bioempedans Ölçümü

Çalışmaya dahil edilen SDBY nedeniyle hemodiyaliz alan hastalara hemodiyaliz öncesi ve sonrası BCM-Body Composition Monitor bioempedans cihazı ile ölçüm yapıldı(Şekil 11). Bu ölçümde overhidrasyon, üre dağılım hacmi , toplam vücut sıvısı , intraselüler sıvı ve ekstraselüler sıvı ölçümleri yapıldı.



Şekil 24:Bioempedans ölçüm cihazı

3. Wide Band Timpanometri ölçümü

Çalışmaya dahil edilen SDBY nedeniyle hemodiyaliz alan hastalara hemodiyaliz öncesi ve sonrası Interacoustics TITAN Wide Band Timpanometre cihazı ile ölçüm yapıldı(Şekil 12).

26 hastanın ölçümleri yapıldı. Toplamda 52 kulak test edilmiş oldu. Bu ölçümlerde hemodiyaliz öncesi ve sonrası her iki kulağın rezonans frekansları, 226-8000 Hz frekans aralığındaki tüm frekanslarda absorbans değerleri ve tepe basınçları ölçüldü. 226-500-749-1000-1542-2000-3084-4000-6168-8000 Hz frekanslardaki absorbans değerleri çalışmaya dahil edildi.

Wide Band timpanometri ölçüm sonuçlarının doğru kaydedilmesi amacıyla, kulaklıklar hastaların dış kulak yoluna hava ve basınç kaçağı oluşmayacak şekilde yerleştirilmiş ve bu durum timpanogram eğrileri ile doğrulanmıştır. Ölçüm sırasında antisepsiye özen gösterilmiş ve tek kullanımlık kulaklıklar tercih edilmiştir. Test süresince kullanılan sesli uyaranların şiddeti, katılımcının işitme ve denge sistemine zarar verme riskini taşımayacak seviyede tutulmuş ve girişimsel bir işlem uygulanmamıştır.



Şekil 25: İnteracousticus Titan Wide Band timpanometri cihazı

Çalışma hipotezlerine uygun olarak belirlenen cihaz protokolü kapsamında bu toplanan bilgiler , bilgisayar içerisinde belirlenmiş bir klasöre "matematiksel girdi dosyası (M dosyası)" formatında kaydedilmiştir. Toplanan bu hasta verileri, analiz sürecinde kullanılmak üzere cihaz firmasının geliştirdiği ve grafiksel sunum ile sayısal döküm sağlayan Microsoft Office Excel tabanlı özel bir dosyaya aktarılmıştır.

4. Odyometri Ölçümü

Çalışmaya dahil edilen SDBY nedeniyle hemodiyaliz alan hastalara hemodiyaliz öncesi ve sonrası Resonance r17a marka taşınabilir odyometri cihazı ile ölçüm yapıldı(Şekil 13).

26 hastanın hem sağ hem sol kulak ölçümleri yapıldı ve toplamda 52 kulak test edildi. Bu ölçümlerde hemodiyaliz öncesi ve sonrası her iki kulağın 250-500-1000-2000-4000-8000 Hz frekanslarındaki have ve kemik yolu eşikleri ölçüldü.



Şekil 26: Resonance r17a marka taşınabilir odyometri cihazı

5. İstatistiksel Analiz

Bu analiz SPSS programının version 28.0 software (IBM Corpn., Armonk, NY, USA) yazılımı, Microsoft Office Excel-sürüm 16.71 kullanılarak yapılmıştır. Değişken verilerinin normal dağılıma uygun olup olmadığına Shapiro Wilk ve Kolmogorov Smirnov testleri ile histogram grafikleri ve Q-Q plot ile bakılmıştır. Yapılan analizde normal olarak dağılan değişkenler ortalama ± standart sapma ile normal dağılmayanlar medyan ve 25 ve 75. persantil değer olarak gösterilmiştir. Sürekli verilerde bağımlı iki grup karşılaştırmaları veriler normal dağıldığında Bağımlı Gruplar t testi, normal dağılmadığında Wilcoxon testi ile değerlendirilmiştir. Sürekli veriler arası ilişki, normal dağılım gösterilmediği için Spearman korelasyon testi ile bakılmıştır. $p<0,05$ anlamlı olarak kabul edilmiştir.

IV. BULGULAR

Çalışmaya 26 adet son dönem böbrek yetmezliği tanısında hasta dahil edilmiştir. Hastaların hemodiyaliz öncesi ve sonrasında volume statusu parametreleri, her iki kulakta saf ses odyometri ölçümleri, wide bant timpanometri ölçümleri yapılmıştır. Çalışma grubunun yaş ortalaması 55.3 ± 18.3'tür. 11 (%42.3)'i kadın, 15 (%57.7)'i erkek cinsiyettedir. Hastaların boy ortalaması 167 ± 7.6, vücut kitle indeksi ortalaması 24.4 ± 5.3'tür. Ölçülen BNP medyan değeri 302.5 (170.4-672.6), Ultrafiltrasyon-UF ortalama değeri 2811.9 ± 967.8'dir (Tablo 1).

Tablo 1. Çalışmaya Katılan Hemodiyaliz Hastalarının Karakteristik Özellikleri

Özellik	n=26
Yaş[a]	55.3 ± 18.3
Cinsiyet n(%)	
Kadın	11 (42.3)
Erkek	15 (57.7)
Boy[a] (cm)	167 ± 7.6
VKİ[a] (kg/m^2)	24.4 ± 5.3
BNP[b]	302.5 (170.4-672.6)
Ultrafiltrasyon-UF[a]	2811.9 ± 967.8

[a]Ortalama ± Standart Sapma [b]Medyan (25p-75p) VKİ: Vücut Kitle İndeksi

Çalışmaya katılan hastaların hemodiyaliz öncesi kilo ortalama değeri 68.4 ± 15.8, hemodiyaliz sonrası kilo ortalama değeri 65.6 ± 15.7'dir ve ortalamalar arasındaki fark anlamlıdır ($p<0.001$). Hastaların hemodiyaliz öncesi sistolik kan basıncı medyan değeri 138.5 (124-152), hemodiyaliz sonrası medyan değeri 120.5 (111.7-138)'dan daha yüksektir ($p<0.001$). Diastolik kan basıncı ortalama değerleri hemodiyaliz öncesi ve sonrası istatistiksel açıdan anlamlı farka sahip değildir ($p=0.051$). Overhidrasyon medyan değeri hemodiyaliz öncesi dönemde 1.25 (0.47-2.77), hemodiyaliz sonrası dönemdeki medyan değeri olan -0.6 (-1.45-1.47)'dan daha yüksektir ($p<0.001$). Hastaların hemodiyaliz sonrası dönemdeki üre dağılım hacmi ortalama değeri 29.8 ± 7.7, hemodiyaliz öncesindeki ortalama değeri 27.7 ± 7'dir ve ortalama değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı fark mevcuttur ($p=0.003$). TBW (%) hemodiyaliz öncesinde ortalama değeri 31.3 ± 7.3, hemodiyaliz sonrası ortalama değeri 29.2 ±

7.1'den yüksektir (p<0.001). ECW (%) hemodiyaliz öncesinde ortalama değeri 15.6 ± 3.9, hemodiyaliz sonrası ortalama değeri 14.3 ± 3.9'ten yüksektir (p<0.001). ECW (%) hemodiyaliz öncesinde medyan değeri 15.2 (12.8-18), hemodiyaliz sonrası medyan değeri 14.1 (11.9-17)'den yüksektir (p<0.001) (Tablo 2).

Tablo 2. Hemodiyaliz Hastalarında Volume Statusu Parametrelerinin Diyaliz Öncesi ve Sonrası Dönemler Arasında Kıyaslanması

Özellik	Hemodiyaliz Öncesi (n=26)	Hemodiyaliz Sonrası (n=26)	p Değeri
Kilo (kg)	68.4 ± 15.8	65.6 ± 15.7	**<0.001[a]**
SKB (mmHg)	138.5 (124-152)	120.5 (111.7-138)	**<0.001[b]**
DKB (mmHg)	78.8 ± 15	74.7± 15.5	0.051[a]
Overhidrasyon	1.25 (0.47-2.77)	-0.6 (-1.45-1.47)	**<0.001[b]**
K*T/V	27.7 ± 7	29.8 ± 7.7	**0.003[a]**
TBW (%)	31.3 ± 7.3	29.2 ± 7.1	**<0.001[a]**
ECW (%)	15.6 ± 3.9	14.3 ± 3.9	**<0.001[a]**
ICW (%)	15.2 (12.8-18)	14.1 (11.9-17)	**0.001[b]**

SKB:Sistolik Kan Basıncı DKB:Diastolik Kan Basıncı K*T/V: Üre Dağılım Hacmi TBW:Total Vücut Sıvısı ECW: Ekstraselüler Sıvı ICW:İntraselüler Sıvı [a]Bağımlı Gruplar t Testi [b]Wilcoxon Testi

Hemodiyaliz hastalarında saf ses odyometri parametrelerinin diyaliz öncesi ve sonrası dönemler arasında kıyaslanmasına bakıldığında, hemodiyaliz öncesi sağ kulak hava yolu 250 Hz medyan değeri 20 (15-25), hemodiyaliz sonrası medyan değeri 15 (15-21.2)'dir ve medyan değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı fark vardır (p<0.001) (Tablo 3).

Tablo 3. Hemodiyaliz Hastalarında Saf Ses Odyometri Parametrelerinin Diyaliz Öncesi ve Sonrası Dönemler Arasında Kıyaslanması

Özellik	Hemodiyaliz Öncesi (n=26)	Hemodiyaliz Sonrası (n=26)	p[a] Değeri
Saf Ses Odyometri Hava Yolu Eşikleri			
250 Hz Sağ Kulak	20 (15-25)	15 (15-21.2)	**<0.001**
250 Hz Sol Kulak	15 (15-21.2)	15 (15-21.2)	0.157
500 Hz Sağ Kulak	20 (15-25)	20 (15-21.2)	**0.021**
500 Hz Sol Kulak	15 (15-17.5)	15 (10-20)	**0.035**
1000 Hz Sağ Kulak	20 (13.7-25)	20 (13.7-30)	0.739
1000 Hz Sol Kulak	20 (13.7-20)	17.5 (10-21.2)	0.999
2000 Hz Sağ Kulak	22.5 (13.7-25)	22.5 (10-25)	0.096
2000 Hz Sol Kulak	20 (10-25)	20 (10-25)	0.059
4000 Hz Sağ Kulak	25 (13.7-31.2)	25 (10-31.2)	0.655
4000 Hz Sol Kulak	20 (10-25)	20 (10-25)	**0.014**
8000 Hz Sağ Kulak	25 (13.7-32.5)	25 (13.7-36.2)	0.414
8000 Hz Sol Kulak	25 (15-31.2)	25 (10-30)	**0.014**

Kemik Yolu Eşikleri			
250 Hz Sağ Kulak	15 (15-20)	15 (10-20)	**0.001**
250 Hz Sol Kulak	15 (10-21.2)	15 (10-21.2)	0.405
500 Hz Sağ Kulak	15 (13.7-20)	15 (15-20)	0.248
500 Hz Sol Kulak	15 (10-21.2)	15 (10-20)	0.052
1000 Hz Sağ Kulak	15 (13.7-20)	15 (13.7-25)	0.796
1000 Hz Sol Kulak	15 (10-20)	15 (10-20)	0.564
2000 Hz Sağ Kulak	20 (13.7-25)	20 (10-25)	**0.035**
2000 Hz Sol Kulak	15 (10-20)	17.5 (10-25)	0.593
4000 Hz Sağ Kulak	20 (13.7-30)	20 (10-30)	0.705
4000 Hz Sol Kulak	20 (10-25)	20 (10-25)	**0.025**
8000 Hz Sağ Kulak	22.5 (13.7-32.5)	20 (13.7-32.5)	0.527
8000 Hz Sol Kulak	20 (13.7-30)	20 (10-30)	0.157

Medyan (25p-75p) [a]Wilcoxon Testi

Hastalarda hemodiyaliz öncesi ve sonrası sağ kulak tepe basıncı medyan değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı fark yoktur (p=0.391). Sol kulak tepe basıncının, hemodiyaliz sonrası dönemdeki medyan değeri -0.5 (-14.7-15.2), hemodiyaliz öncesi dönemdeki medyan değeri -6.5 (-28-2)'tan daha büyüktür (p=0.003). Hemodiyaliz sonrası sağ kulak rezonans frekansı medyan değeri 729.5 (547-889.2), hemodiyaliz öncesi dönemdeki

medyan değeri 533.5 (456.7-792)'ten daha yüksek bulunmuştur (p<0.001). Hemodiyaliz sonrası sol kulak rezonans frekansı medyan değeri 732.5 (600-919.5), hemodiyaliz öncesi sol kulak rezonans frekansı medyan değeri 617 (522.7-764.5)'dir ve medyan değerleri arasında istatisitksel açıdan fark mevcuttur (p=0.016) (Tablo 4).

Tablo 4. Hemodiyaliz Hastalarında Wideband Timpanometri Parametrelerinin Diyaliz Öncesi ve Sonrası Dönemler Arasında Kıyaslanması

Özellik	Hemodiyaliz Öncesi (n=26)	Hemodiyaliz Sonrası (n=26)	p[a] Değeri
Sağ Kulak Tepe Basıncı	-6 (-28.2-4.5)	-0.5 (-12.5-13)	0.391
Sol Kulak Tepe Basıncı	-6.5 (-28-2)	-0.5 (-14.7-15.2)	**0.003**
Sağ Kulak Rezonans Frekansı	533.5 (456.7-792)	729.5 (547-889.2)	**<0.001**
Sol Kulak Rezonans Frekansı	617 (522.7-764.5)	732.5 (600-919.5)	**0.016**

Medyan (25p-75p) [a]Wilcoxon Testi

Hemodiyaliz öncesinde, tepe basıncında absorbans değeri sağ kulakta 500 Hz medyan değeri 0.38 (0.29-0.5), hemodiyaliz sonrası dönemdeki medyan değeri 0.35 (0.21-0.46), medyan değerleri arasındaki fark anlamlıdır (p=0.041). Hemodiyaliz sonrasında tepe basıncında absorbans değeri sol kulakta 4000 Hz medyan değeri 0.54 (0.42-0.67), hemodiyaliz öncesi medyan değeri 0.39 (0.32-0.56)'dan daha yüksektir (p=0.018)(Tablo 5).

Tablo 5. Hemodiyaliz Hastalarında Timpanometrik Tepe Basıncında Absorbans Değeri Parametrelerinin Diyaliz Öncesi ve Sonrası Dönemler Arasında Kıyaslanması

Özellik	Hemodiyaliz Öncesi (n=26)	Hemodiyaliz Sonrası (n=26)	p[a] Değeri
226 Hz Sağ Kulak	0.14 (0.08-0.21)	0.15 (0.08-0.191)	0.559
226 Hz Sol Kulak	0.12 (0.08-0.209)	0.16 (0.12-0.19)	0.174
500 Hz Sağ Kulak	0.38 (0.29-0.5)	0.35 (0.21-0.46)	**0.041**
500 Hz Sol Kulak	0.36 (0.24-0.54)	0.43 (0.25-0.51)	0.809
749 Hz Sağ Kulak	0.66 (0.47-0.76)	0.6 (0.39-0.75)	0.341
749 Hz Sol Kulak	0.61 (0.43-0.78)	0.59 (0.37-0.75)	0.780
1000 Hz Sağ Kulak	0.77 (0.54-0.87)	0.76 (0.64-0.86)	0.936
1000 Hz Sol Kulak	0.65 (0.47-0.82)	0.73 (0.55-0.84)	0.269
1542 Hz Sağ Kulak	0.69 (0.56-0.8)	0.74 (0.64-0.84)	0.300
1542 Hz Sol Kulak	0.7 (0.58-0.77)	0.71 (0.6-0.86)	0.123
2000 Hz Sağ Kulak	0.66 (0.51-0.79)	0.74 (0.61-0.86)	0.166
2000 Hz Sol Kulak	0.7 (0.52-0.86)	0.74 (0.6-0.86)	0.221
3084 Hz Sağ Kulak	0.47 (0.35-0.79)	0.64 (0.36-0.88)	0.073
3084 Hz Sol Kulak	0.54 (0.4-0.75)	0.65 (0.45-0.85)	0.069

4000 Hz Sağ Kulak	0.38 (0.27-0.52)	0.51 (0.3-0.65)	0.201
4000 Hz Sol Kulak	0.39 (0.32-0.56)	0.54 (0.42-0.67)	**0.018**
6168 Hz Sağ Kulak	0.23 (0.14-0.38)	0.23 (0.17-0.43)	0.476
6168 Hz Sol Kulak	0.23 (0.15-0.34)	0.32 (0.23-0.4)	0.189
8000 Hz Sağ Kulak	0.2 (0.08-0.49)	0.16 (0.11-0.34)	0.264
8000 Hz Sol Kulak	0.21 (0.1-0.36)	0.23 (0.14-0.33)	0.458

Medyan (25p-75p) [a]Wilcoxon Testi

Hemodiyaliz sonrasında ortam basıncında absorbans değeri sağ kulakta 2000 Hz medyan değeri 0.78 (0.72-0.86), hemodiyaliz öncesi medyan değeri 0.67 (0.51-0.8)'den daha yüksektir (p=0.042). Ortam basıncında absorbans değeri hemodiyaliz öncesi sol kulakta 4000 Hz medyan değeri 0.39 (0.32-0.56), hemodiyaliz sonrası dönemdeki medyan değeri 0.55 (0.42-0.69), medyan değerleri arasındaki fark anlamlıdır (p=0.027)(Tablo 6).

Tablo 6. Hemodiyaliz Hastalarında Ortam Basıncında Absorbans Değeri Parametrelerinin Diyaliz Öncesi ve Sonrası Dönemler Arasında Kıyaslanması

Özellik	Hemodiyaliz Öncesi (n=26)	Hemodiyaliz Sonrası (n=26)	p[a] Değeri
226 Hz Sağ Kulak	0.14 (0.08-0.2)	0.17 (0.13-0.19)	0.484
226 Hz Sol Kulak	0.12 (0.07-0.2)	0.13 (0.1-0.17)	0.603
500 Hz Sağ Kulak	0.4 (0.22-0.51)	0.37 (0.31-0.46)	0.778

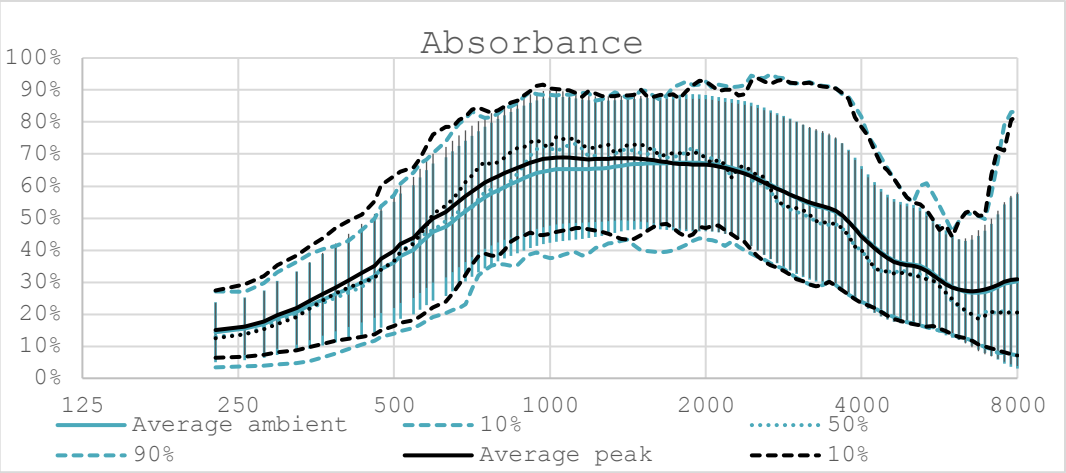
500 Hz Sol Kulak	0.33 (0.19-0.49)	0.35 (0.24-0.47)	0.990
749 Hz Sağ Kulak	0.61 (0.4-0.77)	0.5 (0.39-0.75)	0.872
749 Hz Sol Kulak	0.46 (0.38-0.75)	0.59 (0.37-0.73)	0.501
1000 Hz Sağ Kulak	0.72 (0.5-0.85)	0.76 (0.5-0.84)	0.493
1000 Hz Sol Kulak	0.68 (0.43-0.82)	0.71 (0.55-0.83)	0.585
1542 Hz Sağ Kulak	0.7 (0.53-0.8)	0.76 (0.64-0.83)	0.568
1542 Hz Sol Kulak	0.69 (0.61-0.77)	0.69 (0.54-0.85)	0.563
2000 Hz Sağ Kulak	0.67 (0.51-0.8)	0.78 (0.72-0.86)	**0.042**
2000 Hz Sol Kulak	0.71 (0.52-0.87)	0.73 (0.56-0.89)	0.968
3084 Hz Sağ Kulak	0.48 (0.34-0.79)	0.62 (0.39-0.89)	0.122
3084 Hz Sol Kulak	0.51 (0.41-0.75)	0.69 (0.46-0.85)	0.076
4000 Hz Sağ Kulak	0.38 (0.28-0.56)	0.51 (0.3-0.67)	0.326
4000 Hz Sol Kulak	0.39 (0.32-0.56)	0.55 (0.42-0.69)	**0.027**
6168 Hz Sağ Kulak	0.23 (0.14-0.38)	0.23 (0.17-0.44)	0.493
6168 Hz Sol Kulak	0.22 (0.15-0.36)	0.32 (0.19-0.4)	0.204
8000 Hz Sağ Kulak	0.2 (0.09-0.45)	0.17 (0.11-0.35)	0.276

8000 Hz Sol Kulak	0.21 (0.1-0.37)	0.23 (0.12-0.36)	0.424

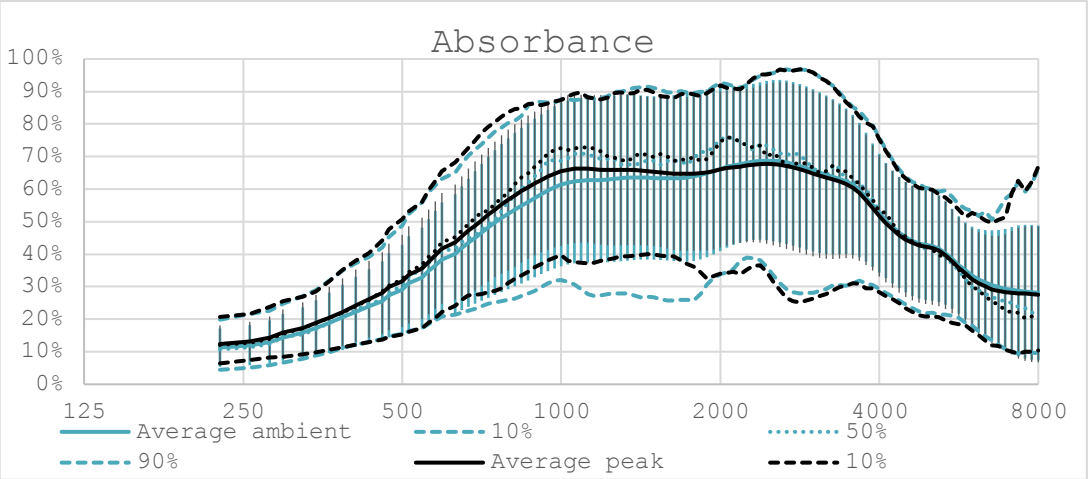
Medyan (25p-75p) [a]Wilcoxon Testi

Hemodiyaliz hastalarındaki volume statusu ve hava yolu saf ses odyometri parametrelerinin birbiriyle ilişkisi Tablo 7'de verilmiştir. Sağ kulak hava yolu saf ses odyometri 8000 Hz ile TBW (%) arasında negatif yönde zayıf düzeyde (r=-0.407; p=0.039), ICW (%) ile negatif yönde orta düzeyde (r=-0.500; p=0.009) ilişki vardır.

Grafik 1 ve 2'de sırasıyla hemodiyaliz öncesi ve hemodiyaliz sonrası timpanometrik tepe basıncında ve ortam basıncında elde edilen absorbans değerlerini görmekteyiz.



Grafik 1: Hemodiyaliz öncesi 26 hastanın timpanometrik tepe basıncında ve ortam basıncında absorbans eğrileri



Grafik 2 : **Hemodiyaliz sonrası 26 hastanın timpanometrik tepe basıncında ve ortam basıncında absorbans eğrileri**

Tablo 7. Hemodiyaliz Hastalarındaki Volume Statusu ve Hava Yolu Saf Ses Odyometri Parametrelerinin Birbiriyle İlişkisi

		Kilo (kg)	SKB	DKB	Overhidrasyon	K*T/V	TBW (%)	ECW (%)	ICW (%)
250 Hz Sağ Kulak	r	-0.010	0.123	0.088	-0.246	0.072	0.236	0.036	0.257
	p	0.960	0.548	0.671	0.225	0.727	0.246	0.862	0.206
250 Hz Sol Kulak	r	-0.306	0.152	0.341	0.172	0.226	-0.019	-0.200	0.039
	p	0.128	0.458	0.088	0.400	0.268	0.925	0.327	0.851
500 Hz Sağ Kulak	r	0.066	-0.270	-0.065	-0.071	0.077	0.381	0.254	0.204
	p	0.748	0.182	0.753	0.731	0.708	0.055	0.210	0.318
500 Hz Sol Kulak	r	-0.026	0.254	0.064	0.009	0.190	-0.100	0.232	-0.258
	p	0.899	0.210	0.755	0.967	0.352	0.625	0.254	0.204
1000 Hz Sağ Kulak	r	0.105	0.258	-0.049	-0.161	-0.014	0.011	0.183	-0.025
	p	0.611	0.203	0.810	0.433	0.945	0.958	0.370	0.904
1000 Hz Sol Kulak	r	-0.328	0.074	-0.149	-0.125	0.157	-0.120	0.130	-0.324
	p	0.101	0.719	0.469	0.543	0.443	0.558	0.528	0.106
2000 Hz Sağ Kulak	r	0.073	0.198	0.060	-0.134	0.112	-0.019	0.171	-0.164
	p	0.723	0.333	0.770	0.514	0.585	0.927	0.403	0.422
2000 Hz Sol Kulak	r	-0.331	0.106	-0.054	0.020	0.193	0.127	0.205	-0.041
	p	0.099	0.605	0.792	0.9223	0.346	0.536	0.316	0.843
4000 Hz Sağ Kulak	r	0.059	0.008	0.048	-0.213	-0.195	-0.097	0.190	-0.140
	p	0.774	0.970	0.815	0.296	0.340	0.636	0.353	0.497

4000 Hz Sol Kulak	r	-0.085	-0.055	-0.037	-0.067	-0.110	0.000	-0.268	0.073
	p	0.679	0.790	0.859	0.745	0.594	1.000	0.186	0.723
8000 Hz Sağ Kulak	r	-0.290	-0.041	-0.169	-0.147	0.190	**-0.407**	0.037	**-0.500**
	p	0.150	0.841	0.408	0.473	0.352	**0.039**	0.859	**0.009**
8000 Hz Sol Kulak	r	0.079	0.207	0.281	0.073	-0.256	-0.116	0.347	-0.250
	p	0.701	0.310	0.164	0.723	0.207	0.574	0.082	0.218

SKB:Sistolik Kan Basıncı-mmHg DKB:Diastolik Kan Basıncı-mmHg K*T/V: Üre Dağılım Hacmi TBW:Total Vücut Sıvısı ECW: Ekstraselüler Sıvı ICW:İntraselüler Sıvı

Spearman Korelasyon(<0.25 çok zayıf ilişki; 0.26-0.49 zayıf ilişki; 0.50-0.69 orta ilişki; 0.70-0.89 yüksek ilişki; 0.90-1.0 çok yüksek ilişki)

Tablo 8. Hemodiyaliz Hastalarındaki Volume Statusu ve Kemik Yolu Saf Ses Odyometri Parametrelerinin Birbiriyle İlişkisi

		Kilo (kg)	SKB	DKB	Overhidrasyon	K*T/V	TBW (%)	ECW (%)	ICW (%)
250 Hz Sağ Kulak	r	-0.270	0.348	0.036	-0.202	**0.463**	-0.068	-0.083	-0.026
	p	0.182	0.081	0.860	0.321	**0.017**	0.743	0.686	0.900
250 Hz Sol Kulak	r	-0.164	-0.057	0.062	0.359	0.159	-0.108	0.033	-0.100
	p	0.424	0.781	0.762	0.072	0.437	0.598	0.871	0.625
500 Hz Sağ Kulak	r	0.218	0.192	0.171	-0.201	0.311	0.001	0.046	-0.060
	p	0.284	0.347	0.404	0.325	0.121	0.996	0.822	0.771
500 Hz Sol Kulak	r	0.070	**0.395**	0.187	0.108	0.203	-0.144	0.025	-0.163
	p	0.735	**0.046**	0.360	0.600	0.319	0.482	0.903	0.426

1000 Hz Sağ Kulak	r	0.108	**0.403**	0.108	-0.244	0.054	0.005	0.102	-0.002
	p	0.600	**0.041**	0.599	0.230	0.792	0.981	0.618	0.993
1000 Hz Sol Kulak	r	-0.233	-0.200	-0.004	0.083	0.073	-0.125	0.098	-0.191
	p	0.253	0.327	0.984	0.688	0.725	0.541	0.632	0.351
2000 Hz Sağ Kulak	r	-0.171	0.102	-0.043	**-0.488**	0.146	-0.226	0.019	-0.155
	p	0.405	0.620	0.833	**0.011**	0.477	0.268	0.926	0.451
2000 Hz Sol Kulak	r	-0.174	0.316	-0.045	-0.345	0.111	-0.056	0.205	-0.192
	p	0.396	0.116	0.826	0.084	0.591	0.787	0.314	0.348
4000 Hz Sağ Kulak	r	-0.027	-0.084	-0.029	-0.348	-0.020	-0.256	0.070	-0.144
	p	0.896	0.683	0.889	0.082	0.921	0.207	0.735	0.483
4000 Hz Sol Kulak	r	-0.234	0.143	-0.242	-0.286	0.241	-0.221	**-0.469**	0.007
	p	0.249	0.485	0.234	0.156	0.236	0.277	**0.016**	0.975
8000 Hz Sağ Kulak	r	0.092	-0.167	-0.034	0.094	-0.050	-0.246	0.117	-0.352
	p	0.655	0.416	0.867	0.649	0.809	0.226	0.570	0.078
8000 Hz Sol Kulak	r	0.091	0.108	0.174	0.041	-0.325	-0.065	**0.419**	-0.284
	p	0.658	0.599	0.396	0.844	0.105	0.752	**0.033**	0.160

SKB:Sistolik Kan Basıncı-mmHg DKB:Diastolik Kan Basıncı-mmHg K*T/V: Üre Dağılım Hacmi TBW:Total Vücut Sıvısı ECW: Ekstraselüler Sıvı ICW:İntraselüler Sıvı

Spearman Korelasyon(<0.25 çok zayıf ilişki; 0.26-0.49 zayıf ilişki; 0.50-0.69 orta ilişki; 0.70-0.89 yüksek ilişki; 0.90-1.0 çok yüksek ilişki)

Hemodiyaliz hastalarındaki volume statusu ve kemik yolu saf ses odyometri parametrelerinin birbiriyle ilişkisi Tablo 8'de verilmiştir. Sistolik kan basıncı ile sol kulak kemik yolu 500 Hz arasında pozitif yönde zayıf düzeyde ilişki (r=0.395; p=0.046), sağ kulak kemik yolu 1000 Hz arasında pozitif yönde zayıf düzeyde ilişki (r=0.403; p=0.046) vardır. Overhidrasyon ile sağ kulak kemik yolu 2000 Hz arasında negatif yönde zayıf düzeyde ilişki (r=-0.488; p=0.011) mevcuttur. Üre dağılım hacmi ile sağ kulak kemik yolu 250 Hz arasında pozitif yönde zayıf düzeyde ilişki (r=0.463; p=0.017) vardır. ECW (%) ile sol kulak kemik yolu 4000 Hz arasında negatif yönde zayıf düzeyde ilişki (r=-0.469; p=0.016), sol kulak kemik yolu 8000 Hz arasında pozitif yönde zayıf düzeyde ilişki (r=0.419; p=0.033) vardır.

Üre dağılım hacmi ile sağ kulak tepe basıncı arasında pozitif yönde zayıf düzeyde ilişki (r=0.494; p=0.010) vardır. ECW (%) sol kulak tepe basıncı arasında pozitif yönde zayıf düzeyde ilişki (r=0.489; p=0.011) vardır (Tablo 9).

Tablo 9. Hemodiyaliz Hastalarındaki Volume Statusu ve Wideband Timpanometri Parametrelerinin Birbiriyle İlişkisi

Parametre		Sağ Kulak Tepe Basıncı	Sol Kulak Tepe Basıncı	Sağ Kulak Rezonans Frekansı	Sol Kulak Rezonans Frekansı
Kilo (kg)	r	-0.133	0.173	-0.003	-0.187
	p	0.517	0.399	0.990	0.362
SKB (mmHg)	r	0.016	-0.018	-0.152	-0.088
	p	0.938	0.931	0.458	0.669
DKB (mmHg)	r	-0.070	0.182	0.029	0.301
	p	0.733	0.374	0.890	0.136
Overhidrasyon	r	-0.272	0.286	0.176	0.219
	p	0.179	0.156	0.391	0.283
K*T/V	r	**0.494**	0.020	-0.105	0.103

	p	**0.010**	0.922	0.609	0.618
TBW (%)	r	-0.095	0.0900	0.265	-0.132
	p	0.643	0.661	0.192	0.520
ECW (%)	r	-0.185	**0.489**	0.108	-0.337
	p	0.365	**0.011**	0.598	0.092
ICW (%)	r	0.051	-0.116	-0.022	0.040
	p	0.806	0.573	0.917	0.845

SKB:Sistolik Kan Basıncı-mmHg DKB:Diastolik Kan Basıncı-mmHg K*T/V: Üre Dağılım Hacmi TBW:Total Vücut Sıvısı ECW: Ekstraselüler Sıvı ICW:İntraselüler Sıvı

Spearman Korelasyon(<0.25 çok zayıf ilişki; 0.26-0.49 zayıf ilişki; 0.50-0.69 orta ilişki; 0.70-0.89 yüksek ilişki; 0.90-1.0 çok yüksek ilişki)

Sistolik kan basıncı ile sağ kulak tepe basıncında absorbans 500 Hz arasında pozitif yönde zayıf düzeyde ilişki (r=0.399; p=0.043) vardır. TBW (%) ile sağ kulak tepe basıncında absorbans 3084 Hz arasında negatif yönde orta düzeyde ilişki (r=-0.537; p=0.005), 4000 Hz arasında negatif yönde orta düzeyde ilişki (r=-0.436; p=0.026) mevcuttur. ECW (%) ile sol kulak tepe basıncında absorbans 1000 Hz arasında (r=0.562; p=0.003), 8000 Hz arasında negatif yönde zayıf düzeyde ilişki (r=-0.436 p=0.016) vardır. ICW (%) ile sağ kulak tepe basıncında absorbans 3084 Hz arasında negatif yönde zayıf düzeyde ilişki (r=-0.492 p=0.011), 4000 Hz arasında negatif yönde zayıf düzeyde ilişki (r=-0.418 p=0.033) vardır (Tablo 10).

Kilo ile sol kulak ortam basıncında absorbans 226 Hz arasında pozitif yönde zayıf düzeyde ilişki (r=0.409; p=0.038) vardır. TBW (%) sağ kulak ortam basıncında 4000 Hz arasında negatif yönde zayıf düzeyde ilişki (r=-0.428 p=0.029) vardır. ECW (%) ile sol kulak ortam basıncında absorbans 226 Hz arasında pozitif yönde zayıf düzeyde ilişki (r=0.427; p=0.029), 500 Hz arasında pozitif yönde zayıf düzeyde ilişki (r=0.467; p=0.016), 749 Hz arasında pozitif yönde orta düzeyde ilişki (r=0.507; p=0.008), 8000 Hz arasında negatif yönde zayıf düzeyde ilişki (r=-0.453; p=0.020) vardır. ICW (%) sağ kulak ortam basıncında 4000 Hz arasında negatif yönde zayıf düzeyde ilişki (r=-0.452 p=0.020) vardır (Tablo 11).

Tablo 10. Hemodiyaliz Hastalarındaki Volume Statusu ve Tepe Basıncında Absorbans Değeri Parametrelerinin Birbiriyle İlişkisi

		Kilo (kg)	SKB	DKB	Overhidrasyon	K*T/V	TBW (%)	ECW (%)	ICW (%)
226 Hz Sağ Kulak	r	-0.072	0.297	-0.008	-0.303	0.032	-0.042	0.120	0.085
	p	0.727	0.141	0.971	0.132	0.876	0.838	0.559	0.680
226 Hz Sol Kulak	r	0.058	-0.036	-0.008	-0.032	-0.109	-0.008	0.013	0.084
	p	0.778	0.860	0.971	0.877	0.595	0.970	0.948	0.683
500 Hz Sağ Kulak	r	-0.069	**0.399**	0.000	-0.347	0.039	0.078	0.116	0.153
	p	0.737	**0.043**	0.999	0.082	0.849	0.169	0.572	0.457
500 Hz Sol Kulak	r	0.004	0.138	-0.103	-0.0620	0.008	0.410	0.156	0.121
	p	0.983	0.503	0.616	0.762	0.968	0.970	0.446	0.555
749 Hz Sağ Kulak	r	-0.027	0.237	0.056	-0.242	0.044	0.087	0.176	0.040
	p	0.896	0.243	0.785	0.233	0.830	0.672	0.389	0.846
749 Hz Sol Kulak	r	0.015	0.234	-0.030	0.007	-0.024	0.190	0.338	0.039
	p	0.943	0.249	0.886	0.974	0.907	0.352	0.091	0.850
1000 Hz Sağ Kulak	r	-0.121	0.065	-0.017	-0.195	0.189	0.202	-0.011	0.239
	p	0.556	0.752	0.934	0.341	0.354	0.322	0.956	0.240
1000 Hz Sol Kulak	r	0.069	-0.058	-0.082	0.3000	-0.193	0.309	**0.562**	0.075
	p	0.736	0.779	0.690	0.137	0.346	0.125	**0.003**	0.717
1542 Hz Sağ Kulak	r	0.181	-0.016	-0.136	-0.224	-0.041	-0.100	0.199	-0.112
	p	0.376	0.936	0.507	0.271	0.843	0.627	0.330	0.585

1542 Hz Sol Kulak	r	-0.017	-0.120	-0.070	0.060	-0.069	0.014	0.154	0.090
	p	0.933	0.560	0.736	0.771	0.737	0.946	0.452	0.662
2000 Hz Sağ Kulak	r	0.174	0.149	-0.150	-0.196	-0.012	-0.194	0.097	-0.145
	p	0.396	0.467	0.464	0.337	0.954	0.341	0.638	0.480
2000 Hz Sol Kulak	r	-0.017	-0.046	0.070	0.0400	0.065	0.064	0.145	0.127
	p	0.934	0.824	0.734	0.845	0.753	0.757	0.479	0.535
3084 Hz Sağ Kulak	r	0.181	0.139	0.082	0.007	-0.192	**-0.537**	0.003	**-0.492**
	p	0.377	0.498	0.689	0.974	0.347	**0.005**	0.989	**0.011**
3084 Hz Sol Kulak	r	0.147	-0.083	0.249	0.246	0.058	0.010	0.045	-0.048
	p	0.473	0.687	0.220	0.225	0.777	0.963	0.826	0.814
4000 Hz Sağ Kulak	r	0.204	0.054	0.058	-0.076	-0.190	**-0.436**	0.013	**-0.418**
	p	0.318	0.793	0.780	0.712	0.353	**0.026**	0.950	**0.033**
4000 Hz Sol Kulak	r	0.120	-0.087	0.160	0.256	-0.079	-0.155	-0.170	-0.129
	p	0.559	0.674	0.434	0.207	0.701	0.449	0.405	0.531
6168 Hz Sağ Kulak	r	0.052	0.181	0.131	-0.054	-0.158	-0.313	-0.121	-0.208
	p	0.801	0.378	0.523	0.794	0.441	0.119	0.554	0.308
6168 Hz Sağ Kulak	r	-0.025	-0.017	0.114	-0.104	0.008	-0.264	-0.353	-0.094
	p	0.904	0.934	0.578	0.614	0.970	0.193	0.077	0.647
8000 Hz Sağ Kulak	r	0.125	-0.044	0.053	-0.019	-0.043	-0.284	-0.196	-0.209
	p	0.543	0.833	0.798	0.927	0.833	0.160	0.337	0.306
	r	-0.249	-0.2080	-0.062	-0.3660	0.022	-0.331	**-0.468**	-0.014

8000 Hz Sol Kulak	p	0.220	0.307	0.763	0.066	0.916	0.099	**0.016**	0.944

SKB:Sistolik Kan Basıncı-mmHg DKB:Diastolik Kan Basıncı-mmHg K*T/V: Üre Dağılım Hacmi TBW:Total Vücut Sıvısı ECW: Ekstraselüler Sıvı ICW:İntraselüler Sıvı

Spearman Korelasyon(<0.25 çok zayıf ilişki; 0.26-0.49 zayıf ilişki; 0.50-0.69 orta ilişki; 0.70-0.89 yüksek ilişki; 0.90-1.0 çok yüksek ilişki)

Tablo 11. Hemodiyaliz Hastalarındaki Volume Statusu ve Ortam Basıncında Absorbans Değeri Parametrelerinin Birbiriyle İlişkisi

		Kilo (kg)	SKB	DKB	Overhidrasyon	K*T/V	TBW (%)	ECW (%)	ICW (%)
226 Hz Sağ Kulak	r	-0.141	-0.039	-0.109	-0.186	0.021	-0.061	0.019	0.059
	p	0.492	0.850	0.596	0.362	0.921	0.767	0.926	0.773
226 Hz Sol Kulak	r	**0.409**	0.099	0.237	0.252	-0.041	0.139	**0.427**	-0.093
	p	**0.038**	0.630	0.244	0.215	0.843	0.500	**0.029**	0.651
500 Hz Sağ Kulak	r	-0.180	0.013	-0.030	-0.145	0.012	-0.078	0.054	0.048
	p	0.380	0.948	0.886	0.480	0.952	0.705	0.792	0.816
500 Hz Sol Kulak	r	0.260	0.183	0.038	0.207	0.003	0.351	**0.467**	0.077
	p	0.199	0.372	0.855	0.311	0.987	0.079	**0.016**	0.708
749 Hz Sağ Kulak	r	-0.027	0.128	0.070	-0.179	0.114	0.041	0.273	0.010
	p	0.894	0.533	0.733	0.382	0.579	0.843	0.177	0.963
749 Hz Sol Kulak	r	0.131	0.214	-0.012	0.125	-0.027	0.254	**0.507**	-0.013
	p	0.523	0.294	0.954	0.542	0.894	0.210	**0.008**	0.950
1000 Hz Sağ Kulak	r	0.121	0.160	0.154	-0.135	-0.056	0.089	0.293	0.032
	p	0.557	0.434	0.452	0.510	0.786	0.666	0.147	0.878

1000 Hz Sol Kulak	r	-0.180	0.060	-0.056	-0.055	-0.178	0.037	0.287	-0.094
	p	0.378	0.771	0.786	0.789	0.385	0.857	0.155	0.649
1542 Hz Sağ Kulak	r	0.142	-0.152	-0.242	-0.234	-0.035	-0.169	0.039	-0.139
	p	0.488	0.458	0.234	0.250	0.864	0.409	0.852	0.499
1542 Hz Sol Kulak	r	-0.244	-0.027	0.010	-0.090	0.037	0.060	0.034	0.112
	p	0.229	0.894	0.963	0.663	0.858	0.773	0.869	0.586
2000 Hz Sağ Kulak	r	0.122	-0.211	-0.320	-0.235	-0.084	-0.273	-0.098	-0.152
	p	0.552	0.301	0.111	0.248	0.683	0.178	0.634	0.459
2000 Hz Sol Kulak	r	-0.119	-0.053	0.018	0.002	-0.058	-0.108	0.108	-0.011
	p	0.563	0.797	0.931	0.992	0.778	0.599	0.600	0.959
3084 Hz Sağ Kulak	r	-0.026	-0.097	-0.042	0.052	-0.141	-0.095	-0.219	0.110
	p	0.901	0.639	0.839	0.801	0.491	0.644	0.283	0.593
3084 Hz Sol Kulak	r	0.143	-0.176	0.220	0.298	0.041	0.041	0.065	-0.004
	p	0.487	0.391	0.275	0.139	0.841	0.842	0.752	0.984
4000 Hz Sağ Kulak	r	0.265	0.081	0.104	-0.050	-0.211	**-0.428**	0.065	**-0.452**
	p	0.190	0.693	0.612	0.810	0.301	**0.029**	0.754	**0.020**
4000 Hz Sol Kulak	r	0.128	-0.066	0.168	0.270	-0.090	-0.136	-0.167	-0.108
	p	0.534	0.749	0.412	0.183	0.664	0.507	0.416	0.600
6168 Hz Sağ Kulak	r	0.074	0.219	0.136	-0.058	-0.165	-0.279	-0.143	-0.161
	p	0.719	0.283	0.508	0.777	0.419	0.168	0.485	0.432
	r	-0.023	-0.032	0.108	-0.098	-0.005	-0.260	-0.353	-0.092

6168 Hz Sağ Kulak	p	0.909	0.878	0.600	0.633	0.981	0.200	0.077	0.655
8000 Hz Sağ Kulak	r	0.281	-0.055	0.123	-0.056	-0.123	-0.389	-0.093	-0.325
	p	0.165	0.788	0.551	0.787	0.550	0.050	0.650	0.105
8000 Hz Sol Kulak	r	-0.250	-0.221	-0.062	-0.346	0.004	-0.271	**-0.453**	-0.003
	p	0.218	0.278	0.763	0.083	0.985	0.180	**0.020**	0.989

SKB:Sistolik Kan Basıncı-mmHg DKB:Diastolik Kan Basıncı-mmHg K*T/V: Üre Dağılım Hacmi TBW:Total Vücut Sıvısı ECW: Ekstraselüler Sıvı ICW:İntraselüler Sıvı

Spearman Korelasyon(<0.25 çok zayıf ilişki; 0.26-0.49 zayıf ilişki; 0.50-0.69 orta ilişki; 0.70-0.89 yüksek ilişki; 0.90-1.0 çok yüksek ilişki)

BNP ile sol kulak hava yolu saf ses odyometri 500 Hz ile arasında negatif yönde orta düzeyde ilişki (r=-0.501; p=0.009), 2000 Hz ile negatif yönde zayıfdüzeyde ilişki (r=-0.413; p=0.036) vardır (Tablo 12).

Tablo 12. Hemodiyaliz Hastalarında Ultrafiltrasyon ve BNP'nin Hava Yolu Saf Ses Odyometri Parametreleri ile İlişkisi

Parametre		Ultrafiltrasyon-UF	BNP
250 Hz Sağ Kulak	r	0.021	-0.118
	p	0.920	0.566
250 Hz Sol Kulak	r	0.252	0.028
	p	0.214	0.891
500 Hz Sağ Kulak	r	-0.104	-0.031
	p	0.612	0.881
500 Hz Sol Kulak	r	0.012	**-0.501**
	p	0.952	**0.009**
1000 Hz Sağ Kulak	r	-0.088	0.138
	p	0.669	0.501
1000 Hz Sol Kulak	r	0.276	0.111
	p	0.173	0.590
2000 Hz Sağ Kulak	r	-0.037	-0.014
	p	0.857	0.946
2000 Hz Sol Kulak	r	0.242	**-0.413**
	p	0.233	**0.036**
4000 Hz Sağ Kulak	r	-0.119	-0.132
	p	0.563	0.521
4000 Hz Sol Kulak	r	0.117	0.292
	p	0.570	0.148
8000 Hz Sağ Kulak	r	0.220	-0.059
	p	0.281	0.773
8000 Hz Sol Kulak	r	-0.105	-0.158
	p	0.611	0.440

Spearman Korelasyon(<0.25 çok zayıf ilişki; 0.26-0.49 zayıf ilişki; 0.50-0.69 orta ilişki; 0.70-0.89 yüksek ilişki; 0.90-1.0 çok yüksek ilişki)

BNP ile sol kulak hava yolu saf ses odyometri 500 Hz ile arasında negatif yönde zayıf düzeyde ilişki (r=-0.461; p=0.018), 4000 Hz ile pozitif yönde zayıf düzeyde ilişki (r=0.449; p=0.021), 8000 Hz ile negatif yönde zayıf düzeyde ilişki (r=-0.415; p=0.035) vardır (Tablo 13).

Tablo 13. Hemodiyaliz Hastalarında Ultrafiltrasyon ve BNP'nin Kemik Yolu Saf Ses Odyometri Parametreleri ile İlişkisi

Parametre		Ultrafiltrasyon-UF	BNP
250 Hz Sağ Kulak	r	0.247	0.182
	p	0.225	0.374
250 Hz Sol Kulak	r	0.026	-0.185
	p	0.900	0.365
500 Hz Sağ Kulak	r	-0.253	0.242
	p	0.211	0.234
500 Hz Sol Kulak	r	-0.073	**-0.461**
	p	0.725	**0.018**
1000 Hz Sağ Kulak	r	-0.084	0.070
	p	0.684	0.733
1000 Hz Sol Kulak	r	0.203	0.098
	p	0.320	0.633
2000 Hz Sağ Kulak	r	0.154	0.023
	p	0.453	0.913
2000 Hz Sol Kulak	r	0.135	-0.005
	p	0.510	0.981
4000 Hz Sağ Kulak	r	-0.028	-0.015
	p	0.894	0.941
4000 Hz Sol Kulak	r	0.217	**0.449**
	p	0.287	**0.021**
8000 Hz Sağ Kulak	r	-0.182	-0.246
	p	0.372	0.226
8000 Hz Sol Kulak	r	-0.091	**-0.415**

	p	0.657	**0.035**

Spearman Korelasyon(<0.25 çok zayıf ilişki; 0.26-0.49 zayıf ilişki; 0.50-0.69 orta ilişki; 0.70-0.89 yüksek ilişki; 0.90-1.0 çok yüksek ilişki)

Hemodiyaliz hastalarında Ultrafiltrasyon-UF ve BNP'nin Wideband Timpanometri, tepe ve ortam basıncında absorbans değeri parametreleri ile ilişkisi Tablo 14, Tablo 15, Tablo 16'da verilmiştir.

Tablo 14. Hemodiyaliz Hastalarında Ultrafiltrasyon ve BNP'nin Wideband Timpanometri Parametreleri ile İlişkisi

Parametre		Ultrafiltrasyon-UF	BNP
Sağ Kulak Tepe Basıncı	r	0.241	0.241
	p	0.236	0.236
Sol Kulak Tepe Basıncı	r	-0.177	-0.177
	p	0.388	0.388
Sağ Kulak Rezonans Frekansı	r	0.081	0.081
	p	0.694	0.694
Sol Kulak Rezonans Frekansı	r	0.159	0.159
	p	0.438	0.438

Spearman Korelasyon(<0.25 çok zayıf ilişki; 0.26-0.49 zayıf ilişki; 0.50-0.69 orta ilişki; 0.70-0.89 yüksek ilişki; 0.90-1.0 çok yüksek ilişki)

Tablo 15. Hemodiyaliz Hastalarında Ultrafiltrasyon ve BNP'nin Tepe Basıncında Absorbans Değeri Parametreleri ile İlişkisi

Parametre		Ultrafiltrasyon-UF	BNP
226 Hz Sağ Kulak	r	0.070	0.070
	p	0.733	0.733
226 Hz Sol Kulak	r	-0.109	-0.109
	p	0.597	0.597
500 Hz Sağ Kulak	r	0.115	0.115
	p	0.577	0.577
500 Hz Sol Kulak	r	0.009	0.009
	p	0.964	0.964

749 Hz Sağ Kulak	r	0.032	0.032
	p	0.877	0.877
749 Hz Sol Kulak	r	0.003	0.003
	p	0.989	0.989
1000 Hz Sağ Kulak	r	0.196	0.196
	p	0.336	0.336
1000 Hz Sol Kulak	r	-0.099	-0.099
	p	0.632	0.632
1542 Hz Sağ Kulak	r	-0.120	-0.120
	p	0.558	0.558
1542 Hz Sol Kulak	r	0.022	0.022
	p	0.915	0.915
2000 Hz Sağ Kulak	r	-0.143	-0.143
	p	0.487	0.487
2000 Hz Sol Kulak	r	0.031	0.031
	p	0.880	0.880
3084 Hz Sağ Kulak	r	-0.228	-0.228
	p	0.262	0.262
3084 Hz Sol Kulak	r	-0.176	-0.176
	p	0.388	0.388
4000 Hz Sağ Kulak	r	-0.250	-0.250
	p	0.218	0.218
4000 Hz Sol Kulak	r	-0.157	-0.157
	p	0.444	0.444
6168 Hz Sağ Kulak	r	-0.074	-0.074
	p	0.721	0.721
6168 Hz Sağ Kulak	r	0.077	0.077
	p	0.709	0.709
8000 Hz Sağ Kulak	r	-0.105	-0.105
	p	0.609	0.609
8000 Hz Sol Kulak	r	0.268	0.268
	p	0.186	0.186

Spearman Korelasyon(<0.25 çok zayıf ilişki; 0.26-0.49 zayıf ilişki; 0.50-0.69 orta ilişki; 0.70-0.89 yüksek ilişki; 0.90-1.0 çok yüksek ilişki)

Tablo 16. Hemodiyaliz Hastalarında Ultrafiltrasyon ve BNP'nin Ortam Basıncında Absorbans Değeri Parametreleri ile İlişkisi

Parametre		Ultrafiltrasyon-UF	BNP
226 Hz Sağ Kulak	r	0.110	0.110
	p	0.593	0.593
226 Hz Sol Kulak	r	-0.386	-0.386
	p	0.052-	0.052
500 Hz Sağ Kulak	r	0.200	0.200
	p	0.328	0.328
500 Hz Sol Kulak	r	0.227	-0.227
	p	0.265	0.265
749 Hz Sağ Kulak	r	0.048	0.048
	p	0.817	0.817
749 Hz Sol Kulak	r	-0.092	-0.092
	p	0.656	0.656
1000 Hz Sağ Kulak	r	-0.059	-0.059
	p	0.776	0.776
1000 Hz Sol Kulak	r	0.135	0.135
	p	0.511	0.511
1542 Hz Sağ Kulak	r	-0.081	-0.081
	p	0.694	0.694
1542 Hz Sol Kulak	r	0.221	0.221
	p	0.278	0.278
2000 Hz Sağ Kulak	r	-0.111	-0.111
	p	0.590	0.590

2000 Hz Sol Kulak	r	0.096	0.096
	p	0.641	0.641
3084 Hz Sağ Kulak	r	-0.027	-0.027
	p	0.897	0.897
3084 Hz Sol Kulak	r	-0.172	-0.172
	p	0.400	0.400
4000 Hz Sağ Kulak	r	-0.313	-0.313
	p	0.120	0.120
4000 Hz Sol Kulak	r	-0.165	-0.165
	p	0.420	0.420
6168 Hz Sağ Kulak	r	-0.085	-0.085
	p	0.680	0.680
6168 Hz Sağ Kulak	r	0.072	0.072
	p	0.726	0.726
8000 Hz Sağ Kulak	r	-0.259	-0.259
	p	0.201	0.201
8000 Hz Sol Kulak	r	0.259	0.259
	p	0.202	0.202

Spearman Korelasyon(<0.25 çok zayıf ilişki; 0.26-0.49 zayıf ilişki; 0.50-0.69 orta ilişki; 0.70-0.89 yüksek ilişki; 0.90-1.0 çok yüksek ilişki)

V. TARTIŞMA

Wide bant timpanometri (WBT), 226 Hertz ile 8000 Hertz arasında bulunan frekans aralığında ölçüm yapabilen, geleneksel timpanometriye kıyasla orta kulak hakkında daha detaylı ve hassas bilgiler sunan bir değerlendirme yöntemidir.[55] Bu yöntemle, orta kulak tarafından emilen akustik enerjinin miktarı belirlenerek işitsel mekanizmanın durumu daha kapsamlı bir şekilde analiz edilebilir. Bu çalışmada, son dönem böbrek yetmezliği (SDBY) hastalarında hemodiyaliz öncesi ve sonrası vücut sıvı hacmi değişikliklerinin orta kulak ve iç kulak fonksiyonları üzerindeki etkileri saf ses odyometri ve geniş bant timpanometri (WBT) kullanılarak değerlendirildi. Bulgularımız, hemodiyaliz işleminin hem vücut sıvı dengesi hem de işitme sistemi üzerindeki etkilerini ayrıntılı olarak gözler önüne sermektedir. Teorik olarak, endolenfatik hidrops (EH) gibi iç kulak içindeki basınç değişiklikleri, anulostapedial ligamentin ve yuvarlak pencerenin gerilimini değiştirmektedir. Bu durum, stapes tabanının hareketliliğini azaltarak geniş bant timpanometri (WBT) absorbsiyon eğrisinde değişikliğe neden olur. Böylece, WBT absorbsiyon eğrisi, iç kulak basıncının ve buna yol açan iç kulak patolojilerinin dolaylı bir ölçütü haline gelir.[86] Sogimoto ve ark., manyetik rezonans görüntüleme (MRG) ile doğrulanan ve üzengi tabanına komşu koklear ve vestibüler endolenfatik hidropsun, düşük frekansta daha yüksek hava-kemik aralığına sahip olduğunu göstermiştir. Bu durum, üzengi tabanının hareketliliğinin azalmasıyla açıklanabilir.[87] Biz bu çalışmamızda KBY hastalarında hemodiyaliz öncesi ve sonrası Wideband Timpanometri (WBT) ve saf ses odyometri çalışması yaparken, sıvı değişkenliğinin iç kulak ve orta kulak basınç denge mekanizmalarını etkileyebileceğini, hemodiyaliz sırasında ortalama 3000 cc sıvı çekiminin ekstraselüler ve intraselüler sıvı dinamiklerinde belirgin değişikliklere yol açacağını ve bu durumun, orta kulaktaki basınç regülasyonunu etkileyerek WBT parametrelerinde değişikliklere neden olabileceği hipotezini savunmaktayız

Son dönem böbrek yetmezliği (SDBY) hastalarında hemodiyaliz, sıvı homeostazını sağlamak amacıyla uygulanan temel bir renal replasman tedavisidir.[88] Ancak, hemodiyaliz sadece sistemik sıvı dengesini değil, aynı zamanda iç kulak sıvılarını da etkileyebilir. İç kulaktaki endolenfatik sıvı dengesi, özellikle endolenfatik hidrops gibi patofizyolojik durumlarla ilişkilidir ve iç kulak sıvı değişiklikleri işitsel fonksiyonları doğrudan etkileyebilir. Ayrıca kronik böbrek yetmezliği hastalığının da kulak fonksiyonları üzerine etkileri bulunmaktadır.

Liu ve arkadaşlarının 2020 yılında azalmış böbrek fonksiyonu ve işitme kaybı arasındaki ilşkiye baktıkları kesitsel bir çalışmada orta yaşlı ve yaşlı Çinlilerde böbrek fonksiyonunun azalmasının işitme kaybıyla bağımsız olarak ilişkili olduğunu ve böbrek fonksiyonu azalmış hastaların işitme kaybı olasılığının daha yüksek olduğunu gösterdi.[89]

Greenberg ve arkadaşlarının yayınladığı bir çalışmada hücresel düzeyde, normal böbrek ve koklea işlevi apikal yüzeydeki silyal aktivitelere bağlı olduğu ve böbrek tübüler hücreleri ve iç kulağın duyusal epitel hücreleri lüminal sıvıyı değiştirmek için benzer taşıma mekanizmalarını kullanıldığı savunulmaktadır. İki organ da aynı kolajen IV bazal membran ağını paylaşmakta bu nedenle, işitme ve böbrek fonksiyonu arasında güçlü gelişimsel ve fizyolojik bağlantılar olduğu ve kronik böbrek yetmezliği hastalığı'nın kademeli ve bağımsız bir sensörinöral işitme kaybı aşırı riski ile ilişkili olduğunu gösteren epidemiyolojik verileri göstermişlerdir.[90]

Çalışmamızda, hemodiyaliz sonrası total vücut sıvısı (TBW), ekstraselüler sıvı (ECW) ve intraselüler sıvı (ICW) seviyelerinde anlamlı azalmalar tespit edilmiştir ($p<0.001$). Bu bulgu, ultrafiltrasyon süreciyle sistemik sıvı hacminin azaldığını ve sıvının farklı kompartmanlar arasında yeniden dağıldığını göstermektedir. Bununla birlikte, özellikle ECW'deki azalma, vasküler sıvı dinamiklerinin değişmesine ve endolenfatik sıvı dengesi üzerinde etkili olabileceğine işaret etmektedir. Hemodinamik parametreler değerlendirildiğinde, hastaların hemodiyaliz sonrası sistolik kan basıncı (SKB) anlamlı şekilde düşerken ($p<0.001$), diastolik kan basıncı (DKB) değişiklikleri anlamlı bulunmamıştır ($p=0.051$). Bu durum, hemodiyaliz sonrası vasküler hacimde meydana gelen değişikliklerin iç kulak perfüzyonuna ve dolayısıyla endolenfatik sıvının homeostazına etkili olabileceğini düşündürmektedir.

Agrawal ve ark. bir çalışmasında böbrek ve iç kulak, KBY hastalarında bu sorunların nedeni olabilecek çok sayıda işlevsel ve yapısal benzerliğe sahip olduğu ve bu durumua ek olarak su ve elektrolitlerin homeostazındaki değişikliklerin endolenfatik sıvıyı etkileyebileceğini ve ve endolenfatik hidropsa neden olabileceğini öne sürmüşlerdir. [4]

Tamae ve arkadaşlarının KBY olup HD yapılmayan 5 hasta, KBY olup HD yapılan 7 hasta ve 80 kişilik kontrol grubu ile yaptıkları bir çalışmada hemodiyalizli kronik böbrek hastalarında gözlenen daha büyük G genişliği (2.000 Hz'deki kondüktans (G) timpanogramının bimodal pikleri arasındaki genişlik), bu hastalarda ya iç kulak basıncının arttığını ya da muhtemelen otolojik semptomlarla ilişkili olan endolenfatik hidropsun varlığını düşündürmekte olduğunu bulmuşlardır. [91]

Wang ve arkadaşlarının kulak ve böbrek gelişiminde ortak özellikleri araştırdıkları bir çalışmasında her iki organ arasında ortak olan gelişimsel yollar tanımlanmakta ve özellikle

sinyal iletişimi ile progenitör hücrelerin ve özel hücre tiplerinin belirlenmesini düzenleyen genlere vurgu yapılmaktadır. Ayrıca, bu bilgileri oto-renal sendromların klinik özellikleriyle ilişkilendirerek, gelişimsel mekanizmalarla olan bağlantıları ele almaktadırlar. Bu çalışma böbrek fonksiyonlarında meydana gelen bozulmanın iç kulak fonksiyonlarını da etkileyebileceğini moleküler çalışmalarla desteklemektedir. [92]

Kim ve arkadaşlarının yaptığı bir kohort çalışmasında KBY'li orta yaşlı hastalarda Sensörinöral işitme kaybı ve Ménière hastalığı geliştirme insidansı KBY olmayan hastalara göre daha yüksek bulunmuştur. [93]

Zou ve arkadaşlarının 2024 yılında yayınlanan 5131 hasta ile yapılan kesitsel çalışmasında sonuçlarında KBY'li hasta grubunun, KBY olmayan gruba göre işitme kaybı açısından daha fazla risk altında olduğu ve KBY'nin işitme kaybı ve tinnitus ile ilişkili olduğunu ileri sürmüşlerdir. [94]

Çalışmamızda kronik böbrek yetmezli nedeniyle hemodiyaliz tedavisi alan 26 hastanın 19'unda en az hafif derecede olmak üzere sensörinöral işitme olduğu bulunmuştur. Meena ve arkadaşlarının yaptığı 50 KBY hastası 50 kontrol grubu ile yapılan çalışmada KBY olan 50 hastanın 14'ünde (%28), bilateral ve simetrik dağılım gösteren, yüksek frekans aralığında orta ila ileri derecede sensörinöral işitme kaybı saptanırken, kontrol grubunda ise sensörinöral işitme kaybı insidansı %6 ile sınırlı kalmıştır.[95] Govender ve arkadaşlarının yaptığı 50 KBY'li hasta grubu olan bir çalışmada subklinik işitme kaybının, elektrolitik, üre ve kreatinin dengesizliklerinin, eşlik eden tıbbi durumlar ve ototoksik ilaç alımıyla birleşmesinden kaynaklandığı varsayıldı. KBY'li hastaların yönetimine odyolojik izlemenin dahil edilmesi ve gerektiği sonucuna varıldı. [96]

Saf ses odyometri ölçümlerine göre, hemodiyaliz sonrası düşük frekanslarda işitme eşiklerinde belirgin iyileşmeler kaydedilmiştir. Özellikle sağ kulakta 250 Hz ve 500 Hz hava yolu işitme eşikleri anlamlı şekilde düşmüştür ($p<0.001$ ve $p=0.021$). Bu bulgular, endolenfatik sıvının hemodiyaliz sonrası yeniden dağılımı ile ilişkilendirilebilir. Endolenfatik hidrops patofizyolojisi düşünüldüğünde, düşük frekans işitme kayıplarının endolenfatik sıvı artışı ile ilişkili olduğu bilinmektedir. Liu ve arkadaşlarının bilateral Meniere hastalığında endolenfatik hidrops özellikleri ile işitme kaybı arasındaki ilişkiye baktıkları bir çalışmada Genel endolenfatik hidrops derecesi ile işitme kaybı arasındaki en güçlü korelasyon düşük frekanslarda olduğu gözlendi, ardından orta frekanslarda ve yüksek frekanslarda olduğu görüldü. [97]

Bu çalışmada, hemodiyaliz sonrası sıvı kaybının düşük frekans işitme eşiklerinde düzelmeye neden olması, vücut sıvı kompartmanlarındaki değişikliklerin endolenfatik sıvıyı etkileyebileceği hipotezini desteklemektedir. Özturan ve arkadaşlarının 15 hemodiyaliz tedavisi alan KBY'li hastalarda yaptığı bir çalışmada HD seansından önce ve sonra saf ses odyometri ve DPOAE'yi ölçerek HD'nin işitme seviyesi üzerindeki akut etkisini belirlemek istediler ve saf ses odyometri ve DPOAE testlerinden elde edilen sonuçlar, işitmenin HD'den etkilenmediğini gösterdi.[98]

Hemodiyaliz sürecinin orta kulak dinamikleri üzerindeki etkisini değerlendirmek amacıyla yapılan wide band timpanometri (WBT) ölçümlerinde, sol kulakta tepe basıncının hemodiyaliz sonrası anlamlı şekilde arttığı ($p=0.003$) ve ve her iki kulakta rezonans frekansının yükseldiği belirlenmiştir ($p<0.001$). Bu değişikliklerin, endolenfatik sıvı hacmi ve iç kulak basınç regülasyonu ile ilişkili olabileceği düşünülmektedir. alışmanızda hemodiyaliz sonrası rezonans frekansında anlamlı bir artış gözlenmiştir. Bu bulgu, orta kulağın biyomekanik özelliklerinde sertleşmeye veya sıvı dengesinde değişikliklere işaret edebilir. Olası mekanizmalar şu şekilde açıklanabilir. Hemodiyaliz sırasında ultrafiltrasyon yoluyla vücut sıvılarında belirgin bir azalma meydana gelir. Bu durum, baş ve boyun bölgesindeki doku sıvılarını da etkileyerek orta kulak mukozasının hidrasyon seviyesinde değişikliğe yol açabilir. Orta kulak mukozası ve çevresindeki dokuların su içeriğinin azalması, dokuların esnekliğini azaltarak orta kulağı daha sert bir yapı haline getirebilir. Hemodiyaliz, sistemik ozmotik değişiklikler yaratarak mukozal yüzeylerdeki sıvı dağılımını etkileyebilir. Bu değişiklikler, Eustachian tüp fonksiyonunda geçici adaptasyonlara neden olabilir. Orta kulakta negatif basınç gelişmesi veya orta kulak havalanmasının azalması, timpanik membranın ve kemikçik zincirinin rijiditesini artırarak rezonans frekansında yükselmeye yol açabilir. Endolenfatik sıvı ve perilenfatik sıvı dengesi, sistemik sıvı dengesi ile ilişkilidir. Hemodiyaliz sonrası, iç kulak sıvılarında geçici ozmotik değişiklikler meydana gelebilir. İç kulakta perilenf basıncında bir azalma, oval pencere üzerindeki basıncı etkileyerek orta kulak yapılarının hareketini sınırlayabilir ve rezonans frekansını artırabilir. Hemodiyaliz hastalarında, uzun dönem sistemik sıvı değişiklikleri ve üremik toksinler, bağ doku bileşenlerinde değişikliklere neden olabilir. Orta kulak mukozasında kronik sertleşme veya subklinik fibrotik değişiklikler meydana gelmesi, rezonans frekansının daha yüksek değerlere çıkmasına katkıda bulunabilir.

Meng ve arkadaşlarının 2022 yılında Meniere Hastalığı ve Wideband Timpanometri kullanımı üzerine güncel değerlendirme yaptığı bir çalışmada mevcut çalışmaların, rezonans frekansındaki düşüş ve absorbans değerlerinde azalma gibi WBT parametrelerinin meniere hastalığını belirlemede önemli olabileceğini öne sürmektedir.[99] Bizim çalışmamızda

hemodiyaliz sonrasında ve her iki kulakta rezonans frekansının yükseldiği belirlenmiştir ($p<0.001$). Hemodiyaliz sonrası iç kulak sıvı dinamiklerinde endolenfatik hidropsun aksine TBW ve ECW değerlerindeki anlamlı azalmaya dayanarak iç kulak sıvı miktarında azalma öngörmekteyiz. Meng ve arkadaşlarının rezonans frekansındaki değişim ile çalışmamızdaki rezonans frekansı değişimin birbirine korele şekilde değişim gösterdiği kanısındayız.

Orhan ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada unilateral CI uygulanan toplam 48 hasta (96 kulak) dahil edilmiş ve tüm frekanslarda ortalama absorbans oranlarında anlamlı azalmalar olduğunu ve ortalama rezonans frekansının implant uygulanan kulaklarda kontrol grubuna göre daha anlamlı şekilde arttığını ortaya koymuşlardır. Bu bulgular, orta ve iç kulak sistemindeki artmış sertlikle ilişkili olabileceğinden bahsetmişlerdir.[100]

Sliwa ve arkadaşlarının 2020 yılında 90 otoskleroz ve 126 sağlıklı kontrol grubuyla yaptığı çalışmada Normal ve otosklerotik kulakların absorbsiyon değerleri arasında özellikle düşük ve orta frekanslarda anlamlı farklar tespit edilmiştir. Ortalama geniş bant absorbsiyon ve rezonans frekansı açısından normal ve otosklerotik kulaklar arasında daha az belirgin ancak yine de istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmuştur.[101]

Bertschinger ve ekibinin unilateral koklear implant (Kİ) yapılan 38 hastanın her iki kulağında Kİ cerrahisinden önce ve implantasyon sonrası 4 ila 15 hafta arasında iki kez WBTA ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Ameliyat öncesi ve sonrası absorbsiyon paternlerindeki değişiklikler, hem implante edilen kulak hem de kontralateral kontrol kulağı için 500-750 Hz, 1000-2000-3000-4000 Hertz'deki altı farklı frekansta karşılaştırılmıştır. İmplante edilen kulakta, kontralateral kontrol kulağına kıyasla 750 Hertz ve 1000 Hertz frekanslarında orta kulak absorbans değerlerinde anlamlı derecede azaldığı gözlemlenmiştir. [102]

Absorbans ölçümleri değerlendirildiğinde, hemodiyaliz sonrası belirli frekanslarda anlamlı değişiklikler kaydedilmiştir. Özellikle sağ kulakta 500 Hz'de absorbans değerlerinde azalma ($p=0.041$) ve sol kulakta 4000 Hz'de absorbans değerlerinde artış ($p=0.018$) gözlenmiştir. Endolenfatik hidropsun WBT ile tespit edilebileceği yönündeki hipotez göz önünde bulundurulduğunda, bu çalışmada elde edilen bulgular, WBT'nin gelecekte hidrops tanısında bir biyobelirteç olarak değerlendirilebileceğini düşündürmektedir.

Akşit ve arkadaşlarının 24 hemodiyaliz tedavisi gören KBY'li hasta grubunda yaptığı bir çalışmada absorbans değerleri 343 ve 727 Hz bandında azalma gösterdi, ancak diğer frekanslarda anlamlı bir fark bulunamadığı ve statik admitans ve absorbans değerlerinin hemodiyaliz sürecinden etkilendiğini ortaya koymuşlardır. [103]

Bu çalışmada, son dönem böbrek yetmezliği (SDBY) hastalarında hemodiyaliz öncesi ve sonrası vücut sıvı kompartmanlarındaki değişikliklerin işitsel parametreler üzerindeki etkileri değerlendirildi. Özellikle, total vücut sıvısı (TBW), ekstraselüler sıvı (ECW) ve intraselüler sıvı (ICW) parametreleri ile saf ses odyometri ve wide band timpanometri (WBT) ölçümleri arasındaki ilişki incelendi. TBW ve ICW ile 8000 Hz hava yolu eşikleri arasında negatif korelasyon bulunması (r=-0.500, p=0.009), sıvı dengesi değişikliklerinin yüksek frekans işitme eşikleri üzerinde etkili olabileceğini düşündürmekle bearber diğer frekanslar arasında anlam korealsyon bulunmamıştır. Sistolik kan basıncı ile sol kulak kemik yolu 500 Hz eşikleri arasında pozitif olarak zayıf yönde bir ilişki ortaya çıkmıştır (r=0.395; p=0.046), sağ kulak kemik yolu 1000 Hz ile de benzer bir korelasyon saptanmıştır (r=0.403; p=0.046). Üre dağılım hacmi ile sağ kulak tepe basıncı arasındaki ilişki pozitif yönde saptanmıştır (r=0.494; p=0.010). ECW'nin sol kulak tepe basıncı ile pozitif korelasyon göstermesi (r=0.489; p=0.011), sıvı dengesi değişikliklerinin orta kulak biyomekanik özelliklerini etkileyebileceğini düşündürmektedir.

Bu çalışma, son dönem böbrek yetmezliği (SDBY) hastalarında hemodiyaliz öncesi ve sonrası vücut sıvı kompartmanlarındaki değişikliklerin işitsel fonksiyonlar üzerindeki etkilerini değerlendirmek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, total vücut sıvısı (TBW), ekstraselüler sıvı (ECW) ve intraselüler sıvı (ICW) hacimleri ile saf ses odyometri ve wide band timpanometri (WBT) ölçümleri karşılaştırılmış ve bu parametreler arasındaki korelasyon analiz edilmiştir. Elde edilen bulgular, hemodiyaliz sonrası sıvı dengesi değişikliklerinin işitme eşikleri ve orta kulak rezonans frekansı üzerinde anlamlı etkileri olduğunu göstermiştir.

Çalışmamızın en dikkat çekici bulgularından biri, hemodiyaliz sonrası rezonans frekansında meydana gelen anlamlı artıştır. Bu durum, orta kulak mekanik özelliklerinde değişiklikler meydana geldiğini ve iç kulak sıvı dinamiklerinin sistemik sıvı değişimlerinden etkilendiğini düşündürmektedir. Ayrıca, yüksek frekanslarda işitme eşikleri ile TBW ve ICW arasında negatif korelasyon bulunması, iç kulak sıvılarındaki değişikliklerin baziler membran rijiditesi ve koklear işlev ile ilişkili olabileceğine işaret etmektedir. BNP seviyeleri ile düşük frekans işitme eşikleri arasındaki negatif korelasyon ise koklear mikrovasküler yapı ile sistemik sıvı dengesi arasındaki ilişkiyi desteklemektedir. Bu bulgular, WBT'nin yalnızca orta kulak fonksiyonlarını değerlendirmek için değil, aynı zamanda Meniere hastalığı ve endolenfatik hidrops gibi iç kulak sıvı dinamiklerini etkileyen patolojilerin tanısında da potansiyel bir biyobelirteç olarak kullanılabileceğini göstermektedir.

Bu çalışmanın bazı sınırlamaları bulunmaktadır. Örneklem büyüklüğü, sağlıklı bireylerden oluşan bir kontrol grubunun eksikliği, sonuçların genellenebilirliğini kısıtlayan

faktörler arasındadır.. Endolenfatik sıvı değişikliklerini doğrudan ölçebilecek ileri görüntüleme tekniklerinin kullanılmamış olması, iç kulak sıvı dinamikleri hakkındaki çıkarımları kısıtlamaktadır.

VI. SONUÇ

Bu çalışma, hemodiyalizin sistemik sıvı dengesi ile işitsel fonksiyonlar arasındaki etkileşimini değerlendirerek, iç kulak sıvı homeostazının sistemik sıvı değişikliklerinden bağımsız bir mekanizma olmadığını ortaya koymaktadır. Literatürde, vücut sıvı parametreleri ile wide band timpanometri (WBT) ve saf ses odyometri sonuçlarının birlikte değerlendirildiği ilk çalışma olması açısından önemli bir yere sahiptir. Elde edilen bulgular, hemodiyaliz sonrası total vücut sıvısı (TBW), ekstraselüler sıvı (ECW) ve intraselüler sıvı (ICW) hacmindeki değişikliklerin işitsel parametreler üzerinde etkileri olduğunu göstermektedir. Özellikle düşük frekanslarda işitme eşiklerinde anlamlı değişikliklerin saptanması, iç kulak sıvı dinamiklerinin hemodiyaliz sürecinde dalgalanabileceğini düşündürmektedir. Bununla birlikte, WBT parametrelerinde gözlenen değişimler, hemodiyaliz sonrası orta kulak rezonans frekansı ve absorbans değerlerinde farklılıklar olduğunu ortaya koymuş, bu durum sıvı dengesi değişikliklerinin yalnızca koklear düzeyde değil, orta kulak mekanikleri üzerinde de etkili olabileceğini göstermiştir.

Bu doğrultuda, hemodiyaliz hastalarının işitme fonksiyonlarının düzenli olarak izlenmesi ve WBT'nin klinik kullanıma entegrasyonu için daha geniş çaplı araştırmaların yapılması gerekmektedir. Özellikle, hemodiyaliz sonrası sıvı dengesi değişikliklerinin uzun vadede işitsel fonksiyonlar üzerindeki etkilerini değerlendirmek, bu hastalarda erken dönem işitsel kayıpların önlenmesi ve yönetilmesine yönelik stratejiler geliştirilmesine katkı sağlayacaktır. Aynı şekilde, geniş ölçekli prospektif çalışmalarla WBT'nin endolenfatik hidrops ve Meniere hastalığının erken tanısındaki potansiyel etkinliğinin belirlenmesi, klinik pratikte bu testin kullanımını yaygınlaştırabilecek önemli bir adım olacaktır.

Sonuç olarak, bu çalışma, hemodiyalizin iç kulak sıvı dengesi üzerindeki etkilerini anlamaya yönelik yeni bir bakış açısı sunmaktadır. Elde edilen bulgular, hemodiyaliz sürecinde vücut sıvı dengesi ile işitme fonksiyonları arasındaki ilişkiyi ortaya koyarak, bu alandaki klinik uygulamaları destekleyecek ileri araştırmalara zemin hazırlamaktadır. Gelecekte gerçekleştirilecek geniş örneklemli, uzun dönem takip içeren çalışmalara öncülük edebilecek nitelikteki bu çalışma, WBT'nin endolenfatik hidrops ve iç kulak sıvı dinamikleri değişimini anlamaya yönelik yeni yaklaşımların geliştirilmesine katkı sağlayabilir.

VII. KAYNAKÇA

[1] D. C. Jin *et al.*, "Lessons from 30 years' data of Korean end-stage renal disease registry, 1985-2015," *Kidney Res Clin Pract*, vol. 34, no. 3, pp. 132–139, Sep. 2015, doi: 10.1016/J.KRCP.2015.08.004.

[2] M. F. Hashmi, O. Benjamin, and S. L. Lappin, "End-Stage Renal Disease," *StatPearls*, Aug. 2023, Accessed: Jan. 26, 2025. [Online]. Available: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK499861/

[3] Y. J. Shim, H. G. Choi, and J. H. Wee, "Association between Chronic Kidney Disease and Sudden Sensorineural Hearing Loss: A Longitudinal Follow-Up Studies Using ICD-10 Codes in a National Health Screening Cohort.," *J Clin Med*, vol. 12, no. 8, Apr. 2023, doi: 10.3390/jcm12082861.

[4] M. Agrawal and C. V. Singh, "Sensorineural Hearing Loss in Patients With Chronic Kidney Disease: A Comprehensive Review," *Cureus*, vol. 15, no. 11, p. e48244, Nov. 2023, doi: 10.7759/CUREUS.48244.

[5] O. Ozturan and S. Lam, "The effect of hemodialysis on hearing using pure-tone audiometry and distortion-product otoacoustic emissions," *ORL J Otorhinolaryngol Relat Spec*, vol. 60, no. 6, pp. 306–313, Nov. 1998, doi: 10.1159/000027615.

[6] R. H. Margolis, G. L. Saly, and D. H. Keefe, "Wideband reflectance tympanometry in normal adults," *J Acoust Soc Am*, vol. 106, no. 1, pp. 265–280, Jul. 1999, doi: 10.1121/1.427055.

[7] R. H. Margolis, G. L. Saly, and R. H. Wilson, "Ambient Noise Monitoring during Pure-Tone Audiometry," *J Am Acad Audiol*, vol. 33, no. 1, pp. 45–56, Jan. 2022, doi: 10.1055/S-0041-1735803.

[8] R. Gürkov, I. Pyykö, J. Zou, and E. Kentala, "What is Menière's disease? A contemporary re-evaluation of endolymphatic hydrops," *J Neurol*, vol. 263 Suppl 1, pp. 71–81, Apr. 2016, doi: 10.1007/S00415-015-7930-1.

[9] K. S. Solomon, S. J. Kwak, and A. Fritz, "Genetic interactions underlying otic placode induction and formation," *Dev Dyn*, vol. 230, no. 3, pp. 419–433, Jul. 2004, doi: 10.1002/DVDY.20067.

[10] F. Giraldez and B. Fritzsch, “The molecular biology of ear development - ‘Twenty years are nothing,’” *Int J Dev Biol*, vol. 51, no. 6–7, pp. 429–438, 2007, doi: 10.1387/IJDB.072390FG.

[11] N. A. D. Christophorou, M. Mende, L. Lleras-Forero, T. Grocott, and A. Streit, “Pax2 coordinates epithelial morphogenesis and cell fate in the inner ear,” *Dev Biol*, vol. 345, no. 2–3, p. 180, 2010, doi: 10.1016/J.YDBIO.2010.07.007.

[12] D. K. Wu and M. W. Kelley, “Molecular Mechanisms of Inner Ear Development,” *Cold Spring Harb Perspect Biol*, vol. 4, no. 8, p. a008409, Aug. 2012, doi: 10.1101/CSHPERSPECT.A008409.

[13] W. Chang, J. V. Brigande, D. M. Fekete, and D. K. Wu, “The development of semicircular canals in the inner ear: role of FGFs in sensory cristae,” *Development*, vol. 131, no. 17, pp. 4201–4211, Sep. 2004, doi: 10.1242/DEV.01292.

[14] Inderbir Singh, *Inderbir Singh’s Human Embryology*, Eleventh. 2018.

[15] “The Praeger Guide to Hearing and Hearing Loss: Assessment, Treatment, and ... - Susan Dalebout - Google Kitaplar.” Accessed: Nov. 16, 2024. [Online].

[16] L. Sennaroglu, “Cochlear implantation in inner ear malformations – a review article,” *Cochlear Implants Int*, vol. 11, no. 1, pp. 4–41, Mar. 2010, doi: 10.1002/CII.416.

[17] J. J. Zwislocki and L. K. Cefaratti, “Tectorial membrane. II: Stiffness measurements in vivo,” *Hear Res*, vol. 42, no. 2–3, pp. 211–227, 1989, doi: 10.1016/0378-5955(89)90146-9.

[18] A. Takagi, I. Sando, and H. Takahashi, “Computer-aided three-dimensional reconstruction and measurement of semicircular canals and their cristae in man,” *Acta Otolaryngol*, vol. 107, no. 5–6, pp. 362–365, 1989, doi: 10.3109/00016488909127522.

[19] M. M. Paparella, “Pathogenesis of Meniere’s disease: treatment considerations. Preface,” *Otolaryngol Clin North Am*, vol. 35, no. 3, 2002, doi: 10.1016/S0030-6665(02)00031-2.

[20] I. K. Arenberg, H. Rask Andersen, H. Wilbrand, and J. Stahle, “The surgical anatomy of the endolymphatic sac,” *Arch Otolaryngol*, vol. 103, no. 1, pp. 1–11, 1977, doi: 10.1001/ARCHOTOL.1977.00780180039001.

[21] S. S. Mukerji, H. A. Parmar, M. Ibrahim, and S. K. Mukherji, “Congenital malformations of the temporal bone,” *Neuroimaging Clin N Am*, vol. 21, no. 3, pp. 603–619, Aug. 2011, doi: 10.1016/J.NIC.2011.05.005.

[22] S. Kösling, M. Omenzetter, and S. Bartel-Friedrich, “Congenital malformations of the external and middle ear,” *Eur J Radiol*, vol. 69, no. 2, pp. 269–279, Feb. 2009, doi: 10.1016/J.EJRAD.2007.10.019.

[23] N. Anthwal and H. Thompson, “The development of the mammalian outer and middle ear,” *J Anat*, vol. 228, no. 2, pp. 217–232, Feb. 2016, doi: 10.1111/JOA.12344.

[24] Aslan A, *Kulak Anatomisi, Kulak Burun Boğaz ve Baş Boyun Cerrahisi* . Ankara: Güneş Kitabevi., 2004.

[25] A. F. Juliano, D. T. Ginat, and G. Moonis, “Imaging review of the temporal bone: part I. Anatomy and inflammatory and neoplastic processes,” *Radiology*, vol. 269, no. 1, pp. 17–33, Oct. 2013, doi: 10.1148/RADIOL.13120733.

[26] J. C. Luers and K. B. Hüttenbrink, “Surgical anatomy and pathology of the middle ear,” *J Anat*, vol. 228, no. 2, pp. 338–353, Feb. 2016, doi: 10.1111/JOA.12389.

[27] J. W. Seibert and C. J. Danner, “Eustachian tube function and the middle ear,” *Otolaryngol Clin North Am*, vol. 39, no. 6, pp. 1221–1235, Dec. 2006, doi: 10.1016/J.OTC.2006.08.011.

[28] D. E. Brackmann, “The facial nerve in the infratemporal approach,” *Otolaryngol Head Neck Surg*, vol. 97, no. 1, pp. 15–17, 1987, doi: 10.1177/019459988709700103.

[29] K. L. Horn, W. M. Luxford, D. E. Brackmann, and J. J. Shea, “The supratubal recess in cholesteatoma surgery,” *Ann Otol Rhinol Laryngol*, vol. 95, no. 1 Pt 1, pp. 12–15, 1986, doi: 10.1177/000348948609500103.

[30] D. Marchioni, G. Molteni, and L. Presutti, “Endoscopic anatomy of the middle ear,” *Indian J Otolaryngol Head Neck Surg*, vol. 63, no. 2, pp. 101–113, Apr. 2011, doi: 10.1007/S12070-011-0159-0.

[31] L. Anschuetz *et al.*, “Discovering Middle Ear Anatomy by Transcanal Endoscopic Ear Surgery: A Dissection Manual,” *J Vis Exp*, vol. 2018, no. 131, p. 56390, Jan. 2018, doi: 10.3791/56390.

[32] Y.-W. Liu, C. A. Sanford, J. C. Ellison, D. F. Fitzpatrick, M. P. Gorga, and D. H. Keefe, “Wideband absorbance tympanometry using pressure sweeps: System development and results on adults with normal hearing,” *J Acoust Soc Am*, vol. 124, no. 6, p. 3708, Dec. 2008, doi: 10.1121/1.3001712.

[33] W. TL. Block MG, *Overview and basic principles of Acoustic Immitance measurements. Handbook of Clinical Audiology. Williams & Wilkins;* , 4th Edition. Baltimore, 1994.

[34] James W Hall III and David Chandler, *Tympanometry in Clinical Audiology Handbook of clinical audiology.* , 4th ed. Baltimore, 1994.

[35] R. H. Margolis and J. W. Heller, "Screening tympanometry: criteria for medical referral," *Audiology*, vol. 26, no. 4, pp. 197–208, 1987, doi: 10.3109/00206098709081549.

[36] C. M. Roup, T. L. Wiley, S. H. Safady, and D. T. Stoppenbach, "Tympanometric Screening Norms for Adults," *Am J Audiol*, vol. 7, no. 2, pp. 55–60, 1998, doi: 10.1044/1059-0889(1998/014).

[37] L. Holte, R. H. Margolish, and R. M. Cavanaugh, "Developmental changes in multifrequency tympanograms," *Audiology*, vol. 30, no. 1, pp. 1–24, 1991, doi: 10.3109/00206099109072866.

[38] L. Calandruccio, T. S. Fitzgerald, and B. A. Prieve, "Normative multifrequency tympanometry in infants and toddlers," *J Am Acad Audiol*, vol. 17, no. 7, pp. 470–480, Jul. 2006, doi: 10.3766/JAAA.17.7.2.

[39] "ANSI S3.39-1987 (R2002) - Specifications for Instruments to Measure Aural Acoustic Impedance and Admittance (Aural Acoustic Immittance)." Accessed: Feb. 26, 2025. [Online]. Available: https://webstore.ansi.org/standards/asa/ansis3391987r2002

[40] H. E. Popelka, "'Immittance testing in clinical audiology,' ," *J Am Acad Audiol*, vol. 15, no. 5, pp. 353–360, 2004.

[41] S. R. Tharpe AM, *The Comprehensive Handbook of Pediatric Audiology.* , 2nd ed. San Diego: Plural Publishing, 2011.

[42] S. Hoth and I. Baljić, "[Current Audiological Diagnostics]," *Laryngorhinootologie*, vol. 96, no. S 01, pp. S4–S42, Apr. 2017, doi: 10.1055/S-0042-120339.

[43] P. K. Harris, K. M. Hutchinson, and J. Moravec, "The use of tympanometry and pneumatic otoscopy for predicting middle ear disease," *Am J Audiol*, vol. 14, no. 1, pp. 3–13, 2005, doi: 10.1044/1059-0889(2005/002).

[44] J. Alaerts, H. Luts, and J. Wouters, "Evaluation of middle ear function in young children: clinical guidelines for the use of 226- and 1,000-Hz tympanometry," *Otol Neurotol*, vol. 28, no. 6, pp. 727–732, Sep. 2007, doi: 10.1097/MAO.0B013E3180DCA1E5.

[45] M. , D. Shaver, " Wideband Energy Reflectance Measurements: Normative Study And Effects Of Negative And Compensated Middle Ear Pressures. Doktora Tezi, ," Wichita State University, USA., 2010.

[46] P. J. B. G. (1970) Tympanometry. A. Otolaryngol. 92, 248–257. Lidén G, “ Tympanometry.,” *Arch Otolaryngol*, vol. 92, pp. 248–257, 1970.

[47] J. Jerger, “Clinical Experience With Impedance Audiometry,” *Arch Otolaryngol*, vol. 92, no. 4, pp. 311–324, Oct. 1970, doi: 10.1001/ARCHOTOL.1970.04310040005002.

[48] E. L. Margolis and L. A. Hunter, *“Acoustic immittance: Principles and clinical applications,” in Handbook of Clinical Audiology*, 6th ed. 2009.

[49] D. Gellrich, K. Eder, M. Echternach, M. Gröger, and P. Huber, “A Comparison of 226- and 1000-Hz Probe Tone Tympanometry With Myringotomy Findings in Infants,” *Am J Audiol*, vol. 33, no. 4, pp. 1246–1256, Dec. 2024, doi: 10.1044/2024_AJA-24-00062.

[50] B. Gümüş and M. Torun Topçu, “Wide band acoustic immitancemetry,” *Medeni Med J*, vol. 33, no. 2, pp. 126–131, 2018, doi: 10.5222/MMJ.2018.98475.

[51] M. R. Stinson, E. A. G. Shaw, and B. W. Lawton, “Estimation of acoustical energy reflectance at the eardrum from measurements of pressure distribution in the human ear canal,” *J Acoust Soc Am*, vol. 72, no. 3, pp. 766–773, Sep. 1982, doi: 10.1121/1.388257.

[52] A. N. Beers, N. Shahnaz, B. D. Westerberg, and F. K. Kozak, “Wideband reflectance in normal Caucasian and Chinese school-aged children and in children with otitis media with effusion,” *Ear Hear*, vol. 31, no. 2, pp. 221–233, Apr. 2010, doi: 10.1097/AUD.0B013E3181C00EAE.

[53] D. H. Keefe, J. C. Bulen, K. H. Arehart, and E. M. Burns, “Ear-canal impedance and reflection coefficient in human infants and adults,” *J Acoust Soc Am*, vol. 94, no. 5, pp. 2617–2638, Nov. 1993, doi: 10.1121/1.407347.

[54] B. A. Prieve, K. R. V. Werff, J. L. Preston, and L. Georgantas, “Identification of conductive hearing loss in young infants using tympanometry and wideband reflectance,” *Ear Hear*, vol. 34, no. 2, pp. 168–178, Mar. 2013, doi: 10.1097/AUD.0B013E31826FE611.

[55] T. A. D. Hein, S. Hatzopoulos, P. H. Skarzynski, and M. F. Colella-Santos, “Wideband Tympanometry,” *Advances in Clinical Audiology*, Mar. 2017, doi: 10.5772/67155.

[56] S. Aithal, V. Aithal, J. Kei, and M. Wilson, “Predictive Accuracy of Wideband Absorbance under Various Pressure Conditions in Identifying Infants with a Conductive Hearing Loss,” *J Am Acad Audiol*, 2024, doi: 10.1055/S-0044-1791213.

[57] J. J. Rosowski, S. Stenfelt, and D. Lilly, “An overview of wideband immittance measurements techniques and terminology: you say absorbance, I say reflectance,” *Ear Hear*, vol. 34 Suppl 1, no. 0 1, Jul. 2013, doi: 10.1097/AUD.0B013E31829D5A14.

[58] B. A. Prieve, M. Patrick Feeney, S. Stenfelt, and N. Shahnaz, “Prediction of conductive hearing loss using wideband acoustic immittance,” *Ear Hear*, vol. 34 Suppl 1, no. SUPPL. 1, Jul. 2013, doi: 10.1097/AUD.0B013E31829C9670.

[59] J. Zwislocki, “Analysis of the Middle-Ear Function. Part I: Input Impedance,” *J Acoust Soc Am*, vol. 34, no. 9B, pp. 1514–1523, Sep. 1962, doi: 10.1121/1.1918382.

[60] S. E. Voss, N. J. Horton, R. R. Woodbury, and K. N. Sheffield, “Sources of variability in reflectance measurements on normal cadaver ears,” *Ear Hear*, vol. 29, no. 4, pp. 651–665, Aug. 2008, doi: 10.1097/AUD.0B013E318174F07C.

[61] M. P. Feeney, I. L. Grant, and L. P. Marryott, “Wideband energy reflectance measurements in adults with middle-ear disorders,” *J Speech Lang Hear Res*, vol. 46, no. 4, pp. 901–911, Aug. 2003, doi: 10.1044/1092-4388(2003/070).

[62] D. H. Keefe, C. A. Sanford, J. C. Ellison, D. F. Fitzpatrick, and M. P. Gorga, “Wideband Aural Acoustic Absorbance Predicts Conductive Hearing Loss in Children,” *Int J Audiol*, vol. 51, no. 12, p. 880, Dec. 2012, doi: 10.3109/14992027.2012.721936.

[63] Ş. Kaya *et al.*, “Wideband tympanometry findings in inner ear malformations,” *Auris Nasus Larynx*, vol. 47, no. 2, pp. 220–226, Apr. 2020, doi: 10.1016/J.ANL.2019.09.001.

[64] N. Shahnaz and K. Bork, “Wideband reflectance in normal and otosclerotic ears,” *J Acoust Soc Am*, vol. 117, no. 4_Supplement, pp. 2600–2600, Apr. 2005, doi: 10.1121/1.4777606.

[65] R. H. Margolis and H. G. Goycoolea, “Multifrequency tympanometry in normal adults,” *Ear Hear*, vol. 14, no. 6, pp. 408–413, 1993, doi: 10.1097/00003446-199312000-00006.

[66] F. Ogut, B. Serbetcioglu, T. Kirazli, G. Kirkim, and S. Gode, “Results of multiple-frequency tympanometry measures in normal and otosclerotic middle ears,” *Int J Audiol*, vol. 47, no. 10, pp. 615–620, Oct. 2008, doi: 10.1080/14992020802178656.

[67] E. Niemczyk, M. Lachowska, E. Tataj, K. Kurczak, and K. Niemczyk, “Wideband tympanometry and absorbance measurements in otosclerotic ears,” *Laryngoscope*, vol. 129, no. 10, pp. E365–E376, Oct. 2019, doi: 10.1002/LARY.27747.

[68] S. N. Hunter L. L., *Acoustic Immitance Measures Basic and Advanced Practice.* , First. USA: Plural Publishing., 2014.

[69] R. Carhart and J. F. Jerger, “Preferred Method For Clinical Determination Of Pure-Tone Thresholds,” *Journal of Speech and Hearing Disorders*, vol. 24, no. 4, pp. 330–345, Nov. 1959, doi: 10.1044/JSHD.2404.330.

[70] Dirks DD, *Bone-conduction testing, Handbook of clinical audiology*, 3th ed. Baltimore: Williams & Wilkins., 1985.

[71] W. Xu *et al.*, “Ménière’s disease and allergy: Epidemiology, pathogenesis, and therapy,” *Clin Exp Med*, vol. 23, no. 7, pp. 3361–3371, Nov. 2023, doi: 10.1007/S10238-023-01192-0.

[72] H. F. Schuknecht and A. Rüther, “Blockage of longitudinal flow in endolymphatic hydrops,” *Eur Arch Otorhinolaryngol*, vol. 248, no. 4, pp. 209–217, May 1991, doi: 10.1007/BF00173659.

[73] C. A. Foster and R. E. Breeze, “Endolymphatic hydrops in Ménière’s disease: cause, consequence, or epiphenomenon?,” *Otol Neurotol*, vol. 34, no. 7, pp. 1210–1214, Sep. 2013, doi: 10.1097/MAO.0B013E31829E83DF.

[74] S. R. Saeed, “Fortnightly review. Diagnosis and treatment of Ménière’s disease,” *BMJ*, vol. 316, no. 7128, pp. 368–372, Jan. 1998, doi: 10.1136/BMJ.316.7128.368.

[75] C. S. Hallpike and H. Cairns, “Observations on the Pathology of Ménière’s Syndrome: (Section of Otology),” *Proc R Soc Med*, vol. 31, no. 11, pp. 1317–1336, Sep. 1938, doi: 10.1177/003591573803101112.

[76] B. Jansson and H. Rask-Andersen, “Erythrocyte removal and blood clearance in the endolymphatic sac. An experimental and TEM study,” *Acta Otolaryngol*, vol. 116, no. 3, pp. 429–434, 1996, doi: 10.3109/00016489609137868.

[77] M. M. Paparella and H. R. Djalilian, “Etiology, pathophysiology of symptoms, and pathogenesis of Meniere’s disease,” *Otolaryngol Clin North Am*, vol. 35, no. 3, pp. 529–545, 2002, doi: 10.1016/S0030-6665(02)00019-1.

[78] A. N. Salt and H. Rask-Andersen, “Responses of the endolymphatic sac to perilymphatic injections and withdrawals: Evidence for the presence of a one-way valve,” *Hear Res*, vol. 191, no. 1–2, pp. 90–100, May 2004, doi: 10.1016/j.heares.2003.12.018.

[79] R. S. Kimura, H. F. Schuknecht, and C. Y. Ota, “Blockage of the cochlear aqueduct,” *Acta Otolaryngol*, vol. 77, no. 1, pp. 1–12, 1974, doi: 10.3109/00016487409124591.

[80] J. A. Lopez-Escamez *et al.*, “Diagnostic criteria for Menière’s disease,” *J Vestib Res*, vol. 25, no. 1, pp. 1–7, 2015, doi: 10.3233/VES-150549.

[81] T. A. Hamill, “Evaluating treatments for Ménière’s disease: controversies surrounding placebo control,” *J Am Acad Audiol*, vol. 17, no. 1, pp. 26–37, 2006, doi: 10.3766/JAAA.17.1.4.

[82] J. THOMSEN, P. BECH, S. PRYTZ, P. V. SBORG, and K. ZILSTORFF, “Ménière’s disease: lithium treatment (demonstration of placebo effect in a doubleblind cross-over trial),” *Clin Otolaryngol Allied Sci*, vol. 4, no. 2, pp. 119–123, 1979, doi: 10.1111/J.1365-2273.1979.TB01873.X.

[83] A. S. Levey *et al.*, “Nomenclature for kidney function and disease: report of a Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO) Consensus Conference,” *Kidney Int*, vol. 97, no. 6, pp. 1117–1129, Jun. 2020, doi: 10.1016/j.kint.2020.02.010.

[84] P. E. Stevens and A. Levin, “Evaluation and management of chronic kidney disease: synopsis of the kidney disease: improving global outcomes 2012 clinical practice guideline,” *Ann Intern Med*, vol. 158, no. 11, pp. 825–830, Jun. 2013, doi: 10.7326/0003-4819-158-11-201306040-00007.

[85] D. C. Jin *et al.*, “Lessons from 30 years’ data of Korean end-stage renal disease registry, 1985-2015,” *Kidney Res Clin Pract*, vol. 34, no. 3, pp. 132–139, Sep. 2015, doi: 10.1016/J.KRCP.2015.08.004.

[86] I. Pai and S. Connor, “Low Frequency Air-Bone Gap in Meniere’s Disease: Relationship With Magnetic Resonance Imaging Features of Endolymphatic Hydrops,” *Ear Hear*, vol. 43, no. 6, p. 1678, Nov. 2022, doi: 10.1097/AUD.0000000000001231.

[87] S. Sugimoto, T. Yoshida, M. Teranishi, Y. Okazaki, S. Naganawa, and M. Sone, “The relationship between endolymphatic hydrops in the vestibule and low-frequency air-bone gaps,” *Laryngoscope*, vol. 128, no. 7, pp. 1658–1662, Jul. 2018, doi: 10.1002/LARY.26898.

[88] H. Kanda *et al.*, “Perioperative Management of Patients With End-Stage Renal Disease,” *J Cardiothorac Vasc Anesth*, vol. 31, no. 6, pp. 2251–2267, Dec. 2017, doi: 10.1053/J.JVCA.2017.04.019.

[89] W. Liu *et al.*, “The association between reduced kidney function and hearing loss: a cross-sectional study,” *BMC Nephrol*, vol. 21, no. 1, p. 145, Apr. 2020, doi: 10.1186/S12882-020-01810-Z.

[90] D. Greenberg, N. D. Rosenblum, and M. Tonelli, “The multifaceted links between hearing loss and chronic kidney disease,” *Nat Rev Nephrol*, vol. 20, no. 5, pp. 295–312, May 2024, doi: 10.1038/S41581-024-00808-2.

[91] A. Tamae *et al.*, “Evaluation of the Effects of Chronic Kidney Disease and Hemodialysis on the Inner Ear Using Multifrequency Tympanometry,” *J Int Adv Otol*, vol. 14, no. 3, p. 447, Dec. 2018, doi: 10.5152/IAO.2018.4736.

[92] S. X. Wang and A. Streit, “Shared features in ear and kidney development – implications for oto-renal syndromes,” *Dis Model Mech*, vol. 17, no. 2, p. dmm050447, Feb. 2024, doi: 10.1242/DMM.050447.

[93] J. Y. Kim, S. Lee, J. Cha, G. Son, and D. K. Kim, “Chronic kidney disease is associated with increased risk of sudden sensorineural hearing loss and Ménière’s disease: a nationwide cohort study,” *Sci Rep*, vol. 11, no. 1, p. 20194, Dec. 2021, doi: 10.1038/S41598-021-99792-X.

[94] Y. Zou *et al.*, “Association between hearing loss, tinnitus, and chronic kidney disease: the NHANES 2015–2018,” *Front Med (Lausanne)*, vol. 11, p. 1426609, 2024, doi: 10.3389/FMED.2024.1426609.

[95] R. S. Meena, Y. Aseri, B. K. Singh, and P. C. Verma, “Hearing loss in patients of chronic renal failure: a study of 100 cases,” *Indian J Otolaryngol Head Neck Surg*, vol. 64, no. 4, pp. 356–359, Dec. 2012, doi: 10.1007/S12070-011-0405-5.

[96] S. M. Govender, C. D. Govender, and G. Matthews, “Cochlear function in patients with chronic kidney disease,” *South African Journal of Communication Disorders*, vol. 60, no. 1, pp. 44–49, Nov. 2013, doi: 10.4102/SAJCD.V60I1.10.

[97] X. Liu, D. Wang, Y. L. Hsieh, S. Shi, and W. Wang, “The relationship between endolymphatic hydrops features and hearing loss in Bilateral Meniere’s disease,” *Head Face Med*, vol. 20, no. 1, Dec. 2024, doi: 10.1186/S13005-024-00455-9.

[98] O. Ozturan and S. Lam, “The effect of hemodialysis on hearing using pure-tone audiometry and distortion-product otoacoustic emissions,” *ORL J Otorhinolaryngol Relat Spec*, vol. 60, no. 6, pp. 306–313, Nov. 1998, doi: 10.1159/000027615.

[99] X. Meng, K. Zhu, J. Yue, and C. Han, “The Role of Wideband Tympanometry in the Diagnosis of Meniere’s Disease,” *Front Neurol*, vol. 13, Jan. 2022, doi: 10.3389/FNEUR.2022.808921.

[100] K. S. Orhan, M. Çelik, B. Polat, T. Dikici, and Y. Güldiken, “Wideband Absorbance Outcomes of Cochlear Implantation: A Comparative Clinical Study,” *J Int Adv Otol*, vol. 17, no. 1, pp. 9–12, 2021, doi: 10.5152/IAO.2020.4876.

[101] L. Śliwa, K. Kochanek, W. W. Jedrzejczak, K. Mrugała, and H. Skarżyński, “Measurement of Wideband Absorbance as a Test for Otosclerosis,” *J Clin Med*, vol. 9, no. 6, p. 1908, Jun. 2020, doi: 10.3390/JCM9061908.

[102] R. Bertschinger *et al.*, “Evaluating Wideband Tympanometry Absorbance Changes in Cochlear Implant Recipients: Mechanical Insights and Influencing Parameters,” *J Clin Med*, vol. 13, no. 17, Sep. 2024, doi: 10.3390/JCM13175128.

[103] A. M. Aksit, E. Pektas, M. T. Kalcioglu, A. Ozkok, O. Tuysuz, and M. Tekin, “Tympanogram Findings in Hemodialysis Patients,” *J Craniofac Surg*, vol. 30, no. 1, pp. E49–E52, 2019, doi: 10.1097/SCS.0000000000004960.