



**KTO KARATAY ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ODYOLOJİ ANABİLİM DALI
TEZLİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**

**KRONİK BÖBREK YETMEZLİĞİ OLAN HASTALARDA PERİTON DİYALİZ
TEDAVİSİ ALAN HASTALAR İLE HEMODİYALİZ TEDAVİSİ ALAN
HASTALARIN İŞİTME VE DENGE SİSTEMİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**

Betül AYDEMİR

Yüksek Lisans

**KONYA
Mayıs 2025**

KRONİK BÖBREK YETMEZLİĞİ OLAN HASTALARDA PERİTON DİYALİZ
TEDAVİSİ ALAN HASTALAR İLE HEMODİYALİZ TEDAVİSİ ALAN
HASTALARIN İŞİTME VE DENGE SİSTEMİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Betül AYDEMİR

KTO Karatay Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Odyoloji Anabilim Dalı
Tezli Yüksek Lisans Programı

Yüksek Lisans

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Bayram Sönmez ÜNÜVAR
İkinci Danışman: Prof. Dr. Hamdi ARBAĞ

Tez Savunma Jürisi:
Doç. Dr. Abitter YÜCEL
Doç. Dr. Mustafa Savaş TORLAK

Konya
Mayıs 2025

BİLDİRİM

Enstitü tarafından onaylanan Yüksek Lisans tezimin tamamını veya herhangi bir kısmını basılı veya dijital biçimde arşivleme ve aşağıda belirtilen koşullar dahilinde erişime açma iznini KTO Karatay Üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle, Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak ve gelecekteki çalışmalar (makale, kitap, lisans, patent vb.) için tezimin tamamının veya bir bölümünün kullanım hakları yalnızca bana ait olacaktır.

Tezimin bütünüyle kendi çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izinle kullanılması zorunlu olan kaynakları, yazılı izin alarak kullandığımı ve istenildiğinde izinlerin suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayımlanan “Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge” kapsamında, tezim, aşağıda belirtilen koşullar haricince, YÖK Ulusal Tez Merkezi ve KTO Karatay Üniversitesi Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

☐ Enstitü / Fakülte Yönetim Kurulu kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren 2 yıl ertelenmiştir.¹

☐ Enstitü / Fakülte Yönetim Kurulunun gerekçeli kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren 6 ay ertelenmiştir.²

☐ Tezimle ilgili gizlilik kararı verilmiştir.³⁴

21 Mayıs 2025

Betül AYDEMİR

¹ MADDE 6(1) Lisansüstü teze ilgili patent başvurusu yapılması veya patent alma sürecinin devam etmesi durumunda, tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulu iki yıl süre ile tezin erişime açılmasının ertelenmesine karar verebilir.

²MADDE 6(2) Yeni teknik, materyal ve metotların kullanıldığı, henüz makaleye dönüşmemiş veya patent gibi yöntemlerle korunmamış ve internetten paylaşılması durumunda 3. şahıslara veya kurumlara haksız kazanç imkânı oluşturabilecek bilgi ve bulguları içeren tezler hakkında tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile altı ayı aşmamak üzere tezin erişime açılması engellenebilir.

³MADDE 7(1) Ulusal çıkarları veya güvenliği ilgilendiren, emniyet, istihbarat, savunma ve güvenlik, sağlık vb. konulara ilişkin lisansüstü tezlerle ilgili gizlilik kararı, tezin yapıldığı kurum tarafından verilir. Kurum ve kuruluşlarla yapılan iş birliği protokolü çerçevesinde hazırlanan lisansüstü tezlere ilişkin gizlilik kararı ise, ilgili kurum ve kuruluşun önerisi ile enstitü veya fakültenin uygun görüşü üzerine üniversite yönetim kurulu tarafından verilir. Gizlilik kararı verilen tezler Yükseköğretim Kuruluna bildirilir.

⁴ MADDE 7(2) Gizlilik kararı verilen tezler gizlilik süresince enstitü veya fakülte tarafından gizlilik kuralları çerçevesinde muhafaza edilir, gizlilik kararının kaldırılması halinde Tez Otomasyon Sistemine yüklenir.

ETİK BEYAN

KTO Karatay Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Hazırlama ve Yazım Kurallarına uygun olarak Doç. Dr. Bayram Sönmez ÜNÜVAR ve Prof. Dr. Hamdi ARBAĞ danışmanlığında tarafımdan üretilen bu tez çalışmasında; sunduğum tüm veri, enformasyon, bilgi ve belgeleri bilimsel etik kuralları çerçevesinde elde ettiğimi, tüm değerlendirme, analiz, bulgu ve sonuçları bilimsel usullere uygun olarak sunduğumu, tez çalışmasında yararlandığım kaynakların tümüne bilimsel normlara uygun biçimde atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, tezimin kaynak gösterilen durumlar dışında özgün olduğunu bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

21 Mayıs 2025

Betül AYDEMİR



Biricik kızım Deniz'e ithaf ediyorum...

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada, hasta popülasyonunun yoğun olduğu geriatrik grupta diyaliz tedavisinin işitme ve denge üzerine etkilerinin yanı sıra tedavi alt gruplarının karşılaştırılmasıyla elde edilen verilerin bilime katkı sağlaması amaçlanmıştır.

Çalışmam süresince bilgi ve tecrübeleriyle bana yol gösteren, değerli katkı ve desteklerini esirgemeyen Necmettin Erbakan Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi Kulak Burun Boğaz Anabilim Dalı Başkanı Sayın Prof. Dr. Hamdi Arbağ'a, verileri oluşturmamda desteğini esirgemeyen Sayın Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Akif Dünder'a, diyaliz ünitesindeki çalışma sürecinde yardım ve desteğini sunan Sayın Dr. Fatma Evran ve Sayın Prof. Dr. Nedim Yılmaz Selçuk'a, akademik danışmanlık sürecinde çok şanslı olduğumu hissettiğim ve binbir emekle hiç bıkmadan yol gösteren kıymetli hocam Sayın Doç. Dr. Bayram Sönmez Ünüvar'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Zorlu süreçlerimde desteğini esirgemeyen mesai arkadaşım Uzm. Ody. Damla Deveci Harmankaya'ya, tez yazım sürecinde uzakta da olsalar hep yakınlık sağladığım ablam Sema Kandemir ve eşi Samed Kandemir'e ve beni motive eden abim Mustafa Karakurt'a teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca eğitim hayatımın her anında, benimle beraber emek vererek gerek eş gerek hekim olarak yanımda olan sevgili eşim Op. Dr. Fuat Aydemir'e ve varlığıyla ilham kaynağım olan nahif bitanecik kızım Deniz'e sonsuz teşekkür ve sevgilerimi sunuyorum.

Saygılarımla,

21 Mayıs 2025

Betül AYDEMİR

ÖZET

Betül AYDEMİR

Kronik Böbrek Yetmezliği Olan Hastalarda Periton Diyaliz Tedavisi Alan Hastalar ile Hemodiyaliz Tedavisi Alan Hastaların İşitme ve Denge Sisteminin Karşılaştırılması
Yüksek Lisans Tezi
Konya, 2025

Bu çalışmanın amacı, Kronik Böbrek Yetmezliği (KBH) tanısı alarak hemodiyaliz (HD) veya periton diyalizi (PD) ile tedavi edilen erişkin hastaların işitme ve denge fonksiyonlarının değerlendirilmesi ve bu iki yöntemin etkilerinin karşılaştırılmasıdır. Literatürde, diyaliz hastalarının çeşitli metabolik, elektrolit ve vasküler nedenlerle işitme kaybı yaşayabileceği bildirilmektedir. Ancak HD ve PD uygulamalarının işitsel sistem üzerindeki etkilerini doğrudan karşılaştıran çalışma sayısı sınırlı olup, özellikle vestibüler fonksiyonlara dair veriler oldukça yetersizdir. Bu bağlamda, çalışmamızın bu alandaki boşluğu doldurarak literatüre katkı sağlaması amaçlanmaktadır.

Araştırmaya, 18-50 yaş aralığında olup haftanın üç günü düzenli olarak HD veya PD tedavisi gören 30 KBH hastası ile yaş ve cinsiyet açısından benzer özellikler taşıyan 15 sağlıklı birey olmak üzere toplam 45 katılımcı dahil edilmiştir. Tüm katılımcılara saf ses odyometri, timpanometri, klinik otoakustik emisyon (OAE), kova testi ve video baş impuls testi (vHIT) uygulanmıştır. İşitsel ve vestibüler sistem fonksiyonları, bu testlerden elde edilen veriler doğrultusunda karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir.

Çalışma sonucunda, diyaliz türleri arasında hem işitme hem de denge fonksiyonları açısından anlamlı farklılıklar saptanmamıştır. OAE verileri değerlendirildiğinde, dış tüylü hücre hasarının hemodiyaliz grubu ve periton diyaliz grubu ile kontrol grubu arasında anlamlı düzeyde farklılık gösterdiği belirlenmiştir ($p = 0,032$). Özellikle HD grubunda sağ kulak timpanometrik basınç değerlerinde anlamlı bir fark tespit edilmiştir ($p = 0,032$). Ayrıca, açık (overt) sakkad sıklığı açısından anlamlı bir artış gözlenmiştir ($p < 0,05$). Vestibüler değerlendirme sonuçları, HD ve PD gruplarının denge fonksiyonlarına verdikleri yanıtların (iki grup kıyaslandığında) farklılık göstermediğini ortaya koymuştur. Elde edilen veriler, bu alanda daha geniş örneklemlili, uzun süreli ve çok merkezli çalışmalara ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler

Hemodiyaliz, klinik otoakustik emisyon, kronik böbrek yetmezliği, periton diyalizi, saf ses odyometri, timpanometri

ABSTRACT

Betül AYDEMİR

Comparison of Hearing and Vestibular Systems in Patients with Chronic Renal Failure
Receiving Peritoneal Dialysis and Hemodialysis Treatments

Thesis Title

Konya, 2025

The aim of this study is to evaluate the hearing and balance functions of adult patients diagnosed with Chronic Kidney Disease (CKD) who are treated with either hemodialysis (HD) or peritoneal dialysis (PD), and to compare the effects of these two treatment methods. In the literature, it has been reported that dialysis patients may experience hearing loss due to various metabolic, electrolyte, and vascular factors. However, studies directly comparing the effects of HD and PD on the auditory system are limited, and data related to vestibular functions are particularly insufficient. Therefore, this study aims to fill this gap and contribute to the existing literature.

The study included a total of 60 participants, comprising 30 CKD patients aged between 18 and 50 who received regular HD or PD treatment three times a week, and 30 healthy individuals with similar age and gender characteristics. All participants underwent pure-tone audiometry, tympanometry, clinical otoacoustic emission (OAE), the bucket test, and video head impulse test (vHIT). The auditory and vestibular system functions were comparatively analyzed based on the data obtained from these tests.

As a result of the study, no significant differences were found between dialysis types in terms of both hearing and balance functions. When the OAE data were evaluated, it was determined that outer hair cell damage was significantly different between the dialysis groups and the control group ($p = 0.032$). A significant difference was found in the right ear tympanometric pressure values, especially in the HD group ($p = 0.032$). In addition, a significant increase was observed in the frequency of overt saccades ($p < 0.05$). Vestibular evaluation results revealed that the responses of the HD and PD groups to balance functions (when the two groups were compared) did not differ. The obtained data indicate that larger sample, long-term and multi-center studies are needed in this area.

Keywords

Chronic kidney disease, clinical otoacoustic emission, hemodialysis, peritoneal dialysis, pure-tone audiometry, tympanometry

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY	i
BİLDİRİM.....	ii
ETİK BEYAN	iii
TEŞEKKÜR	v
ÖZET	vi
ABSTRACT	vii
TABLolar DİZİNİ	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
SİMGELER DİZİNİ	xiii
KISALTMALAR DİZİNİ	xiv
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1. İç Kulağın Gelişimi	4
2.1.1. Membranöz Labirent Gelişimi.....	5
2.1.2. Osseöz Labirent Gelişimi	8
2.2. İç Kulağın Anatomisi.....	10
2.2.1. Kemik Labirent	11
2.2.2. Membranöz Labirent	12
2.2.3. Sensöryal Hücreler	14
2.2.4. Koklear İnervasyon	16
2.2.5. Vasküler Yapı	17
2.3. İşitme Fizyolojisi	17
2.3.1. Kokleanın Elektrik Potansiyelleri	19
2.4. Saf Ses Odyometrisi	20
2.5. Timpanometri.....	25
2.6. Otoakustik Emisyon.....	29
2.6.1. Otoakustik Emisyon Tipleri.....	30
2.7. Vestibüler Sistem Anatomi ve Fizyolojisi	34
2.7.1. Periferik Vestibüler Sistem.....	35
2.7.2. Santral Vestibüler Sistem	41
2.8. Santral Vestibüler Sistem Fizyolojisi	41
2.8.1. Vestibüler Refleksler	42
2.9. Vestibüler Sistem Değerlendirilmesi.....	45

2.9.1. Vestibüler Fonksiyon Testleri.....	45
2.9.2. Vestibüler Testler	46
2.10. Kronik Böbrek Yetmezliği	49
2.10.1. Kronik Böbrek Yetmezliğinin Tedavisi.....	51
2.11. Hemodiyaliz	51
2.11.1. Kısa günlük hemodiyaliz	51
2.11.2. Uzun gece hemodiyalizi	51
2.12. Periton Diyalizi.....	52
2.13. Renal Transplantasyon.....	53
3. GEREÇ VE YÖNTEM	54
3.1. Katılımcılar	54
3.1.1. Kullanılan Testler ve Yöntem.....	55
3.2. Odyolojik Değerlendirme;	55
3.2.1. Saf Ses Odyometri	55
3.2.2. Timpanometri.....	56
3.2.3. Otoakustik Ölçüm	56
3.3. Dengenin değerlendirilmesi;	56
3.3.1. V-HIT (Video Baş İtme Testi (Head İmpulse/Head Thrust Test)	56
3.3.2. Kova Testi.....	57
3.4. İstatistiksel Analiz;	57
4. BULGULAR	59
4.1. Katılımcılar ve Demografik Özellikler	59
4.1.1. Yaş Dağılımı	59
4.1.2. Cinsiyet Dağılımı	59
4.1.3. Boy ve Kilo Değerleri	59
4.1.4. Medeni Durum	60
4.1.5. Eğitim Durumu	60
4.1.6. Kronik Hastalık Durumu	60
4.2. Katılımcıların Hava ve Kemik Yolu İşitme Eşikleri	62
4.2.1. Hava Yolu İşitme Eşiği	62
4.2.2. Kemik Yolu İşitme Eşiği	63
4.3. Katılımcıların Timpanometrik Basınç Değerleri.....	64
4.3.1. Sağ Kulak Timpanometrik Basınç	64
4.3.2. Sol Kulak Timpanometrik Basınç	64

4.4. Katılımcıların Sağ ve Sol Kulakta Farklı Frekanslarda SNR (Sinyal/Gürültü Oranı) Değerleri	65
4.4.1. Sağ Kulakta SNR Değerleri.....	65
4.4.2. Sol Kulakta SNR Değerleri	66
4.5. Katılımcıların VHIT (Video Head Impulse Test) Değerleri.....	70
4.5.1. Sağ Anterior (RA) Kanal VHIT Değerleri	70
4.5.2. Sol Anterior (LA) Kanal VHIT Değerleri	70
4.5.3. Sağ Lateral (RL) Kanal VHIT Değerleri.....	70
4.5.4. Sol Lateral (LL) Kanal VHIT Değerleri.....	71
4.5.5. Sağ Posterior (RP) Kanal VHIT Değerleri	71
4.5.6. Sol Posterior (LP) Kanal VHIT Değerleri.....	71
4.6. Katılımcıların Overt Sakkad, Covert Sakkad ve KOVA Testi Değerleri.....	72
4.6.1. Overt Sakkad Değerleri	72
4.6.2. Covert Sakkad Değerleri	73
4.6.3. KOVA Testi Değerleri	73
5. TARTIŞMA.....	75
6. SONUÇ	89
KAYNAKLAR.....	93
ÖZGEÇMİŞ.....	103
EK 1.	104
ETİK KURUL	105

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. İşitme düzeyleri.....	24
Tablo 2. Kronik böbrek hastalığının evreleri	50
Tablo 3. Çalışmaya katılanların demografik dağılımları	61
Tablo 4. Hemodiyaliz, Periton Diyaliz ve Kontrol Gruplarında İşitme Eşiklerinin Karşılaştırılması.....	63
Tablo 5. Hemodiyaliz, Periton Diyaliz ve Kontrol Gruplarında Timpanometri (Kulak Basınçları) Değerlerinin Karşılaştırılması.....	65
Tablo 6. Hemodiyaliz, Periton Diyaliz ve Kontrol Gruplarında Otoakustik Emisyon (OAE) Test Sonuçlarının Karşılaştırılması	68
Tablo 7. Hemodiyaliz, Periton Diyaliz ve Kontrol Gruplarında Vestibüler Fonksiyon Testi (VHIT) Sonuçlarının Karşılaştırılması.....	71
Tablo 8. Hemodiyaliz, Periton Diyaliz ve Kontrol Gruplarında Sakkadik Göz Hareketleri ve KOVA Testi Sonuçlarının Karşılaştırılması.....	73

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. İç Kulak Gelişiminin Haftalara Göre Aşamaları	5
Şekil 2. İç kulak gelişim süreci: Otik plak → Otokist → Vestibüler ve koklear sistemlerin ayrılması	6
Şekil 3. Osseöz labirent ve perilenfatik boşlukların şematik gösterimi	9
Şekil 4. İç kulak	11
Şekil 5. Corti organı	14
Şekil 6. Sinüs dalga modeli	18
Şekil 7. Klinikte kullanılan saf ses odyometre cihazı görseli	20
Şekil 8. Normal işitmeye sahip odyogram grafiği	21
Şekil 9. Sağ kulak normal işitme, sol kulak mixt tipte işitme	22
Şekil 10. Bilateral sensörinöral işitme kaybı gösteren odyogram grafiği.	23
Şekil 11. Sağ kulak normal işitme, sol kulak iletim tip işitme kaybı odyogram grafiği	23
Şekil 12. Saf ses odyometri testinin yapılaş görseli	25
Şekil 13. Değişen hava basıncının dış kulak kanalı ve timpanik membran üzerindeki etkileri	26
Şekil 14. Jerger'in (1970) klasik 220 Hz (226 Hz) timpanogram türlerinin stabilize edilmiş örnekleri	27
Şekil 15. Timpanometrik ölçüm görseli	28
Şekil 16. Klinik OAE Ölçüm Sonucu	29
Şekil 17. Spontan otoakustik emisyon örnek görseli	30
Şekil 18. Klinik OAE ölçüm görseli	34
Şekil 19. Periferik Vestibüler Sistem Anatomisi	35
Şekil 20. Vestibüler Reseptör Hücrelerin Yapısı, Tip 1 ve Tip 2 Tüylü Hücreler, Sterosilya ve Kinosilyum Dizilimleri	37
Şekil 21. Semisirküler kanallardan lateral (a), vertikaller (b) konumları	38
Şekil 22. Vestibüler yollar ve refleksler	43
Şekil 23. Ekstraoküler kaslar	44
Şekil 24. Göz hareketleri ve ilgili ekstraoküler kaslar	44
Şekil 25. V-HIT Testi Görseli	47
Şekil 26. V-HIT test pozisyonları	48
Şekil 27. Uygulanan Kova Testi İçin Materyal	49

SİMGELER DİZİNİ

Simge	Açıklama
%	Yüzde
λ	Dalga Boyu
°	Derece
<	Küçüktür
>	Büyüktür
χ^2	Ki-kare
~	Yaklaşık
$\pm$	Hata payı

KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltma	Açıklama
ABR	Auditory brain stemresponse
APD	Aletliperiton diyalizi
ANOVA	Varyans Analizi
BERA	Beyin sapı işitsel uyarılmış yanıt
BUN	Kanüre azotu
cm	santimetre
daPa	Dekapaskal
dB	Desibel
DPOAE	Distorsiyon product otoacoustic emissions
EOAE	Uyarılmış otoakustik emisyon
GFH	Glomerüler filtrasyon hızı
HD	Hemodiyaliz
HL	Hearing level
Hz	Hertz
K ⁺	Potasyum iyonu
KBH	Kronik böbrek hastalığı
KBY	Kronik böbrek yetersizliği
KDIGO	Kidney disease improving globalout comes
Kg	Kilogram
kHz	Kilohertz
LA	Sol anterior
LARP	Sol anterior sağ poterior
LL	Sağ lateral
LP	Sol posterior
mg	Miligram
ml	Mililitre
Mm	Milimetre
ms	Milisaniye
mV	Milivolt
n	Frekans, gözlem sayısı
Na ⁺	Sodyum iyonu

Na⁺ - K⁺ ATPaz Sodyum potasyum adenzotrinifofataz

OAE	Otoakustik emisyen
PD	Periton diyalizi
PTA	Safses odyometrisi
RA	Sağ anterior
RALP	Anterior sol posterior
RL	Sağ lateral
RP	Sağ posterior
SAPD	Sürekli ayaktan periton diyalizi
SDBY	Son dönem böbrek yetmezliği
SFOAE	Stimulus frekans otoakustik emisyen
SS	Standart sapma
SVV	Dikey algısı testinde
SSO	Saf ses ortalaması
SNR	Signalnoiseratio
SOAE	Spontan otoakustik emisyen
VOR	Vestibulo-oküler Refleks

1. GİRİŞ

Kronik Böbrek Yetmezliği (KBY), dünya genelinde giderek artan prevalansı ve mortalite oranları ile önemli bir halk sağlığı sorunu olarak karşımıza çıkmaktadır. KBY, böbrek fonksiyonlarında ve/veya yapısında meydana gelen kalıcı hasar neticesinde gelişen, genellikle geri dönüşü olmayan, yavaş seyirli ve progresif karakterde bir hastalıktır (Ammirati, 2020). Böbrek fonksiyonlarının değerlendirilmesinde temel parametre olarak kabul edilen Glomerüler Filtrasyon Hızı (GFR), glomerüller aracılığıyla birim zamanda süzülen kan miktarını ifade eder ve hastalığın evrenmesinde klinik olarak oldukça önemlidir. GFR'nin 60 ml/dk/1.73 m²'nin altına düşmesi, KBY tanısı için temel bir kriter olarak kabul edilmekte olup, bu eşik değerin altındaki düşüşler, böbreklerin toksinleri süzme kapasitesinde ciddi bozulmalar olduğunu göstermektedir. GFR'nin normal düzeyinin %75'ine kadar azalması, altta yatan neden ortadan kaldırılrsa dahi böbrek fonksiyonlarında geri dönüşümsüz hasarlar meydana getirmekte ve bu durum hastalığın ileri evrelere taşınmasına zemin hazırlamaktadır.

Kronik böbrek yetmezliği, yalnızca renal sistem üzerinde değil, sistemik düzeyde çoklu organ sistemlerini etkileyen sonuçlara yol açabilmektedir. Bu nedenle, hastalığın ilerleyen evrelerinde başvurulmuş tedavi yöntemleri, yalnızca böbrek fonksiyonlarını desteklemeyi değil, aynı zamanda komplikasyonları önlemeyi, yaşam kalitesini artırmayı ve mortaliteyi azaltmayı hedeflemektedir. Renal replasman tedavileri, bu doğrultuda devreye giren ve hastaların yaşamlarını sürdürebilmeleri açısından hayati öneme sahip yöntemlerdir. Söz konusu tedavi seçeneklerinin başında, hemodiyaliz (HD) ve periton diyalizi (PD) yer almaktadır.

Hemodiyaliz; hastanın kanının bir diyalizör aracılığıyla temizlenmesi esasına dayanır ve genellikle haftada üç kez uygulanan, iyi organize edilmiş merkezlerde gerçekleştirilen bir tedavi modelidir. Bu tedaviyle; üremik toksinlerin vücuttan uzaklaştırılması, elektrolit dengesizliklerinin düzenlenmesi, asit-baz dengesinin sağlanması ve sıvı yükünün kontrol altına alınması mümkün hale gelmektedir (Stevens vd., 2006). Hemodiyaliz, akut böbrek yetmezliği durumlarında hızla etki göstermesine karşın, kronik vakalarda uzun süreli bir yaşam biçimi haline gelir ve hastaların yaşam kalitesi üzerinde belirleyici rol oynar. GFR

düzeyindeki düşüşlerin zamanla belirginleştiği kronik tabloda, bu tedavi ile hastalığın komplikasyonlarının önüne geçilmesi amaçlanır (Weisbord ve Palevsky, 2006).

Periton diyalizi ise, daha çok evde uygulanabilen bir yöntem olup, hastanın karın boşluğunda yer alan periton zarını yarı geçirgen bir membran olarak kullanır. Diyaliz solüsyonunun karın boşluğuna verilmesiyle, difüzyon, konveksiyon ve ultrafiltrasyon mekanizmaları aracılığıyla metabolik atıkların ve fazla sıvının vücuttan uzaklaştırılması sağlanır (Hüzmeli, 2021). Özellikle yaşam konforunu korumak isteyen hastalar için tercih edilebilirliği yüksek olan bu yöntem, hasta uyumu açısından önemli avantajlar sunmaktadır.

Son yıllarda yapılan çalışmalar, böbrek ile iç kulakta yer alan koklea arasında yapısal ve işlevsel bazı benzerliklerin bulunduğunu ortaya koymuştur. Bu iki organın, benzer iyon transportunu yöneten hücresel yapılara sahip olmaları, sistemik hastalıkların ve farmakolojik ajanların her iki organ üzerinde de benzer etkiler göstermesine neden olmaktadır. Özellikle diüretik ilaçlar (örneğin tiyazid, furosemid ve indapamid), hem böbrek fonksiyonlarını hem de işitme sistemini etkileyebilmektedir (Arnold, 1984). Bu kapsamda, KBY tanısı almış bireylerde sensörinöral işitme kaybının sık görülmesi şaşırtıcı değildir. Literatürde bu bireylerde görülen işitme kaybı oranları %20 ile %87 arasında değişkenlik göstermektedir (Mancini vd., 1996). İşitme sisteminin etkilenmesinde; nitrik bileşiklerin toksisitesi, elektrolit dengesizlikleri, ototoksik ilaçların iç kulağa penetrasyonu ve vasküler değişiklikler gibi pek çok etken rol oynamaktadır (Niedzielska vd., 1999).

Kronik böbrek yetmezliği nedeniyle HD veya PD tedavisi gören hastalarda ototoksik ilaç kullanımı, özellikle dış tüylü hücreler üzerinde hasara yol açarak sensörinöral tipte işitme kayıplarına neden olabilmektedir. Bu tür işitme kayıplarının tespitinde otoakustik emisyon (OAE) testleri, timpanometri ve saf ses odyometri gibi odyolojik testler yaygın olarak kullanılmaktadır. OAE testleri, özellikle dış tüylü hücrelerin fonksiyonlarının değerlendirilmesinde duyarlılığı yüksek bir yöntem olup, erken dönemde oluşabilecek hasarların saptanmasında önemli rol oynar.

Literatürde, KBY hastalarında işitme fonksiyonlarının değerlendirildiği çeşitli çalışmalar bulunmakla birlikte, HD ve PD uygulanan hastaların işitsel sistem üzerindeki etkilerini karşılaştıran kapsamlı araştırmaların sayısı oldukça sınırlıdır. Diyaliz türlerinin işitme sağlığı üzerindeki farklı etkilerini ortaya koymak, yalnızca odyolojik açıdan değil, aynı zamanda tedavi tercihi, hasta yönetimi ve yaşam kalitesi açısından da önemli bilgiler sağlayabilir. Bu bağlamda, çalışmamızın temel amacı; KBY tanısı almış ve HD veya PD tedavisi görmekte olan bireylerde işitme fonksiyonlarını saf ses odyometri, timpanometri ve klinik otoakustik emisyon (OAE) testleri ile değerlendirmek ve bu iki tedavi yönteminin işitme sistemi üzerindeki etkilerini karşılaştırmalı olarak analiz etmektir. Elde edilen bulguların, KBY tedavisinde işitme sağlığının korunması yönünde farkındalık oluşturmaya ve klinik uygulamalara katkı sağlaması hedeflenmektedir.

Bu çalışmadaki araştırma soruları şu şekildedir;

Kronik böbrek yetmezliği tanısı alan hastalarda tedavi seçeneği, işitme ve denge sistemini etkiler mi?

Kronik böbrek yetmezliği tanısı alıp tedaviye başlanan hastalar ile sağlıklı kişiler arasında işitme ve denge sisteminde farklılık meydana gelir mi?

Hipotez:

H₁₁: HD grubu ile kontrol grubu arasında işitme ve denge fonksiyonları karşılaştırıldığında anlamlı düzeyde farklılık vardır.

H₁₀: HD grubu ile kontrol grubu arasında işitme ve denge fonksiyonları karşılaştırıldığında anlamlı düzeyde farklılık yoktur.

H₂₁: PD grubu ile kontrol grubu arasında işitme ve denge fonksiyonları karşılaştırıldığında anlamlı düzeyde farklılık vardır.

H₂₀: PD grubu ile kontrol grubu arasında işitme ve denge fonksiyonları karşılaştırıldığında anlamlı düzeyde farklılık yoktur.

H₃₁: HD grubu ile PD grubu arasında işitme ve denge fonksiyonları değerlendirildiğinde anlamlı düzeyde farklılık vardır.

H₃₀: HD grubu ile PD grubu arasında işitme ve denge fonksiyonları değerlendirildiğinde anlamlı düzeyde farklılık yoktur.

2. GENEL BİLGİLER

Kronik böbrek yetmezliği (KBY), yalnızca böbrek fonksiyonlarını değil, aynı zamanda birçok sistemik yapıyı etkileyen ilerleyici ve geri dönüşümsüz bir hastalıktır. Bu durum, özellikle duyuşal sistemler üzerinde çeşitli komplikasyonlara yol açabilmektedir. İşitme sistemi de bu duyuşal sistemlerden biri olup, çevreden gelen akustik titreşimleri algılayarak bu sinyalleri beyindeki üst merkezlere iletmekle görevlidir. İşitme sisteminin temel amacı, bu ses verilerini analiz ederek bireyin akustik çevresine dair bilişsel farkındalığını sağlamaktır (Pulkki ve Karjalainen, 2015).

Güncel araştırmalar, işitsel sistemin kulağa gelen geniş bant ses sinyallerini farklı frekans aralıklarına ayırarak bu sinyaller üzerinde hem paralel hem de ardışık biçimde detaylı analizler yaptığını ortaya koymaktadır (Moore, 2012; Pickles, 2013). İnsan işitme sistemi yapısal olarak diğer memelilere benzese de konuşulan dili çözümleyebilme ve yorumlayabilme açısından daha gelişmiş bir işleve sahiptir. Bu nedenle insanlarda işitme sistemi, özellikle dilsel seslerin ve konuşmaya ait akustik özelliklerin algılanmasında yüksek çözünürlük ve duyarlılık göstermektedir (Purves vd., 2018).

Kronik böbrek yetmezliği hastalarında ise, işitme fonksiyonlarının bu hassas yapısı çeşitli metabolik, elektrolit ve vasküler değişimlere bağlı olarak bozulabilmektedir. Diyaliz tedavileriyle düzenlenmeye çalışılan bu değişimler, işitsel sinir iletiminden koklear yapıya kadar birçok düzeyde fonksiyonel kayıplara neden olabilmektedir (Jerger ve Hayes, 1983). Bu bağlamda, KBY'nin yalnızca renal sistemde değil, işitme sistemi başta olmak üzere birçok duyuşal yapıda da geri dönüşü olmayan etkiler yaratabildiği dikkate alınmalıdır (Choi vd., 2015).

2.1. İç Kulağın Gelişimi

İç kulak, işitme ve denge işlevlerinin yürütüldüğü hem yapısal hem de işlevsel açıdan oldukça karmaşık bir anatomik yapıdır. Embriyonik gelişim sürecinde, dış ve orta kulaktan farklı bir germ yaprağı olan yüzey ektoderminden köken alarak oluşur (Akyıldız, 1998; Sadler, 2012).

Dış kulak ve orta kulak yapıları brankial yarıklar ve ceplerden türetilirken, iç kulak doğrudan dış ektoderm tabakasının nöral tüple olan etkileşimi sonucu meydana gelir (Moore ve Persaud, 2020; Larsen, 2009).

İç kulağın embriyonik gelişimi, diğer kulak yapılarının (dış kulak ve orta kulak) gelişiminden daha erken başlamaktadır. Bu durum, iç kulağın işlevsel önemini ve yapısal karmaşıklığını yansıtmaktadır (Şafak, 2014). Şekil 1’de sıralamaya yer verilmiştir.

Gebelik Haftası	Gelişim Olayı
3. Hafta	Otik plak oluşumu
4-5. Hafta	Otik plak invajinasyonu ve otokist (otik vezikül) oluşumu
6. Hafta	Vestibüler sistemin utrikül, sakkül ve semisirküler kanallara farklılaşması; koklear duktusun başlangıcı
7. Hafta	Corti organının gelişimi başlar; iç tüylü hücrelerin ilk farklılaşmaları
8. Hafta	Osseöz labirent oluşumu için prekarilaj vakuollerinin oluşması
10. Hafta	Koklear spiral yapısında 2,5 tur tamamlanır
11. Hafta	İç tüylü hücreler morfolojik olarak ayırt edilebilir hale gelir
12. Hafta	Koklear duktus ovalden üçgen forma dönüşür; otokoniyal membranlar belirginleşir

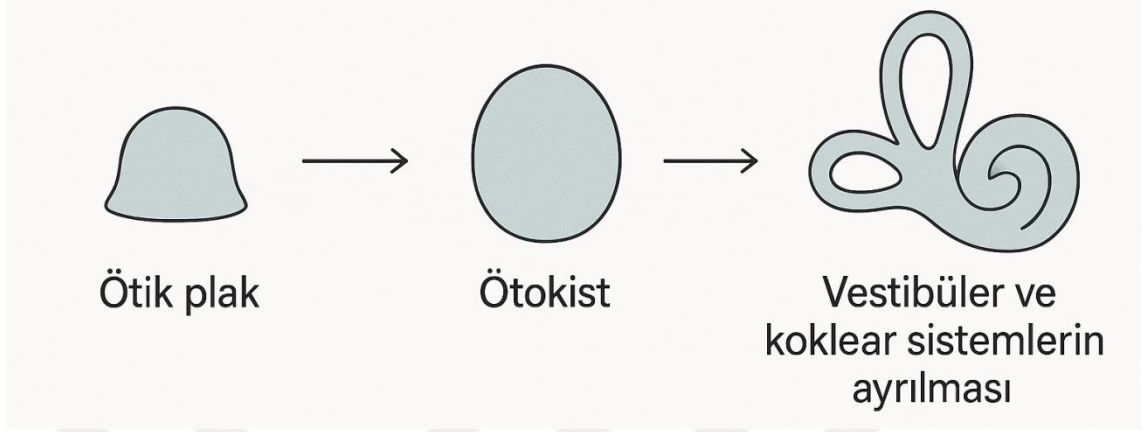
Şekil 1. İç Kulak Gelişiminin Haftalara Göre Aşamaları

Anatomik ve işlevsel açıdan, iç kulak iki ana bölümde incelenir: membranöz labirent ve osseöz labirent. Membranöz labirent, işitsel ve vestibüler duyu organlarını içerirken; osseöz labirent bu yapıları çevreleyen ve koruyan kemik bir yapı oluşturur (Bailey, 2011; Standring, 2016).

2.1.1. Membranöz Labirent Gelişimi

İç kulak filogenetik olarak orta kulak ve dış kulaktan daha önce oluşur. Bu nedenle embriyonal gelişim sürecinde de ilk ortaya çıkan kulak yapısıdır. İç kulağın gelişimi, gebeliğin yaklaşık üçüncü haftasının sonunda otik plak oluşumu ile başlar. Otik plak, kapanmakta olan nöral tüpün arka beyin (hindbrain) bölgesine komşu yüzey

ektoderminde meydana gelen kalınlaşmış bir alandır (Moore ve Persaud, 2020). Bu farklılaşma, fibroblast büyüme faktörleri (FGF3 ve FGF10) tarafından uyarılır (Riccomagno ve Barald, 2002). Şekil 2’de sistemlerin ayrılması gösterilmiştir.



Şekil 2. İç kulak gelişim süreci: Ötik plak → Ötokist → Vestibüler ve koklear sistemlerin ayrılması

Kaynak: Moore ve Persaud (2020)

Oluşan otik plak invajinasyon yaparak derinleşir ve kapalı bir vezikül olan otokist (otik vezikül) hâline gelir (Sadler, 2012). Otokist, iç kulağın temel bileşenlerinin gelişeceği ana yapı olarak kabul edilir. Şekil 1’de gösterildiği gibi, otik plak invaginasyon yaparak otokist haline gelir ve ilerleyen gelişim aşamalarında vestibüler ve koklear yapılara farklılaşır. Bu yapı üç bölgeye farklılaşır:

- Beyin yönünde: Endolenfatik duktus,
- Kaudal yönde: Koklear duktus,
- Ara bölgede: Utrikülosakküler alan (Moore ve Persaud, 2020; Bailey, 2011).

Bu farklılaşmayı takiben, vestibüler sistem, koklear sistemden daha önce gelişmeye başlar. Yaklaşık altıncı haftada, utrikül ve sakkül oluşurken, vestibüler yapının parçaları olan semisirküler kanallar (süperior, posterior ve lateral) sırasıyla meydana gelir. Bu yapılar, otokist içindeki vestibüler bölgeden gelişir. Süperior kanal, altıncı haftada ilk olarak belirirken, ardından posterior kanal ve son olarak lateral kanal gelişir. Başlangıcın

ikinci evresinde ise utrikül ve sakkül farklılaşır ve birlikte utrikülosakküler duktusu oluştururlar.

Vestibüler sistemdeki duyuşal yapılar olan krista ampullaris ve makulalar, otokist epitelinden türeyerek denge reseptörlerini meydana getirir. Makula gelişimi altıncı haftada başlar, otokoniyal membranlar ise on ikinci haftada tanımlanabilir hale gelir (Standring, 2016). Vestibüler epitellerin gelişiminde Atoh1 geninin duyuşal hücre farklılaşmasında önemli bir rol oynadığı gösterilmiştir (Birmingham vd., 1999). Kristaların ayırt edilebilir hâle gelmesi sekizinci haftada olurken, erişkin şekillerine yirmi üçüncü haftada ulaşır.

Koklear duktus, altıncı haftada gelişmeye başlar. Bu süreçte, kokleanın spiral yapısı belirginleşir. Başlangıçta 1,5 dönüş oluşurken, onuncu haftada bu sayı 2,5 kıvrıma ulaşır (Larsen, 2009). Koklear duktusun terminal bölgesi olan duktus reuniens, vestibüler sistemle bağlantı sağlar. Bu gelişim süreci kokleanın orta-bazal bölgesinden başlayarak apeks yönüne doğru ilerler. Bazal bölge, apeks kısmına göre yaklaşık 1–2 hafta daha erken gelişir.

İşitsel sistemin en önemli yapısı olan Corti organı, yedinci haftada gelişmeye başlar. Gelişim sürecinde epitel tabakası iki kabarıklık hâlinde organize olur:

- Büyük kabarıklık: İç tüylü hücreler ve tektoryal membrana dönüşür,
- Küçük kabarıklık: Dış tüylü hücreleri oluşturur (Bailey, 2011).

Her iki kabarıklıktan ayrıca destek hücreleri gelişir. İç tüylü hücreler, dış tüylü hücrelerden daha önce gelişir ve on birinci haftadan itibaren morfolojik olarak ayırt edilebilir hâle gelir. Bu süreçte Math1 (Atoh1) ve Brn3c gibi transkripsiyon faktörlerinin gelişimi düzenlediği gösterilmiştir (Fritzsche vd., 2011). Destek hücreler, tüylü hücrelerle benzer şekilde organize olur ve yirmi birinci haftada kokleanın her seviyesinde bulunabilir.

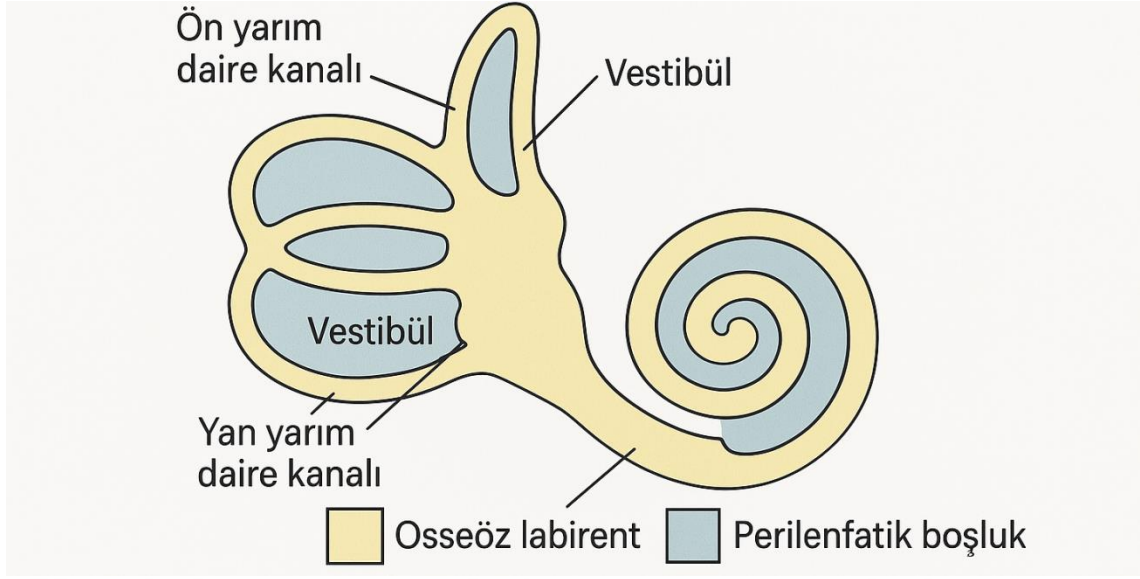
On ikinci haftada, koklear duktus şekil değiştirerek oval yapıdan üçgen forma geçer. Bu aşamada etrafını saran mezoderma doku, kemik yapı olan osseöz labirentin gelişimini başlatır (Moore ve Persaud, 2020; Schoenwolf vd., 2015).

İç kulağın erişkin morfolojisine ulaşması onuncu haftada, erişkin boyutuna ulaşması ise yaklaşık yirminci haftada tamamlanır. Ancak iç kulaktaki bazı yapılar, özellikle endolenfatik duktus ve kese, doğum sonrası döneme kadar gelişimini sürdürür. Bu yapılar üçüncü trimester boyunca gelişmeye devam eden nadir yapılardan olup, erişkin büyüklüğüne genellikle çocukluk döneminde ulaşır (Bailey, 2011).

2.1.2. Osseöz Labirent Gelişimi

İç kulak yapıları arasında osseöz labirent, hem koruyucu bir kılıf görevi görmekte hem de içteki hassas membranöz labirentin doğru bir şekilde desteklenmesini sağlamaktadır. Osseöz labirentin gelişimi, perilenfatik boşlukların oluşumu ile birlikte ilerlerken hem mekanik koruma hem de işlevsel ortamın oluşturulması açısından kritik bir role sahiptir (Bailey, 2011; Sadler, 2012).

Bu süreç, membranöz labirentin gelişimi henüz tamamlanmadan önce, kemik otik kapsül ile membranöz labirenti ayıran bağ dokusunun seçici rezorbsiyonu ile başlar. Rezorbsiyon olayı, embriyonik bağ dokunun bir bölümünün yıkılması yoluyla perilenfatik boşlukların oluşmasına imkân verir (Moore ve Persaud, 2020; Schoenwolf vd., 2015). Bu boşluklar, iç kulaktaki endolenf ve perilenf sıvı sistemlerinin birbirinden ayrılması ve sinyal iletiminin sağlıklı yürütülmesi için vazgeçilmezdir. Şekil 3’de şematik görseli paylaşılmıştır.



Şekil 3. Osseöz labirent ve perilenfatik boşlukların şematik gösterimi

Kaynak: Standring (2016)

Gebeliğin yaklaşık sekizinci haftasında, otik kapsülü oluşturan prekartilaj dokusu içinde küçük vakuoller oluşmaya başlar. Bu vakuoller, ilerleyen süreçte birleşerek genişleyen perilenfatik boşlukları meydana getirir (Standring, 2016; Larsen, 2009). Şekil 2, osseöz labirentin oluşumu sırasında prekartilaj dokudan perilenfatik boşlukların ayrılma sürecini göstermektedir. Gelişim süreci ilk olarak utrikül ve sakkül etrafında başlar; daha sonra dış tarafa ve koklear kanala doğru ilerler. Koklear kanal çevresindeki perilenfatik boşlukların oluşumunda skala timpani bölgesi, skala vestibuli bölgesinden daha erken farklılaşır. Özellikle bazal kıvrımın gelişimi, apikal kıvrıma oranla daha ileri düzeydedir (Moore ve Persaud, 2020).

Bu gelişimsel farklılık, işitsel sistemin frekans ayırma mekanizmasının prenatal dönemde şekillenmeye başlamasına zemin hazırlar. Çünkü bazal bölgeler yüksek frekansları, apikal bölgeler ise düşük frekansları algılayacak şekilde özelleşir (Fritzsche vd., 2011).

Perilenfatik boşlukların oluşumu, yaklaşık yirmi dördüncü gebelik haftasına kadar devam eder. Bu süreç tamamlandığında, iç kulakta membranöz labirent ile osseöz labirent arasındaki perilenf dolu boşluklar net şekilde ayrılmış olur (Şafak, 2014).

Osseöz labirentin hücresel kökeni büyük ölçüde sefalik mezoderm kaynaklıdır; buna ek olarak nöral krest hücrelerinin de az miktarda katkıda bulunduğu gösterilmiştir (Schoenwolf vd., 2015; Riccomagno ve Barald, 2002). Sefalik mezoderm, yalnızca otik kapsülün değil, aynı zamanda iç kulaktaki bazı destekleyici yapıların da temelini oluşturur. Örneğin:

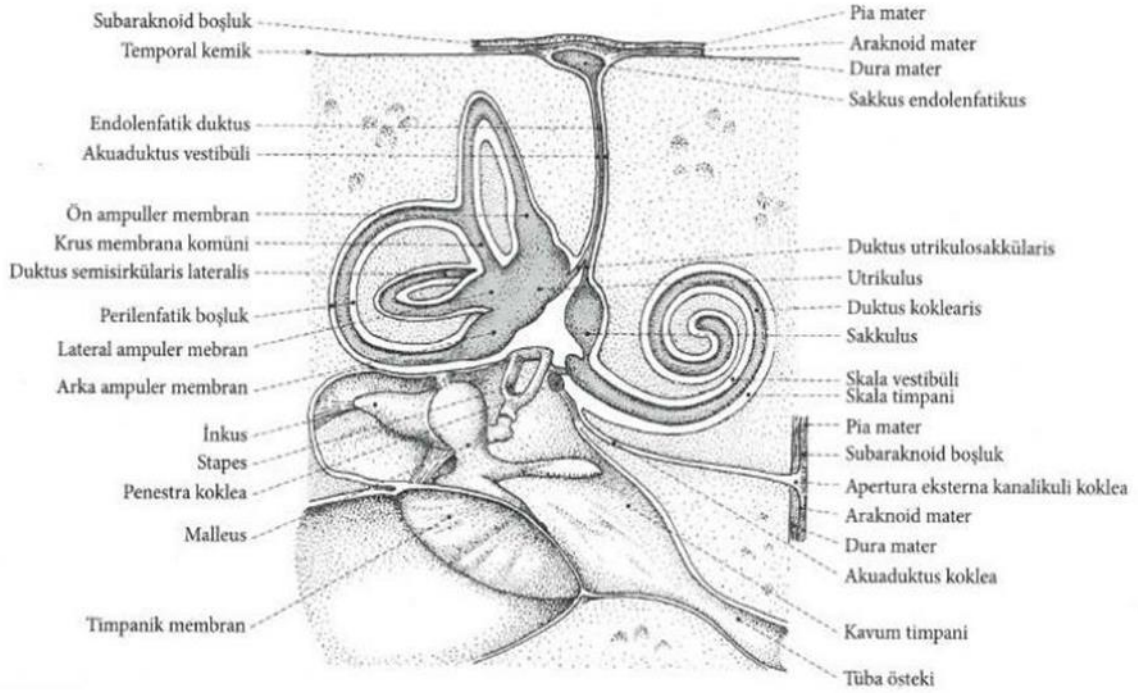
- Baziler membran, koklear duktusun esnek tabanını oluşturur ve işitsel dalgaların iletiminde temel bir rol üstlenir,
- Reissner membranı (vestibüler membran) endolenf ve perilenf arasındaki sıvı dengesini sağlar,
- Stria vaskülaris ise endolenf üretiminden sorumludur ve hem mezodermal hem de nöral krest kökenli hücrelerden oluşur (Standring, 2016).

Stria vaskülaris'in farklı hücresel bileşenleri (marginal, intermediate ve basal hücreler) iç kulağın iyon dengesinin korunması için hayati öneme sahiptir (Bailey, 2011).

Sonuç olarak, osseöz labirentin ve perilenfatik boşlukların gelişimi, sadece yapısal destek sağlamakla kalmayıp, işitme ve denge sistemlerinin fonksiyonel temelini de prenatal dönemde sağlıklı şekilde kurulmasına hizmet eder. Bu yapıların embriyonik gelişim sürecinde herhangi bir aksama, doğumsal işitme kaybı, denge bozuklukları veya labirent kaynaklı patolojilere yol açabileceğinden, gelişim evrelerinin hassasiyeti klinik açıdan büyük önem taşır (Sadler, 2012; Moore ve Persaud, 2020).

2.2. İç Kulağın Anatomisi

İç kulak, işitme ve denge işlevlerinden sorumlu olan kompleks bir yapıdır. Koklea ve vestibüler sistem olmak üzere iki temel bölümden oluşur. Yapısal olarak kemik labirent ve membranöz labirent olmak üzere iki alt sistemden meydana gelir. İç kulağın genel görünümü Şekil 4'te gösterilmiştir (Koç, 2013).



Şekil 4. İç kulak
Kaynak: Koç (2013)

2.2.1. Kemik Labirent

Vestibül, orta kulaktaki medial duvar ile internal akustik kanal fundusu arasında yer alır. Yaklaşık 6 mm uzunluğunda ve 3 mm çapındadır. Medial duvarın arka kısmında yer alan küçük açıklık, vestibüler akuaduktusun başlangıcı olarak kabul edilir. Bu kanal, petröz kemiğin posterior yüzeyine doğru uzanır ve dura mater altında sonlanır. Vestibülün lateral duvarında, stapes tabanı ile kaplı olan fenestra ovale bulunur (Koç, 2013).

Kemik semisirküler kanallar (anterior, posterior ve lateral), iç kulakta birbirine yaklaşık 100° açıyla yerleşmiş üç kanaldan oluşur. Anterior kanal, petröz kemiğin uzun eksenine dik yerleşirken; posterior kanal, kemiğin arka yüzeyine paraleldir. Lateral kanal ise anterior ve posterior kanallar arasında konumlanır (Koç, 2013).

Kemik koklea, vestibülün anteriorunda bulunur ve yaklaşık 2,5 tur sarmal bir yapıdadır. Toplam uzunluğu ortalama 42 mm'dir (Erixon, 2009). Koklea, modiolus adı verilen

süngerimsi bir kemik eksen etrafında spiral yapıda yer alır. Koklear sinir kanalı, basis koklea ile internal akustik kanalın fundusu arasında yer alır ve yaklaşık 1,2 mm uzunluğunda, 2,6 mm çapındadır (Koç, 2013).

2.2.2. Membranöz Labirent

Membranöz labirent, kemik labirentin içinde yer alan, işitme ve denge işlevlerinde görevli hücre ve dokuların oluşturduğu kanal sistemidir. İki sıra hücreden oluşan bu yapı, iç kulaktaki kokleanın en işlevsel bileşenlerini barındırır. Membranöz labirentin kokleadaki uzantısı olan koklear duktus, üçgen biçimli yapısıyla tanımlanır ve şu üç anatomik bölge üzerinden değerlendirilir:

1. Reissner membranı (scala media ile scala vestibuli arasında),
2. Lateral duvar (spiral ligaman, stria vaskülaris, spiral prominens, dış sulkus),
3. Baziler membran ve osseöz spiral lamina (scala media ile scala timpani arasında).

Reissner membranı, embriyolojik olarak otik keseden türeyen ince, yarı geçirgen bir zar olup, scala media ile scala vestibuli arasında bulunur. Medialde spiral limbusun modiolar kenarına, lateralde ise stria vaskülarisin üst bölgesine tutunur (Sadler, 2012). Endolenf bakan epitel hücreleri mikrovilluslarla zenginleşmiştir ve "tight junction"larla sıkıca bağlanmıştır. Bu yapı, endolenfin iyonik kompozisyonunun düzenlenmesinde görev alır (Pickles, 2013).

Spiral ligaman, koklear kanalın lateral duvarını oluşturan ve stria vaskülaris ile spiral prominens arasında konumlanan, bağ dokusu açısından zengin bir yapıdır. Otik kapsülün iç yüzeyiyle sınırlanır. Bu yapı, K^+ iyonlarının geri emiliminde ve endolenfatik ortamın dengelenmesinde kritik rol oynar. Özellikle Na^+/K^+ -ATPaz ve karbonik anhidraz içeren fibroblast benzeri hücreler, iyon homeostazını destekler (Yılmaz ve Akyıldız, 2015; Standring, 2016).

Stria vaskülaris, koklear duktusun lateral duvarında yer alan, yüksek metabolik aktiviteye sahip damar-zengin epitelyal bir yapıdır. Marjinal, intermediate ve bazal hücrelerden oluşan çok katlı bir epitelyal düzen sergiler. Marjinal hücreler endolenf içine potasyum

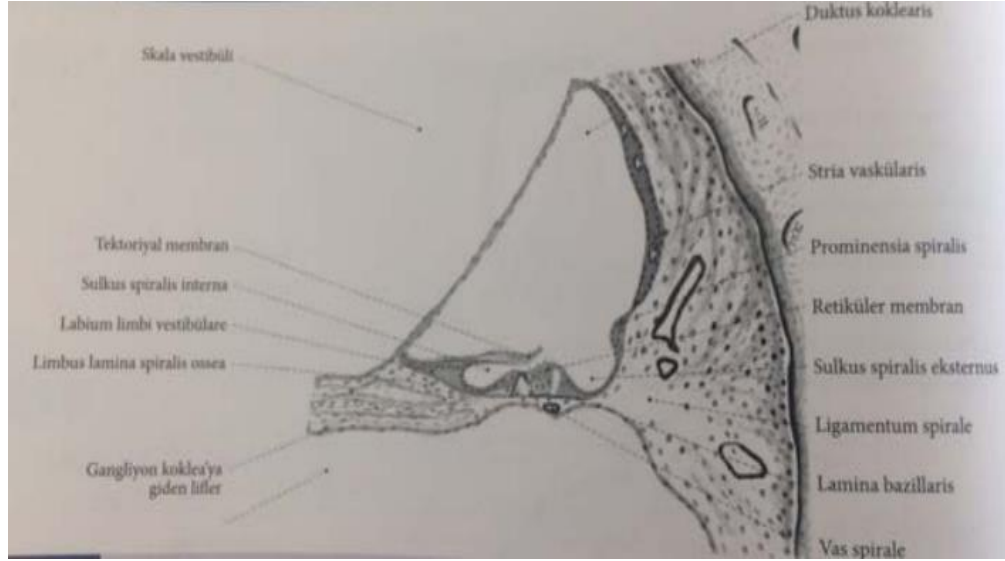
sekresyonundan sorumluyken, intermediate hücreler melanin içerir ve destekleyici fagositik rol üstlenir. Bazal hücreler ise epitelin desteklenmesini sağlar. Stria vaskülaris, kokleadaki elektrokimyasal potansiyelin üretilmesinde temel işlev görür (Pickles, 2013; Cummings, 2010).

Spiral prominens, stria vaskülaris ile baziler membran arasında yer alır ve küboidal hücrelerle örtülü, kılcak damarlar içeren bir bağ doku şerididir. Eksternal sulkus, Claudius hücreleri ile spiral prominens arasında yer alır ve koklear sıvıların taşınmasında yardımcı olan özel hücrelerle kaplıdır (Standring, 2016).

Baziler membran, osseöz spiral laminadan başlayarak spiral bağı kadar uzanır. Tonotopik özellik gösteren bu yapı, yüksek frekansların bazal bölgede, düşük frekansların ise apikal bölgede algılanmasını sağlar. Bu membran, işitsel sinyallerin mekanik titreşimlerinin algılanmasında kritik öneme sahiptir (Pickles, 2013; Sadler, 2012). Ayrıca Corti organı baziler membran üzerinde yer alır ve bu organın metabolik ürünleri baziler membran aracılığıyla perilenfatik boşluklara taşınır (Cummings, 2010).

Claudius hücreleri, baziler membranın endolenfatik yüzeyini kaplar ve skala media ile skala timpani arasında sınır oluşturur. Boettcher hücreleri ise Claudius hücrelerinin altında yer alır, özellikle bazal kıvrımda yoğun bulunur. Bu hücreler, ekstraselüler matriks proteinleri üretmekte ve sıvı-iyon dengesi düzenlemesinde rol oynamaktadır (Yılmaz ve Akyıldız, 2015).

Corti organı, sensöriyel (saç) hücreler ve destek hücrelerden oluşur ve baziler membran üzerinde yer alır. Tektoryal membran, bu organın üstüne doğru uzanır. Corti organı, ses dalgalarını mekanik titreşimlerden sinirsel sinyallere dönüştüren birincil işlevsel birimdir. İç ve dış saç hücreleri, efferent sinir lifleriyle beyin kontrolünde işlev görür (Pickles, 2013). Retiküler lamina, saç hücrelerinin apikal yüzeylerini örten plak benzeri yapıdır. Koklear spiral boyunca Corti organının yapısal bileşenleri farklılık gösterebilir; örneğin apikal bölgede saç hücreleri daha uzundur ve stereosilyumları daha farklı yapıdadır (Standring, 2016). Şekil 5’de Corti organının yapısı şematize edilmiştir.



Şekil 5. Corti organı

Kaynak: Koç (2013)

2.2.3. Sensöryal Hücreler

İşitme sisteminin temel yapı taşlarından biri olan sensöryal hücreler, iç ve dış tüylü hücreler olarak iki ana gruba ayrılır. Bu hücreler, ses dalgalarının mekanik enerjisini elektriksel sinyallere dönüştürerek işitsel algının oluşmasını sağlarlar. Tüylü hücrelerin apikal yüzeylerinde yer alan *stereosilyalar*, bu dönüşümün gerçekleştiği kritik yapılar olarak öne çıkar.

Stereosilya: Kokleanın bazalinden apikaline doğru ilerledikçe, stereosilyaların boylarında ve dizilimlerinde belirgin bir artış gözlemlenir. Bu artış, özellikle dış tüylü hücrelerde lateralden çaprazlama bir düzen oluşturarak "V" veya "W" şeklinde karakteristik dizilimlerle kendini gösterir (Koç, 2013; Pickles, 2013). İç tüylü hücre stereosilyaları ise genellikle üç ya da dört sıra hâlinde, daha kalın yapılıdır ve toplamda yaklaşık 120 stereosilya içerir (Cummings, 2010).

Stereosilyalar, aktin filamentleri içeren rijit yapılardır. Her bir stereosilya, "tip link" olarak adlandırılan ince filamentlerle komşu stereosilyalara bağlanır. Bu bağlantılar, mekanik deformasyonla iyon kanallarının açılmasını sağlayarak *mekanoelektriksel transdüksiyon* sürecinin gerçekleşmesini mümkün kılar (Hudspeth, 2005). Olgun

kokleada vestibüler hücrelerin aksine *kinosilyum* bulunmaz; stereosilyalar yalnızca aktin temelli uzantılardır (Fettiplace, 2017).

Dış Tüylü Hücreler: Üç veya dört sıra hâlinde dizilmiştir ve tektoryal membranla doğrudan temas hâlinindedir. Bu hücreler, "elektromotilite" yetenekleri sayesinde baziler membranın titreşimlerini artırarak işitme hassasiyetini artırır (Ashmore, 2008). Hücre uzunlukları ve stereosilya boyutları, kokleanın apeksine doğru arttıkça uzar. Bazal bölgede 2 µm olan stereosilya boyu, apikal uçta 7 µm'ye kadar ulaşabilir (Pickles, 2013; Koç, 2013).

İç Tüylü Hücreler: tek sıra hâlinde dizilir ve genellikle "J" biçimli bir hat izler. Bu hücrelerin stereosilyaları, modiolustan uzak bir doğrultuda, çift "V" şeklinde düzenlenmiştir. Tektoryal membranla doğrudan temasları yoktur; buna rağmen, işitsel uyarıların nöral kodlamasında asıl rolü üstlenen yapılardır (Hudspeth, 2005; Pickles, 2013). Her iç tüylü hücrede yaklaşık 50-120 adet stereosilya bulunur ve bu yapılar arasında güçlü tip link bağları vardır.

İç Sulkus: Apikal kısımda tektoryal membran ile sınırlanan, spiral limbusun lateral kenarı ile Corti organının medial kenarı arasında kalan açıklığa iç sulkus adı verilir. Morfolojik olarak Claudius hücreleriyle benzerlik gösteren bu bölgedeki hücreler, apikal yüzeylerinde kısa mikrovilluslar içerir ve aralarında tight junction bağlantıları ile hücresel bütünlük sağlanır.

Spiral Limbus: Osseöz spiral laminanın medialinde yer alan, vaskülarize bağ dokusundan oluşmuş bir uzantıdır. Reissner membranının medial kenarı bu yapıya yapışıktır. Spiral limbus üzerinde yer alan ve iç sulkus hücreleri tarafından oluşturulan "Huschke dişleri" olarak adlandırılan kama benzeri çıkıntılar, yapısal desteği artırır. Bu bölgedeki bağ dokusu özellikle tip II kollajen içeren zengin bir ekstrasellüler matrikse sahiptir (Cummings, 2010).

Tektoryal Membran: Corti organının üst kısmında bulunan, ekstrasellüler matriksten oluşmuş jelatinöz bir tabakadır. Spiral limbusun interdental hücrelerine medial olarak

yapışırken, lateral kenarı serbest durumdadır. Bu membranın alt kısmında dış tüylü hücrelerin en uzun stereosilyaları yer alır ve doğrudan temas halindedir (Koç, 2013).

Osseöz Spiral Lamina: Modiolustan çıkan ve baziler membranın medial kenarına yapışık olarak spiral şekilde uzanan kemik bir yapıdan oluşur. Corti organına gelen ve çıkan sinir lifleri için geçiş yolu oluşturur. Lamina, lateral kısmında yer alan kemiğin incelendiği bölgelerde habenula perforata adı verilen deliklerle sinir liflerinin geçişine olanak tanır. Bu sinir lifleri, bu noktada miyelin kılıflarını kaybederek Corti organına ulaşır.

2.2.4. Koklear İnervasyon

Kokleayı inerve eden sinir lifleri üç ana gruba ayrılır: afferent, efferent ve otonom.

Corti organının afferent inervasyonunun büyük bölümü (%90–95), iç tüylü hücrelerden kaynaklanır. Her bir iç tüylü hücreye birden fazla afferent sinir lifi bağlanabilir. Afferent lifler, kokleadan başlayıp beyne uzanırken, ipsilateral olarak orta beyinde yer alan *lateral superior olive*'den gelen efferent sinir lifleri, iç tüylü hücrelerin alt kısımlarında afferentlerle temas eder. Bu efferent lifler, kokleadaki efferent inervasyonun yalnızca yaklaşık %20'sini oluşturur (Koç, 2013).

Dış tüylü hücreler ise doğrudan efferent sinir lifleri tarafından inerve edilir. Bu lifler, kontralateral *superior olive*'in medial kısmından kaynaklanır ve kokleadaki efferent inervasyonun yaklaşık %80'ini oluşturur. Afferent sinir liflerinin yalnızca %5–10'u dış tüylü hücrelerle sinaps yapar. Bu afferentler Corti organında dallanarak birden fazla dış tüylü hücreyle bağlantı kurar (Koç, 2013; Pickles, 2013).

Spiral Ganglion: İç ve dış tüylü hücrelere ait sinir hücre gövdeleri *spiral gangli*onda yer alır. Bu ganglion, kemik kanallar içinde spiral şekilde yerleşmiş nöron gruplarından oluşur ve *Rosenthal kanalı* adı verilen bir yapıda konumlanır. Spiral ganglion içinde, *en passant* efferent sinir lifleri ve miyelinli sinir lifleri yer alır.

Spiral ganglion nöronlarının yaklaşık %90'ı *Tip I* hücrelerdir ve bu hücreler yalnızca iç tüylü hücreleri inerve eder. Kalan %10'luk kısmı oluşturan *Tip II* hücreler ise dış tüylü hücrelerin inervasyonundan sorumludur (Fettiplace, 2017).

2.2.5. Vasküler Yapı

VIII. Kranial sinirle birlikte arterin bir dalı olan labirentinarter, internalakustik meatusa girmektedir. Ana koklear arter ile anterior vestibülerin arterini labirentin arter dalları oluşturmaktadır. İki dal olarak ayrılan ana kokleararter; tepe noktasına doğru giden spiral modiolar arter ve alt bazal koklearın beslenmesini sağlayan vestibülokoklear arter. Koklea; spiral limbus, lateral duvar ve spiral ganglion venüllerinin birleşiminiden meydana gelen spiral modiolar vene drene olur (Cummings, 2010).

2.3. İşitme Fizyolojisi

Ses, fiziksel bir titreşim kaynağının oluşturduğu enerjinin, maddesel bir ortamda moleküller arasında yayılmasıyla oluşan mekanik bir dalgadır. Bu dalgaların hava yoluyla insan kulağına ulaşması sonucu işitme duyusu meydana gelir (Hall, 2015). Başka bir ifadeyle ses, kaynağından çıkan titreşimlerin ortam moleküllerine aktardığı enerjinin, moleküllerin birbirine yaklaşma ve uzaklaşmalarıyla oluşturduğu dalgaların duyuşsal algıya dönüşmesidir (Rossing vd., 2013).

Ses, yalnızca maddesel ortamlarda yayılabilir; çünkü ses dalgalarının iletimi için moleküler etkileşim şarttır. Dolayısıyla ses boşlukta yayılmaz çünkü moleküler iletim gerekmektedir. (Yost, 2007). Genellikle ses kavramı, insan kulağının duyabildiği frekans aralığındaki (yaklaşık 20 Hz–20.000 Hz) titreşimleri tanımlamak için kullanılır. Bu aralığın altındaki sesler infrasonik, üzerindeki sesler ise ultrasonik olarak adlandırılır (Leighton, 2007).

Bir ses kaynağının titreşmesiyle meydana gelen basınç değişiklikleri, hava molekülleri üzerinde bir etki yaratır. Bu etki sonucunda moleküller sıkışır ve genleşir; bu durum bir dalga hareketiyle ilerler. Titreşen kaynağın yüzeyine temas eden hava molekülleri, kaynağın hareketini takip eder. Moleküller arasındaki etkileşim bir zaman gecikmesiyle gerçekleştiğinden, bu hareket zinciri dalga şeklinde ilerler (Kinsler vd., 2000).

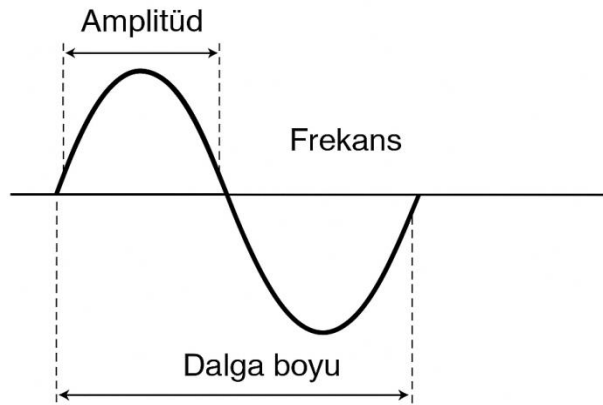
Titreşim yokken ortamda sadece atmosfer basıncı mevcuttur. Bu basınca *statik basınç* adı verilir. Titreşimle birlikte zamana bağlı olarak değişen ek basınç, *ses basıncı* olarak

tanımlanır. Sesin bu özelliği, işitsel analizlerde önemli bir parametre olan *desibel (dB)* kavramının temelini oluşturur (Zwicker ve Fastl, 2013).

Ses dalgaları çoğunlukla sinüzoidal biçimde modellenir ve bu dalgaların üç temel fiziksel özelliği bulunur:

- Frekans (Hz): Bir saniyedeki titreşim sayısını ifade eder ve sesin inceliği veya kalınlığını belirler.
- Amplitüd (genlik): Dalganın maksimum sapma miktarıdır ve sesin şiddetiyle doğrudan ilişkilidir.
- Dalga boyu (λ): Ardışık iki tepe (ya da çukur) noktası arasındaki mesafedir. Ortamın yoğunluğu ve sesin yayılma hızı bu değeri etkiler (Fletcher ve Munson, 1933).

Bu üç parametre, sesin fizyolojik ve psikolojik algısını doğrudan etkileyen temel belirleyicilerdir (Rossing vd., 2013). Şekil 6 da sinüs dalga modeli gösterilmiştir.



Şekil 6. Sinüs dalga modeli

Kaynak: Belgin (2015)

Oluşan ses dalgalarının kulağa iletililip buradan beyinde bulunan işitsel merkezde işlenmesi sonucu ortaya çıkan duruma işitme denilmektedir. Fizyolojik bir durum olan işitmenin oluşması için ses dalgalarının Cortiorganına iletilmesi gerekmektedir. Bu durum “conduction” olarak adlandırılır. Oluşan ses enerjisinin Corti organında elektriksel impulslara dönüşmesine ise “transdüksiyon” adı verilmektedir. İç tüylü hücreler ve dış tüylü hücrelerde bulunan elektriksel impulslar, kendisiyle alakalı sinir liflerini uyarırlar.

Böylelikle oluşan enerji Corti organında frekans ve şiddetine göre kodlanmış durumda olur. Buna “neuralcoding”adı verilir. Bu impulsların tek tek serebral kortekste işlenip yorumlanmasına “cognition” veya “association” denir (Akyıldız,2002).

2.3.1. Kokleanın Elektrik Potansiyelleri

Kokleada mevcut olan dört ayrı tip potansiyel vardır. Bunlar; İstirahat potansiyeli, koklear mikrofoni, aksiyon potansiyelleri ve birikim potansiyelleridir.

İstirahat Potansiyeli: Kokleada bir uyarım gerçekleşmediği durumda bile mevcut olan elektrikli potansiyeldir. Kokleada iki tip istirahat potansiyeli mevcuttur ve bunlardan biri intrasellüler potansiyeldir. Potansiyeli -60 mV değerinde olup tüy hücrelerinin iç bölümlerinden ölçülür. Kısaca Corti organı etrafını saran sıvıya kıyasla 60 mV negatif bir değerdedir. Konu olan ikinci potansiyelin adı ise endokoklear potansiyeldir. Scala mediada bulunan endolenfinperilenfe kıyasla +80 mV’ luk farklı bir gerilimi vardır. Böylelikle bir tüy hücresi zarında oluşan potansiyel fark dışı ile içi arasında 150 mV dolaylarındadır.

Koklear Mikrofonik: Elektrotların yuvarlak pencereye yerleştirilmesiyle ölçümü gerçekleştirilen, oluşan işitsel uyarılara tepki olarak oluşan potansiyellerdir. Bu potansiyeller uyarının dalga formunu yansıtmış olur. Örnekle ifade edecek olursak kulağa saf ses verildiğinde yerleştirilen elektrottan, verilen sese uygun sinüzoidal bir dalga formu elde edilmektedir. Oluşan bu elektrikli tepkiye Wever-Bray fenomeni denilmektedir. Koklear mikrofonik oluşumu dış tüylü hücrelerinden kaynaklanmaktadır. İlaçlardan kaynaklanan ototoksisite durumunda veya doğumsal anomaliler neticesinde, tüy hücrelerindeki harabiyet sonucu koklear mikrofonik de kaybolmaktadır.

Aksiyon Potansiyelleri: İşitme sinirinde bulunan aksiyon potansiyellerinin kayıt işlemleri yuvarlak pencere veya kokleadan sağlanabilir. İç kulakta oluşan işitsel uyarım iletim dalgası oluştuktan sonra elektrikli gerilimlere dönüşüm gerçekleştirir. Bu dönüşümle bir grup işitme sinir liflerinde aksiyon potansiyelleri meydana gelmektedir. Bir sesteki kaynaklanan uyarımın beyine kadar iletilmesinde görev alan taşıyıcı nöronların toplam aksiyon potansiyelleri işitme sinirinde oluşan o andaki aksiyon potansiyeline eşittir. Bazı

frekanslarda eşik şiddetinde verilen uyarının az bir sayıda nöronları aktive ettiği bu sebeple toplam potansiyelin de küçük olduğu ifade edilmiştir. Bir başka elde edilen sonuç da uyarının şiddeti arttıkça belli bir nöron grubunu uyardığı ancak, uyarının şiddeti daha da arttıkça nöron sayısındaki katılımın daha fazla olduğu şeklindedir.

Birikim Potansiyelleri: Oluşan şiddetli veya orta derecede olan işitsel uyarılarda endolenfatik gerilimler arası pozitif yahut negatif direkt etki eden akımlar oluşabilmektedir. Kokleadaki ses iletim dalgalarının en büyük olduğu kısımdan birikim potansiyelleri elde edilir. İç tüylü hücreler birikim potansiyellerinin kaynağı olarak düşünülmektedir (Belgin, 2015).

2.4. Saf Ses Odyometrisi

İşitme kaybını tanımlarken en çok kullanılan temel araç odyometre cihazıdır. Şekil 7’de gösterilmiştir.

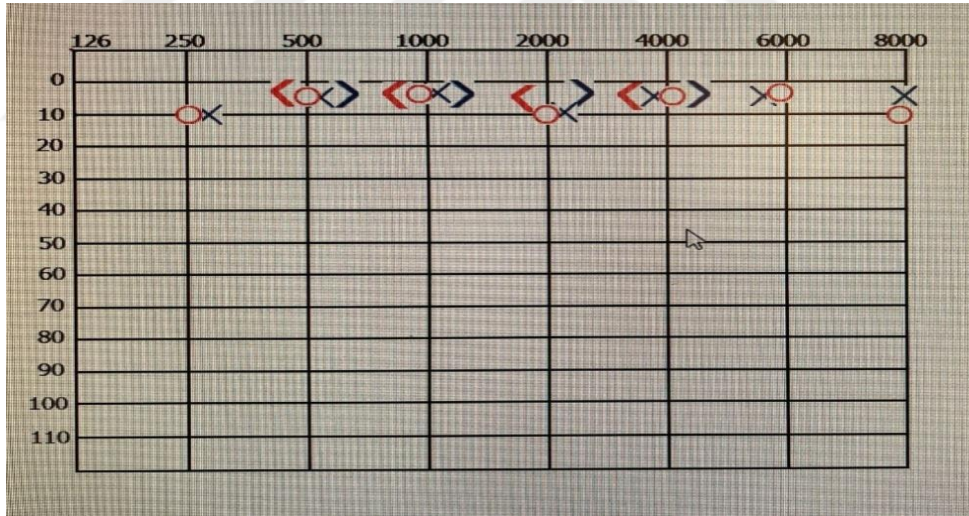


Şekil 7. Klinikte kullanılan saf ses odyometre cihazı görseli

Odyometre cihazı belirli temel bileşenlerden oluşmaktadır. Sesin üretimini sağlayan bir cihaz olup, uyarının enerjisinin azaltmak ya da arttırmak gibi seçenek sağlayan bir kontrol mekanizmasına sahip olup ek olarak kulaklıklardan meydana gelir. Odyometre

cihazları, genellikle 125 ile 12000 Hz. arasında sinyal üretimi sağlarlar. 20000 Hz. e kadar ilerleyen yüksek frekansa sahip odyometre cihazları da mevcuttur. Odyometre cihazlarında saf ses uyararı, warble uyararı, beyaz gürültü gibi hastaya göre seçilecek seçenekler sunmaktadır. Yapılan odyolojik değerlendirmede, kişiye özgü spesifik tercihler kullanılmalıdır. Belirlenen farklı şiddet ve frekans seviyelerinde iletilen sesler için kişinin; sunulan zamanın %50 sinde doğru cevap olarak kabul edilen en düşük şiddet seviyesi işitme eşik seviyesi olarak kabul edilmektedir (Hall ve Mueller, 1997).

Saf ses odyometri testinde işitme kaybı derecesi hava yolu ile işitme kaybı tipi kemik yolu ile belirlenir. İşitme kaybı derecesini belirlediğimiz hava yolu işitme eşikleri genellikle standart olan TDH-39 kulaklıklar ile uygulanmaktadır. Test ölçümü yapılan kliniklerde genellikle 125 ile 8000 Hz. arasında olan frekanslar baz alınarak ölçüm sağlanmaktadır. Şekil 8’de normal işitmeye sahip bir odyogram örneği gösterilmiştir.

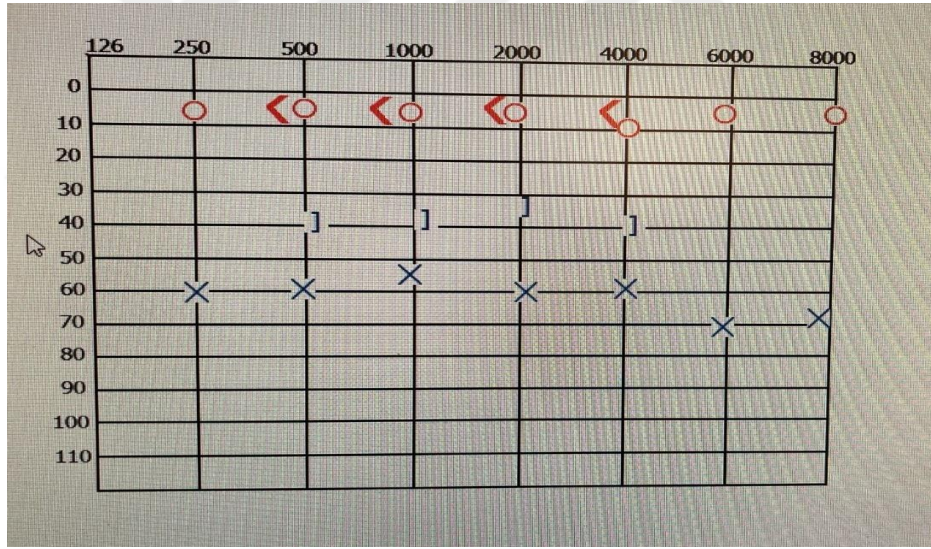


Şekil 8. Normal işitmeye sahip odyogram grafiği

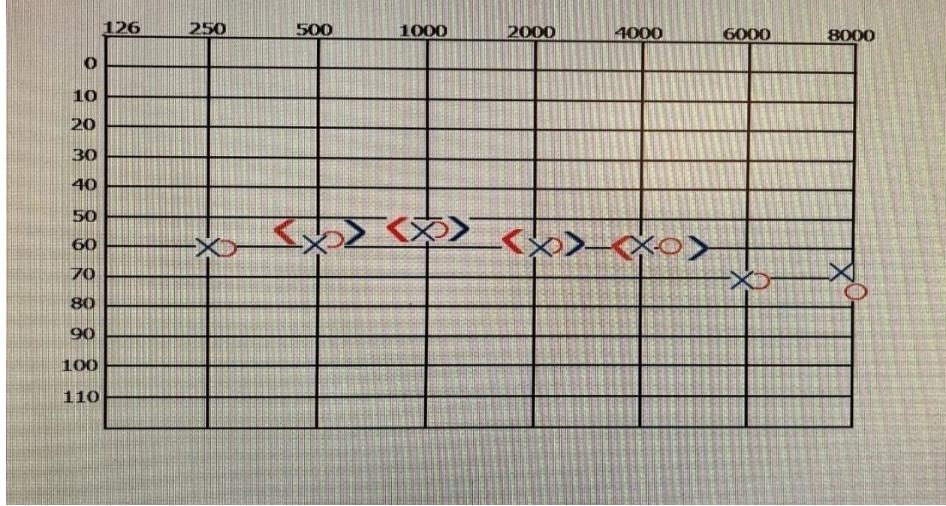
İşitme testine hastanın işitmesinin daha iyi olduğu kulaktan başlanması gerekmektedir. Başlangıç olarak 1000 Hz. frekans seçilmelidir. Her iki kulak için ayrı ayrı değerlendirme yapılarak işitme eşikleri belirlenir. Belirlenen eşiklerin gösterildiği grafiğe ise *odyogram* adı verilmektedir (Belgin, 2015; Hall ve Mueller, 1997; Stach, 1998). Kemik yolu işitme eşik seviyesi belirlenirken genellikle Radio Ear B71 veya B72 tercih edilmektedir. Kemik

yolu işitme eşik seviyeleri dört frekansı içeren 500 Hz. ile 4000 Hz. arasındaki frekanslarda bakılabilir. Kemik yolu vibratörü odyometre cihazı ile beraber olup mastoid kemik üzerine yerleşim sağlanarak ölçüm yapılır. Yerleştirilen bu vibratör ile kafatasında oluşan titreşimler kokleaya iletilir (Belgin, 2015; Stach, 1998).

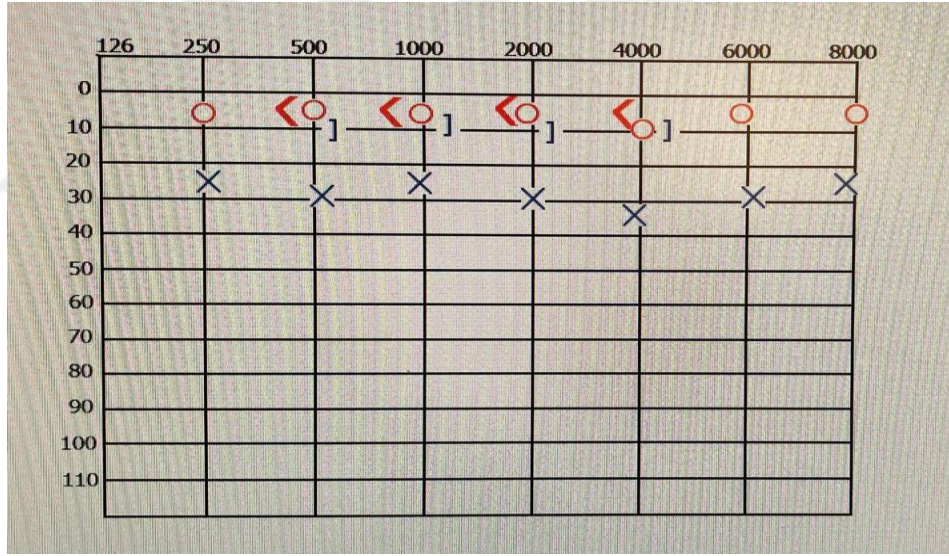
Hava yolu işitme eşikleri ve kemik yolu işitme eşiklerinin 20 dB 'den daha iyi olması ve aynı zamanda iki eşik arasında 5dB'i aşan gap ortaya çıkmasına iletim tipi işitme kaybı adı verilirken, hava yolu işitme eşikleri ve kemik yolu işitme eşikleri 20 dB'den daha kötü olup ve hava kemik gapı var ise mixt tip işitme kaybı adı verilir. Hava yolu ve kemik yolunda gap olmadığı ve oluşan işitme eşiğinin 20 dB 'nin altında kaldığı duruma ise sensorinöral işitme kaybı olarak ifade edilir (Stach, 1998). Şekil 9,10 ve 11'de odyogram tipleri gösterilmiştir.



Şekil 9. Sağ kulak normal işitme, sol kulak mixt tipte işitme odyogram grafiği.



Şekil 10. Bilateral sensörinöral işitme kaybı gösteren odyogram grafiği.



Şekil 11. Sağ kulak normal işitme, sol kulak iletim tip işitme kaybı odyogram grafiği

İşitme kaybında eşik belirlendikten sonra sınıflaması 500 Hz, 1000 Hz. ve 2000 Hz. frekanslarının aritmetik ortalamasıyla belirlenir (Belgin, 2015). Tablo 1’ de işitme düzeyleri gösterilmiştir.

Tablo 1. İşitme düzeyleri

Saf Ses Ortalaması (dB)	İşitme Kaybı Derecesi
-10-15 dB HL	Normal işitme
16-25 dB HL	Çok hafif derecede işitme kaybı
26-40 dB HL	Hafif derecede işitme kaybı
41-55 dB HL	Orta derecede işitme kaybı
56-70 dB HL	Orta- ileri derecede işitme kaybı
71-90 dB HL	İleri derecede işitme kaybı
91 ve üzeri dB HL	Çok ileri derecede işitme kaybı

Saf ses odyometritesti, teste uyumluluk gösteren çocuk hastalarda ve yetişkin hastalarda kolaylıkla yapılmaktadır. Tanısal değerlendirme için davranışsal testlerle güvenilirlik desteklenmelidir. Yapılan testlerde başarısızlık ile sonuçlanan hasta bireylerde, kooperasyon sağlayamayan çocuk hastalarda, zekâ geriliği olan ya da başka patoloji saptanan hasta grubunda ve fonksiyonel işitme kaybı tanılamada objektif test yöntemleri tercih edilmelidir. Şekil 12’de test yapılış şekli gösterilmiştir.



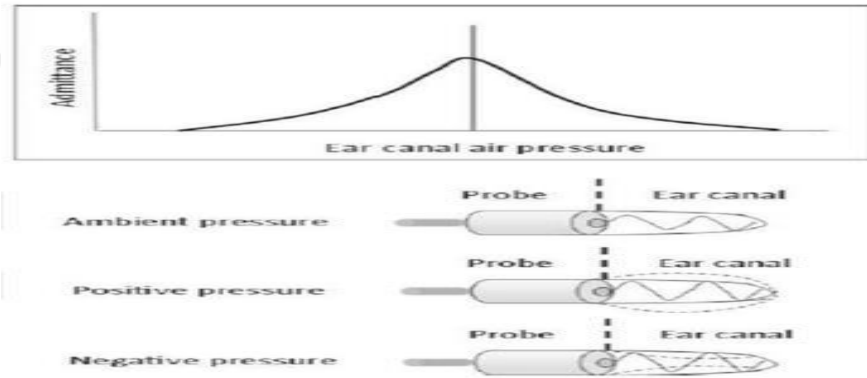
Şekil 12. Saf ses odyometri testinin yapıış görseli

2.5. Timpanometri

Timpanometri, dış kulak kanalı basıncının değıştirilmesi ile ortakulak sisteminin direnç ve geçirgenliğinin değeriendirilmesi esasına dayanan testtir. Timpanometri ilk olarak Terkildsen ve Thomsen tarafından 1952 yılında tanıtılmış olup, orta kulak fonksiyonunun invaze olmayacak şekilde, kısa sürede ve ekonomik olarak değeriendirilmesine imkân sunan bir testtir (Katz, 2002).

Dış kulak kanalına iletilen ses enerjisine ortakulağın gösterdiği bir direnç mevcuttur. Bu dirence akustik impedans denilir. Verilen ses enerjisinin orta kulaktaki geçirgenliğine ise akustik admittans denilir. Günümüzde kliniklerde kullanılan cihazlar akustik admittansı ölçmektedir (Belgin, 2015; Katz J, 2015).

Bu test dış kulak yolu girişine bir prob yardımıyla 226 Hzde seçilen 85dB’lik bir basınç seviyesi (SPL) ile uyaran gönderilerek yapılır. Yerleştirilen bu prob içinden gönderilen ses dış kulak yolundan başlayıp kulak zarına doğru iletimi sağlanır. Zar ve kemikçikler gönderilen uyarının etkisinden dolayı hareket etmeye başlar. Yayılan bu ses enerjisinin bir kısmı emilime uğrarken bir kısmı da geri yansır. Probun içindeki manometre denilen basıncı ölçen hortum aracılığı ile +200’daPa (dekapascal) ve -400 daPa arasında oluşan bir basınç değişimi gözlenmektedir. Yansıma sağlayan bu ses enerjisi ise hassas bir mikrofon yardımı ile toplanarak ölçümü sağlanır. Sağlıklı bireylerde ses enerjisi büyük ölçüde geri yansır. Bu mikrofonla tespit edilen enerji geçişi bir grafik yardımı ile şematize edilir. Bu grafiğe timpanogram denilir. Timpanogramın oluşturduğu eğrinin tepe noktasındaki amplitüd ve tepe oluşturan basınçtan elde edilen veriler odyolojik değerlendirmede son derece önem arz eder. Timpanometride elde edilen normal amplitüd değerleri ise: 0,3-1,6 ml ya da 0,35-1,4 ml, elde edilen normal tepe basıncı ise -100 ile +50 daPa arasında olmalıdır (Katz J, 2015; Kırkım, G., 2015). Şekil 13’te değişen hava basıncının dış kulak kanalı ve timpanik membran üzerindeki etkileri gösterilmiştir.



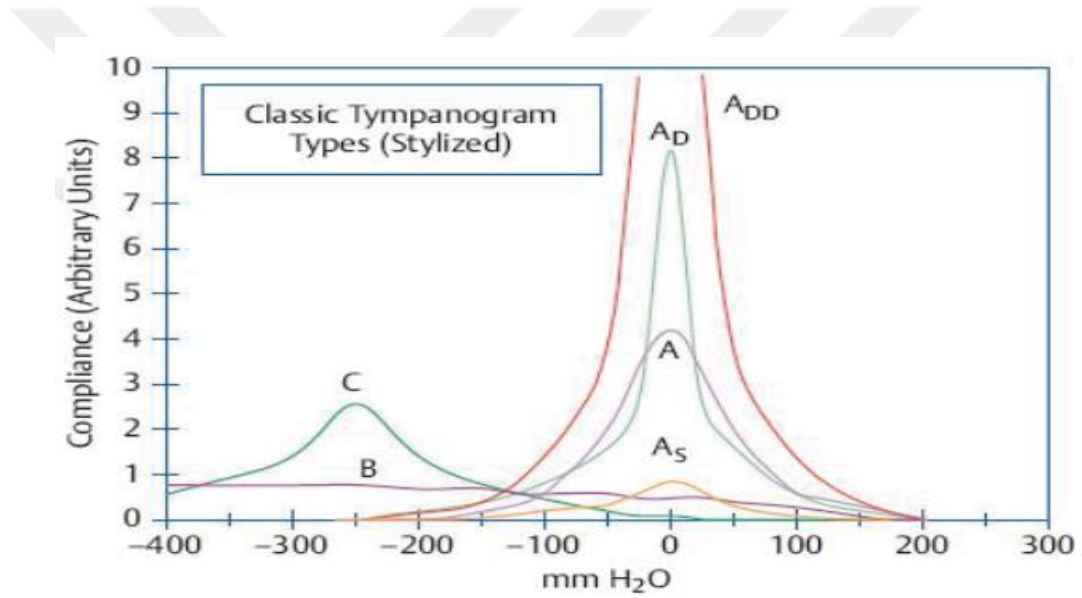
Şekil 13. Değişen hava basıncının dış kulak kanalı ve timpanik membran üzerindeki etkileri

Kaynak: Hunter (2015)

Timpanogramları sınıflandırmak odyolojik değerlendirmede kolaylık sunmaktadır. Yapılan bu sınıflandırmada en fazla tercih edilen ve kullanılan yöntem (Jerger, 1970) tarafından tanımlanarak kullanılmıştır.

Timpanometri; dış kulak yolunun hacmi, timpanik membranın bütünlüğü, hareketliliği ve esnekliği, orta kulağın genel durumu, kemikçik zincirinin durumu hakkında bilgiler verir (Kırkım, 2015).

Timpanometri sonuçlarının grafiğe aktarılmış şekline timpanogram adı verilir (Jerger, 1970). tarafından sınıflandırılan beştip (A, As, Ad, B, C) timpanogram mevcuttur (Kırkım, 2015; Jerger, 1970). şekil 14'te gösterilmiştir.



şekil 14. Jerger'in (1970) klasik 220 Hz (226 Hz) timpanogram türlerinin stabilize edilmiş örnekleri

Kaynak: Jerger (1970)

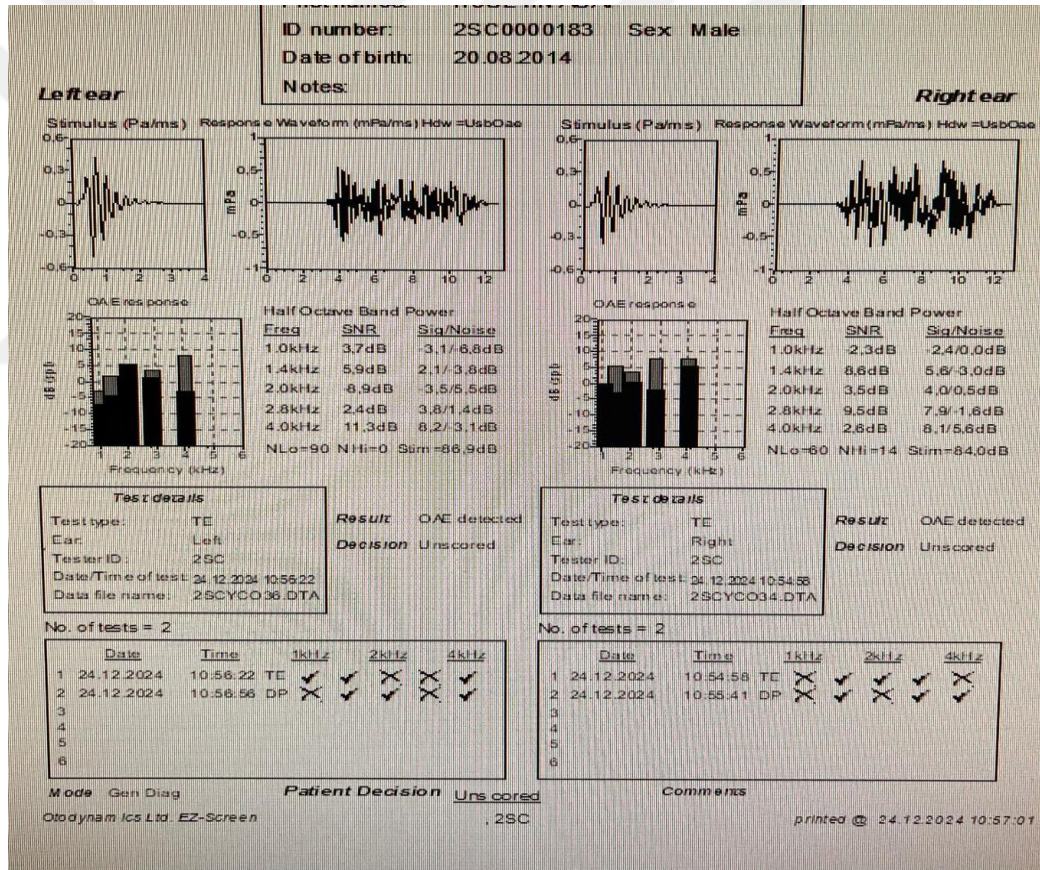
Tip A timpanogram bir patoloji olmayan sağlıklı bireylerden elde edilen timpanogramdır. Normal admitansa ve tepe basıncına sahiptir. Her zaman tip A olan timpanogramlar kişinin sağlıklı olduğunu göstermez sadece elde edilen işitme testini desteklemek için veya patoloji saptamak için önemlidir. Tip A dışı normalin üstünde olan yüksek admitans değerini gösterirken, tip As normalin altında olan düşük admitans değerini göstermektedir. Tip A timpanograma örnek olarak oskleroza ve otitis media da verilirken. Tip Ad timpanograma örnek olarak timpanik membranda oluşan bir harabiyeti ifade edebilir. Timpanogramda tepe noktasını bulunmayan tip Add ise kemikçik zincir kopukluğuna örnek teşkil edebilir. Tip B timpanogram ise genellikle kulakta sıvı olduğunda, buşon varlığında, prob tıkanmış olduğunda veya timpanik membranın perforasyonunda da görülebilir. Tip C timpanogram elde edildiğinde ise basıncı negatife kayan (-100 daPa'dan daha fazla olan), admitansı normal değerler içerisinde bulunan timpanogram tipidir (Hunter, 2015; Martin ve Clark, 2003; Gelfand, 2016). Şekil 15'te timpanometrik ölçüm görseli gösterilmiştir.



Şekil 15. Timpanometrik ölçüm görseli

2.6. Otoakustik Emisyon

Otoakustik emisyonlar (OAEs), kokleadaki dış tüylü hücrelerinin hareketi ile oluşan, dış kulak yolunda kaydedilebilen ve kokleada üretilen ses dalgalarıdır (Pınar ve Şan, 2021). Otoakustik emisyonlar periferik işitsel değerlendirme için önemlidir. Otoakustik emisyonlar, objektif olarak yenidoğanların işitme taramasının yapılmasını kolaylaştırmıştır. Yapılan çalışmalar, otoakustik emisyonların kokleanın "aktif süreç" ya da "koklear amplifikatör" özelliği ile ilişkili olabileceğini göstermiştir (Manley, Fay ve Popper, 2008). Şekil 16'da yapılan bir otoakustik ölçüm sonuç ekranı gösterilmiştir.



Şekil 16. Klinik OAE Ölçüm Sonucu

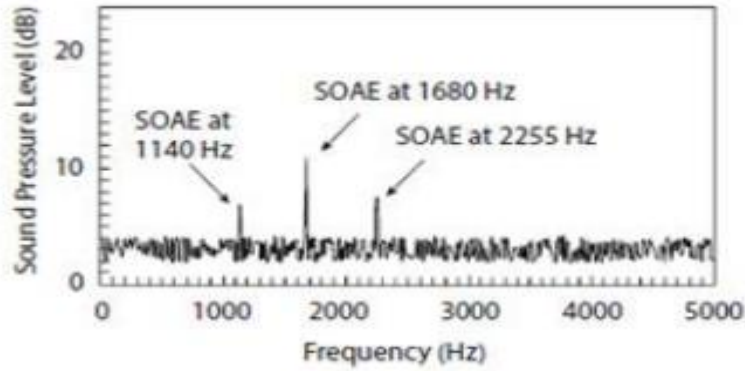
Bu testin amacı; işitmenin objektif değerlendirilmesi, dış saçlı hücrelerin fonksiyonunun belirlenmesi, retrokoklear veya koklear patolojilerinin ayırıcı tanısıdır (Sennaroğlu vd., 2018).

2.6.1. Otoakustik Emisyon Tipleri

Otoakustik emisyonlar ikiye ayrılır. Herhangi bir uyarı yokluğunda spontan otoakustik emisyonlar (SOAEs) kaydedilir. Uyarılmış (evoked) otoakustik emisyonlar (EOAEs) kulağa akustik bir stimülasyonun verilmesi ile ölçülür (Katz vd., 2015).

2.6.1.1. Spontan Otoakustik Emisyonlar (SOAEs)

Spontan otoakustik emisyonlar akustik uyarı olmadan koklea tarafından üretilen sinyallerdir. Sağlıklı kulakların yarısından çoğunda görülürler. Erişkinlerde ölçülen SOAE'lar 1-3 kHz frekans bölgesinde yoğun şekilde elde edilir. Fakat 500- 9000 Hz. frekansları arasında spontan emisyonlar gözlemlenmiştir. Genellikle, sensörinöre işitme kaybı 30dBHL'in üzerinde olan frekans bölgelerinde spontan emisyonlar görülmez (Bess veHumes,2008). SOAE'lar normal kulakların yarısında ölçülebilir olduğundan, faydalı bir test değildir. Bir kulakta SOAE olması diğer kulakta da olma ihtimalini artırır (Pınar ve Şan, 2021). SOAE'lar genellikle -10 ile +20 dB SPL arasında değişmektedir. Şekil17'de OAE görseli paylaşılmıştır.



Şekil 17. Spontan otoakustik emisyon örnek görseli

Kaynak: Gelfand (2016)

2.6.1.2. Uyarılmış Otoakustik Emisyonlar (EOAEs)

Uyarılmış otoakustik emisyonlar, stimölasyonla kulaktan yayılan seslerdir. Üç tip uyarılmış otoakustik emisyon vardır:

2.6.1.3. Stimulus Frekans Otoakustik Emisyonlar (SFOAEs)

Bu tip emisyonlar, düşük şiddette uzun süre sabit sesli uyaran verilmesi ile ortaya çıkar. Frekansa özgü olmasına rağmen, sesli uyaran uzun süre ve sabit olacak şekilde verildiğinden cevaplarla sesli uyarının farklı algılanması zordur (Sağıroğlu vd., 2014). Bu emisyon türü bazı nedenlerden dolayı uygun bir klinik araç değildir. Bu sebeple, klinik açıdan önemli olan diğer iki uyarılmış OAE önemlidir. Geçici uyarılmış otoakustik emisyonlar (TEOAEs) ve bozulma ürünü otoakustik emisyonlar (DPOAEs) klinik açıdan önemli iki uyarılmış otoakustik emisyon tipidir (Gelfand, 2016). SOAE'ların aksine, uyarılmış otoakustik emisyonlar hızlı basit güvenilir ve objektif olduğu için önemli bir klinik test aracıdır (BessveHumes,2008). Uyarılmış OAE'ların önemli yönü, normal işiten kişilerin kulaklarında bulunması ve koklear disfonksiyonu olan kişilerde cevabın azalması veya olmamasıdır (Lonsbury-Martin vd., 1995).

2.6.1.4. Transient (Geçici) Otoakustik Emisyonlar (TEOAEs)

Geçici uyarılmış otoakustik emisyonlar (TEOAEs) klik veya toneburstuyaran verilmesiyle oluşur. Klik uyaran geniş bir frekans spektrumundadır ve bu sebeple baziler membranın büyük bir kısmını uyarır. Geçici uyarılmış otoakustik emisyonlar, birbirini izleyen klik uyarılar arasındaki kısa aralıklarda kaydedilmekte ve her klik uyarıdan sonra latans denilen bir gecikme ile oluşmaktadır. Geçici uyarılmış otoakustik emisyon cevabı, kokleayı uyarmak amacı ile kullanılan uyara bağlıdır. Uyaran TEOAE kaydı yapılmadan kontrol edilmelidir. Klik uyarının anlık bir yükselme/düşme süresi olmalı ve hızlı olarak bitmelidir. Klik uyaran aynı zamanda kulak yolunda yaklaşık 1000- 4000 Hz. arasında değişen bir spektruma sahip olmalıdır, dış saçlı hücreler sağlıklı ise bu aralıkta bir yanıt alınır. Ancak TEOAE'lar 4000- 5000 Hz'e kadar kaydedilebilir (Kramer ve Brown, 2019). Test sırasında klik uyarıyı iletmek ve cevabı kaydetmek için bir prob kullanılır. Prob, dış kulak yolunun içine sabitlenir. Klik uyarılar, çoğunlukla yaklaşık 80-

85 dB seviyesinde verilir. Mikrofondan uyarının çıkışı, genellikle 20 ms'lik bir süreçte sinyal ortalaması alınarak sağlanır. Klik uyarın geniş spektrumlu olması nedeniyle, yanıt spektrumu da geniştir. TEOAE testinin diğeri bir önemli yönü de cevabın tekrarlanabilir olmasıdır. Emisyon varsa, dış saçlı hücrelerinin frekans bölgesinde işlev gördüğü düşünülür (Stach, 2010). Aynı zamanda, emisyonların tekrarlanabilir olma oranı %80'den büyük olmalıdır (Sennaroğlu vd.,2018). TEOAE'lar genellikle seviye, tekrarlanabilir yüzdesi veya sinyal gürültü oranı (SNR) olarak değerlendirilir (Katz vd., 2015). SNR6'dan büyükse emisyon var olarak kabul edilir (Kramer ve Brown,2019). TEOAE'nun seviyesi genellikle dB SPL olarak belirtilir. İki kaydın birbiriyle ne kadar tutarlı olduğu tekrarlanma yüzdesi ile anlaşılır. TOAE'lar, tüm sağlıklı kişilerde (yeni doğanlar da dahil) elde edilebilir. Cevaplar bebeklerde daha büyüktür. Ototoksik ilaç, gürültü veya hipoksi nedeniyle oluşan koklear kaynaklı işitme kayıplarında TEOAE'lar azalmış veya yoktur. 30-50dB HL'den daha fazla olan sensorinöral işitme kayıplarında TEOAE yanıtları kaydedilmez. İletim tipi patolojilerde, TEOAE cevabını etkileyebilir. Sonuç olarak, TEOAE yeni doğan işitme tarama programlarında önemli bir klinik araç olmuştur. Ancak, TEOAE'lar akustik tümörlerle ilgili faydalı bilgiler vermez. TEOAE, koklear ve retrokoklea rpatolojileri ayırt etmede ABR ve akustik refleks ile birlikte değerlendirildiğinde önemli bilgiler verir (Pınar ve Şan, 2021). Sensorinöral işitme kaybı olan kişilerde emisyon değerlerinin normal sağlıklı kişilere kıyasla önemli ölçüde azaldığı görülmektedir (Bonfils ve Uziel, 1989).

2.6.1.5. Distortion Product Otoakustik Emisyonlar (DPOAEs)

Kokleada üretilen ve uyaranda olmayan, bozulma ürünleri ismi verilen ek sesler vardır (Kramer ve Brown, 2019). DPOAE'lar, eş zamanlı olarak kulağa uygulanan iki saf ses uyarını ölçer. Saf sesin frekansları genel "f1" ve "f2" ($f_1 < f_2$) olarak ve sesin şiddetlerine denk gelen seviyeleri "L1" ve "L2" olarak belirtilir. F1 ve f2 frekansa yakın olduğunda, iki saf ses uyarının baziller membran üzerindeki etkileşimi, saf sesin frekansları ile aritmetik olarak ilişkili diğeri ayrı frekanslarda koklea tarafından farklı bir frekansta ses çıkışı (örneğin $f_2 - f_1$, $2f_1 - f_2$, $3f_1 - 2f_2$, $2f_2 - f_1$) ile sonuçlanır (Katz vd., 2015). En iyi yanıt, $2f_1 - f_2$ denklemiyle elde edilen frekansta meydana gelir (Stach, 2010).

Distortion product otoakustik emisyonlar farklı uyaranlardan etkilenir. En iyi DPOAE'ların, f_2 1000-4000 Hz arasında olduğu ve frekanslarının oranı (f_2/f_1) 1,22 olduğu zaman elde edildiği görülmektedir. Ayrıca DPOAE, iki saf ses şiddet seviyesinden (L_1 ve L_2) etkilenir ve genellikle $L_1=65$ dB SPL ve $L_2=55$ dB SPL gibi L_1 , L_2 'den 10 dB daha yüksek olacak şekilde verilir (Gelfand, 2016). DPOAE'lar, tipik olarak 1000-6000 Hz. frekans aralığında kaydedilir. Frekans taraması tekrarlanarak, arka plan gürültüsü yeteri kadar azaltılıp emisyonlar ortaya çıkıncaya kadar cevaplar sinyal ortalaması alınarak kaydedilir. Genellikle SNR 6 dB'den büyük ise kayıt elde edilir. DPOAE'ları oluşturmak için 4-5 kez tarama yapılması gerekir. DPOAE kaydının analizi, tipik olarak DPOAE' nun amplitüdüne ve/veya DPOAE' nun saf ses uyaran özelliklerine (Örn; f_1 ve f_2 için sırasıyla 65 ve 50 dB SPL) bakılmasını içerir (Kramer ve Brown, 2019). Uyaranının şiddet seviyesinin artması ile DPOAE' nun amplitüdü artar. Ayrıca, DPOAE' lar frekansın bir fonksiyonu şeklinde elde edilebilir. Bu özelliklere göre ikitip DPOAE ölçümü vardır. Bunlar; DPOAE I/O fonksiyonu ve DP-gramdır. DPOAE I/O fonksiyonu, DPOAE amplitüdünün belirli bir frekansta (F_2 veya F_1 ve F_2 'nin geometrik ortalaması olarak verilir) uyaran seviyesinin bir fonksiyonu olarak ölçülmesiyle elde edilir. DP-gramise, uyaranın aynı seviyelerde (Örn; 65 dB SPL'de L_1 ve 55 dB SPL'de L_2) bir dizi frekansta (F_2 veya F_1 ve F_2 'nin geometrik ortalaması) elde edilir. Yani, frekansın bir fonksiyon göstergesi olarak DPOAE amplitüdü gösterilir (Gelfand, 2016). DP amplitüdünün >-10 olması gereklidir (Sennaroğlu ve ark. 2018). DPOAE'ların sağlıklı kulaklarda bulunduğu ve koklear patolojileri olan kulaklarda olmadığı kabul edilir. DPOAE' ların 40 dB' den daha fazla işitme kaybı olan kişilerde bulunmaması beklenir. Diğer otoakustik emisyonlarda olduğu gibi, DPOAE 'lar da orta kulak patolojilerinden etkilenir ve bu sebeple DPOAE' lar olmadığında iletim tipi patolojilere dikkat etmek gerekir. Bu nedenle ölçüm öncesinde timpanometri yapılması gereklidir. Normal DPOAE'ların varlığı, dış saçlı hücrelerinin fonksiyonunun kanıtıdır. Orta veya ileri derece desen sörinöral işitme kaybı olan bir kişi de DPOAE'lar alınıyorsa, işitme kaybının retrokoklear patolojilerden kaynaklanabileceği düşünülür (Kramer ve Brown, 2019). Ani işitme kayıpları ile ilgili yapılan bir çalışmada ise, işitmenin düzelmesiyle DPOAE yanıtlarının normal düzeylerde elde edildiği gösterilmiştir (Schweinfurth vd., 1997). Tinnitusu olan kişilerin DPOAE yanıtlarının ölçülmesi, özellikle ileri yaşlılarda işitme

fonksiyonunun değerlendirmesi amacıyla yapılmalıdır (Ozimek vd., 2006). Şekil 18 de klinik oae ölçümü gösterilmiştir.



Şekil 18. Klinik OAE ölçüm görseli

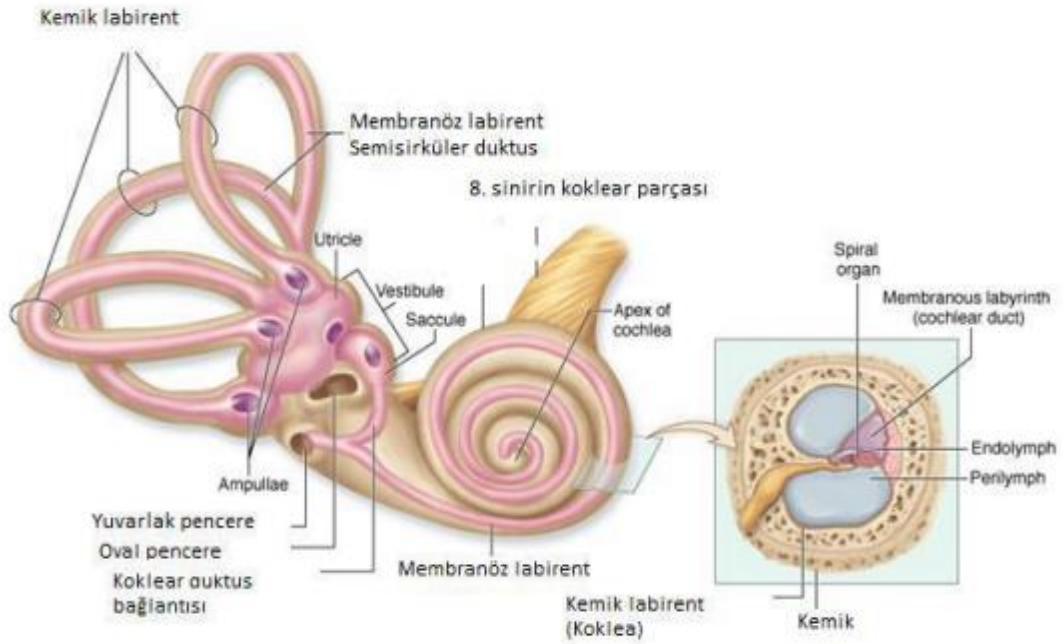
2.7. Vestibüler Sistem Anatomi ve Fizyolojisi

İnsanlarda gelişen ilk duyuşal sistem vestibüler sistemdir. Vestibüler sistem oluşumu rahimde 49.günde tamamlanma gösterir. Gebeliğin 12. ve 24. Haftalarında ise Labirent ve çekirdekler arasında oluşan nöral bağlantılar gerçekleşir. Trimester tamamlanıp doğum olduğunda gelişim tamamlanmış olup olgunlaşma ile devam eden süreç başlamış olur (Nandi, 2008) Vücudumuzun homeostatik dengesini sağlayan üç sistem mevcuttur. Bunlar; Vestibüler Sistem, Vizüel Sistem ve Proprioseptif Sistemdir. Vestibüler sistem bir duyuşal sistem olup, uzaysal pozisyonumuzu ve yerçekimi girdilerinin iletilmesini sağlamaktadır. Vestibüler sisteme gelen bu hareket girdileriyle beraber proprioseptif ve vizüel sinyallerde içerir. Bu girdiler, vücut koordinasyonu ve göz takibi için motor

komutları üretilip yöneten “vestibüler nükleer kompleks” adı verilen merkezi işlemci tarafından sağlanır (Herdman, 2014) Vestibüler sistem, periferik vestibüler sistem ve santral vestibüler sistem olarak iki grupta incelenebilir.

2.7.1. Periferik Vestibüler Sistem

Periferik vestibüler yapılar iç kulak kemik ve zar labirent olarak yerleşim göstermektedir. Zar labirentin içinde endolenf sıvısı yer alırken, kemik ve zar labirentin arasında ise perilenf sıvısı yer alır. Denge ile ilgili anatomik yapılar kemik labirentte yer alır. Bunlar ise; üç adet bulunan semisirküler kanal (SSK) ve vestibüldür. Vestibülünde içinde bulunan yapılar ise; membranöz yarım daire kanalları, otolit organlar, endolenfatik kese ve kanaldır (Lysakowski, 2010). Şekil 19’da periferik vestibüler sistem anatomisi gösterilmiştir.



Şekil 19. Periferik Vestibüler Sistem Anatomisi

Kaynak: Parnes (2003)

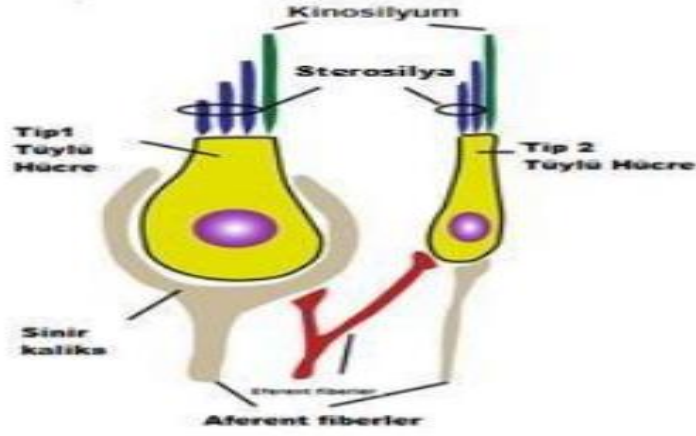
2.7.1.1. Kemik ve Zar Labirent

Kemik labirent üç bölümden oluşur. Bunlar; koklea, semisirküler kanallar ve vestibüldür. Kemik labirentin oluşumunun büyük kısmı kemik dokudan oluşur. Zar labirent ise kemik labirente paralel şekilde devam eder. Kemik labirentin 1/3 kısmını zar yapılar oluşturmaktadır. Zar ile kemik labirentin arasını Na^+ (sodyum) iyonundan zengin ve hücreler arası sıvıyla benzerliği olan perilenf adı verilen sıvı bulunur. Zar labirentin içinde ise K^+ (potasyum) iyonundan zengin ve bu özellikle intraselüler sıvıyla benzerliği olan endolenf adı verilen bir sıvı bulunmaktadır. Endolenfin oluşumu stria vaskularisteki salgısal hücrelerden ve dark hücrelerden oluşum göstermektedir. Perilenfin oluşumu ise kısmi olarak beyin omurilik sıvısı (BOS) ve kandan oluşum gösterdiği düşünülmektedir (Topuz, 1997)

2.7.1.2. Tüy hücreleri

Semisürküler kanalların ve tüy hücrelerinin ampullasına yerleşim gösteren ve fiziksel baş hareketlerine duyarlı olup bu hareketlere göre sıvılardaki yer değişimini algılayan ve oluşumu sinirsel bir uyarıma dönüştüren sensör yapılarıdır.

Tüy hücreleri krista ampullaris adı verilen yapının üzerinde birbirleriyle sıkı bir şekilde bağlı halde bulunurlar. Utrikül ve sakkülde bulunan tüy hücreleri ise makula olarak isimlendirilen bir yapının içinde yerleşim göstermektedir. Bu yerleşim yerindeki her bir tüylü hücrenin scarpa ganglionunda mevcut olan afferent bir nörona innerve edilmektedir. Alanda yaklaşık olarak 10.000 duyu hücre yan yana olacak şekilde yerleşim sağlamaktadır. Bu tüylü hücrelerdeki sinir fibrilleri scarpa ganglionunu oluşturmaktadır. 40-70 kadar stereosilia ile bir adet kinosilyum ise tüy hücrelerinin serbest yüzeyinde bulunmaktadır (Yüksel, 2015; Hızal, 2015) Şekil 20’de görsel paylaşılmıştır.



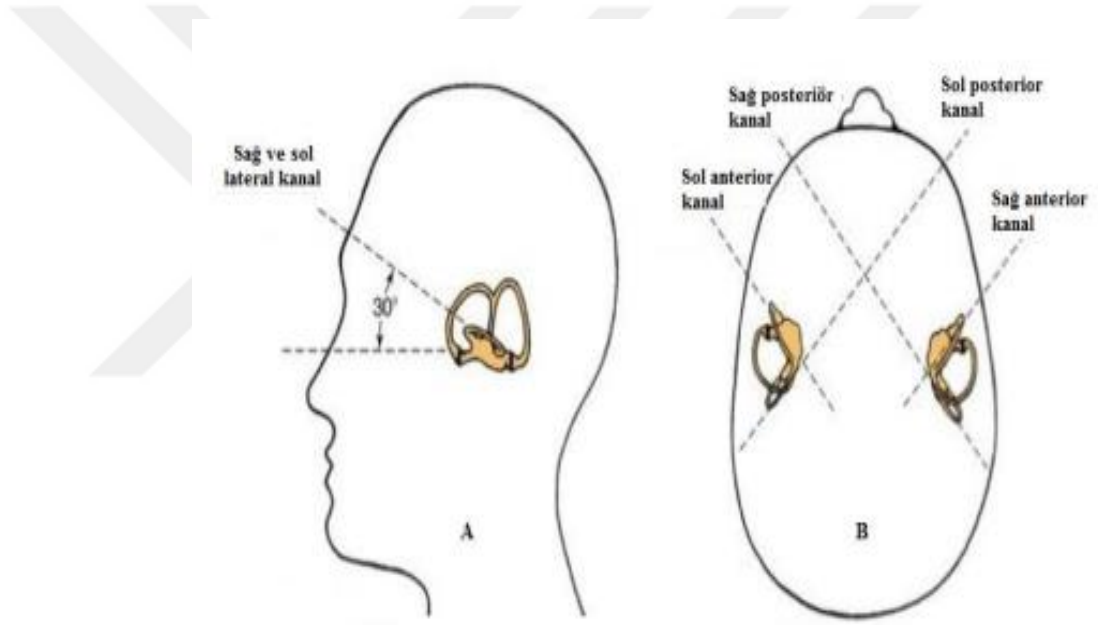
Şekil 20. Vestibüler Reseptör Hücrelerin Yapısı, Tip 1 ve Tip 2 Tüylü Hücreler, Stereosilya ve Kinosilyum Dizilimleri

Kaynak: <https://entokey.com/hair-cell/>

2.7.1.3. Semisirküler Kanallar (SSK)

Semisirküler kanalların (SSK) kafa içindeki yerleşimleri şekildeki gibi konumlanmıştır. Lateral SSK yatay düzlem şeklinde 25-30 derece açı oluşturular. Sağ lateral SSK, sol lateral SSK ile sağ posterior SSK, sol anterior SSK ile; sol posterior SSK ise sağ anterior SSK ile birbirine paralel şekilde düzlemlerde oluşmuştur (Hızal, 2015). Bu kanallardan her biri 0.8 mm çapında olup yaklaşık bir dairenin 2/3'ü kadardır. Her bir kanalda ampullasız biten ve ampulla olarak biten 2 ucu mevcuttur (Bansal, 2012). SSK'larda bulunan ampulla ve ampullasız her bir uç utrikul ile bağlantılı şekildedir. Ampulla, şişkin bir yapıda olup kanalların sonunda bulunur. Superior SSK ve posterior SSK'nın ise ampullasız uçları birleşim göstererek common crus olarak isimlendirilen bir segment oluşturur (O'Reilly, 2020). Hem otolit üzerinde hem ampulla üzerinde mevcut olan tüy hücreleri, baş pozisyon hareket değişiminden oluşan mekanik enerjiyi nöral iletilere dönüştürmektedir (Herdman, 2014). Her kanalda kupula olarak isimlendirilen bir yapı içerisinde krista ismi verilen demet şeklinde tüy hücresi kanal boyunca devam etmektedir.

Oluşan bu tüy hücresinin de uzun, kalın ve tek bir kalın tüyü mevcuttur ve buna da kinosilyum denilmektedir. Kinosilyumun ise daha küçük ve dar tüyler mevcuttur, buna da stereosilia denir. Mevcut olan bu silyumlar daha uzun silyumlar ile filament denilen yapılarla birbirlerine bağlanırlar. Bu tüy hücrelerinin aksonları olmayıp ve sinir hücrelerinin presinaptik bölgelerde VIII sinir ile sinaptik bağlantı göstermektedir. Stereosilianın, kinosilyuma yaklaşıp ve uzaklaşma aktivasyonu tüy hücresinde depolarizasyon ve hiperpolarizasyona sebep olur. Bu oluşum sinirsel iletimin başlangıcıdır (Araman, 2024). Şekil 21’de SSK’ların konumları gösterilmiştir.



Şekil 21. Semisirküler kanallardan lateral (a), vertikaller (b) konumları

Kaynak: Gündüz (2015)

2.7.1.4. Otolit Organlar

Otolit organ utrikul ve sakkulden meydana gelmektedir (O'Reilly, 2020).

Sakkül

Ufak keseye benzeyen sakkül, ön tarafta bulunan recessus sphericus çukurunda yer almaktadır. Sakkülün alt bölümü ile Ductus reuniens koklear kanala bağlantı oluşturmaktadır. Utrikul, sakkül ve ductus utriculosaccular birbirine bağlantı göstermektedir. Ductus utriculosaccular bu bağlantı yoluyla endolenfatik kanal aracılığı ile endolenfatik kesede son erer. Sakkülden devam eden ductus endolymphaticus kanalı sonrasında sacculus endolymphaticus adı verilen kesede son bulur. Bu kese endolenf sıvısı emiliminin gerçekleştiği yerdir (Hornibrook, 2021). Sakkülün tüylü hücrelerinden meydana gelen makulası ve bunun hazırlanacağına beraber destek hücreleri mevcuttur. Makula, kalsiyum karbonat kristalleri içeren jelatinöz bir yapıdadır ve tüylü hücrelerin silyaları içerisine doğru uzanmaktadır. Oluşum gösteren bu kristallere otokoniyalar denilmektedir. Makulayı ikiye bölen striola denilen bir hat mevcuttur ve bu hattın her iki tarafındaki tüylü hücreler farklı taraflara yönelim göstermektedir. Tüylü hücrelerdeki kinosilyumlar, sakkülde bulunan strioladan uzak şekilde yerleşim göstermektedir. Baş pozisyonuna bağlı bir taraf uyarılırken diğer taraf inhibe olmaktadır. Sakkülün makulası aşağı-yukarı olan hareketlere daha duyarlı oluşum göstermektedir (McCall, 2017).

Utrikül

Horizontal yerleşim gösteren utrikül, doğrusal yatay hareketlere duyarlı olmakta, sakkül ise doğrusal dikey hareketlere duyarlılık göstermektedir (Piker EG, 2015). Utrikül ve sakkülü ortadan ikiye bölen yapısal bölge striola olarak isimlendirilmektedir. Striolanın her iki kısmındaki tüylü hücreler birbirlerine ters olarak yerleşim göstermektedir. Utrikülde bulunan tüylü hücrelerin kinosilyumu striolaya doğru yerleşim gösterirken, tam tersi olarak sakküldeki tüylü hücrelerin kinosilyumu ise striolanın dışına doğru yerleşim göstermektedir. Striola yapı olarak kavisli bir alana sahiptir ve bundan dolayı utrikül ve

sakkül yapılarından birisi uyarıldığında diğesinde inhibasyon görölmektedir (Schubert, 2008).

2.7.1.5. Vestibüler Sinir

Tüylü hücrelerin etrafında mevcut olan sinir uçları sayesinde alınan veriler farklı şekillerde birleşim göstererek sinir liflerini ve vestibüler siniri meydana getirirler. Anterior SSK ile lateral SSK ampullaları ve utrikülün maküla kısmından kaynaklanan lifler, superior vestibüler siniri meydana getirirler. Posterior SSK ampullası ve sakkülün maküla kısmından kaynaklanan lifler ise birleşim göstererek inferior vestibüler siniri oluştururlar. Utrikül ve SSK kaynaklı lifler, Sakkül kaynaklı liflere göre sayıları daha fazladır (Fife, 2010; Van De Graaff, 2001).

Superior ve inferior vestibüler sinirlerin kokleadan uzanan koklear sinirle birleşmesi sonucu ise vestibülokoklear sinir adını almaktadır. Vestibülokoklear diğeri adı ile “VIII. kranial sinir” ya da “statoakustik sinir” şeklinde isimlendirilir. Kısaca işitme ve denge siniri olarak nitelendirilebilir. VIII. Sinir, fasiyal sinirle birlikte vestibüler çekirdeklere uzanmaktadır. Bu oluşan sinirler belirli bir seyir de olup, arka-üstte bulunan superior vestibüler sinir, arka-altta bulunan inferior vestibüler sinir, ön-altta bulunan koklear sinir ve ön-üstte bulunan fasiyal sinir yerleşim göstererek gerçekleşmektedir. Benzeyen şekilindeki dizilim vestibüler çekirdeklerde de mevcuttur. Burada ise SSK’dan gelen sinir lifleri, sinirin rostral yarısında gözlenirken, sakkülden ve utrikülden gelişim gösteren sinir lifleride kaudal yarısında yer almaktadır (Fife, 2010; Van De Graaff, 2001).

Tüylü hücrelerin çevresinde vestibüler nöronlara ait ilk sıradaki uçlar burada bulunmaktadır. İkinci sıranın uçları da serebellum ve vestibüler çekirdeklere kadar ilerleyen bipolar nöronları meydana getirmektedir. ‘Scarpa ganglionu’ adı verilen vestibüler ganglionlarda ise vestibüler nöronların gövde kısımları yer almaktadır. Birçok vestibüler sinir lifleri oluşum gösterirken vestibüler çekirdeklerle sinaps yapmazlar. Sinaps yapmadan bazı lifler mevcut olup direkt şekilde beyin sapında bulunan retiküler çekirdeklere ve bazı lob çekirdeklerine ulaşırlar. Vestibüler çekirdeklerde son bulan lifler ilk olarak retiküler çekirdekler olacak şekilde beynin bazı bölgelerine ulaşım gösteren ikinci sıra bulunan nöronlar ile sinaps yaparlar. Konu olan bu özel bölgeler ile bağlantı

kurulmasıyla denge, kas, aktivite sırasında görme alanının bozulmaması gibi konularda destek sağlanmış olur (Fife, 2010; Van De Graaff, 2001).

2.7.2. Santral Vestibüler Sistem

Santral vestibüler sistemde bilgiler, vestibüler çekirdek ve serebelluma ulaşım göstermektedirler.

2.7.2.1. Vestibüler Çekirdekler

Vestibüler çekirdeklerin bulunduğu yer, 4. ventrikül tabanı ve medulla ile pons arasındaki kısımda yer almaktadır. Her iki tarafta bulunan çekirdekler; inferior, superior, lateral ve medial olarak 4 adet bulunmaktadır. Farklı yerlerden uyarımı oluşturulan vestibüler çekirdekler, Superior vestibüler çekirdeğe uyarım SSK kristaları ile uyarım sağlanırken serebellum kaynağıdır; Lateral vestibüler çekirdekte, uyarım SSK kristaları, spinal korddan ve utrikul makulası tarafından sağlanmaktadır. Medial vestibüler çekirdekte ise uyarım SSK kristaları, serebellum, retiküler formasyon ile utrikul makulasından, inferior vestibüler çekirdeğe; utrikul makulası, sakkul makulası ve serebellumdan uyarım sağlanmaktadır (Konukseven, 2012).

2.7.2.2. Serebellum

Vestibüler sinir tarafından gelen uyarıların çoğu vestibüler çekirdeklerde sonlanırken bir kısmı da serebelluma ulaşım göstermektedir. Serebellumda bulunan flokulonodüler loblar, dinamik denge uyarıları ile bağlantılı olup özelleşmiş durumdadır. Bu özellikli yapılarda oluşan herhangi bir hasar durumu SSK da gelişen bir hasar durumu ile aynı benzerlikleri göstermektedir (Jafarov S., 2017).

2.8. Santral Vestibüler Sistem Fizyolojisi

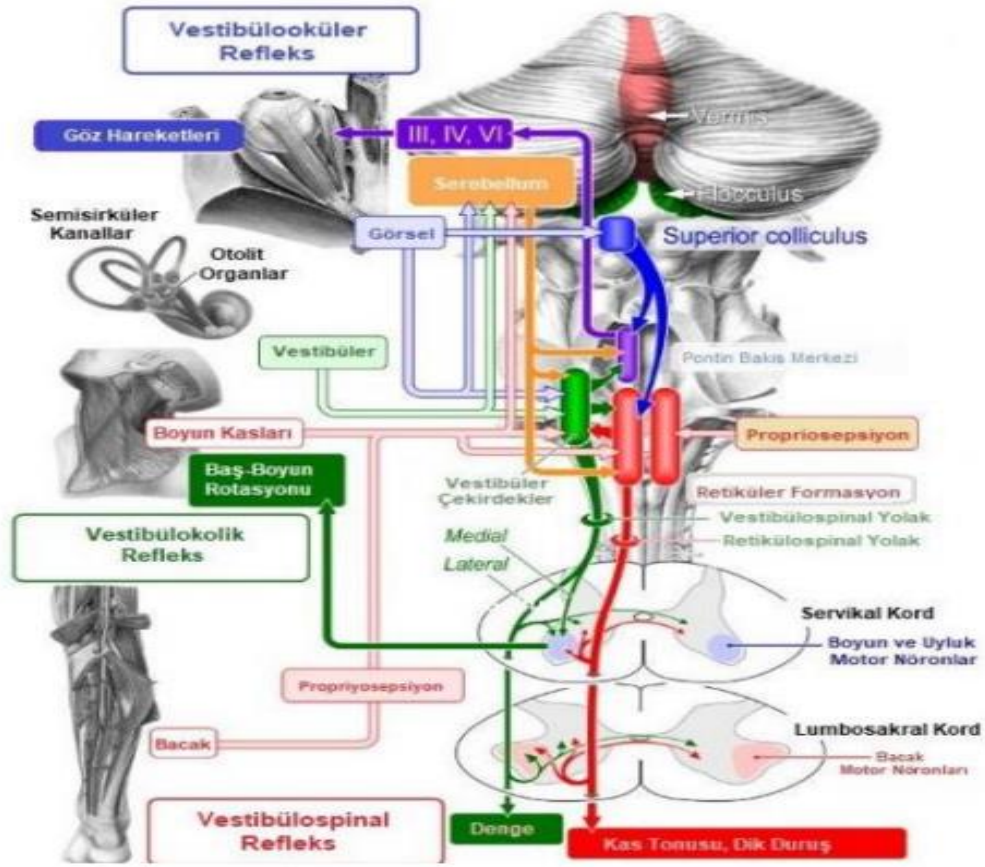
Labirentten iletilen uyarıların işleme sağlandığı yer vestibüler çekirdeklerdir. Serebellum oluşan bu sistemdeki yapıları denetleyerek düzenleme sağlar. Bu sistem üzerinde ince ayar yapar ve denetler (Ardıç, 2019)

2.8.1. Vestibüler Refleksler

Dengenin oluşturulması ve devamında korunması için vestibüler reflekslerin önemi büyüktür. Vestibüler refleksler, periferik vestibüler sistemden alınan uyarımların santral vestibüler sisteme aktarılarak burada işlenmesi sonucu ortaya çıkan oluşan motor verilerdir.

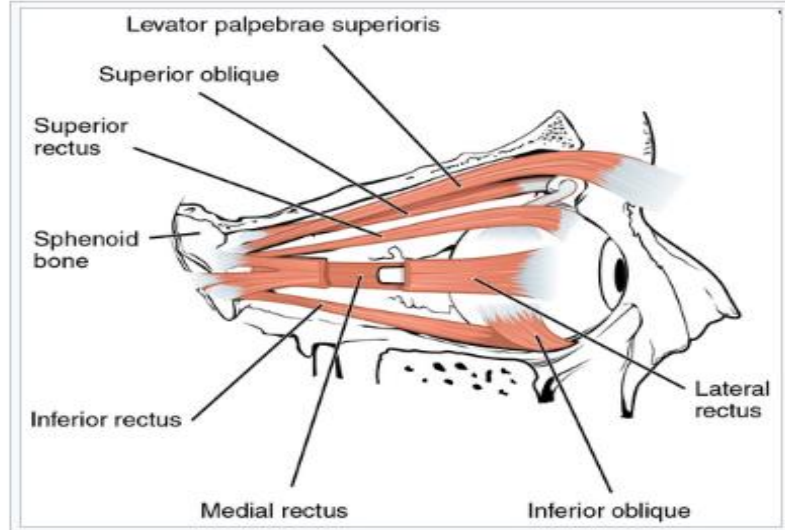
2.8.1.1. Vestibulo-Oküler Refleks

Vestibulo-Oküler Refleks yani kısaca VOR olarak ele aldığımız bu refleksteki amaç oluşan görüntülerin baş pozisyonuna rağmen foveada stabilizasyonunu oluşturmaktır (Güney, 2014). SSK ile pozisyon değişikliğinde gözler ile baş hareketi yönünde aynı yön ve ters yön olmak üzere sinyal gönderirler. VOR'u ise bu sensör yapılara istinaden kanal oküler ve otolit oküler refleks olarak iki başıkta incelemek mümkündür (Hızal, 2015). Kanal oküler refleks, uyarılan SSK doğrultusunda gözlerinde aynı düzlemde hareket etmesidir. Vertikal SSK uyarıldığında, uyarılar önce ipsilateral superior vestibüler çekirdeğe, daha sonra da kontralateral okülomotor çekirdeğe ulaşım sağlarlar. Bu ulaşım sonucunda, kontralateral inferior oblik kasları ile ipsilateral superior rektus kası kasılır. Bu kasılma sonucu gözler torsiyonel şekilde dönmeye başlar. Lateral SSK uyarıldığında da ipsilateral medial vestibüler çekirdeğe, devamında kontralateral abducens çekirdeğe ve ipsilateral okülomotor çekirdeğe ulaşım gösterir; ipsilateral medial rektus ve kontralateral rektus kasları kasılma göstererek gözlerin karşı yöne hareket etmesi sağlanmış olur. Oluşan bu durum patolojik bir olay sonucunda oluşuyorsa papilla hareketi okülomotor sistemin sınırına ulaşarak yavaş fazı oluşturur. Yavaş faz sonrası santral sistem aktifleşerek gözleri orta hatta alarak hızlı fazı oluşturur. Bu durumda nistagmus oluşmuş olur (Ardıç, 2019). Şekil 22'de vestibüler yollar ve refleksler, Şekil 23'te ekstraoküler kaslar ve Şekil 24'de göz hareketleri ile ilgili ekstraoküler kaslar gösterilmiştir.



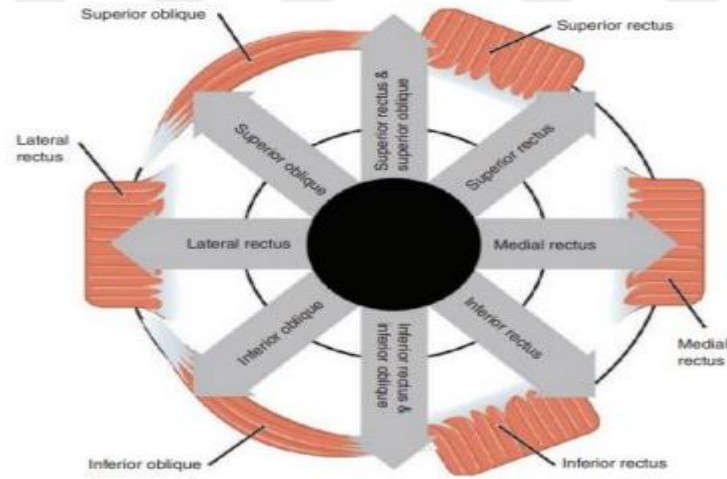
Şekil 22. Vestibüler yollar ve refleksler

Kaynak: Takakusaki (2017)



Şekil 23. Ekstraoküler kaslar

Kaynak: https://tiplopedi.com/index.php/M._rectus_superior



Şekil 24. Göz hareketleri ve ilgili ekstraoküler kaslar

Kaynak: Albernaz (2019)

2.8.1.2. Vestibulo-Spinal Refleks

Vestibulo-Spinal Refleks, pozisyon farklılığına bağlı postür değişikliği esnasında vücudun stabilizasyonunu sağlamaktadır. Yer çekimi ivmesine karşı çalışan çoğu kasın kasılmasını ve sonrasında gevşemesini sağlayan vestibulo-spinal refleks, lateral vestibüler nükleus, lateral vestibülospinal yoldan; medial vestibüler nükleus medial vestibülospinal yoldan oluşum gösterir (Ardıç, 2019).

2.8.1.3. Vestibulo-Kolik Refleks

Vestibulo-kolik refleks, başın stabilizasyonunu otolit organlardan ve semisirküler kanallardan gelen bilgilerle boyun kaslarına ileterek meydana getirmektedir (Flint, 2014). Servikal somatosensöryel, vestibüler ve vizüel sistemler arasındaki yakın olan bağlantı ile serviko-kolik ve serviko-oküler refleksler meydana gelmektedir. Bu oluşan refleksler kaynak olarak boyun refleksi afferentlerinden oluşur. Bu oluşum neticesinde postüral stabilizasyonla beraber baş ve göz hareket koordinasyonu içinde görev alırlar (Ardıç, 2019).

2.9. Vestibüler Sistem Değerlendirilmesi

Vestibüler sistem değerlendirmelerinde ilk denemeler hayvanlar üzerinde gerçekleştirilmiştir. Yaklaşık olarak 20. Yüzyılın başlarında deney yapılmaya başlanan hayvanlarda ilk olarak iç kulakta harabiyet oluşturulmuş daha sonrasında gözlenme sağlanarak ilk veriler elde edilmiştir (Gerçeker, 2014).

2.9.1. Vestibüler Fonksiyon Testleri

Vestibüler sistemi değerlendirirken birçok etmen göz önünde bulundurulur. Değerlendirmede kriter; göz hareketleri, oluşan motor tepkiler ve postür durumudur. Vestibüler sistem değerlendirmesinde kullanılan testlerin kaynak temeli uyarılmış olan baş hareketlerinden oluşur. Vestibüler testleri uygularken özelleşmiş cihazlar ve testlerle değerlendirme sağlanır. Değerlendirmede kullanılan bu testlerin yapılma nedenleri ise 3 maddede ifade edilebilir;

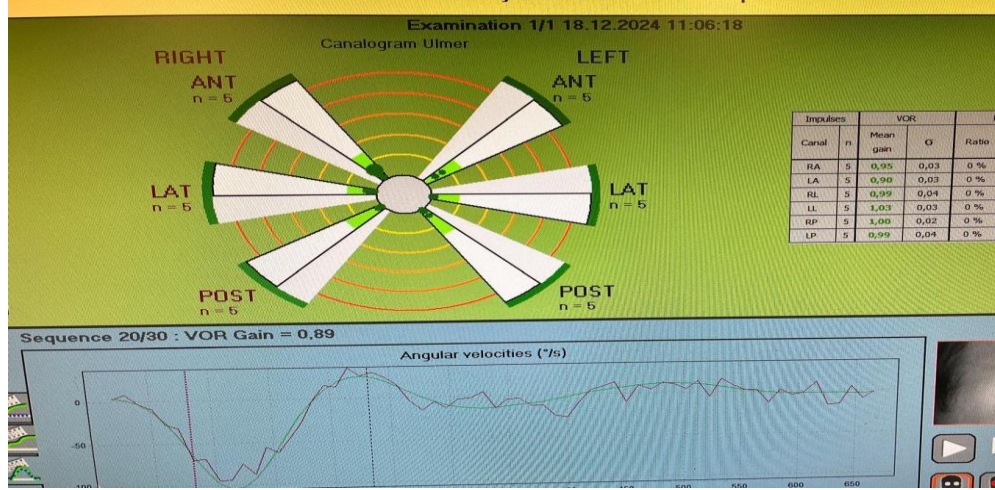
1. Kişinin klinik geçmişiyle beraber fiziki muayenesi ve yapılan yatak başı testlerinden oluşan ön tanıyı teyit etmek,
2. Oluşan göz hareketlerinden yola çıkılarak okülomotor anormalliklerinin var olup olmadığını belirlemek,
3. Vestibüler testleri amacına uygun seçerek radyolojik görüntüleme ve laboratuvar testleri de beraberinde değerlendirmek. Görüntüleme çalışmaları veya klinik laboratuvar testleri gibi ek tanısal testlerin gerekip gerekmediğini belirlemek için vestibüler testlerin işlevsel olduğu göz önünde bulundurulmalıdır (Albernaz, 2019).

2.9.2. Vestibüler Testler

Vestibüler Testlerden V-HIT ve kova testi uygulanmıştır.

2.9.2.1. Video Baş İtme Testi (Head İmpulse/Head Thrust Test) –VHIT

Video baş itme testi (head impulse/head thrust test) kısaca V-HIT testi son dönemlerde kullanım alanı artarak tanılamada ve rehabilitasyonda önemli destek sağlar. Tanılamada periferik vestibüler lezyonlarda kullanım kolaylığı sebebi ile tanılamada yardımcı olmaktadır. Testin kullanım şekli hastaya takılan gözlük ile kamera kaydı ya da gözlüksüz şekilde kamera kaydı ile kaynak ışık kaynaklarına bakılarak kolaylıkla uygulanabilmektedir. Uyarım sağlanıp kayıt altına alınan hastada lateral kanal değerlendirmesi için hastanın başını horizontal tarafa 23-30 derecede döndürerek sağlanmaktadır. Devamında ise yine hastanın gözleri kaynak ışık kaynaklarına sabit tutularak 45 derecelik açı ile sol ya da sağa doğru çevrilir ve öne arkaya doğru savurma hareketi sağlanır. Bu sayede LARP VE RALP değerleri elde edilir. Bu yapılan hareketlerle kamera kaydı ile veriler kaydedilerek analizi sağlanmaktadır (MacDougall, 2013). Şekil 25'te V-HIT görseli paylaşılmıştır.



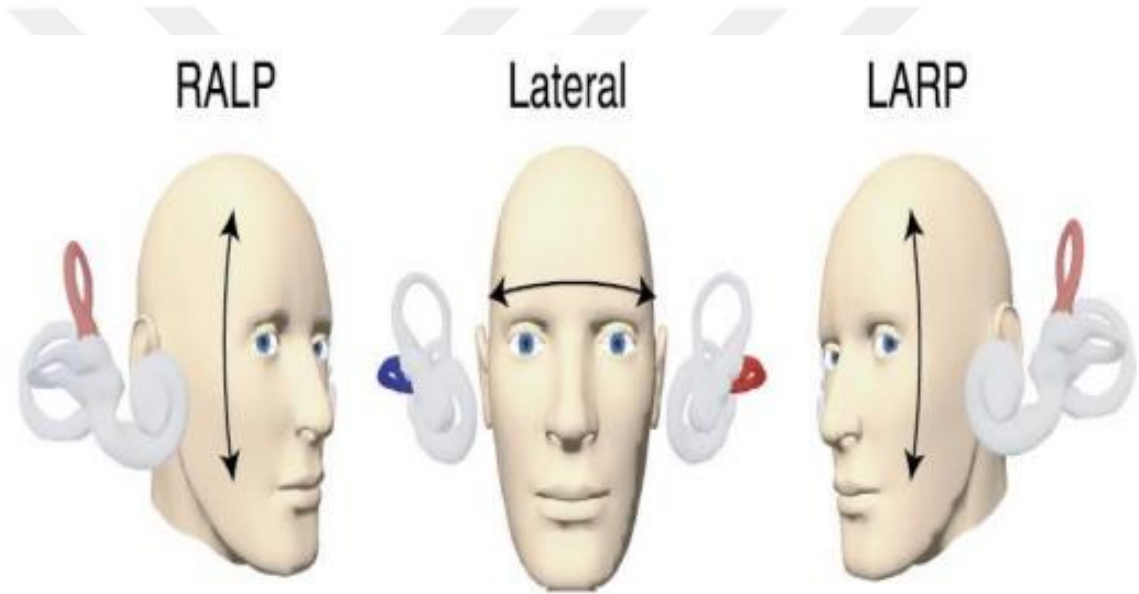
Şekil 25. V-HIT Testi Görşeli

Video baş itme testi (head impulse/head thrust test) yani V-HIT, 6 adet semisirküler kanal ayrı ayrı değeriendirilerek bu kanalların fonksiyonu hakkında bilgiler sağlar. Test prosedürü, kalibrasyonla başlatılmalı ve ışık kaynağı hastanın göz hizasında olmalıdır (MacDougall, 2013).

Video baş itme testi (head impulse/head thrust test) ile elde edilen verilerin oluşumu SSK'larda meydana gelen endolenfin hareketi ile yer değışikliğine bağılı oluşur. Bu yer değışikliği kupuladaki hareketlenme ile reseptör tüy hücrelerinin hareketine zemin hazırlar. Oluşan bu hareketlenme ileti oluşturarak vestibüler çekirdeklere, sonrasında ise motonöronlara iletimi sağlanır. İletim sonucu konjuge göz hareketi ortaya çıkarak postür değışikliğinde bile gözlerin stabilitesini korumayı hedefler. Göz hareketini değeriendirirken bazı önemli unsurlar vardır. Bunlar ise;

- Oluşan göz hareketinin yanıtı başlangıç olarak hızlıdır ve başı döndürme uyarısının başlangıcından itibaren gözün hareket tepkisinin oluşumuna kadar olan süre yaklaşık olarak 8 ms'dir.
- Uyarı oluşuktan sonra ne kadar iki gözde eşit hareket ediyor gibi gözükse de ayrıntılı analiz yapıldığında eşit olmadığı görülür.
- Uyarı ve cevap ilişkisi yanıtını yönlendiren direkt bir sinir yolu bilinmemektedir.
- Meydana gelen serebellar uyarılar, vestibulo-oküler-refleks yani VOR baskılamasından sorumludur (Halmagyi, 2017).

Vestibülo-oküler reflkste yani VOR'da ölçü kazançtır. Genel bir ifade ile kazanç, girdi/çıktı oranı olarak ifade edilebilir. VOR'da oluşan kazanç ise, baş hareketi sırasında baş hızı eğrisi altında kalan alana, göz hızının eğrisi altında kalan alanın oranı olarak ifade edilir (Halmagyi, 2017). Normal VOR olarak ifade edilen kazanç 1.0'a yakındır. Unilateral vestibüler kayıplarda etkilenen kulakta oluşan VOR kazancında azalma meydana gelir. Genellikle 0,7'den az olarak görülmektedir. Kişinin başı etkilenen tarafa doğru hareketlendirildiğinde ise düzeltici sakkadlar oluşum göstermektedir (Halmagyi, 2017). Şekil 26' da V-HIT test pozisyonları paylaşılmıştır.



Şekil 26. V-HIT test pozisyonları

Kaynak: MacDougall (2013)

2.9.2.2. Kova Testi

Kova testi, maaliyeti az ve kullanışlı olarak ifade edilebilen bir test olup, otolit organların fonksiyonlarını değerlendirir. Uygulanan bu testte kullanılan kovanın taban kısmı, kişinin bakış merkezine denk gelecek ve etrafını tamamen görmeyecek şekilde yerleştirilir. Kişi kovanın içinde dikey ya da yatay çizgiyi kendilerine göre verilen komutla hizalamaya çalışırlar (Sun, 2014). Merkezi graviseptif yolların durumunu ya da periferik vestibüler

sistemde yer alan otolit organların yani utrikul ve sakkülün fonksiyonlarını değerlendiren bu test ile pratik şekilde analiz sağlanır (Funabashi, 2012). Şekil 27’de kova testi için kullanılan materyal paylaşılmıştır.



Şekil 27. Uygulanan Kova Testi İçin Materyal

2.10. Kronik Böbrek Yetmezliği

Kronik böbrek hastalığı, vücuttaki glomerüler filtrasyon değerinin azalmasından kaynaklanan kronik ve ilerleyici şekilde metabolik fonksiyonlarda azalma ve sıvı-solüt dengesini kaybetme olarak tanımlanabilir (Tanrıverdi vd., 2010). Amerika’da Ulusal Böbrek Derneği- Böbrek Hastalığı Sonuçları Kalite İnisiyatifi (National Kidney Foundation-Kidney Disease Outcomes Quality Initiative, K/DOQI) tarafından bir kılavuz yayınlanarak kronik böbrek hastalığını tanımlanma, sınıflandırma ve değerlendirme amaçlı bilgilendirme yapılmıştır. Bu klavuz sonrasında konu güncellemesi olarak 2012 yılında Böbrek Hastalıklarının İyileştirilmesi Dünya Sonuçları (Kidney Disease Improving Global Outcomes, KDIGO) olarak düzenlenmiştir (Öztürk ve Ünal, 2018). Kronik böbrek hastalığı, böbreğin işlevlerini, böbreğin yapısının etkilendiği karmaşık yapıli hastalıklar için kullanılan genel ifadedir. Genel bilgilerde kronik böbrek hastalığının tanımı, klinik tanı olmadan, en az 3 ay ya da daha fazla süren böbrek hasarının oluşumu (albuminüri) veya fonksiyonu azalmış böbrekteki (Glomerüler filtrasyon hızı (GFH) <60 ml/ dakika/1.73m²) olarak ifade edilmiştir. İdrardaki albümin atılmasının oranı 30mg/g’danyüksek olması ve GFH’nin 60ml/dakika/1.73m²’den daha az olması KBH’nin tanılanmasında en önemli belirteçlerdendir. Amerika Birleşik Devletleri’nde bulunan Ulusal Böbrek Derneği’ne ait

hazırlanan klavuzda, kronik böbrek hastalığı GFH'ye göre değişkenlik göstererek beş evrede sınıflandırmak mümkündür (Tablo 2) (Öztürk ve Ünal, 2018). Albuminüri, GFH'den ayrı bir tanım olmasına rağmen tamamlayıcı faktör şeklinde KDIGO'nun yeni yapılan KBH sınıflandırmasında yer edinmektedir.

Kronik böbrek hastalığında; kan basıncında artış meydana gelmesi, düşük şekilde eritropoietin sentez oluşumu, metabolik asidozis olması, artan toksik ürünlerin birikmesiyle gözlemlenir. Bu durumların bir araya gelmesi 'üremik durum' oluşumu sağlamaktadır (Sampaio-Maia vd., 2016; Felizardo vd., 2016). Kan üre azotu (BUN) ve kandaki kreatinin değerlerinde yükselme ve genel olarak değeri düşmüş olan GFH'ye ek olarak elde edilen klinik tabloyla beraber biyokimya değerlerindeki normal olmayan parametreler üremi olarak ifade edilmektedir. Üremi sadece böbrek yetmezliği değil böbreği de hasara uğratan değişikliklere sebep olmaktadır. Sonuç olarak hasar primer olarak kalacağı gibi son dönem böbrek yetmezliği şeklinde de sonuçlanabilir (Kumar vd., 2013). Böbrek nakli ya da diyalizle tedaviye başlanmazsa üremi sebebiyle ölümle sonuçlar alınabilir. Diyaliz ve seçeneklerinin bulunduğu formlarda yer alan renal replasman tedaviye ihtiyaç duyan hastaların sayısı her geçen yıl %10-15 seyrinde bir artış göstermektedir (Sampaio-Maia vd., 2016). Tablo 2'de KBY evreleri gösterilmiştir.

Tablo 2. Kronik böbrek hastalığının evreleri

Evre	Tanım	GFH (mL/min1.73 m ²)
1	Normal veya GFH ile birlikte böbrek hasarı	≥90
2	Hafif azalmış GFH ile birlikte böbrek hasarı	60-89
3	Orta derecede GFH azalması	30-59
4	Ağır derecede GFH azalması	15-29
5	Böbrek yetmezliği	<15(veya diyaliz)

Kaynak: Öztürk ve Ünal (2018)

2.10.1. Kronik Böbrek Yetmezliğinin Tedavisi

Son dönem böbrek yetersizliği tanındığında tedavi olarak sadece ilaç kullanmak hastalığa karşı mücadele için mümkün değildir. Böbrek, fonksiyonlarını yerine getiremediği için bu fonksiyonları yerine getirecek ilaç dışı başka yöntemler tercih edilmektedir.

2.11. Hemodiyaliz

2.11.1. Kısa günlük hemodiyaliz

Normalinde ya evde ya da bir diyaliz merkezinde ya da hastanede uygulanan hemodiyaliz tedavisi haftada ortalama 3 kez yapılmaktadır. Uygulanan bu tedavide genel olarak seanslar ortalama 3-5 saat sürer. Bazı gözlemsel çalışmalarda, aynı miktardaki diyaliz süresi haftada beş veya altı seansa bölündüğünde, kan basıncının ve aneminin daha iyi kontrol edildiği ve dah iyi beslenme sağlandığı (kilo artışı, iştah ve albumin artışı) gösterilmiştir. FHN çalışması yapılan tek randomize çalışmadır ve orta büyüklüktedir. Bu çalışmada haftada 6 kez olacak şekilde (ama gerçekte ortalama sadece 5 kez) sık hemodiyalize alınan hastaların sol ventrikül hipertrofisinde azalma, fiziksel işlevselliğinde artma (ki bu iki kıstas çalışmanın primer sonuçları olarak belirlenmişti), hipertansiyon şiddetinde azalma ve serum fosfor düzeyinin kontrolünde çok az bir düzelme saptanmıştır. Serum albumininde, beslenme ile ilişkili ölçümlerde ve anemi kontrolünde herhangi bir iyileşme saptanmamıştır (FHN Çalışma Grubu, 2010). Genellikle sık hemodiyaliz evde yapılır, fakat nadiren merkezde de uygulanır. "Kısa günlük" hemodiyaliz, özellikle piyasada evde bu tip bir tedaviyi sağlayacak makinelerin bulunması nedeniyle popülerite kazanmaktadır.

2.11.2. Uzun gece hemodiyalizi

Kısa günlük hemodiyalizde haftalık olarak harcanan süre, merkezde, haftada 3 kez uygulanan olağan hemodiyaliz uygulamasına ayrılan saat sayısı ile aynı veya biraz fazladır. Gece diyalizinde bir haftada diyalizde geçirilen saatler epeyce artmaktadır. Gece diyalizi seanslarının uzunluğu genellikle 7-9 saattir. Böyle bir tedavi merkezde yapıldığında genellikle haftada 3 kez uygulanır, süre olarak ortalama 24 saat sürmektedir; sıradan bir haftada üç kez, 4 saatlik bir diyaliz tablosunda ise süre 12 saat sürmektedir. Gece hemodiyalizi evde uygulanırsa, haftada 3 kez, günde bir veya hatta haftada 5-6 kez

yapılabilir ve sonuç olarak hastalar olağan hemodiyaliz tedavisine kıyasla çok daha uzun süre hemodiyaliz uygulamış olurlar (Daugirdas vd., 2020).

2.12. Periton Diyalizi

Periton diyalizinin basit şekilde uygulanması, özel su sisteminin az olması ve donanım olarak kolaylıkla kısa zamanda hazırlanmasından dolayı evde uygulanabilen bir seçenektir. Hemodiyalize göre periton diyalizini seçen hasta yüzdesi Amerika Birleşik Devletleri'nde yaklaşık %12, Kanada'da ise yaklaşık %20-30 kadardır. Hastaların düşünebileceği iki PD tipi vardır: hastanın günde 4 veya 5 değişimi manuel olarak yaptığı sürekli ayaktan periton diyalizi (SAPD), ve hastanın gece bir makineye bağlandığı ve değişimlerin hasta uyurken otomatik olarak gerçekleştirildiği aletli periton diyalizi (APD).

- Periton diyalizinin en sık olarak tercih edildiği hastalar şunlardır:
- Yeni doğanlar veya çok küçük çocuklar
- İleri kardiyovasküler hastalığı bulunanlar
- Vasküler girişin zor olduğu hastalar (örn., diyabetikler)
- Seyahat etmek için daha fazla özgürlük isteyenler
- Ev hemodiyalizi isteyen ancak uygun yardımcısı bulunmayan hastalar

Adhezyonların, fibrozisin veya malignitenin varlığı nedeniyle uygun olmayan bir periton kontrendikasyon teşkil eder. Bu durum, hastaların önemli bir kısmında, periton zarı transportunda zamanla bir artış ortaya çıkar, bu da ultrafiltrasyonun yetersiz olmasına yol açar. Diyabetik hastalar periton diyalizine alındıklarında hemodiyalize kıyasla mortaliteleri daha yüksek olmaya meyillidir; ancak yakın zamanda bu eğilimin zayıfladığı gözlenmektedir. Periton diyalizini bırakmanın başlıca nedeni, sık olarak oluşan peritonit ataklarıdır.

Periton diyalizi, özellikle gelişmekte olan ülkelerde, hemodiyalizden daha ucuzdur. Ayrıca, hastaya bağımsızlık ve seyahat etme özgürlüğü sağlar ve hastayı merkezin sabit diyaliz şemasına bağlı kılmaz. Ancak, ev hemodiyalizi uygulaması ile de hastaya esnek bir şema sunmak mümkündür. Diğer taraftan PD, "kendi işini kendin yap" düşünce tarzına sahip olmayan, stabil olmayan veya bir PD programında başarılı olabilmek için sosyal veya aile desteği olmayan hastalar için iyi bir seçenek olmayabilir. Bazı hastalar, basitçe, haftada üç veya daha fazla olmak üzere net olarak belirlenmiş bir hemodiyaliz şemasını tercih edebilir;

bu şekilde hasta diyaliz tedavisinin herhangi bir sorumluluğunu da almamış olur (Daugirdas vd., 2020).

2.13. Renal Transplantasyon

Transplantasyon, standart diyalize kıyasla daha iyi bir sağ kalım sağlamaktadır. Transplantasyonla beraber, ilaç kullanımında ciddi sorun yaşayan hastalar için renal transplantasyona uygun olmayabilir. Bu nedenle transplantasyon uygulanabilirliğinin değerlendirilmesine ve transplantasyon için hazırlık tetkiklerine henüz diyaliz ihtiyacı oluşmadan önce, genellikle eGFR 10 mL/dak/1.73 m² üzerinde iken başlanmalıdır (Daugirdas vd., 2020).



3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışma KTO Karatay Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Odyoloji Anabilim Dalı Tezli Yüksek Lisans programına bağlı olarak yürütülmüştür. Çalışmanın KTO Karatay Üniversitesi Tıp Fakültesi Etik Kurul Komisyonu tarafından 28.06.2024 tarihli ve 2024/049 sayılı kararla İlaç ve Tıbbi Cihaz Dışı Araştırmalar Etik Kurulu onayı alınmıştır. Bu çalışma, NEÜ Tıp Fakültesi Hastanesi Kulak Burun Boğaz Anabilimdalı' na ait odyoloji kliniğinde gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma kronik böbrek yetmezliği olan hastalarda hemodiyaliz tedavisi alan hastalar ile periton diyalizi alan hasta gruplarının işitme ve denge sisteminin karşılaştırmasını araştırmak amacıyla gerçekleştirilmiştir.

Çalışmaya katılan tüm katılımcılardan “Bilgilendirilmiş gönüllü olur formu” alınmıştır.

3.1. Katılımcılar

18-50 yaş aralığında kronik böbrek yetmezliği nedeniyle hemodiyaliz tedavisi ve periton diyaliz tedavisi alan toplam 30 hasta ve kontrol grubu olarak planlanan 15 sağlıklı kişi çalışmaya dahil edilmiştir.

Çalışmaya dâhil edilme kriterleri

- 18-50 yaş aralığında olması
- KBY tanısı almış ve tedavisi 3 ay tamamlanmış olanlar
- Kulak burun boğaz muayeneleri hekim tarafından yapılmış, otolojik muayeneleri normal olanlar
- İşitme testinde iletim tip işitme kaybı olmayanlar
- Görme sorunu yaşamayanlar
- Otolojik cerrahi geçirmemiş olanlar
- KBY Tedavisi almadan önce tanılanmış bir işitme kaybı öyküsü olmayanlar
- KBY dışında kronik bir hastalığı bulunmayanlar

Bu çalışmada, hipotez testi için gerekli örneklem büyüklüğünü belirlemek amacıyla çalışma öncesinde G*Power 3.1.9.7 yazılımı kullanılarak a priori güç analizi gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın primer çıktısı olarak, saf ses odyometri ölçümlerden elde edilen grup ortalamaları dikkate alınmıştır. Pilot çalışma, her grupta 4 birey olmak üzere

toplam 12 katılımcıyla gerçekleştirilmiş ve elde edilen verilere dayanarak etki büyüklüğü (effect size f) 0,59 olarak hesaplanmıştır.

Güç analizinde, istatistiksel test olarak tek yönlü varyans analizi (ANOVA: Fixed effects, omnibus, one-way) seçilmiştir. Anlamlılık düzeyi (α) 0.05, istatistiksel güç ($1-\beta$) ise 0,90 olarak belirlenmiştir. Yapılan analiz sonucunda, çalışma için gerekli minimum toplam örneklem sayısı 42 kişi (her grup için 14 katılımcı) olarak bulunmuştur.

Ancak veri toplama sürecinde yaşanabilecek olası kayıplar (ölçüm dışı kalma, geri çekilme, eksik veri gibi) göz önünde bulundurularak, her grup için %10 oranında örneklem kaybı öngörülmüş ve bu doğrultuda hedef örneklem büyüklüğü artırılmıştır. Bu kapsamda, toplam örneklem sayısının 45 kişiye (her grup için 15 birey) çıkarılması planlanmıştır.

3.1.1. Kullanılan Testler ve Yöntem

Katılımcılar gönüllü olarak kriterlere uygun şekilde seçilmiştir. Çalışmaya katılım için onay veren kişilere çalışmanın amacı anlatılmış olup uygulanacak testler ile alakalı bilgilendirme yapılmıştır. Çalışmaya dahil edilen tüm kişilere bilgi verilerek bilgilendirilmiş gönüllü onam formu imzalatılmıştır. Onam formu ile birlikte demografik bilgilerinde dahil olduğu anamnez formu kayıt altına alınmıştır. Çalışmaya dahil olan bireylere önce hekim tarafından kulak burun boğaz muayenesi yapılmış olup daha sonra Timpanometri, saf ses odyometri, klinik oae testi, V-HIT ve kova testi ölçümleri yapılmıştır.

3.2. Odyolojik Değerlendirme;

3.2.1. Saf Ses Odyometri

Industrial Acoustics Company (IAC) standardında olan sessiz kabinde (Industrial Acoustic Company Inc., New York, A.B.D.), “Clinical Audiometer AC40” odyometri cihazı (Interacoustic Co. Assens, Danimarka) ve “Telephonics TDH-39P” kulaklığı (Telephonics Co. Farmingdal, New York, A.B.D.) kullanılarak yapılmıştır. Havayolu eşikleri 125-8000 Hz. arasında; kemik yolu eşikleri 250- 4000 Hz. arasında belirlenmiştir. 500-4000 Hz. saf ses ortalaması konuşma frekanslarındaki ortalama için hesaplanmış, 4000-8000 Hz’ de saf ses ortalaması ise yüksek frekanslardaki ortalama için kaydedilmiştir. Konuşma

frekanslarındaki ortalamanın 0-16 dB arası normal işitme düzeyi olması şeklinde çalışmaya alınma kriteri olarak belirlenmiştir.

3.2.2. Timpanometri

Timpanometrik değerlendirme de timpanometre cihazı kullanılmaktadır. Yapılacak çalışmada AT235H cihaz ile ölçüm gerçekleştirilecektir. Elde edilen timpanometri sonuçları timpanogram denilen grafiklerle ifade edilir (Jerger, 1970). Sınıflandırmasına göre beş temel tip (A, As, Ad, B, C) timpanogram vardır. Tip A timpanogramda normal admitans ve normal tepe basıncı bulguları mevcuttur. Normal orta kulak fonksiyonuna sahip kişilerde bulunur. Tip Ad çok yüksek admitans değerini, tip As çok düşük admitans değerini ifade eder. Tip As otoskleroz ve otitis mediada görülebilir. Tip Ad kulak zarında meydana gelen bir hasarı ifade eder. Tip B timpanogramda, belirgin bir tepe noktası olmadan anormal derecede düşük admitans şeklinde ifade edilir. Genellikle kulakta sıvı olduğunda görülür. Kulak kanalında buşon veya debris probu tıkadığında ya da kulak zarında perforasyon olduğunda da tip B timpanogram görülür. Tip C timpanogramda, negatif orta kulak basıncında (-100 daPa ya da daha fazla), normal admitans değerinin elde edildiği timpanogram tipidir.

3.2.3. Otoakustik Ölçüm

Otoakustik emisyon ölçümü (OAE) ise otoakustik emisyon cihazı tarafından ölçülür. Çalışmada kullanılacak cihaz ise OTODYNAMICS ILO 288'dir. Kokleada bulunan dış tüy hücrelerinin hareketi sonucunda oluşan, dış kulak kanalında kaydedilebilen ve koklea tarafından üretilen küçük şiddetteki ses dalgalarıdır. Otoakustik emisyonlar periferik işitsel fonksiyon ve bozukluğunun tespit edilmesi için önemlidir. Cross Check prensibine dayalı bir odyolojik değerlendirme de klinik oae ölçümleri ayırıcı tanıda büyük rol almaktadır.

3.3. Dengenin değerlendirilmesi;

3.3.1. V-HIT (Video Baş İtme Testi (Head İmpulse/Head Thrust Test))

Video baş itme testi (head impulse/head thrust test) yani VHİT uygulamasında; Synapsys VHİT Ulmer cihazı tarafından ölçüm sağlanacaktır. Hasta karşısındaki hedef noktasına

90cm mesafede sandalyede oturtulacaktır. Sonrasında lateral kanalları değerlendirmek için teste başlanacaktır. Hastanın arkasında durup, başı iki elle tutulup sonrasında 30 derecede aşağı fleksiye gelecek şekilde eğilip pozisyon verilmelidir. Baş, beklenmedik biçimde küçük genlikli ve yüksek hızlı bir şekilde hareket ettirilir. LARP/RALP (sol anterior sağ posterior/sağ anterior sol posterior) testte hastadan düz bir şekilde karşıya bakması istenecektir. Daha sonra baş sağa (LARP için) veya sola (RALP için) yaklaşık 30-45 derece döndürülecektir. LARP/RALP için vertikal impuls test edilen kanal düzleminde verilecektir. Her kanal için doğru uygulanan 5'er impuls değerlendirmeye alınacaktır. VHIT testinde ortalama VOR kazancı (gain) değerlendirilecektir

3.3.2. Kova Testi

Kova testinde; Bireylerin dikey konum algısını değerlendirmek amacıyla kullanılan bu testin uygulanması için iç tabanına parlak çizgi şeklinde işaret ve dış tabanına açı göstergesi yerleştirilmiş bir kova kullanılacaktır. Test edilecek kişilerin yüzü dikey durumda (kişinin görme alanı kovanın içi olacak şekilde) olup kişinin parlak çizgiye bakması söylenecektir. Saat yönünde ya da tersi yönde teste başlanacaktır.

3.4. İstatistiksel Analiz;

Üç grup arasındaki sürekli değişkenlerin karşılaştırılmasında tek yönlü ANOVA testi veya Kruskal-Wallis testi kullanılmıştır (p^+).

İkili grup karşılaştırmalarında Tukey, Bonferroni veya Mann-Whitney U testleri kullanılmıştır (p^*).

Kategorik değişkenlerde gruplar arası farkların değerlendirilmesinde Ki-kare (χ^2) testi uygulanmıştır.

Veri gösterimi:

Sürekli değişkenler ortalama $\pm$ standart sapma (Ort. $\pm$ SS) şeklinde, kategorik değişkenler ise frekans (n) ve yüzde (%) olarak sunulmuştur.

İstatistiksel anlamlılık düzeyi:

$p < 0,05$ değeri istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.

Notlar:

p^+ , üç grup arasındaki genel farklılığı; p^* , gruplar arasındaki ikili karşılaştırmalar sonucunda elde edilen anlamlılık düzeyini ifade eder.



4. BULGULAR

4.1. Katılımcılar ve Demografik Özellikler

Bu çalışma, Necmettin Erbakan Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi Kulak Burun Boğaz Hastalıkları Polikliniğine başvuran hastalar arasından belirlenen toplam 45 bireyin katılımıyla gerçekleştirilmiştir. Katılımcılar üç ayrı gruba ayrılmıştır: 15 hemodiyaliz hastasından oluşan birinci grup, 15 periton diyalizi hastasından oluşan ikinci grup ve 15 sağlıklı bireyden oluşan kontrol grubu.

4.1.1. Yaş Dağılımı

Katılımcıların yaş ortalamaları gruplar arasında benzerlik göstermektedir. Hemodiyaliz grubunun yaş ortalaması $35,06 \pm 11,76$ yıl, periton diyalizi grubunun yaş ortalaması $34,86 \pm 13,39$ yıl ve kontrol grubunun yaş ortalaması $34,66 \pm 6,64$ yıl olarak hesaplanmıştır. Gruplar arası yaş dağılımında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p = 0,995$). Bu sonuç, yaş değişkeninin çalışma grupları arasında homojen bir şekilde dağıldığını göstermektedir.

4.1.2. Cinsiyet Dağılımı

Cinsiyet dağılımları incelendiğinde; hemodiyaliz grubunda 6 erkek ve 9 kadın, periton diyaliz grubunda 10 erkek ve 5 kadın, kontrol grubunda ise 8 erkek ve 7 kadın yer almaktadır. Gruplar arasında cinsiyet açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p = 0,343$). Bu da cinsiyetin, çalışma bulgularını etkileyebilecek bir değişken olarak dengeli dağıldığını göstermektedir.

4.1.3. Boy ve Kilo Değerleri

Katılımcıların antropometrik ölçümleri değerlendirildiğinde; boy uzunluğu ortalamaları hemodiyaliz grubunda $163,06 \pm 12,21$ cm, periton diyaliz grubunda $155,93 \pm 16,34$ cm ve kontrol grubunda $171,53 \pm 7,66$ cm olarak kaydedilmiştir. Bu fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p = 0,006$). Özellikle periton diyalizi grubundaki bireylerin boy uzunluğu, diğer gruplara göre belirgin şekilde daha düşüktür.

Kilo ortalamaları ise hemodiyaliz grubunda $68,60 \pm 23,17$ kg, periton diyaliz grubunda $60,58 \pm 19,36$ kg ve kontrol grubunda $74,00 \pm 15,26$ kg'dır. Gruplar arası kilo farklılıkları istatistiksel olarak anlamlı olmamakla birlikte ($p = 0,179$), periton diyaliz grubunun daha düşük kilo ortalamasına sahip olduğu görülmektedir.

4.1.4. Medeni Durum

Katılımcıların medeni durumları değerlendirildiğinde; hemodiyaliz grubunda 8 evli ve 7 bekar, periton diyaliz grubunda 8 evli ve 7 bekar, kontrol grubunda ise 4 evli ve 11 bekar birey yer almaktadır. Bu değişken açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır ($p=0,237$). Bu da medeni durumun çalışmadaki değişkenlerle ilişkili olma ihtimalinin düşük olduğunu göstermektedir.

4.1.5. Eğitim Durumu

Eğitim düzeyi açısından gruplar arasında belirgin farklılıklar gözlemlenmiştir. Hemodiyaliz grubunda 2 birey hiç eğitim almamış, 3'ü ilkokul, 4'ü ortaokul, 5'i lise ve 1'i önlisans mezunudur. Periton diyaliz grubunda ise 1 birey eğitim almamış, 4 birey ilkokul, 2 birey ortaokul, 7 birey lise ve 1 birey lisans mezunudur. Kontrol grubunda ise eğitim düzeyi daha yüksektir; 2 birey önlisans, 8 birey lisans ve 5 birey lisansüstü mezunudur. Eğitim düzeyi açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur ($p < 0,001$). Bu fark, özellikle kontrol grubunun eğitim seviyesinin diğer gruplara kıyasla daha yüksek olduğunu göstermektedir.

4.1.6. Kronik Hastalık Durumu

Kronik hastalık varlığı yönünden yapılan değerlendirmede; hemodiyaliz ve periton diyaliz gruplarındaki tüm bireylerde (%100) kronik hastalık bulunduğu, buna karşılık kontrol grubundaki bireylerin tamamının kronik hastalığa sahip olmadığı (%0) belirlenmiştir. Bu fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0,001$). Bu sonuç, hasta gruplarının kronik hastalık temelli seçildiği dikkate alındığında beklenen bir bulgudur.

Tablo 4.1'de çalışmaya dahil edilen hemodiyaliz, periton diyaliz ve kontrol gruplarına ait yaş, cinsiyet, boy uzunluğu, kilo, medeni durum, eğitim düzeyi ve kronik hastalık varlığı

gibi demografik ve klinik değişkenler özetlenmiştir. Gruplar arasında yaş dağılımı açısından anlamlı bir fark bulunmamış olup ($p = 0,995$), yaş değişkeni gruplar arasında homojen bir şekilde dağılmıştır. Cinsiyet dağılımı da gruplar arasında benzerlik göstermekte olup, istatistiksel olarak anlamlı farklılık gözlenmemiştir ($p = 0,343$). Boy uzunluğu açısından ise gruplar arasında anlamlı bir farklılık bulunmuş ($p = 0,006$), kontrol grubunun diğer gruplara göre daha yüksek boy ortalamasına sahip olduğu belirlenmiştir. Kilo açısından elde edilen fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p=0,179$). Medeni durum değişkeni bakımından da gruplar arasında anlamlı bir farklılık saptanmamıştır ($p=0,237$). Eğitim düzeyi değerlendirmesinde ise kontrol grubunun eğitim seviyesinin hasta gruplarına göre anlamlı şekilde daha yüksek olduğu tespit edilmiştir ($p < 0,001$). Kronik hastalık varlığı açısından yapılan değerlendirmede, hasta gruplarının tamamında kronik hastalık bulunurken, kontrol grubunda hiçbir bireyde kronik hastalık saptanmamıştır ve bu fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0,001$).

Tablo 3. Çalışmaya katılanların demografik dağılımları

Değişkenler		Hemodiyaliz Ort. $\pm$ SS	Periton Diyaliz Ort. $\pm$ SS	Kontrol Ort. $\pm$ SS	p
Yaş (yıl)		35,06 $\pm$ 11,76	34,86 $\pm$ 13,39	34,66 $\pm$ 6,64	0,995
Boy (cm)		163,06 $\pm$ 12,21	155,93 $\pm$ 16,34	171,53 $\pm$ 7,66	0,006
Kilo (kg)		68,60 $\pm$ 23,17	60,58 $\pm$ 19,36	74,00 $\pm$ 15,26	0,179
		n (%)	n (%)	n (%)	
Cinsiyet	Erkek	6	10	8	0,343
	KADIN	9	5	7	
Medeni Durum	Evli	8	8	4	0,237
	BEKAR	7	7	11	
Eğitim Durum	Eğitim yok	2	1	0	<0,001
	İlkokul	3	4	0	
	Ortaokul	4	2	0	
	Lise	5	7	0	
	Önlisans	1	0	2	
	Lisans	0	1	8	
	Lisans ve Üstü	0	0	5	

Kronik Hastalık	Var	15 (%100)	15 (%100)	0 (%0)	<0,001
Varlığı	YOK	0 (%0)	0 (%0)	15 (%100)	

G1: Hemodiyaliz, G2: Periton Diyaliz, G3: Kontrol.

Sürekli veriler Ort. $\pm$ SS olarak, kategorik veriler sayı (n) ve yüzde (%) ile verilmiştir.

p⁺: Üç grup arasındaki farkı gösteren test sonucudur (ANOVA veya *Kruskal-Wallis*).

p*: Gruplar arası ikili karşılaştırmalarda anlamlılık düzeyidir (*Tukey, Bonferroni* veya *Mann-Whitney U*).

$p < 0,05$ değeri istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.

4.2. Katılımcıların Hava ve Kemik Yolu İşitme Eşikleri

Çalışmada katılımcıların sağ ve sol kulak hava ve kemik yolu işitme eşikleri değerlendirilmiş, gruplar arası karşılaştırmalar yapılmıştır.

4.2.1. Hava Yolu İşitme Eşiği

Sağ kulakta hava yolu işitme eşiği; hemodiyaliz grubunda $28,73 \pm 32,21$ dB, periton diyaliz grubunda $23,66 \pm 15,56$ dB ve kontrol grubunda $7,26 \pm 2,54$ dB olarak ölçülmüştür. Gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,001$; One-Way ANOVA testi). İkili karşılaştırmalarda, hemodiyaliz ve periton diyaliz grubu arasında anlamlı bir fark bulunmazken ($p = 0,740$), periton diyaliz grubu ile kontrol grubu ($p < 0,001$) ve hemodiyaliz grubu ile kontrol grubu ($p < 0,001$) arasında anlamlı fark saptanmıştır.

Sol kulakta hava yolu işitme eşiği; hemodiyaliz grubunda $26,20 \pm 31,33$ dB, periton diyaliz grubunda $25,53 \pm 16,36$ dB ve kontrol grubunda $7,60 \pm 3,31$ dB olarak belirlenmiştir. Gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0,001$; One-Way ANOVA testi). İkili karşılaştırmalarda hemodiyaliz ile periton diyaliz grubu arasında anlamlı fark bulunmamıştır ($p = 0,329$), ancak periton diyaliz ile kontrol grubu ($p < 0,001$) ve hemodiyaliz ile kontrol grubu ($p < 0,001$) arasında anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir.

4.2.2. Kemik Yolu İşitme Eşiği

Sağ kulakta kemik yolu işitme eşiği; hemodiyaliz grubunda $19,73 \pm 20,94$ dB, periton diyaliz grubunda $18,93 \pm 12,89$ dB ve kontrol grubunda $5,60 \pm 2,22$ dB olarak tespit edilmiştir. Gruplar arasında anlamlı bir fark bulunmuştur ($p < 0,001$; One-Way ANOVA testi). İkili karşılaştırmalarda hemodiyaliz ve periton diyaliz grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmamış ($p = 0,417$), ancak periton diyaliz grubu ile kontrol grubu ($p < 0,001$) ve hemodiyaliz grubu ile kontrol grubu ($p < 0,001$) arasında anlamlı farklar bulunmuştur.

Sol kulakta kemik yolu işitme eşiği; hemodiyaliz grubunda $18,66 \pm 21,20$ dB, periton diyaliz grubunda $21,46 \pm 13,34$ dB ve kontrol grubunda $5,40 \pm 2,13$ dB olarak kaydedilmiştir. Gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,001$; One-Way ANOVA testi). Hemodiyaliz ve periton diyaliz grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmazken ($p = 0,129$), periton diyaliz grubu ile kontrol grubu ($p < 0,001$) ve hemodiyaliz grubu ile kontrol grubu ($p < 0,001$) arasında anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir.

Tablo 4. Hemodiyaliz, Periton Diyaliz ve Kontrol Gruplarında İşitme Eşiklerinin Karşılaştırılması

	Hemodiyaliz (G1) (N=15) Ort. $\pm$ SS	Periton Diyaliz (G2) (N=15) Ort. $\pm$ SS	Kontrol (G3) (N=15) Ort. $\pm$ SS	P ⁺	P*
Sso Sağ Hava Y.	$28,73 \pm 32,21$	$23,66 \pm 15,56$	$7,26 \pm 2,54$	$<0,001$	G1 & G2: 0,740 G2 & G3: $<0,001$ G1 & G3: $<0,001$
Sso Sol Hava Y.	$26,20 \pm 31,33$	$25,53 \pm 16,36$	$7,60 \pm 3,31$	$<0,001$	G1 & G2: 0,329 G2 & G3: $<0,001$ G1 & G3: $<0,001$
Sso Sağ Kemik Y.	$19,73 \pm 20,94$	$18,93 \pm 12,89$	$5,60 \pm 2,22$	$<0,001$	G1 & G2: 0,417 G2 & G3: $<0,001$ G1 & G3: $<0,001$

Sso Sol	18,66 ± 21,20	21,46 ± 13,34	5,40 ± 2,13	<0,001	G1 & G2: 0,129
Kemik Y.					G2 & G3: <0,001
					G1 & G3: <0,001

G1: Hemodiyaliz, G2: Periton Diyaliz, G3: Kontrol.

Sürekli veriler Ort. ± SS olarak, kategorik veriler sayı (n) ve yüzde (%) ile verilmiştir.

p⁺: Üç grup arasındaki farkı gösteren test sonucudur (*ANOVA* veya *Kruskal-Wallis*).

p*: Gruplar arası ikili karşılaştırmalarda anlamlılık düzeyidir (*Tukey*, *Bonferroni* veya *Mann-Whitney U*).

p < 0,05 değeri istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.

4.3. Katılımcıların Timpanometrik Basınç Değerleri

Çalışmada, sağ ve sol kulak timpanometrik basınç değerleri ölçülerek gruplar arasında karşılaştırmalar yapılmıştır.

4.3.1. Sağ Kulak Timpanometrik Basınç

Sağ kulakta timpanometrik basınç değerleri; hemodiyaliz grubunda $-0,13 \pm 19,79$ daPa, periton diyaliz grubunda $-15,60 \pm 12,17$ daPa ve kontrol grubunda $-13,86 \pm 8,82$ daPa olarak ölçülmüştür. Gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p = 0,009$; One-Way ANOVA testi). İkili karşılaştırmalar sonucunda, hemodiyaliz ve periton diyaliz grubu arasında anlamlı fark tespit edilmiştir ($p=0,014$). Periton diyaliz grubu ile kontrol grubu arasında anlamlı fark bulunmamıştır ($p=0,942$). Hemodiyaliz grubu ile kontrol grubu arasında ise anlamlı fark olduğu belirlenmiştir ($p = 0,032$).

4.3.2. Sol Kulak Timpanometrik Basınç

Sol kulakta timpanometrik basınç değerleri; hemodiyaliz grubunda $-18,00 \pm 23,89$ daPa, periton diyaliz grubunda $-7,26 \pm 13,17$ daPa ve kontrol grubunda $-14,20 \pm 11,56$ daPa olarak kaydedilmiştir. Gruplar arasında genel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p = 0,196$; One-Way ANOVA testi). Yapılan ikili karşılaştırmalarda; hemodiyaliz ve periton diyaliz grubu ($p = 0,092$), periton diyaliz ve kontrol grubu ($p = 0,243$) ile hemodiyaliz ve kontrol grubu ($p = 0,417$) arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmamıştır.

Tablo 5. Hemodiyaliz, Periton Diyaliz ve Kontrol Gruplarında Timpanometri (Kulak Basınçları) Değerlerinin Karşılaştırılması

	Hemodiyaliz (G1) (N=15) Ort. $\pm$ SS	Periton Diyaliz (G2) (N=15) Ort. $\pm$ SS	Kontrol (G3) (N=15) Ort. $\pm$ SS	p ⁺	p [*]
Sağ K Timp. Basınç	-0,13 $\pm$ 19,79	-15,6 $\pm$ 12,17	-13,86 $\pm$ 8,82	0,009	G1 & G2: 0,014 G2 & G3: 0,942 G1 & G3: 0,032
Sol K Timp. Basınç	-18,00 $\pm$ 23,89	-7,26 $\pm$ 13,17	-14,20 $\pm$ 11,56	0,196	G1 & G2: 0,092 G2 & G3: 0,243 G1 & G3: 0,417

G1: Hemodiyaliz, G2: Periton Diyaliz, G3: Kontrol.

Sürekli veriler Ort. $\pm$ SS olarak, kategorik veriler sayı (n) ve yüzde (%) ile verilmiştir.

p⁺: Üç grup arasındaki farkı gösteren test sonucudur (ANOVA veya Kruskal-Wallis).

p^{*}: Gruplar arası ikili karşılaştırmalarda anlamlılık düzeyidir (Tukey, Bonferroni veya Mann-Whitney U).

p < 0,05 değeri istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.

4.4. Katılımcıların Sağ ve Sol Kulakta Farklı Frekanslarda SNR (Sinyal/Gürültü Oranı) Değerleri

Çalışmada, sağ ve sol kulaklarda farklı frekanslarda SNR (Signal-to-Noise Ratio) değerleri ölçülmüş ve gruplar arası karşılaştırmalar yapılmıştır.

4.4.1. Sağ Kulakta SNR Değerleri

- 1000 Hz. frekansında SNR değeri; hemodiyaliz grubunda -4,71 $\pm$ 11,89, periton diyaliz grubunda -7,38 $\pm$ 13,78 ve kontrol grubunda 1,19 $\pm$ 5,34 olarak ölçülmüştür. Gruplar arası fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır (p = 0,083). İkili karşılaştırmalarda yalnızca periton diyaliz ve kontrol grubu arasında anlamlı fark saptanmıştır (p = 0,021).
- 1400 Hz. frekansında SNR değeri; hemodiyaliz grubunda -0,13 $\pm$ 15,45, periton diyaliz grubunda 0,26 $\pm$ 17,94 ve kontrol grubunda 7,85 $\pm$ 8,52 olarak kaydedilmiştir. Gruplar arası

fark anlamlı bulunmamıştır ($p = 0,249$), ikili karşılaştırmalarda da anlamlı fark saptanmamıştır ($p > 0,05$).

- 2000 Hz. frekansında SNR değeri; hemodiyaliz grubunda $2,38 \pm 16,97$, periton diyaliz grubunda $5,04 \pm 16,93$ ve kontrol grubunda $9,81 \pm 5,36$ olarak ölçülmüştür. Gruplar arası fark anlamlı değildir ($p = 0,613$), ikili karşılaştırmalarda da anlamlılık saptanmamıştır ($p > 0,05$).

- 2800 Hz. frekansında SNR değeri; hemodiyaliz grubunda $0,77 \pm 8,75$, periton diyaliz grubunda $6,74 \pm 14,81$ ve kontrol grubunda $7,06 \pm 5,35$ olarak belirlenmiştir. Gruplar arasında anlamlı fark bulunmamıştır ($p = 0,189$), ikili karşılaştırmalar da anlamlı değildir.

- 4000 Hz. frekansında SNR değeri; hemodiyaliz grubunda $6,67 \pm 10,89$, periton diyaliz grubunda $6,34 \pm 7,80$ ve kontrol grubunda $14,60 \pm 4,24$ olarak ölçülmüştür. Gruplar arasında anlamlı fark bulunmuştur ($p = 0,012$). İkili karşılaştırmalarda periton diyaliz ve kontrol grubu ($p = 0,021$) ile hemodiyaliz ve kontrol grubu ($p = 0,028$) arasında anlamlı farklar bulunmuştur.

- 6000 Hz. frekansında SNR değeri; hemodiyaliz grubunda $1,28 \pm 12,10$, periton diyaliz grubunda $3,16 \pm 8,82$ ve kontrol grubunda $15,32 \pm 6,28$ olarak kaydedilmiştir. Gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0,001$). İkili karşılaştırmalarda periton diyaliz ve kontrol grubu ($p = 0,003$) ile hemodiyaliz ve kontrol grubu ($p < 0,001$) arasında anlamlı farklılıklar saptanmıştır.

- 8000 Hz. frekansında SNR değeri; hemodiyaliz grubunda $-5,98 \pm 12,76$, periton diyaliz grubunda $-0,14 \pm 10,61$ ve kontrol grubunda $9,50 \pm 8,44$ olarak ölçülmüştür. Gruplar arası fark anlamlı bulunmuştur ($p = 0,001$). İkili karşılaştırmalarda periton diyaliz ve kontrol grubu ($p = 0,047$) ile hemodiyaliz ve kontrol grubu ($p < 0,001$) arasında anlamlı farklar belirlenmiştir.

4.4.2. Sol Kulakta SNR Değerleri

- 1000 Hz. frekansında SNR değeri; hemodiyaliz grubunda $-8,93 \pm 10,19$, periton diyaliz grubunda $-11,88 \pm 16,27$ ve kontrol grubunda $-3,12 \pm 12,39$ olarak ölçülmüştür. Gruplar arasında anlamlı fark bulunmamıştır ($p = 0,135$), ikili karşılaştırmalarda da fark anlamlı değildir ($p > 0,05$).

- 1400 Hz. frekansında SNR değeri; hemodiyaliz grubunda $-2,62 \pm 14,92$, periton diyaliz grubunda $-4,48 \pm 19,14$ ve kontrol grubunda $3,56 \pm 14,27$ olarak belirlenmiştir. Gruplar

arasında anlamlı fark bulunmamıştır ($p = 0,288$), ikili karşılaştırmalarda da anlamlılık saptanmamıştır.

- 2000 Hz. frekansında SNR değeri; hemodiyaliz grubunda $1,26 \pm 14,04$, periton diyaliz grubunda $0,86 \pm 16,83$ ve kontrol grubunda $9,26 \pm 4,51$ olarak kaydedilmiştir. Gruplar arası fark anlamlı bulunmamıştır ($p = 0,193$); ancak hemodiyaliz ve kontrol grubu arasında anlamlı fark saptanmıştır ($p = 0,049$).

- 2800 Hz. frekansında SNR değeri; hemodiyaliz grubunda $4,71 \pm 11,52$, periton diyaliz grubunda $4,00 \pm 15,58$ ve kontrol grubunda $5,94 \pm 6,37$ olarak ölçülmüştür. Gruplar arasında anlamlı fark bulunmamış ve ikili karşılaştırmalarda da anlamlı farklılık saptanmamıştır ($p = 0,955$).

- 4000 Hz. frekansında SNR değeri; hemodiyaliz grubunda $4,14 \pm 18,12$, periton diyaliz grubunda $1,22 \pm 17,18$ ve kontrol grubunda $15,17 \pm 5,71$ olarak belirlenmiştir. Gruplar arası fark anlamlılık sınırında bulunmuştur ($p = 0,071$). İkili karşılaştırmalarda periton diyaliz ve kontrol grubu arasında anlamlı fark bulunmuştur ($p = 0,014$).

- 6000 Hz. frekansında SNR değeri; hemodiyaliz grubunda $2,87 \pm 14,40$, periton diyaliz grubunda $0,62 \pm 14,12$ ve kontrol grubunda $13,51 \pm 9,49$ olarak kaydedilmiştir. Gruplar arasındaki fark anlamlı bulunmuştur ($p = 0,020$). Periton diyaliz ve kontrol grubu arasında anlamlı fark saptanmıştır ($p = 0,024$).

- 8000 Hz. frekansında SNR değeri; hemodiyaliz grubunda $-0,14 \pm 11,25$, periton diyaliz grubunda $-0,55 \pm 13,83$ ve kontrol grubunda $9,63 \pm 10,29$ olarak ölçülmüştür. Gruplar arası fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p = 0,038$). Ancak ikili karşılaştırmalarda farklar anlamlılık sınırında kalmıştır (hemodiyaliz ve kontrol: $p = 0,074$; periton diyaliz ve kontrol: $p = 0,060$).

Tablo 6. Hemodiyaliz, Periton Diyaliz ve Kontrol Gruplarında Otoakustik Emisyon (OAE) Test Sonuçlarının Karşılaştırılması

	Hemodiyaliz (G1) (N=15) Ort. $\pm$ SS	Periton Diyaliz (G2) (N=15) Ort. $\pm$ SS	Kontrol (G3) (N=15) Ort. $\pm$ SS	P ⁺	P*
Sağ Oae 1000 Snr	-4,71 $\pm$ 11,89	-7,38 $\pm$ 13,78	1,19 $\pm$ 5,34	0,083	G1 & G2: 0,493 G2 & G3:0,021 G1 & G3: 0,198
Sağ Oae 1400 Snr	-0,13 $\pm$ 15,45	0,26 $\pm$ 17,94	7,85 $\pm$ 8,52	0,249	G1 & G2: 0,997 G2 & G3:0,334 G1 & G3: 0,299
Sağ Oae 2000 Snr	2,38 $\pm$ 16,97	5,04 $\pm$ 16,93	9,81 $\pm$ 5,36	0,613	G1 & G2: 0,693 G2 & G3:0,787 G1 & G3: 0,254
Sağ Oae 2800 Snr	0,77 $\pm$ 8,75	6,74 $\pm$ 14,81	7,06 $\pm$ 5,35	0,189	G1 & G2: 0,270 G2 & G3:0,996 G1 & G3: 0, 235
Sağ Oae 4000 Snr	6,67 $\pm$ 10,89	6,34 $\pm$ 7,80	14,60 $\pm$ 4,24	0,012	G1 & G2: 0,993 G2 & G3:0,021 G1 & G3: 0,028
Sağ Oae 6000 Snr	1,28 $\pm$ 12,10	3,16 $\pm$ 8,82	15,32 $\pm$ 6,28	<0,001	G1 & G2: 0,848 G2 & G3:0,003 G1 & G3: <0,001
Sağ Oae 8000 Snr	-5,98 $\pm$ 12,76	-0,14 $\pm$ 10,61	9,50 $\pm$ 8,44	0,001	G1 & G2: 0,307 G2 & G3:0,047 G1 & G3: <0,001

Sol Oae 1000 Snr	-8,93±10,19	-11,88±16,27	-3,12±12,39	0,135	G1 & G2: 0,545 G2 & G3:0,128 G1 & G3: 0,059
Sol Oae 1400 Snr	-2,62±14,92	-4,48±19,14	3,56±14,27	0,288	G1 & G2: 0,983 G2 & G3:0,289 G1 & G3: 0,101
Sol Oae 2000 Snr	1,26±14,04	0,86±16,83	9,26±4,51	0,193	G1 & G2: 0,633 G2 & G3:0,350 G1 & G3: 0,049
Sol Oae 2800 Snr	4,71±11,52	4,00±15,58	5,94±6,37	0,955	G1 & G2: 0,852 G2 & G3:0,740 G1 & G3: >0,999
Sol Oae 4000 Snr	4,14±18,12	1,22±17,18	15,17±5,71	0,071	G1 & G2: 0,590 G2 & G3:0,014 G1 & G3: 0,191
Sol Oae 6000 Snr	2,87±14,40	0,62±14,12	13,51±9,49	0,020	G1 & G2: 0,881 G2 & G3:0,024 G1 & G3: 0,072
Sol Oae 8000 Snr	-0,14±11,25	-0,55±13,83	9,63±10,29	0,038	G1 & G2: 0,995 G2 & G3:0,060 G1 & G3: 0,074

G1: Hemodiyaliz, G2: Periton Diyaliz, G3: Kontrol.

Sürekli veriler Ort. ± SS olarak, kategorik veriler sayı (n) ve yüzde (%) ile verilmiştir.

p⁺: Üç grup arasındaki farkı gösteren test sonucudur (*ANOVA* veya *Kruskal-Wallis*).

p^{*}: Gruplar arası ikili karşılaştırmalarda anlamlılık düzeyidir (*Tukey*, *Bonferroni* veya *Mann-Whitney U*).

p < 0,05 değeri istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.

4.5. Katılımcıların VHIT (Video Head Impulse Test) Değerleri

Çalışmada, sağ anterior (RA), sol anterior (LA), sağ lateral (RL), sol lateral (LL), sağ posterior (RP) ve sol posterior (LP) yarım daire kanallarına ait VHIT ortalama değerleri gruplar arasında karşılaştırılmıştır.

4.5.1. Sağ Anterior (RA) Kanal VHIT Değerleri

Sağ anterior kanal VHIT ortalama değerleri; hemodiyaliz grubunda $1,01 \pm 0,06$, periton diyaliz grubunda $0,94 \pm 0,17$ ve kontrol grubunda $1,04 \pm 0,03$ olarak ölçülmüştür. Gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p=0,138$; One-Way ANOVA testi). İkili karşılaştırmalarda; hemodiyaliz ve periton diyaliz grubu ($p=0,204$), periton diyaliz ve kontrol grubu ($p = 0,064$) ve hemodiyaliz ve kontrol grubu ($p=0,347$) arasında anlamlı fark saptanmamıştır.

4.5.2. Sol Anterior (LA) Kanal VHIT Değerleri

Sol anterior kanal VHIT değerleri; hemodiyaliz grubunda $1,03 \pm 0,05$, periton diyaliz grubunda $0,98 \pm 0,12$ ve kontrol grubunda $1,04 \pm 0,04$ olarak belirlenmiştir. Gruplar arasında anlamlı fark bulunmamıştır ($p=0,341$). Yapılan ikili karşılaştırmalarda da hemodiyaliz ve periton diyaliz grubu ($p=0,348$), periton diyaliz ve kontrol grubu ($p = 0,197$) ile hemodiyaliz ve kontrol grubu ($p = 0,392$) arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamıştır.

4.5.3. Sağ Lateral (RL) Kanal VHIT Değerleri

Sağ lateral kanal VHIT değerleri; hemodiyaliz grubunda $0,94 \pm 0,16$, periton diyaliz grubunda $0,92 \pm 0,16$ ve kontrol grubunda $1,01 \pm 0,05$ olarak ölçülmüştür. Gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p = 0,166$). İkili karşılaştırmalarda hemodiyaliz ve kontrol grubu arasında fark istatistiksel anlamlılık sınırında bulunmuş ($p = 0,055$), diğer ikili karşılaştırmalarda ise anlamlı fark saptanmamıştır ($p > 0,05$).

4.5.4. Sol Lateral (LL) Kanal VHIT Değerleri

Sol lateral kanal VHIT değerleri; hemodiyaliz grubunda $0,96 \pm 0,11$, periton diyaliz grubunda $0,97 \pm 0,11$ ve kontrol grubunda $1,01 \pm 0,04$ olarak kaydedilmiştir. Gruplar arasında anlamlı fark bulunmamış ($p = 0,512$) ve yapılan ikili karşılaştırmalarda da hemodiyaliz ve periton diyaliz grubu ($p = 0,692$), periton diyaliz ve kontrol grubu ($p = 0,662$) ve hemodiyaliz ve kontrol grubu ($p = 0,188$) arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamıştır.

4.5.5. Sağ Posterior (RP) Kanal VHIT Değerleri

Sağ posterior kanal VHIT değerleri; hemodiyaliz grubunda $0,98 \pm 0,04$, periton diyaliz grubunda $0,86 \pm 0,25$ ve kontrol grubunda $0,99 \pm 0,03$ olarak ölçülmüştür. Gruplar arasında anlamlı fark bulunmamıştır ($p = 0,772$). İkili karşılaştırmalarda da hemodiyaliz ve periton diyaliz grubu ($p=0,589$), periton diyaliz ve kontrol grubu ($p = 0,506$) ile hemodiyaliz ve kontrol grubu ($p=0,851$) arasında anlamlı fark bulunmamıştır.

4.5.6. Sol Posterior (LP) Kanal VHIT Değerleri

Sol posterior kanal VHIT değerleri; hemodiyaliz grubunda $0,98 \pm 0,06$, periton diyaliz grubunda $0,90 \pm 0,18$ ve kontrol grubunda $0,98 \pm 0,04$ olarak ölçülmüştür. Gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p = 0,173$). Yapılan ikili karşılaştırmalarda; hemodiyaliz ve periton diyaliz grubu ($p=0,105$), periton diyaliz ve kontrol grubu ($p = 0,170$) ve hemodiyaliz ve kontrol grubu ($p = 0,359$) arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmamıştır.

Tablo 7. Hemodiyaliz, Periton Diyaliz ve Kontrol Gruplarında Vestibüler Fonksiyon Testi (VHIT) Sonuçlarının Karşılaştırılması

	Hemodiyaliz (G1) (n=15) Ort. $\pm$ SS	Periton Diyaliz (G2) (n=15) Ort. $\pm$ SS	Kontrol (G3) (n=15) Ort. $\pm$ SS	p ⁺	p [*]
RA VHIT	1,01 $\pm$ 0,06	0,94 $\pm$ 0,17	1,04 $\pm$ 0,03	0,138	G1 & G2: 0,204 G2 & G3: 0,064 G1 & G3: 0,347

LA VHIT	1,03±0,05	0,98±0,12	1,04±0,04	0,341	G1 & G2: 0,348 G2 & G3: 0,197 G1 & G3: 0,392
RL VHIT	0,94±0,16	0,92±0,16	1,01±0,05	0,166	G1 & G2: 0,770 G2 & G3: 0,203 G1 & G3: 0,055
LL VHIT	0,96±0,11	0,97±0,11	1,01±0,04	0,512	G1 & G2: 0,692 G2 & G3: 0,662 G1 & G3: 0,188
RP VHIT	0,98±0,04	0,86±0,25	0,99±0,03	0,772	G1 & G2: 0,589 G2 & G3: 0,506 G1 & G3: 0,851
LP VHIT	0,98±0,06	0,90±0,18	0,98±0,04	0,173	G1 & G2: 0,105 G2 & G3: 0,170 G1 & G3: 0,359

G1: Hemodiyaliz, G2: Periton Diyaliz, G3: Kontrol.

Sürekli veriler Ort. $\pm$ SS olarak, kategorik veriler sayı (n) ve yüzde (%) ile verilmiştir.

p⁺: Üç grup arasındaki farkı gösteren test sonucudur (ANOVA veya *Kruskal-Wallis*).

p*: Gruplar arası ikili karşılaştırmalarda anlamlılık düzeyidir (*Tukey*, *Bonferroni* veya *Mann-Whitney U*).

$p < 0,05$ değeri istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.

4.6. Katılımcıların Overt Sakkad, Covert Sakkad ve KOVA Testi Değerleri

Çalışmada, katılımcıların overt sakkad, covert sakkad ve KOVA (Kalorik, Otolitik, Vestibüler Asimetri) testi ortalama değerleri karşılaştırılmıştır.

4.6.1. Overt Sakkad Değerleri

Overt sakkad ortalama değerleri; hemodiyaliz grubunda $0,66 \pm 0,48$, periton diyaliz grubunda $0,60 \pm 0,50$ ve kontrol grubunda $0,26 \pm 0,45$ olarak ölçülmüştür. Gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlılık sınırında bulunmuştur ($p = 0,067$; One-Way ANOVA testi).

İkili karşılaştırmalarda; hemodiyaliz ve periton diyaliz grubu arasında anlamlı bir fark

saptanmamıştır ($p = 0,710$). Periton diyaliz ile kontrol grubu arasındaki fark anlamlılık sınırında bulunmuştur ($p = 0,070$), hemodiyaliz ile kontrol grubu arasında ise istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmiştir ($p = 0,031$).

4.6.2. Covert Sakkad Değerleri

Covert sakkad ortalama değerleri; hemodiyaliz grubunda $0,46 \pm 0,51$, periton diyaliz grubunda $0,53 \pm 0,51$ ve kontrol grubunda $0,00 \pm 0,00$ olarak belirlenmiştir. Gruplar arasında anlamlı fark bulunmuştur ($p = 0,004$; One-Way ANOVA testi).

İkili karşılaştırmalarda; hemodiyaliz ve periton diyaliz grubu arasında anlamlı fark saptanmamış ($p = 0,720$), ancak periton diyaliz ile kontrol grubu ($p = 0,001$) ve hemodiyaliz ile kontrol grubu ($p = 0,003$) arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmuştur.

4.6.3. KOVA Testi Değerleri

KOVA testi ortalama değerleri; hemodiyaliz grubunda $1,53 \pm 1,72$, periton diyaliz grubunda $2,00 \pm 1,46$ ve kontrol grubunda $0,33 \pm 0,48$ olarak ölçülmüştür. Gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p = 0,004$; One-Way ANOVA testi).

İkili karşılaştırmalarda; hemodiyaliz ve periton diyaliz grubu arasında anlamlı fark bulunmamış ($p = 0,608$), ancak periton diyaliz ile kontrol grubu ($p = 0,004$) ve hemodiyaliz ile kontrol grubu ($p = 0,047$) arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar saptanmıştır.

Tablo 8. Hemodiyaliz, Periton Diyaliz ve Kontrol Gruplarında Sakkadik Göz Hareketleri ve KOVA Testi Sonuçlarının Karşılaştırılması

	Hemodiyaliz (G1) (n=15) Ort. $\pm$ SS	Periton Diyaliz (G2) (n=15) Ort. $\pm$ SS	Kontrol (G3) (n=15) Ort. $\pm$ SS	p^+	p^*
OVERT SAKKAD	$0,66 \pm 0,48$	$0,60 \pm 0,50$	$0,26 \pm 0,45$	0,067	G1 & G2: 0,710 G2 & G3: 0,070

					G1 & G3: 0,031
COVERT SAKKAD	0,46±0,51	0,53±0,51	0,00±0,00	0,004	G1 & G2: 0,720 G2 & G3:0,001 G1 & G3: 0,003
KOVA TESTİ	1,53±1,72	2,00±1,46	0,33±0,48	0,004	G1 & G2: 0,608 G2 & G3:0,004 G1 & G3: 0,047

G1: Hemodiyaliz, G2: Periton Diyaliz, G3: Kontrol.

Sürekli veriler Ort. $\pm$ SS olarak, kategorik veriler sayı (n) ve yüzde (%) ile verilmiştir.

p⁺: Üç grup arasındaki farkı gösteren test sonucudur (*ANOVA* veya *Kruskal-Wallis*).

p*: Gruplar arası ikili karşılaştırmalarda anlamlılık düzeyidir (*Tukey*, *Bonferroni* veya *Mann-Whitney U*).

$p < 0,05$ değeri istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.

5. TARTIŞMA

Çalışmamızda kronik böbrek yetmezliği nedeniyle diyalize giren hastaların (hem HD hem PD) işitme eşiklerinde sağlıklı kontrol grubuna kıyasla belirgin yükselmeler saptanmıştır. Hemodiyaliz (HD) ve periton diyalizi (PD) gruplarının her ikisinde de özellikle yüksek frekans ağırlıklı sensörinöral tipte hafif-orta dereceli işitme kayıpları görülmüş; bu gruplar arasında ise işitme eşikleri bakımından anlamlı bir fark bulunmamıştır. Bu bulgu, kronik böbrek yetmezliği (KBY) ile ilişkili koklear hasarın diyaliz yönteminden bağımsız olarak gelişebildiğini göstermektedir. Nitekim literatürde KBY hastalarında diyaliz öncesinden başlayarak yüksek frekanslı bilateral işitme kayıplarının yaygın olduğu bildirilmiştir (Ozturan ve Lam, 1998; Stavroulaki vd., 2001). HD hastalarında sensörinöral işitme kaybı prevalansının %25 ile %70 gibi geniş bir aralıkta rapor edilmesi, popülasyonlar arasındaki heterojenliğe rağmen işitme kaybının KBY’de sık görülen bir komplikasyon olduğunu vurgular (Altaş vd., 1998; Saeed vd., 2018). Örneğin, Türk bir çalışmada hemodiyaliz hastalarının %72’sinde konuşma frekanslarında belirgin, bilateral baskın bir işitme kaybı saptanmıştır (Altaş vd., 1998). Benzer şekilde Saeed ve arkadaşlarının (2018) 59 hemodiyaliz hastasını 1 yıl izledikleri prospektif çalışmada, başlangıçta %66 olan sensörinöral işitme kaybı oranının bir yılsonunda %76’ya yükseldiği ve hastaların üçte ikisinde işitme eşiklerinde belirgin kötüleşme görüldüğü bildirilmiştir. Bu ilerleyici tablo, KBY’ye bağlı işitme kaybının zamanla derinleşebildiğini ve özellikle diyalizde geçen sürenin uzamasının işitme fonksiyonlarını olumsuz etkileyebileceğini düşündürmektedir (Saeed vd., 2018). Nitekim ilgili çalışmada multivaryant analiz, işitme kaybı için bağımsız tek öngörücünün hemodiyaliz süresi olduğunu ortaya koymuştur (Saeed vd., 2018).

Hemodiyaliz ve periton diyaliz gruplarımız arasında işitme düzeyleri açısından fark olmaması, literatürdeki sınırlı verilerle uyumludur. Hemodiyaliz işleminin kendisinin işitme üzerinde akut bir etkisi olmadığı, esas sorunun altta yatan üremik süreçten kaynaklandığı birçok araştırmada vurgulanmıştır. Ozturan ve Lam (1998) bir HD seansı öncesi-sonrası ölçümlerde işitme eşiğinde anlamlı değişiklik saptamamış; ancak HD hastalarının tamamının, kontrol grubuna göre özellikle 4–8 kHz yüksek frekanslarda belirgin işitme kaybı taşıdığını rapor etmişlerdir (Ozturan ve Lam, 1998). HD uygulamasının işitmeye “akut” bir zararı olmadığı, gözlenen işitme kaybının KBY’ye bağlı kronik koklear hasarın bir sonucu olduğu sonucuna varılmıştır. Bizim PD hastalarımızın

da benzer düzeyde işitme kaybı göstermesi, koklear hasarın sadece hemodiyalize bağlı olmadığını, üremik ortamın ve KBY patofizyolojisinin temel belirleyici olduğunu düşündürmektedir. Nitekim literatürdeki tek tük olgu bildirimleri de PD'nin işitme kaybını önlemediğini destekler niteliktedir. Rizvi ve Holmes (1980) normal işitmeye sahip bir hastada, kronik böbrek yetmezliğinin ilerlemesiyle birlikte periton diyalizi ve takiben hemodiyaliz dönemlerinde kademeli işitme kayıpları geliştiğini ve sonunda her iki kulakta ileri derecede sağırılık oluştuğunu bildirmiş; bu durumu diyaliz sırasında meydana gelen ozmotik değişikliklerle açıklamaya çalışmışlardır (Rizvi ve Holmes, 1980). Sonuç olarak, PD'nin daha sürekli ve fizyolojik arınma sağlamasına rağmen KBY'ye bağlı işitme hasarını tamamen engelleyemediği görülmektedir. Her iki diyaliz yönteminde de hastaların benzer işitme profiline sahip olması, üremik iç ortamın kokleaya verdiği zararın diyaliz modalitesinden ziyade hastalığın kendisiyle ilişkili olduğunu göstermektedir.

İşitme kaybının tipi ve özellikleri incelendiğinde, tüm hasta grubumuzda kaybın sensörinöral olduğu, timpanometri bulgularıyla birlikte orta kulak patolojisine dair belirti olmadığı görülmüştür. Timpanometrik ölçümlerde her üç grupta da kulak basınçları normal sınırlar içinde seyretmiş, yalnızca sağ kulakta HD grubunda ortalama basınç değeri PD ve kontrol grubuna kıyasla daha yüksek (yaklaşık 0 daPa) bulunmuştur. Sol kulakta ve genel olarak orta kulak komplians değerlerinde anlamlı bir farklılık saptanmamıştır. HD grubunda sağ kulak basıncının hafifçe daha pozitif olması, Östaki tüpü fonksiyonunda diyaliz seansları sırasında yaşanan sıvı-göreceli basınç değişikliklerine bağlı olabilir. Hemodiyaliz sırasında ultrafiltrasyonla intravasküler volüm azalmakta, buna bağlı nazofarengeal mukoza kuruluğu veya östaki tüpü basınç regülasyonunda geçici değişimler ortaya çıkabilmektedir. Ancak bu bulgu klinik açıdan belirgin bir sorun yaratmamıştır; hiçbir HD hastamızda orta kulakta effüzyon ya da iletim tipi kayıp saptanmamıştır. Literatürde, HD sırasında vücut sıvı kompartmanlarındaki hızlı değişimlerin orta kulak basıncını etkileyip etkilemediği üzerine az sayıda çalışma vardır. Örneğin, hemodiyaliz seansı esnasında kafa içi basıncın düşmesiyle timpanik membran pozisyonunda değişiklik olabileceği ve bunun timpanogramla dolaylı izlenebileceği ileri sürülmüştür (Tamae vd., 2018). Ancak çalışmamızdaki bulgular, diyalizin orta kulak basıncında kalıcı veya anlamlı bir bozukluğa yol açmadığını, dolayısıyla HD hastalarında saptanan işitme kayıplarının iletim komponentinden ziyade koklear kaynaklı olduğunu desteklemektedir. Nitekim gerek

bizim çalışmamızda gerek benzer çoğu araştırmada işitme kaybının koklear kaynaklı olduğunu düşündürmektedir (Altaş vd., 1998).

İşitme fonksiyonlarının objektif bir göstergesi olan OAE testinde elde ettiğimiz bulgulara, kokleadaki dış tüylü hücre hasarını doğrular niteliktedir. Çalışmamızda hemodiyaliz ve periton diyalizi hastalarının özellikle yüksek frekanslardaki (4–8 kHz) OAE yanıt amplitüdləri (SNR değerleri) kontrol grubuna kıyasla belirgin düzeyde düşüktür. Birçok hastada bu frekanslarda emisyonlar ölçülememiş veya gürültü eşiğinin altında kalmıştır. Kontrol grubunda ise aynı frekans bantlarında güçlü otoakustik emisyon yanıtları elde edilmiştir. Bu sonuç, diyaliz hastalarında koklear amplifikatör işlevini yürüten dış tüylü hücrelerin zarar gördüğünü ve özellikle bazal kokleadaki (yüksek frekansları kodlayan) hücre popülasyonunun etkilendiğini göstermektedir. Literatürdeki verilerle karşılaştırıldığında, bulgumuz beklenir bir sonuçtur. Stavroulaki vd. (2001), hemodiyalize giren genç hastalarda distorsiyon ünlü OAE (DPOAE) amplitüdlérinin sağlıklı yaşlılarına göre belirgin ölçüde azaldığını rapor etmişlerdir. Yine Gabr ve arkadaşları (2019), KBY'li hastalarda hem standart OAE testlerinde hem de yüksek frekanslı saf ses odyometri ölçümlerinde normallere kıyasla belirgin anormallikler saptamışlardır (Gabr vd., 2019). Bu çalışmalar KBY'nin kokleaya etkisini nesnel olarak ortaya koymaktadır. Bizim çalışmamızda, HD ve PD gruplarında OAE yanıtlarının benzer şekilde zayıfladığını göstererek, işitme kaybının koklear temelli olduğunu desteklemiştir. İlginç olarak, literatürde hemodiyaliz seansı sonrası kısa vadede OAE yanıtlarında veya işitme eşiklerinde hafif iyileşmeler bildiren çalışmalar da mevcuttur (Gatland vd., 1991; Bazzi vd., 1995). Örneğin Gatland vd. (1991), hemodiyaliz sonrasında hastalarının üçte birinde odyometrik eşiklerde ortalama 20 dB'lik bir iyileşme gözlemlemiş ve bunu iç kulaktaki sıvı-elektrolit dengesinin geçici olarak düzelmesine bağlamıştır. Ancak bu iyileşme kalıcı olmayıp bir sonraki diyaliz öncesi dönemde eşikler tekrar bozulmaktadır. Çoğu çalışma, hemodiyalizin koklear fonksiyon üzerinde kalıcı bir düzeltici etkisi olmadığını, aksine uzun dönemde işitme kaybının ilerleyebildiğini ortaya koymaktadır (Ozturan ve Lam, 1998; Saeed vd., 2018). Bu bağlamda, akut dönemdeki küçük dalgalanmalar bir yana bırakılırsa, KBY'li hastalarda gözlenen OAE düşüklüğü ve işitme kaybı literatür ile tutarlı şekilde her iki diyaliz grubumuzda da belirgin bulunmuştur.

Vestibüler sistem değerlendirmesinde kullandığımız video head impulse test (vHIT), kokleadaki belirgin etkilenmeye karşın semicircular kanallar düzeyinde büyük bir fonksiyon kaybı olmadığını göstermektedir. Tüm hasta gruplarımızda (HD ve PD), vHIT ile ölçülen vestibülo-oküler refleks (VOR) kazanç değerleri kontrol grubuna benzer bulunmuştur (her üç yarım daire kanal düzleminde ortalama kazanç $\sim 0.9-1.0$ civarında, $p>0.05$). Bu durum, diyaliz hastalarının büyük çoğunluğunda bilateral vestibüler hipofonksiyon gibi ağır bir periferik vestibüler yetmezlik olmadığını, yarım daire kanallarının genel VOR yanıtının korunduğunu düşündürmektedir. Ancak vHIT'nin daha ince bir çıktısı olan düzeltici sakkadik göz hareketleri incelendiğinde, hasta grupları ile kontrol arasında belirgin farklar ortaya çıkmıştır. Özellikle HD ve PD hastalarında “covert” (baş hareketi esnasında ortaya çıkan) sakkadik hareketler belirgin şekilde artmış, ayrıca “overt” (baş hareketi sonrasında gözlenen) sakkadların da kontrol grubuna göre daha sık görüldüğü saptanmıştır. Kontrol grubundaki sağlıklı bireylerin çoğunda vHIT sırasında hiçbir düzeltici sakkad izlenmezken, HD ve PD hastalarında çeşitli kanal düzlemlerinde bir veya birden fazla sayıda catch-up sakkad meydana gelmiştir. Nitekim gizli (covert) sakkad varlığı bakımından her iki diyaliz grubu da kontrollerden anlamlı derecede farklı bulunmuştur ($p<0.01$) ve bu parametrede HD ile PD arasında fark saptanmamıştır. Açık (overt) sakkad sıklığı ise HD grubunda kontrol grubuna göre anlamlı yüksek iken ($p<0.05$), PD grubu ile kontrol arasında istatistiksel sınırda bir fark mevcuttur (PD grubu biraz daha fazla sakkad göstermesine rağmen, $p\approx 0.07$). Bu veriler bütün olarak değerlendirildiğinde, diyaliz hastalarında vestibüler sistemin tamamen sağlam olmadığı, ancak oluşan hasarın VOR kazanç değerini düşürecek boyutta olmayıp merkezi kompensasyon mekanizmalarıyla maskelendiği söylenebilir. Covert sakkadlar, vestibüler sistem hasarında beynin görsel-vestibüler refleksi düzeltmek için geliştirdiği kompensatuar stratejilerden biridir; baş hareketi sırasında gözler hedefi tutturmak için çok hızlı düzeltme yapar ve bu genellikle hasta tarafından fark edilmez. Bizim HD ve PD hastalarımızda kontrol bireylerde hiç gözlenmeyen covert sakkadların ortaya çıkmış olması, bu gruplarda minimal/periferik vestibüler fonksiyon azalmalarını telafi etmek için merkezi sinir sisteminin devreye girdiğini düşündürmektedir. Overt sakkadların varlığı da benzer şekilde vestibüler sistemde bir subklinik defisite işaret eder. Sonuçta, her ne kadar vHIT kazançları normal bulunsa da diyaliz hastalarında vestibülo-oküler refleksin tam olarak sağlam olmadığını, ince testlerle ortaya konabilen bir zayıflama bulunduğunu söylemek mümkündür.

Elde ettiğimiz bu vestibüler bulgular, yakın tarihli çalışmalarla tutarlılık göstermektedir. Literatürde KBY ve HD hastalarında vestibüler fonksiyonlar üzerine yapılmış sınırlı sayıda çalışma olup, vHIT kullanan ilk araştırmalardan biri Ozmen ve arkadaşlarının 2022 yılında yayınladıkları çalışmadır. Söz konusu çalışmada 35 HD hastası 35 sağlıklı kontrole karşılaştırılmış; bizim bulgularımıza benzer şekilde hasta grubunun vHIT kazançlarının kontrol ile aynı olduğu, ancak HD hastalarının %17'sinde bilateral lateral kanal sakkadlarının mevcut olduğu bildirilmiştir (Ozmen vd., 2022). Ayrıca, HD hastalarında yapılan “baş sallama (head-shake) testi” sonrasında kontrol grubuna göre anlamlı düzeyde nistagmus ortaya çıktığı ($P=0,025$) ve hasta grubunun Dizziness Handicap Inventory (DHI) skorlarının sağlıklılardan belirgin şekilde yüksek olduğu ($P=0,001$) saptanmıştır (Ozmen vd., 2022). Bizim çalışmamızda PD grubu da incelendiği için Ozmen vd.'nin sadece HD'yi kapsayan bulgularını genelleme imkânı buluyoruz: Gerek HD gerekse PD hastalarında vestibüler sistem bozukluğu belirtileri (sakkadik göz hareketleri gibi) kontrollere göre artmış durumda ve bu durum her iki diyaliz modalitesi için ortak bir özellik olarak görünüyor. Ayrıca Ozmen vd. (2022), HD hastalarında vHIT sırasında sakkad varlığının hastaların diyalizde kalış süresi arttıkça belirginleştiğini ve yüksek serum kreatinin düzeyleriyle pozitif korelasyon gösterdiğini rapor etmişlerdir (Ozmen vd., 2022). Bu önemli bulgu, kronik üreminin vestibüler sisteme kademeli zarar verebileceğini ve zamanla birikebileceğini düşündürmektedir. Ne yazık ki bizim çalışmamızda hastaların diyaliz süresi ile vestibüler parametreler arasındaki ilişkiyi değerlendirecek bir alt grup analizi planlanmamıştır; ancak HD grubumuzun ortalama diyaliz süresi (muhtemelen Ozmen çalışmasındaki benzer) göz önüne alındığında, vestibüler bozukluğun henüz başlangıç seviyesinde, subklinik formda olması olasıdır. PD grubunda da benzer sürede (ortalama birkaç yıllık) diyaliz geçmişi olan hastalar bulunduğundan, her iki yöntemde de belli bir süre sonra hafif vestibüler defisitlerin ortaya çıktığını söyleyebiliriz. Bu defisitler, günlük yaşamda hastalar tarafından fark edilmeyebilir; nitekim bizim gruplarımızda aktif baş dönmesi şikâyeti olan az sayıda hasta vardı. Bununla birlikte objektif testlerle saptanan bu erken bulgular, üremik vestibülopati tablosunun habercisi olabilir.

Vestibüler sistem değerlendirirken otolit organ fonksiyonunu ölçen kova testi (bucket test) sonuçlarımız da dikkat çekicidir. Öznel dikey algısı testinde (SVV), hemodiyaliz ve periton diyalizi hastalarının ortalama hata açısı değeri kontrol grubuna kıyasla anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur (HD: $\sim 1,5^\circ$, PD: $\sim 2^\circ$ iken kontrol: $\sim 0,3^\circ$ idi, $p<0,01$). Her ne kadar bu

sapma değerleri mutlak olarak küçük görünse de kontrol grubunda tüm bireylerin hatasının 1 derecenin altında olduğu, oysa diyaliz hastalarında bazılarının 3-4 dereceye varan hatalar yaptığı göz önüne alındığında, aradaki fark istatistiksel olduğu kadar klinik açıdan da anlamlıdır. Bu bulgu, ütrikül ve sakkül gibi otolit organların işlevlerinde diyaliz hastalarında hafif bir bozulma olduğuna işaret etmektedir. Utriküler fonksiyon bozukluğu, subjektif görsel dikey testinde normalde dik olarak algılanması gereken çizginin hafif eğik algılanmasıyla kendini gösterir. Bizim HD ve PD hastalarımızda gözlenen ortalama ~1-2 derecelik dikey algı sapması, literatürde normal sınır olarak kabul edilen ~2 derecelik hata payının üzerindedir ve kontrollere göre anlamlı farklılık göstermektedir. Bu sonuç, şimdiki diyaliz popülasyonunda pek incelenmemiş bir alan olan otolit fonksiyonlarının da üremik süreçten etkilendiğini ortaya koymaktadır. Kova testi ile ilgili yapılan önceki çalışmalar genellikle vestibüler bozuklukların taranması amacıyla sağlıklı bireylerde referans değerlerin saptanmasına yöneliktir (Tütüncü vd., 2019; Kırmalı vd., 2020). KBY hastalarında kova testi kullanımı ise nadiren bildirilmiştir. Literatürde, özellikle çocuk ve genç erişkin transplant hastalarında dahi vestibüler fonksiyonlarda bozukluklar olabileceği belirtilmiştir (Klagenberg, 2012). Bizim bulgumuz da otolit fonksiyonların HD ve PD’de benzer şekilde etkilendiğini, dolayısıyla kronik böbrek yetmezliğinin vestibüler sistemin hem yarım daire kanalları (VOR) hem de otolit (yerçekimi ve lineer ivme algısı) kısmında bütüncül bir etkilenmeye yol açtığını göstermektedir.

Ortaya koyduğumuz vestibüler bulgular mevcut literatür verileriyle genel olarak uyumludur ve hatta bu konuda nispeten yeni olan bazı verileri desteklemektedir. Örneğin, Gabr vd. (2019) çalışmalarında KBY hastalarını konservatif tedavi alanlar ve hemodiyalize girenler şeklinde gruplandırarak ayrıntılı odyovestibüler testler uygulamışlardır. Bu araştırmada, ileri evre KBY hastalarının %60’ında bilateral işitme kaybı tespit edilmesinin yanı sıra, göz izleme (tracking) ve optokinetik testlerde anormallikler ve vestibüler uyarılmış miyogenik potansiyel (VEMP) testlerinde bozulmalar saptanmıştır (Gabr vd., 2019). Yani KBY, vestibüler sistemin hem periferik reseptörlerini hem de santral yollarını etkileyebilmektedir. Bizim vHIT ve kova testine dayalı bulgularımız, Gabr ve arkadaşlarının sonuçlarıyla paralellik göstermekte ve KBY’de hem yarım daire kanallarının yüksek frekanslı VOR fonksiyonunda gizli defisitler, hem de otolit organların statik yerçekimi algısında bozulmalar olabileceğini desteklemektedir. Klinik olarak da bu objektif bulguların yansmasını, KBY hastalarında sık bildirilen denge şikâyetlerinde

görmek mümkündür. Nitekim Rosario vd. (2023) 88 hemodiyaliz hastasını taradıkları çalışmada, hastaların %78'inde diyaliz süreci boyunca tinnitus (kulak çınlaması) ve/veya baş dönmesi epizodu yaşandığını rapor etmişlerdir. Bu oranın kontrol popülasyonuna göre oldukça yüksek olması, diyaliz hastalarında vestibülo-koklear sistem semptomlarının ne kadar yaygın olabileceğini göstermektedir. Söz konusu çalışmada diyaliz hastalarında baş dönmesi/tinnitus ortaya çıkma olasılığının, diyalize başladıktan sonraki ilk 1–2 yıl içinde hızla arttığı ve 15-20 ayı geçenlerde neredeyse %100'e ulaştığı bildirilmiştir. Yani diyalizde geçen süre arttıkça, bu semptomların birikme olasılığı da yükselmektedir ki bu bulgu bizim objektif testlerle saptadığımız progresif vestibüler bozulma fikriyle uyumludur. Ayrıca Rosario ve arkadaşları, hemodiyaliz hastalarında vertigo/tinnitus gelişiminin serum biyokimyası ile ilişkisini de incelemiş; yüksek kan üre azotu, kreatinin, sodyum ve potasyum düzeylerine sahip hastalarda bu semptomların ortaya çıkışının anlamlı derecede daha fazla olduğunu bulmuşlardır (Rosario vd., 2023). Bu da üremik metabolitlerin ve elektrolit dengesizliklerinin vestibüler-auditif semptomlara yol açmada rol oynayabileceğine dair fizyopatolojik görüşleri desteklemektedir. Nitekim literatürde daha eski çalışmalarda da benzer şekilde “yüksek üre ve elektrolit bozuklukları iç kulakta fonksiyon bozulmalarına katkıda bulunur” şeklinde öngörüler vardır (Bazzi vd., 1995; Yassin vd., 1970). Özetle hem objektif testler hem de klinik gözlemler, diyaliz hastalarında vestibüler sistemin üremiden etkilendiğini ve bunun gerek subklinik düzeyde denge reflekslerinde gerekse semptom düzeyinde baş dönmesi şeklinde kendini gösterebileceğini ortaya koymaktadır.

Hem işitme hem de vestibüler sistemde saptadığımız bozulmaların altında yatan mekanizmalar muhtemelen multifaktöriyel olup, KBY'nin vücuttaki sistemik etkilerinin iç kulak yapıları üzerindeki yansımalarını içermektedir. Literatürde KBY'ye bağlı otolojik disfonksiyonların nedenleri konusunda tam bir görüş birliği olmamakla birlikte, başlıca üzerinde durulan mekanizmalar şunlardır: üremik toksin birikimi ve nöropati, mikrodolaşım bozuklukları (iskemi), elektrolit-osmolarite dengesizlikleri, kronik inflamasyon ve oksidatif stres, sekonder hiperparatiroidiye bağlı kemik metabolizması değişiklikleri ve ototoksik ilaç maruziyeti (Peyvandi ve Roozbahany, 2013; Börekçi vd., 2018; Güler vd., 2020).

Üremik toksinlerin nörotoksik etkisi: Kronik böbrek yetmezliğinde vücutta biriken üre, kreatinin, guanidin türevleri, β 2-mikroglobulin gibi orta moleküller ve diğer metabolitlerin sinir sistemi üzerinde toksik etki gösterdiği iyi bilinmektedir. Periferik nöropati, ileri evre KBY hastalarında sık görülen bir komplikasyondur ve sekonder olarak 8. kranial siniri de (n. vestibulocochlearis) etkileyebilir. Üremik toksinlerin özellikle miyelin kılıfı ve sinir iletiminde bozulmalara yol açarak koklear sinir liflerinde harabiyet yapabileceği düşünülmektedir (Barton ve Harris, 1991). Nitekim KBY hastalarında gerek işitme siniri gerek vestibüler sinir ileti hızlarında uzama ve amplitüdlere azalma bildiren bazı elektrofizyolojik çalışmalar mevcuttur (Özçaglar vd., 1996; Gupta vd., 2016). Bizim çalışmamızda doğrudan işitsel beyin sapı yanıtları (ABR) veya VEMP ölçümü gibi nörofizyolojik testler yapılmamış olmakla birlikte, üremik toksinlerin birikiminin koklea ve vestibüler sinir üzerindeki etkileri dolaylı bulgularımızla örtüşmektedir. Özellikle OAE yanıtlarının bozulması dış tüylü hücre hasarını gösterirken, işitme eşiklerinin düşüşü timpanometrik inceleme ile iletimsel bir kaybı olmadığını göstermektedir. Ancak tinnitus varlığı (bazı hastalarımızda mevcuttu) ve vestibüler kompensatuar sakkadların oluşması gibi bulgular, daha çok merkezi sinir sisteminin bu toksik etkilere adaptasyon sürecini yansıtır. Üremik toksinlerin vestibüler sistem üzerindeki etkisi, literatürde daha az çalışılmış bir alan olsa da hayvan modelleri bazı ipuçları vermektedir. Örneğin sıçanlarda üremik ortam oluşturulduğunda kokleovestibüler sinir gangliyonlarında apoptotik değişimler ve vestibüler çekirdeklerde nörotransmitter düzensizlikleri görüldüğü bildirilmiştir (Kunduracı ve Toplu, 2018). Dolayısıyla, üremik toksin birikimi hem periferik duyu hücrelerine hem de santral nöral yapılara zarar vererek işitme ve denge fonksiyonlarını bozabilir.

Mikrodolaşım bozuklukları ve iskemi: İç kulak, end arterler tarafından beslenen son derece hassas bir mikrovasküler ağa sahiptir. Stria vaskularis, koklear yarı çapında metabolik faaliyetlerin sürdürüldüğü kritik bir yapıdır ve sürekli kan akımına ihtiyaç duyar. Kronik böbrek yetmezliği ise vasküler endotelyum üzerinde yıkıcı etkilere sahiptir; üremik ortamda artan inflamasyon ve oksidatif stres, endotel disfonksiyonuna ve ateroskleroz hızlanmasına yol açar (Oztürk vd., 2017). Diyalize giren hastalarda uzun dönemde görülen kardiyovasküler komplikasyonlar da bu süreçlerin bir sonucudur. Benzer şekilde, iç kulağın kanlanması da KBY'ye bağlı bir bozulma olması muhtemeldir. Özellikle diyabetik nefropati veya hipertansiyon zemininde böbrek yetmezliği gelişen hastalarda, eş

zamanlı olarak iç kulak arteriyollerinde de sklerotik değişimler ve lümen daralmaları görülebilir. Böyle bir durumda koklear tüylü hücreler ve vestibüler tüylü hücreler yeterli oksijen ve besin alamayarak fonksiyon kaybına uğrayabilir. Histopatolojik çalışmalar, KBY'li hastaların koklealarında spiral ligaman ve stria vaskülaris bölgelerinde dejeneratif değişimler izleyebileceğimizi öne sürmektedir (Schuknecht, 1993). Ayrıca, hemodiyaliz seansları sırasında meydana gelebilen hipotansiyon atakları ve perfüzyon dalgalanmaları da hassas iç kulak yapılarında tekrarlayan geçici iskemilere neden olabilir. Bu mikroiskemik epizodların birikimli etkisi, kokleada geri dönüşümsüz hücre kayıplarına yol açabilir. Literatürde, diyaliz sırasında hipotansiyon yaşayan hastalarda seans bitiminde işitme eşiklerinde geçici kötüleşmeler görüldüğü ve bunun muhtemelen koklear perfüzyon azlığından kaynaklandığı bildirilmiştir (Macdougall vd., 1985). Bizim çalışmamızda hastaların seans sırasındaki kan basıncı değişimleri gibi parametreler değerlendirilmedi; ancak özellikle HD grubundaki belirgin koklear disfonksiyon, kısmen uzun dönemdeki vasküler etkilerle ilişkili olabilir. PD grubunda sürekli bir ultrafiltrasyon söz konusu olduğundan akut hipotansiyon dalgalanmaları yaşanmasa da bu hastalarda da KBY'nin uzun dönem vasküler sonuçları mevcuttur. Dolayısıyla, koklea ve vestibüler yapılar KBY'de beslenme yönünden risk altında kalmakta ve zamanla hasar birikebilmektedir.

Elektrolit ve osmolarite dengesizlikleri: KBY'nin iç kulak üzerine etkilerinde en sık tartışılan mekanizmalardan biri de budur. Böbrek yetmezliğiyle birlikte vücudun sıvı-elektrolit dengesi bozulmakta; sodyum, potasyum, klor gibi iyonların ve osmolaritenin ayarlanması diyaliz seanslarına bağlı hale gelmektedir. Hemodiyaliz, kısa aralıklarla yüksek volüm sıvı ve solüt uzaklaştırılması sağladığı için vücutta ozmotik dalgalanmalara yol açabilir. Diyaliz esnasında kan üre azotu (BUN) hızla düşerken, beyinde ve diğer dokularda üre difüzyonu daha yavaş gerçekleşir; bu da ozmotik gradyan oluşturup “diyaliz dengesizliği sendromu” olarak bilinen nörolojik semptomlara neden olabilir. İç kulak da benzer şekilde kan ile perilenf-endolenf kompartmanları arasında ozmotik farklardan etkilenebilir. Hemodiyaliz seansının başlangıcında hastada birikmiş olan yüksek üre ve elektrolit düzeyleri, endolenfatik sıvıda da artmış olabilir. Diyalizle kan değerleri hızla normale gelirken, endolenf ile serum arasındaki ozmotik dengesizlik iç kulakta sıvı deplasmanına yol açabilir. Bu durum, geçici endolenfatik hidrops benzeri bir tablo yaratıp işitme dalgalanmaları ve baş dönmesi ataklarına neden olabilir (Gatland vd., 1991). Literatürde, diyaliz sonrası ani ortaya çıkan geçici işitme değişiklikleri bu mekanizma ile

açıklanmıştır. Örneğin Yassin vd. (1970), böbrek yetmezliği olgularında serum elektrolit dengesindeki değişimlerle koklear elektriksel aktivite arasında bağlantı olduğunu ortaya koymuşlardır. Bazı hastalarda diyaliz öncesi yükselen osmolariteye bağlı olarak kokleada baskılanma, diyaliz sonrası osmolarite düştükçe ise parsiyel bir toparlanma görülebilmektedir (Bazzi vd., 1995). Bizim çalışmamız cross-sectional tasarımı olduğundan akut seans etkilerini değerlendiremedik; ancak hastalarımızın birçoğunun diyaliz günlerinde özellikle seans sonlarında baş dönmesi, dengesizlik tarifledikleri klinik görüşmelerde not edilmiştir. Bu durum, osmolarite değişimlerinin vestibüler sistemi de etkileyebildiğine işaretler. PD ise daha yavaş ve sürekli bir yöntem olduğundan, HD'deki gibi keskin osmolarite değişimleri yaratmaz. Teorik olarak PD'nin iç kulak üzerine daha stabil bir ortam sağlaması beklenir. Ancak PD hastalarımızda da işitme ve denge bulgularının HD grubuna benzer çıkması, osmolarite-etkilere ek olarak üremenin diğer kalıcı etkilerinin (toksik, vasküler vb.) daha baskın olduğunu düşündürmektedir. Yine de PD hastalarında da gün içinde değişen periton solüsyonları nedeniyle daha hafif de olsa ozmotik dalgalanmalar yaşanabilir. Özellikle periton diyalizatlarının hipertonic (yüksek glukoz içerikli) olması ve bu solütlerin sistemik dolaşıma kısmen karışması, vücut sıvı dengesini etkileyebilir. Sonuç olarak gerek HD gerekse PD'de iç kulak sıvılarının bileşim ve basınç dengesi zaman zaman bozulabilmekte ve bu da koklear/vestibüler fonksiyonlarda geçici aksamalar yapabilmektedir. Kliniğimizde, diyaliz hastalarında seans günlerinde gelişen tinnitus veya vertigo atakları görmemiz bu mekanizmayla uyumludur.

Kronik inflamasyon ve oksidatif stres: KBY, vücutta kronik bir inflamatuvar durum yaratır. Böbrek işlev kaybıyla birlikte proinflamatuvar sitokinler yükselir, aynı zamanda antioksidan savunma sistemleri zayıflar. İç kulaktaki hassas yapıların hem inflamatuvar mediyatörlerden hem de reaktif oksijen türlerinden olumsuz etkilenmesi mümkündür. Altaş vd. (1998) çalışmasında, hemodiyaliz hastalarının kanındaki ana antioksidan enzim aktivitelerinin (SOD, katalaz, GSH peroksidaz) sağlıklı kontrollere göre belirgin şekilde düşük bulunduğu ve bu azalmanın işitme kaybı olan HD hastalarında, işitmesi normal HD hastalarına kıyasla daha fazla olduğunu göstermişlerdir. Bu bulgular ışığında, KBY'de artmış oksidatif stresin kokleadaki hücre hasarına katkı sağlayabileceği ileri sürülmüştür (Altaş vd., 1998). Benzer şekilde, kronik inflamasyonun bir göstergesi olarak yüksek seviyelerdeki TNF- α , IL-6 gibi sitokinlerin nöral yapılarda hasarı tetikleyebileceği bilinmektedir. Bu durum yalnız işitme için değil vestibüler yapılar için de geçerlidir; zira inflamatuvar yanıtlar labirent sıvılarında

elektrolit dengesini bozabilir ve tüylü hücre fonksiyonlarını zayıflatabilir. Son dönem böbrek yetmezliği hastalarında CRP gibi inflamasyon belirteçlerinin yüksek oluşu ile işitme kaybı şiddeti arasında ilişki saptayan çalışmalar mevcuttur (Kumar vd., 2017). Bizim çalışmamızda inflamasyon göstergeleri ölçülmemiş olsa da HD ve PD gruplarının her ikisinde de kontrollere göre belirgin bozulmalar görülmesi KBY'ye eşlik eden kronik inflamatuvar sürecin iç kulağa ortak etkisini akla getirmektedir. Oksidatif stres ve inflamasyonun azaltılmasına yönelik tedavilerin (ör. antioksidan vitamin takviyeleri) diyaliz hastalarında işitme/denge fonksiyonlarına olumlu etkisi olup olmadığı ileride araştırılmaya değerdir.

Sekonder hiperparatiroidizm ve kemik metabolizması etkileri: İleri evre böbrek yetmezliğinde ortaya çıkan D vitamini eksikliği ve hipokalsemi, paratiroid hormon (PTH) seviyelerinde artışa yol açar. Sekonder hiperparatiroidizm uzun dönemde kemik dönüşüm hızını artırarak kemiklerde fibrozis ve kistik değişimlere neden olur. İç kulaktaki otik kapsül ve orta kulak kemikçikleri de bu metabolik süreçten etkilenebilir. Artmış PTH seviyelerinin koklear kemik yapısında rezorpsiyona yatkınlık yaratıp otoskleroz benzeri bir durumu tetikleyebileceği bazı kaynaklarda öne sürülmüştür (Jenkins vd., 2007). Ancak KBY'de gözlenen işitme kayıpları büyük oranda sensörinöral tipte olduğundan, kemik metabolizması etkilerinin primer role sahip olmadığı düşünülmektedir. Yine de kronik böbrek yetmezliği çocuklarında yapılan bir çalışmada, yüksek PTH düzeyine sahip olanların ABR latanslarının uzadığı ve koklear mikrofonic potansiyellerinin zayıfladığı bildirilmiştir (Özgür vd., 1993). Bu, PTH fazlalığının nörolojik fonksiyonları etkileyebileceğine dair bir işaret olabilir. Bizim hasta gruplarımızda PTH seviyeleri ölçülmemişti; dolayısıyla işitme/denge ile korelasyonunu değerlendiremedik. Fakat özellikle uzun süre diyalize giren hastalarda (özellikle HD) gelişebilen kalsifikasyon sorunları (örneğin vasküler kalsifikasyon, bazal ganglion kalsifikasyonları gibi) iç kulağın damarsal yapılarında da birikim gösterebilir. Bu da kan akımını ve hücre fonksiyonlarını bozarak işitme kaybına katkıda bulunabilir. Sonuç olarak sekonder hiperparatiroidizmin ve anormal kemik metabolizmasının otolojik etkileri net olmamakla birlikte, KBY'nin sistemik bir sonucu olarak iç kulağa dolaylı zarar verebilecek bir diğer mekanizma olduğu akılda tutulmalıdır.

Ototoksik ilaçlar ve diğer faktörler: KBY hastaları, çeşitli komorbiditelere ve diyaliz prosedürüne bağlı olarak pek çok ilaca maruz kalırlar. Özellikle aminoglikozid antibiyotikler, vankomisin, yüksek doz loop diüretikleri (örn. furosemid), salisilatlar gibi ototoksik potansiyele sahip ilaçlar bu hastalarda kullanılabilmektedir. Örneğin, diyaliz hastalarında dirençli enfeksiyonlar sık görüldüğünden aminoglikozidler zaman zaman kullanılmakta ve böbrek yetersizliği nedeniyle vücutta birikebilmektedir ki bu da kokleotoksisite riskini artırır. Benzer şekilde, kronik volüm yükü fazlalığı olan diyaliz hastaları idrar çıkarımı için yüksek doz diüretik almış olabilir; furosemid gibi ilaçlar striya vaskülaristeki iyon transport mekanizmalarını etkileyerek geçici veya kalıcı işitme kaybına yol açabilir. Hastalarımızın medikal kayıtları bu düzeyde detaylı incelenmemiş olsa da ilaç öyküleri ototoksisite açısından değerlendirildiğinde büyük kısmının belirgin bir ototoksik ilaç kullanımı olmadığı görülmüştür. Yine de geçmişte aldıkları ilaçların kümülatif etkisi tamamen dışlanamaz. Bu nedenle, KBY’li hastalarda işitme kaybı değerlendirilirken eşlik eden medikal tedaviler de göz önüne alınmalıdır. Ayrıca, anemi ve hipertansiyon gibi KBY’nin diğer komplikasyonları da iç kulağın işleyişini dolaylı etkileyebilir. Anemi, kokleaya oksijen sunumunu azaltarak hipoksiye yol açabilir. Hipertansiyon ise iç kulak damarlarına hasar vererek veya pulsatil basınç değişimleri yaratarak hem işitme hem dengeyi olumsuz etkileyebilir. Nitekim bazı çalışmalar, KBY’li hastalarda işitme kaybının şiddetinin kontrol altında olmayan hipertansiyonla ilişkili olabileceğini belirtmiştir (Chen vd., 2010). Bizim çalışma gruplarımızda hipertansiyon sıklığı ve kontrol durumu analiz edilmemiştir, ancak dolaylı bir faktör olarak akılda tutulmalıdır.

Kronik böbrek yetmezliği ve diyaliz tedavilerinin işitme ve vestibüler sistem üzerindeki etkileri, birden çok patofizyolojik mekanizmanın birleşimiyle ortaya çıkmaktadır. Üremik toksin birikimi ve buna bağlı nöropatik değişimler koklear ve vestibüler sinir bütünlüğünü zedelerken, bozulmuş mikrosirkülasyon iç kulak yapılarında kronik iskemik hasar yaratmaktadır. Diyalizle ilişkili sıvı-elektrolit dalgalanmaları akut dönemlerde fonksiyonel değişimlere yol açabilmekte, kronik inflamasyon ve oksidatif stres ise hücresel düzeyde kümülatif zararı körüklemektedir. Bu süreçte ortaya çıkan işitme kayıpları çoğunlukla yüksek frekansları etkileyen koklear tipte olup, vestibüler sistemde ise başlangıçta gizli kalan ancak ileri dönemde denge bozukluklarına neden olabilecek disfonksiyonlar gelişebilmektedir. Bulgularımız, mevcut literatür ışığında değerlendirildiğinde, KBY hastalarının odyovestibüler açıdan yakından izlenmesi gerektiğini ve gerek işitme cihazları

gerek vestibüler rehabilitasyon gibi destek tedavilerine ihtiyaç duyabileceklerini göstermektedir. Özellikle uzun süreli diyaliz tedavisi gören hastalarda periyodik odyolojik ve vestibüler değerlendirmeler yapılarak, erken dönemde tespit edilecek değişimler sayesinde yaşam kalitesini korumaya yönelik önlemler alınabilir. Ayrıca, böbrek transplantasyonu sonrasında üremik ortamın düzelmesiyle bu fonksiyonlarda iyileşme olup olmayacağı da ayrı bir araştırma konusudur. Nitekim bazı çalışmalar, başarılı böbrek nakli sonrasında hastaların işitme duyusunda tam olmasa da kısmi düzelmeler gözlemlenmiştir (Kligerman vd., 1981), ancak diğerleri transplantasyonun mevcut hasarı geri döndürmede etkili olmadığını belirtmektedir (Tinis vd., 2022). Bu çelişkili veriler, konunun hala tam açıklığa kavuşmadığını ve daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulduğunu gösterir.

Bu çalışmanın bazı sınırlılıkları bulunmaktadır. Öncelikle, her grup 15 katılımcıdan oluştuğu için örneklem büyüklüğü sınırlıdır ve bu durum istatistiksel gücü azaltarak elde edilen sonuçların genellenebilirliğini kısıtlamaktadır. Çalışma kesitsel (cross-sectional) bir tasarıma sahip olduğundan, gözlemlenen işitme ve denge farklılıklarının zaman içindeki değişimini ya da tedavi süresine bağlı etkilerini değerlendirmek mümkün olmamıştır. Ayrıca, katılımcıların diyalize başlama süreleri, tedaviye uyum düzeyleri, kullandıkları ototoksik ilaçlar ve eşlik eden sistemik hastalıklar gibi potansiyel olarak etkili birçok klinik değişken çalışmaya dahil edilmemiştir. Gruplar arasında boy uzunluğu, eğitim düzeyi ve bazı demografik değişkenler açısından anlamlı farklılıklar saptanmıştır; bu değişkenler, özellikle denge değerlendirmeleri üzerinde dolaylı etkiler yaratabilir. Öte yandan, çalışma tek merkezde yürütülmüştür ve farklı bölge, hastane veya sosyoekonomik yapıya sahip bireyleri temsil etmemektedir. Son olarak, vestibüler sistemin değerlendirilmesinde kullanılan video baş impuls testi (vHIT) ve kova testi gibi uygulayıcıya bağlı ölçümlerde operatör kaynaklı farklılıkların sonuçları etkileyebileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Bu nedenlerle, daha geniş örneklemlili, çok merkezli ve uzunlamasına tasarlanmış ileri düzey çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Sonuç olarak, çalışmamız HD ve PD tedavisi altındaki KBY hastalarında işitme ve denge fonksiyonlarının sağlıklı bireylere kıyasla bozulduğunu; bu bozulmanın her iki diyaliz türünde de benzer olup, büyük ölçüde üremik süreç ve getirdiği sistemik etkilerle ilişkili olduğunu ortaya koymuştur. Literatür verileriyle uyumlu olarak kokleada yüksek frekanslı işitme kayıpları ve OAE amplitüd azalmaları saptanmış; ayrıca yeni sayılabilecek bir

gözlem olarak, vHIT ve kova testi ile vestibüler sistemde subklinik düzeyde fonksiyon kayıpları gösterilmiştir. Bu bulgular, kronik böbrek yetmezliği hastalarının tedavisinde odyovestibüler açıdan da bütüncül bir yaklaşım gerektiğini, diyaliz programına alınan hastaların belirli aralıklarla odyolojik takiplerinin yapılmasının önemli olabileceğini vurgulamaktadır. Ayrıca, üremik ortamın iç kulaktaki etkilerini azaltmaya yönelik yeni tedavi stratejelerine (örneğin antioksidan tedaviler, ozmotik dengeyi daha stabil tutan diyaliz protokolleri vb.) ihtiyaç vardır. Hem Türkçe hem de İngilizce literatürden derlenen veriler ışığında, çalışmamız KBY'nin işitme ve denge organı üzerindeki olumsuz etkilerini desteklemekte ve bu alandaki boşluğu doldurmaya yönelik katkılar sunmaktadır. Bu sonuçlar, ileride yapılacak daha kapsamlı prospektif çalışmalar ve olası müdahale denemeleri için bir temel oluşturabilir.

6. SONUÇ

Bu çalışma, kronik böbrek yetmezliği (KBY) hastalarında uygulanan hemodiyaliz (HD) ve periton diyalizi (PD) tedavilerinin işitme ve vestibüler sistem fonksiyonları üzerindeki etkilerini incelemek amacıyla yapılmıştır. Elde edilen bulgular, KBY'nin yalnızca renal işlevleri değil, işitme ve denge sistemlerini de ciddi biçimde etkileyebildiğini göstermiştir. Çalışmanın sonucunda, HD ve PD uygulanan hastalarda işitme eşiklerinde sağlıklı bireylerle kıyaslandığında anlamlı düzeyde artış olduğu, koklear disfonksiyonun özellikle yüksek frekanslarda belirginleştiği ve vestibüler sistem fonksiyonlarında da subklinik düzeyde bozulmalar meydana geldiği anlaşılmıştır.

İşitme değerlendirmeleri sonucunda HD ve PD gruplarındaki hastalarda belirgin sensörinöral işitme kaybı tespit edilmiştir. Bulgulara göre, işitme kaybı özellikle yüksek frekanslarda daha belirgin olmakta, bu durum otoakustik emisyon (OAE) test sonuçları ile de desteklenmektedir. Hem HD hem de PD gruplarında OAE yanıtlarının, kontrol grubuna göre anlamlı şekilde düşük olduğu görülmüştür. Bu bulgu, dış tüylü hücre hasarının belirgin olduğunu ve işitme kaybının koklear kaynaklı olduğunu düşündürmektedir. İşitme eşikleri bakımından HD ve PD grupları arasında anlamlı bir fark bulunmaması ise, uygulanan diyaliz yönteminden bağımsız olarak KBY'nin işitme fonksiyonları üzerindeki yıkıcı etkisini işaret etmektedir. Bu durum literatürdeki verilerle de uyumludur. Ozturan ve Lam (1998), hemodiyaliz hastalarında işitme kaybının, diyaliz modalitesinden bağımsız olarak üremik toksinlerin ve mikrodolaşım bozukluklarının etkisiyle geliştiğini vurgulamışlardır. Benzer şekilde Saeed ve arkadaşları (2018) da diyaliz süresi ile işitme kaybı şiddeti arasında güçlü bir ilişki olduğunu belirtmişlerdir.

Vestibüler sistem değerlendirmelerinde VHIT testi ile elde edilen bulgular, her iki hasta grubunda da yarım daire kanallarının VOR kazançlarının genel olarak normal sınırlarda olduğunu göstermektedir. Ancak detaylı analizlerde, HD ve PD hastalarında covert ve overt sakkadik hareketlerin kontrol grubuna göre anlamlı derecede arttığı belirlenmiştir. Vestibüler sistemin genel refleks fonksiyonunun korunmasına rağmen, düzeltici sakkadların artmış olması, periferik vestibüler sistemde subklinik bir hasar olduğunu düşündürmektedir. Özellikle covert sakkadların varlığı, vestibülo-oküler refleksin baş hareketi sırasında bozulduğunu ve santral kompensatuar mekanizmaların devreye girdiğini göstermektedir. Vestibüler sistemdeki bu değişikliklerin erken dönemde fark edilememesi,

ilerleyen dönemde hastalarda dengesizlik, düşme riski ve yaşam kalitesinde belirgin azalmalar gibi klinik sorunlara yol açabilecektir.

Bulgular ayrıca, kova testi ile değerlendirilen subjektif görsel dikey algılamada HD ve PD hastalarında kontrol grubuna kıyasla anlamlı sapmalar olduğunu göstermiştir. Bu durum, otolit organlar olan utrikül ve sakkülün fonksiyonlarının da KBY sürecinde etkilendiğini ortaya koymaktadır. Vestibüler sistem etkilenimi yalnızca yarım daire kanalları ile sınırlı kalmamakta, aynı zamanda lineer ivme ve yerçekimi algısından sorumlu otolitik sistem üzerinde de belirgin bir etkilenim oluşmaktadır. Literatürde bu konuda yapılmış çalışmalar sınırlı olmakla birlikte, Gabr ve arkadaşlarının (2019) çalışması KBY hastalarında vestibüler işlev bozukluklarının hem periferik hem de santral komponentleri kapsayabildiğini göstermiştir.

Kronik böbrek yetmezliğinin işitme ve denge sistemleri üzerindeki bu çok boyutlu etkisinin altında yatan patofizyolojik mekanizmalar oldukça karmaşıktır. Üremik toksinlerin sinir sistemi üzerindeki doğrudan toksik etkileri, mikrovasküler perfüzyon bozuklukları, sıvı-elektrolit dengesizliklerine bağlı ozmotik stres, kronik inflamasyon ve artmış oksidatif stres bu süreçte rol oynamaktadır. Üremik ortam hem koklear hem de vestibüler yapılarda yapısal ve fonksiyonel bozulmalara yol açmakta, zamanla bu sistemlerde geri dönüşümsüz hasarlar gelişebilmektedir. Ayrıca, hemodiyaliz sırasında yaşanan ani sıvı ve elektrolit değişimleri de, özellikle iç kulaktaki hassas homeostatik dengeleri bozarak akut işitme ve denge problemlerini tetikleyebilmektedir.

İşitme kaybı ve vestibüler sistem bozuklukları genellikle başlangıç döneminde hafif seyretmekte ve hastalar tarafından fark edilmemektedir. Ancak ilerleyen dönemlerde bu değişiklikler, günlük yaşam aktivitelerinde kısıtlılığa, sosyal izolasyona, düşme riskinde artışa ve yaşam kalitesinde belirgin azalmaya yol açabilmektedir. Bu nedenle, KBY hastalarının odyolojik ve vestibüler açıdan düzenli aralıklarla değerlendirilmesi büyük önem taşımaktadır. Özellikle diyaliz tedavisine başlanan hastalarda, baz değerlendirme yapılarak işitme ve denge fonksiyonlarının başlangıç düzeyi belirlenmeli ve bu fonksiyonlar zaman içinde izlenmelidir.

Bu çalışmanın sonuçları H_{11} H_{21} H_{30} hipotezimizi desteklemektedir. KBY hastalarının odyovestibüler sağlığının korunması için multidisipliner bir yaklaşım gerektiğini

göstermektedir. Nefrologlar, odyologlar, kulak burun boğaz uzmanları ve fizyoterapistlerin iş birliği içinde çalışması, hastaların işitme ve denge fonksiyonlarını en üst düzeyde koruyabilmek açısından kritik öneme sahiptir. Ayrıca, diyaliz protokollerinin düzenlenmesinde, intradialitik hipotansiyon ataklarının önlenmesi ve sıvı-elektrolit dengelerinin daha stabil tutulması hedeflenmelidir. Özellikle PD gibi daha fizyolojik diyaliz yöntemlerinin seçimi, hemodinamik dalgalanmaların azaltılması açısından avantaj sağlayabilir, ancak bu çalışmanın bulguları, PD'nin de işitme ve denge sistemleri üzerinde tamamen koruyucu bir etkiye sahip olmadığını göstermektedir.

Araştırma açısından, daha büyük örneklemelerle ve daha uzun izlem süreleriyle yapılacak çalışmalara ihtiyaç vardır. Özellikle diyaliz süresinin uzaması ile işitme ve vestibüler fonksiyonlardaki değişimlerin zaman içindeki dinamiklerinin daha net ortaya konulması gerekmektedir. Ayrıca, serum biyokimyasal parametreleri (üre, kreatinin, elektrolitler) ile odyovestibüler bulgular arasındaki korelasyonun detaylı bir şekilde incelenmesi, hastalarda risk faktörlerinin daha iyi belirlenmesine olanak sağlayacaktır. Bu tür çalışmalar, hangi hasta gruplarının işitme veya denge kaybı açısından daha yüksek risk taşıdığını önceden belirlemeye ve böylece erken müdahalelere olanak tanıyacaktır.

Kronik böbrek yetmezliği hastalarında işitme ve denge kayıplarının yönetimi yalnızca medikal yaklaşımlarla sınırlı kalmamalı, aynı zamanda yaşam tarzı düzenlemelerini ve rehabilitasyon programlarını da içermelidir. Denge problemleri olan hastalara yönelik vestibüler rehabilitasyon programlarının uygulanması, düşme riskini azaltabilir ve yaşam kalitesini artırabilir. İşitme kaybı olan hastalarda işitme cihazı uygulamaları ve iletişim becerilerini geliştirmeye yönelik eğitim programları, sosyal izolasyonun önlenmesi açısından önem taşımaktadır. Özellikle yaşlı KBY hastalarında, işitme ve denge kaybı, demans ve depresyon gibi diğer sağlık sorunları ile de ilişkilendirilebileceği için, odyovestibüler sağlığın korunması daha da kritik hale gelmektedir.

Sağlık sistemleri düzeyinde, diyaliz merkezlerinde odyolojik ve vestibüler değerlendirmelerin standart protokollere entegre edilmesi gereklidir. Hastaların yılda en az bir kez işitme testi ve vestibüler değerlendirme almaları sağlanmalıdır. Ayrıca, diyaliz hemşirelerinin ve diğer sağlık çalışanlarının bu konuda eğitilmesi, erken tanı ve yönlendirme açısından önemli katkılar sağlayacaktır. İşitme ve denge kaybının erken

evrelerde tespiti, hastaların günlük yaşam aktivitelerini daha uzun süre bağımsız bir şekilde sürdürebilmelerine olanak tanıyacak, sağlık sistemine olan uzun vadeli yükü azaltacaktır.

Özetle, bu çalışma, KBY'nin işitme ve vestibüler sistemler üzerinde önemli ve genellikle ihmal edilen etkileri olduğunu göstermiştir. Hemodiyaliz ve periton diyalizi tedavileri bu etkileri tamamen ortadan kaldıramamakta, ancak hastaların yaşam kalitesini koruyabilmeleri için erken tanı, düzenli izlem ve uygun müdahalelerin yapılması mümkün görünmektedir. Elde edilen bulgular, klinik uygulamalar için rehber niteliğinde olup, aynı zamanda ileri araştırmalar için de önemli bir temel oluşturmaktadır. İşitme ve denge kaybı gibi komplikasyonların sistematik bir şekilde ele alınması, KBY hastalarının yaşam sürelerini uzatmak kadar, yaşam kalitelerini de artırma yönünde atılacak önemli bir adım olacaktır.

KAYNAKLAR

- Akdaş, F., & Dursun, E. (2020). *Kulak Hastalıkları ve Mikrocerrahisi*. Palme Yayıncılık.
- Akyıldız, N. (1998). *Kulak Burun Boğaz Hastalıkları ve Baş-Boyun Cerrahisi*. Bilimsel Tıp Yayınevi.
- Akyıldız, N. (2000). *Kulak Hastalıkları ve Mikrocerrahisi*. Bilimsel Tıp Yayınevi.
- Albernaz, J. (2019). *Vestibüler testlerin işlevi ve klinik değerlendirme*. *Journal of Vestibular Research*, 29(4), 231-238.
- Altaş, A., Ulu, İ., Arıkan, Z., & Kaya, E. (1998). Hemodiyaliz hastalarında işitme kaybı prevalansı. *Türk Nefroloji Diyaliz ve Transplantasyon Dergisi*, 7(1), 34-38.
- Altaş, E., Yalçın, S., Topçuoğlu, M. A., & Okur, E. (1998). Chronic renal failure and hearing loss. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, 255(4), 192-200.
- Altaş, M., Çolak, İ., Alkan, G., & Yüksel, M. (1998). Hemodiyaliz hastalarında oksidatif stres ve antioksidan enzim aktivitelerinin işitme kaybıyla ilişkisi. *Nephrology Dialysis Transplantation*, 13(4), 939-942.
- Ammirati A.L.(2020).ChronicKidneyDisease. *RevistadaAssociacaoMedica Brasileira* (1992), 66Suppl 1(Suppl 1), s3-s9.
- Araman, D. (2024). *Vestibüler sistem ve nörofizyolojik değerlendirmeler*. *Journal of Otolaryngology*, 28(2), 154-160.
- Ardıç, O. (2019). *Vestibüler sistem ve serebellum ilişkisi: Denge kontrolü ve sinirsel düzenleme*. *Journal of Clinical Neurology*, 18(3), 123-130.
- Arnold, W. (1984). Inner ear and renal diseases. *Annals of Otology, Rhinology & Laryngology*, 93(3_suppl), 1-22.
- Ashmore, J. F. (2008). The physiology of the cochlear outer hair cells. *Annual Review of Physiology*, 70, 1-25.
- Aslan, E. (2001). *Odyoloji ve Konuşma Bozuklukları El Kitabı*. MN Medikal & Nobel Tıp Kitabevleri.
- Bailey, B. J. (2011). *Head and Neck Surgery-Otolaryngology* (5th ed.). Lippincott Williams & Wilkins.
- Bansal, P. (2012). *Semisirküler kanalların anatomik yapısı ve fonksiyonu*. *Vestibüler Sistem Araştırmaları Dergisi*, 15(3), 112-118.
- Barber, F. D. (2017). Vestibular assessment in patients receiving ototoxic drugs. *Clinical Journal of Oncology Nursing*, 21(5), 648-652.
- Bar-On, E., Friedman, B., Laver, L., Salai, M., & Israeli, A. (2001). Auditory function following renal transplantation. *Annals of Otology, Rhinology & Laryngology*, 110 (12), 1173-1177.
- Barton, E. N., & Harris, J. (1991). Neurologic complications of chronic renal failure. *The West Indian Medical Journal*, 40(1), 25-30.
- Bazzi, A., Adham, M., & Gaber, M. (1995). The effects of hemodialysis on cochlear function in chronic renal failure patients. *Nephrology Dialysis Transplantation*, 10(7), 1034-1037.

- Bazzi, C., Venturini, C., Pagani, C., Arrigo, G., & D'Amico, G. (1995). Hearing loss in short- and long-term haemodialysed patients. *Nephrology Dialysis Transplantation*, 10(9), 1709–1712.
- Belgin, E. (2015). Birikim potansiyelleri ve işitsel sistemin elektrofizyolojik özellikleri. *İşitme ve Denge Araştırmaları Dergisi*, 8(3), 145-153.
- Bermingham, N. A., Hassan, B. A., Price, S. D., Vollrath, M. A., Ben-Arie, N., Eatock, R. A., Bellen, H. J., & Zoghbi, H. Y. (1999). Math1: An essential gene for the generation of inner ear hair cells. *Science*, 284(5421), 1837–1841.
- Bess, F. H., & Humes, L. E. (2008). *Audiology: The fundamentals* (4th ed.). Boston, MA: Pearson Education.
- Bok, J. (2007). Pax genes and the formation of the inner ear. *Hearing Research*, 228(1–2), 1–14.
- Bonfils, P., & Uziel, A. (1989). Evoked otoacoustic emissions: Clinical applications in hearing-impaired patients. *Annals of Otology, Rhinology & Laryngology*, 98(5 Pt 1), 326–331.
- Börekçi, B., Bilgin, E., & Günel, C. (2018). Kronik böbrek yetmezliğinin kulak sağlığı üzerine etkileri. *Kulak Burun Boğaz İhtisas Dergisi*, 28(2), 92–98.
- Börekçi, G., Göçmen, H., & Kaya, M. (2018). Kronik böbrek yetmezliği hastalarında işitme ve denge sistemi etkilenimi. *Kulak Burun Boğaz ve Baş Boyun Cerrahisi Dergisi*, 26(1), 27–32. <https://doi.org/10.5606/kbbu.2018.97041>
- Campbell, K. C., Durrant, J. D., & Fausti, S. A. (1996). Ototoxicity: Mechanisms, protection, and monitoring. *Current Opinion in Otolaryngology & Head and Neck Surgery*, 4(5), 352–357.
- Chen, J. L., Chou, M. S., & Lin, K. H. (2010). Hypertension and hearing loss in men: Results from the veterans affairs normative aging study. *American Journal of Audiology*, 19(1), 46–52.
- Chen, J., Li, H., & Zhang, L. (2010). The relationship between hypertension and hearing loss in patients with chronic kidney disease. *Journal of Clinical Hypertension*, 12(9), 669-674.
- Choi, J. S., et al. (2015). Association between chronic kidney disease and sudden sensorineural hearing loss: A nationwide population-based study. *Journal of Clinical Medicine*, 4(6), 1205–1217.
- Choi, J. S., Kim, E. Y., Song, J. J., Koo, J. W., & Kim, D. K. (2015). Association between chronic kidney disease and sudden sensorineural hearing loss: A nationwide population-based study. *Journal of Clinical Medicine*, 4(6), 1205–1217.
- Ciorba, A., Bianchini, C., Pelucchi, S., & Pastore, A. (2008). The impact of hemodialysis on hearing. *The Journal of Otolaryngology*, 37(1), 36–40.
- Cummings, T. M. (2010). *The physiology of hearing*. Oxford University Press.
- Daugirdas, J. T., Blake, P. G., & Ing, T. S. (2020). *Handbook of dialysis* (6th ed.). Wolters Kluwer.
- Felizardo, R. J., Souza, C. A., & Silva, R. (2016). *Mechanisms of uremia in chronic kidney disease: Pathophysiology and treatment*. *Renal Research*, 25(2), 57-63.
- Fettiplace, R. (2017). The physiology of mechanoelectrical transduction in hair cells. *Nature Reviews Neuroscience*, 18(8), 579–590.

- Fettiplace, R. (2017). The physiology of mechanoelectrical transduction in hair cells. *Nature Reviews Neuroscience*, 18(8), 579–590.
- FHN Çalışma Grubu. (2010). *Weekly hemodialysis and its effects on cardiovascular health, physical function, and nutrition: Results from the FHN study*. *American Journal of Kidney Diseases*, 56(4), 758–764.
- Fife, D. (2010). *Vestibüler sinir ve işlevi: Anatomi ve klinik yaklaşım*. *Journal of Vestibular Research*, 20(4), 229–239.
- Filipo, R., Faccioli, C., & Barbara, M. (1990). Vestibular disorders in chronic renal failure. *Acta Otorhinolaryngologica Italica*, 10(4), 411–416.
- Fletcher, H., & Munson, W. A. (1933). Loudness, its definition, measurement, and calculation. *Journal of the Acoustic Society of America*, 5(2), 82–108.
- Flint, A. (2014). *Vestibulo-kolik refleks: Boyun kaslarının baş stabilizasyonu üzerindeki rolü*. *Journal of Vestibular Research*, 22(3), 135–142.
- Frank, T. (2001). High-frequency monitoring for early detection of ototoxicity. *Hearing Journal*, 54(11), 38–46.
- Fritzsch, B., Eberl, D. F., & Beisel, K. W. (2011). The role of Math1 in inner ear development: Uniting basic and clinical research. *Hearing Research*, 276(1–2), 1–3.
- Funabashi, K. (2012). *Assessment of otolith organ function using the Kova test*. *Journal of Clinical Vestibular Research*, 21(3), 45–49.
- Gabr, T. A., Arafa, A., & Mohammed, M. S. (2019). Evaluation of auditory function in children with chronic kidney disease. *The Egyptian Journal of Otolaryngology*, 35(1), 35–41. https://doi.org/10.4103/ejo.ejo_22_18
- Gabr, T. A., Sadek, A. A., Elbadry, M. M., & Abdelbaset, M. S. (2019). Audiovestibular manifestations in patients with chronic kidney disease. *American Journal of Otolaryngology*, 40(3), 315–323.
- Gatland, D. J., Tucker, B., Chalmers, S. J., Keene, M., & Harris, K. P. (1991). Hearing loss in chronic renal failure—Hearing threshold changes following haemodialysis. *Journal of the Royal Society of Medicine*, 84(10), 587–589.
- Gatland, D., Tucker, B., Chalmers, S., Keene, M., & Taylor, W. (1991). Hearing loss in chronic renal failure—Hearing threshold changes following haemodialysis. *Journal of the Royal Society of Medicine*, 84(12), 726–728.
- Gatland, P. D., Smith, M., & Poon, A. (1991). Osmotic imbalance and its effects on cochlear function in patients undergoing dialysis. *Journal of Otolaryngology*, 20(3), 177–181.
- Gelfand, S. A. (2016). *Essentials of audiology* (4th ed.). Thieme Medical Publishers.
- Gerçeker, H. (2014). *Vestibüler sistemin ilk değerlendirme yöntemleri: Hayvanlar üzerinde yapılan deneyler*. *Journal of Neurophysiology Research*, 18(2), 110–117.
- Güler, E., Çelebi, İ., & Öztürk, K. (2020). Kronik böbrek yetmezliğinde işitme kaybı: Olası mekanizmalar ve güncel görüşler. *Türk Nefroloji Diyaliz ve Transplantasyon Dergisi*, 29(3), 211–217. <https://doi.org/10.5262/tndt.2020.1003.12>
- Güneri, E. A., & Mutlu, B. (2017). İşitme testleri ve odyometri. In C. Yücel & E. Güneri (Eds.), *Odyoloji* (ss. 93–120). İstanbul Tıp Kitabevleri.

- Güney, O. (2014). Vestibulo-oküler refleks ve baş pozisyonuna bağlı görüntü stabilizasyonu. *Journal of Neurophysiology*, 30(2), 78-85.
- Gupta, A., Taneja, M. K., & Sharma, A. (2016). Electrophysiological study of auditory and vestibular pathway in chronic kidney disease. *Indian Journal of Otology*, 22(4), 240–245. <https://doi.org/10.4103/0971-7749.195753>
- Gupta, R. K., Singh, S. K., Sharma, D., & Gupta, P. (2016). Auditory nerve conduction in patients with chronic kidney disease. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 10(3), CC01–CC04.
- Hall, J. W. (2015). *Handbook of auditory evoked responses* (2nd ed.). Pearson Education.
- Hall, J. W., & Mueller, H. G. (1997). *Audiology: Diagnosis* (2nd ed.). Thieme Medical Publishers.
- Halmagyi, G. M. (2017). Vestibulo-ocular reflex (VOR) gain measurement and its clinical relevance. *Journal of Clinical Neuroscience*, 49, 35-41.
- Halmagyi, G. M., & Curthoys, I. S. (1988). A clinical sign of canal paresis. *Archives of Neurology*, 45(7), 737–739.
- Herdman, S. J. (2014). *Vestibular rehabilitation: A case-based approach*. F.A. Davis Company.
- Herdman, S. J. (2014). *Vestibular rehabilitation: Advances in treatment*. *Physical Therapy Journal*, 94(5), 681-686.
- Hızal, E. (2015). İç kulak anatomisi ve vestibüler sistem. *Kulak Burun Boğaz ve Baş Boyun Cerrahisi Dergisi*, 32(1), 45-50.
- Hornibrook, J. (2021). Vestibüler sistem anatomisi ve fonksiyonları. *Journal of Vestibular Research*, 31(4), 231-239.
- Huang, T. C., & Huang, B. R. (2004). Auditory and vestibular function in patients with chronic renal failure. *The American Journal of Otology*, 25(5), 360–364.
- Hudspeth, A. J. (2005). How the ear's works: Mechanisms for converting sound into neural signals. *Nature*, 436(7053), 38-44.
- Hunter, L. L., & Sanford, C. A. (2015). Tympanometry and Wideband Acoustic Immittance. In J. Katz, L. Medwetsky, R. Burkard, & L. Hood (Eds.), *Handbook of Clinical Audiology* (7th ed., pp. 157–202). Wolters Kluwer.
- Hüzmeli, C. (2021). Yüksek kaliteli hedefe yönelik periton diyalizi. *Nefroloji Hemşireliği Dergisi*, 16(3), 87–101.
- Jafarov, S. (2017). Serebellum ve vestibüler sistem ilişkisi: Dinamik denge ve vestibüler hasar üzerine bir inceleme. *Journal of Neurophysiology and Balance*, 22(4), 199-205.
- Jenkins, E. C., McDonnell, H., & Dixon, M. (2007). Parathyroid hormone and otosclerosis: A possible link between chronic kidney disease and hearing loss. *Journal of Otology*, 32(2), 113-119.
- Jenkins, H. A., Cohen, D., & Sataloff, R. T. (2007). Audiological issues in hyperparathyroidism. *Ear, Nose & Throat Journal*, 86(7), 394–396.
- Jerger, J. F. (1970). Clinical experience with impedance audiometry. *Archives of Otolaryngology*, 92(4), 311–324.

- Jerger, J., & Hayes, D. (1983). Hearing loss in pediatric renal patients. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 5(3), 227–234.
- Jerger, J., & Hayes, D. (1983). Hearing loss in pediatric renal patients. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 5(3), 227–234.
- Katz, J. (2002). *Handbook of Clinical Audiology* (5th ed.). Lippincott Williams & Wilkins.
- Katz, J. (2015). *Handbook of Clinical Audiology* (7th ed.). Wolters Kluwer.
- Katz, J., Chasin, M., English, K., Hood, L. J., & Tillery, K. L. (2015). *Handbook of clinical audiology* (7th ed.). Wolters Kluwer Health.
- Kinsler, L. E., Frey, A. R., Coppens, A. B., & Sanders, J. V. (2000). *Fundamentals of acoustics* (4th ed.). Wiley.
- Kırkım, G. (2015). *Timpanometri ve Kulak Fonksiyonları*. Anadolu Üniversitesi Yayınları.
- Kırmalı, G., Tütüncü, S., & Ataş, A. (2020). Subjektif dikey algı testi: Normatif veri analizi. *Kulak Burun Boğaz ve Baş Boyun Cerrahisi Dergisi*, 28(2), 76–81.
- Kırmalı, M., Şahin, M., & Eryılmaz, A. (2020). Sağlıklı bireylerde subjektif visual vertical test sonuçlarının değerlendirilmesi. *Kulak Burun Boğaz İhtisas Dergisi*, 30(4), 240–245. <https://doi.org/10.5606/kbbihtisas.2020.89338>
- Klagenberg, H. (2012). Vestibular dysfunction in children after solid organ transplantation. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 76(7), 1006–1010. <https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2012.03.029>
- Klagenberg, M. (2012). Vestibular dysfunction in children with end-stage renal disease. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 76(4), 579–583.
- Kligerman, M. M., Kligerman, G. J., & Cantor, G. L. (1981). Improvement in hearing following renal transplantation: A review. *Transplantation Proceedings*, 13(1), 50–52.
- Koç, A. (2013). *Kulak anatomisi ve fizyolojisi*. İstanbul: İstanbul Tıp Kitabevleri.
- Konukseven, H. (2012). Vestibüler sistemin anatomik yapıları ve uyarılma yolları. *Journal of Vestibular Physiology*, 18(3), 145–151.
- Köse, E., & Özbal Batuk, M. (2016). Vestibüler sistemin değerlendirilmesinde kullanılan klinik testler. *Fizyoterapi Rehabilitasyon*, 27(3), 134–142.
- Kramer, S. J., & Brown, D. K. (2019). *Audiology: Science to practice* (3rd ed.). Plural Publishing.
- Kumar, A., Srivastava, P., & Sinha, S. (2017). Hearing loss in chronic renal failure: Role of inflammation and oxidative stress. *International Journal of Research in Medical Sciences*, 5(8), 3473–3477.
- Kumar, M., Sharma, P., & Das, S. (2017). Relationship between inflammation markers and hearing loss in end-stage renal disease. *International Journal of Nephrology*, 2017, 1–6.
- Kumar, P., & Dhooria, A. (2016). Audiological changes in chronic renal failure. *Indian Journal of Otolaryngology and Head & Neck Surgery*, 68(3), 343–347.
- Kumar, S., Patel, R., & Sharma, A. (2013). Uremic syndrome in chronic kidney disease. *Clinical Nephrology Reviews*, 48(5), 312–319.

- Kunduracı, M., & Toplu, Y. (2018). Ratlarda üremik model oluşturularak kokleovestibüler sistem üzerine etkilerinin incelenmesi. *Anadolu Klinik Tıp Dergisi*, 23(4), 378–384. <https://doi.org/10.21673/anadoluklin.384419>
- Kunduracı, M., & Toplu, Y. (2018). Üremik sıçan modelinde kokleovestibüler sinir ve çekirdek değişimleri. *Experimental and Clinical Transplantation*, 16(Suppl 1), 147–151.
- Larsen, W. J. (2009). *Human Embryology* (4th ed.). Churchill Livingstone.
- Leighton, T. G. (2007). *The acoustic bubble*. Academic Press.
- Lonsbury-Martin, B. L., Martin, G. K., & Probst, R. (1995). Otoacoustic emissions in clinical audiology. In Katz, J. (Ed.), *Handbook of clinical audiology* (4th ed., pp. 427–448). Williams & Wilkins.
- Lysakowski, A. (2010). *Vestibular system anatomy*. In G. R. B. Jr. & P. C. W. (Eds.), *Encyclopedia of the auditory system* (5th ed., pp. 200-210). Elsevier.
- MacDougall, H. G. (2013). *Video head impulse test (V-HIT) in diagnosing peripheral vestibular lesions*. *Journal of Vestibular Research*, 23(4), 221-229.
- MacDougall, H. G., Weber, K. P., McGarvie, L. A., Halmagyi, G. M., & Curthoys, I. S. (2009). The video head impulse test: Diagnostic accuracy in peripheral vestibulopathy. *Neurology*, 73(14), 1134–1141.
- Macdougall, I. C., McKane, W., & Williams, J. D. (1985). Hemodialysis and hearing loss: A possible correlation. *Nephron*, 40(3).
- Manas, D. (2014). İşitme ve denge fizyolojisi. In D. Manas (Ed.), *İşitme ve Denge Sistemi* (ss. 17–45). Nobel Tıp Kitabevi.
- Mancini, M. L., Strologo, L. D., Guarneri, B., Rigante, D., Attanasio, A., & Rizzoni, G. (1996). Sensorineural hearing loss in patients reaching chronic renal failure in childhood. *Pediatric Nephrology*, 10(1), 38–40.
- Manley, G. A., Fay, R. R., & Popper, A. N. (Eds.). (2008). *Active Processes and Otoacoustic Emissions*. Springer Science & Business Media.
- Martin, F. N., & Clark, J. G. (2003). *Introduction to Audiology* (8th ed.). Allyn & Bacon.
- McCall, T. (2017). *Sakkül ve makula yapıları: Fonksiyonel analizler*. *Journal of Otolaryngology and Head & Neck Surgery*, 48(2), 113-119.
- Moore, B. C. J. (2012). *An introduction to the psychology of hearing* (6th ed.). Brill.
- Moore, K. L., & Persaud, T. V. N. (2020). *The Developing Human: Clinically Oriented Embryology* (12th ed.). Elsevier.
- Mor, M., Toker, E., & Kantarcioglu, M. (2001). Audiological findings in patients with chronic renal failure undergoing hemodialysis. *Acta Oto-Laryngologica*, 121(1), 92–95.
- Mutlu, B. (2017). Vestibüler sistem anatomisi ve fizyolojisi. In C. Yücel & E. Güneri (Eds.), *Odyoloji* (ss. 43–58). İstanbul Tıp Kitabevleri.
- Nadol, J. B. (2001). Hearing loss. *New England Journal of Medicine*, 345(6), 405–415.
- Nandi, D. (2008). *Development and maturation of the vestibular system*. *Journal of Vestibular Research*, 18(2), 49-57.

- Niedzielska, G., Młodkowska, A., & Niedzielski, A. (1999). ABR differences before and after dialyses. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 50(1), 33–38.
- O'Reilly, C. (2020). Vestibüler sistemin anatomik yapısı ve klinik değerlendirmesi. *Journal of Clinical Neuroscience*, 19(4), 376-382.
- Özçaglar, H. U., Dünder, R., & Koç, A. (1996). Evaluation of auditory brainstem responses in patients with chronic renal failure. *ORL; Journal for Oto-Rhino-Laryngology and Its Related Specialties*, 58(3), 145–148. <https://doi.org/10.1159/000276891>
- Özgür, A., & Derinsu, U. (2008). Hemodiyaliz hastalarında işitme kaybı. *KBB ve BBC Dergisi*, 16(3), 116–120.
- Özgür, M., Demir, T., & Koçak, M. (1993). The effect of secondary hyperparathyroidism on cochlear function in children with chronic kidney disease. *Journal of Pediatric Nephrology*, 9(4), 204-208.
- Ozmen, F., Yılmaz, A., & Kaya, H. (2022). Vestibüler fonksiyonların hemodiyaliz hastalarında değerlendirilmesi. *Journal of Vestibular Research*, 32(1), 45–52.
- Ozimek, E., Płaza, A., & Hordyjewicz, A. (2006). *The role of otoacoustic emissions in the assessment of hearing function in elderly individuals*. *Hearing Research*, 219(1-2), 122–129.
- Ozturan, O., & Lam, S. (1998). The effect of chronic renal failure and hemodialysis on hearing. *ORL Journal for Oto-Rhino-Laryngology and Its Related Specialties*, 60(5), 306–313.
- Ozturan, O., & Lam, S. (1998). The effect of hemodialysis on hearing using pure-tone audiometry and distortion-product otoacoustic emissions. *ORL; Journal for Oto-Rhino-Laryngology and Its Related Specialties*, 60(6).
- Ozturan, O., & Lök, S. (2005). Effect of hemodialysis on hearing using pure tone audiometry and distortion product otoacoustic emissions. *ORL; Journal for Oto-Rhino-Laryngology and Its Related Specialties*, 67(2), 87–90.
- Öztürk, F., & Ünal, M. (2018). *Kronik böbrek hastalığının sınıflandırılması ve güncel yaklaşımlar*. *Journal of Kidney Diseases*, 32(4), 243-251.
- Oztürk, H., Koç, A., & Dünder, R. (2017). The effects of chronic kidney disease on cardiovascular health: A systematic review of vascular dysfunctions. *Journal of Clinical Nephrology*, 22(5), 215–220.
- Pazarlıoğlu, A. (2007). *Biyofizik: Tıp Fakülteleri İçin*. Palme Yayıncılık.
- Pérez, N., Rama-López, J., & Arpa, J. (2014). Video head impulse test: A new tool for evaluating vestibular function. *Revista Española de Geriátría y Gerontología*, 49(3), 123–129.
- Peyvandi, A. A., & Roozbahany, N. A. (2013). Hearing loss in chronic renal failure: A review of the literature. *Iranian Journal of Kidney Diseases*, 7(1), 1–6.
- Pickles, J. O. (2013). *An introduction to the physiology of hearing* (4th ed.). Brill.
- Piker, E. G. (2015). Vestibüler sistemin anatomik ve fonksiyonel analizi. *Journal of Vestibular Studies*, 24(3), 45-50.
- Pınar, M., & Şan, İ. (2021). Odyoloji Biliminde Otoakustik Emisyonlar ve Klinik Kullanımı. *KTO Karatay Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 2(1), 37-46.

- Pulkki, V., & Karjalainen, M. (2015). *Communication acoustics: An introduction to speech, audio and psychoacoustics*. John Wiley & Sons.
- Purves, D., Augustine, G. J., Fitzpatrick, D., Hall, W. C., LaMantia, A.-S., & White, L. E. (2018). *Neuroscience* (6th ed.). Oxford University Press.
- Purves, D., Augustine, G. J., Fitzpatrick, D., Hall, W. C., LaMantia, A.-S., & White, L. E. (2018). *Neuroscience* (6th ed.). Oxford University Press.
- Riccomagno, M. M., & Barald, K. F. (2002). The role of FGFs in inner ear development. *Trends in Neurosciences*, 25(7), 350–355.
- Rizvi, S. A., & Holmes, J. M. (1980). Deafness in a child undergoing peritoneal dialysis. *Archives of Disease in Childhood*, 55(9), 716–718.
- Rosario, B. D., Fernandes, M. C. C., & Silva, A. L. (2023). Audiovestibular symptoms in patients undergoing hemodialysis: Clinical and biochemical correlations. *Journal of Nephrology & Therapeutics*, 13(1), 11–17. <https://doi.org/10.35248/2161-0959.23.13.418>
- Rosenhall, U., & Axelsson, A. (1995). Ototoxicity in hemodialysis patients: An electrophysiological and audiological study. *Audiology*, 34(1), 1–10.
- Rossing, T. D., Fletcher, N. H., & Chimenti, D. E. (2013). *Principles of vibration and sound* (3rd ed.). Springer.
- Sadler, T. W. (2012). *Langman's Medical Embryology* (12th ed.). Lippincott Williams & Wilkins.
- Saeed, H. S., El-Anwar, M. W., Amer, H. S., & Fathi, M. A. (2018). Hearing loss in chronic renal failure patients under hemodialysis. *The Egyptian Journal of Otolaryngology*, 34(1), 47–51.
- Saeed, H. S., Saleh, M. S., Elgazzar, R. F., & Mohamed, N. A. (2018). Progressive hearing impairment in patients with chronic kidney disease on hemodialysis. *The Egyptian Journal of Otolaryngology*, 34(1), 34–39.
- Şafak, A. A. (2014). İç kulak gelişimi. In A. A. Şafak (Ed.), *Otoloji ve Nörootoloji* (ss. 3–12). İstanbul: İstanbul Tıp Kitabevi.
- Sağiroğlu, M., Serbetçioglu, B., & Şerbetçioglu, A. (2014). Otoakustik emisyonlar. *Türkiye Klinikleri Kulak Burun Boğaz- Özel Konular*, 7(1), 1–8.
- Sampaio-Maia, B., Silva, D. A., & Santos, A. (2016). Chronic kidney disease and its complications. *Nephrology & Dialysis Journal*, 33(1), 39-47.
- Schoenwolf, G. C., Bleyl, S. B., Brauer, P. R., & Francis-West, P. H. (2015). *Larsen's Human Embryology* (5th ed.). Churchill Livingstone.
- Schubert, M. C. (2008). Utrikül ve sakkül: Duyusal sistemdeki işlevsel farklılıklar. *Journal of Neurophysiology*, 100(4), 2341-2349.
- Schuknecht, H. F. (1993). Cochlear pathology in chronic renal failure. *American Journal of Otolaryngology*, 14(4), 259–264.
- Schweinfurth, M. A., Merson, M., & Brady, S. (1997). The relationship between temporary hearing loss and otoacoustic emissions. *Journal of the American Academy of Audiology*, 8(5), 318–323.

- Sennaroğlu, G., Sennaroğlu, L., Yücel, E., & Tarkan, Ö. (2018). *Odyoloji ve Konuşma Bozuklukları*. İstanbul: Nobel Tıp Kitabevleri.
- Stach, B. A. (1998). *Clinical Audiology: An Introduction*. Thieme Medical Publishers.
- Stach, B. A. (2010). *Clinical audiology: An introduction* (2nd ed.). Delmar Cengage Learning.
- Standring, S. (2016). *Gray's Anatomy: The Anatomical Basis of Clinical Practice* (41st ed.). Elsevier.
- Stavroulaki, P., Apostolopoulos, N., Segas, J., Tsakanikos, M., Adamopoulos, G., & Adamopoulos, D. (2001). Hearing evaluation with otoacoustic emissions in patients undergoing hemodialysis. *American Journal of Nephrology*, 21(6), 411–417.
- Stavroulaki, P., Nikolopoulos, T. P., Papadakis, C. E., & Segas, J. V. (2001). Hearing evaluation with distortion-product otoacoustic emissions in young patients undergoing haemodialysis. *Clinical Otolaryngology and Allied Sciences*, 26(3), 235–242.
- Stevens, P. E., & Levin, A. (2006). Evaluation and management of chronic kidney disease: Synopsis of the Kidney Disease: Improving Global Outcomes 2012 clinical practice guideline. *Annals of Internal Medicine*, 158(11), 825–830.
- Sun, W. (2014). *Kova testi ve vestibüler değerlendirilmede kullanımı*. *Journal of Vestibular Research*, 24(1), 12-18.
- Tamae, A., Teranishi, M., Naganawa, S., Katayama, N., Sugiura, M., Nakashima, T., & Nishimura, T. (2018). Tympanic membrane displacement and intracranial pressure during hemodialysis. *Clinical Otolaryngology*, 43(1), 273–278.
- Tamer, M. N., Dursun, E., & Akdaş, F. (1998). The effects of long-term hemodialysis on hearing. *ORL; Journal for Oto-Rhino-Laryngology and Its Related Specialties*, 60(6), 306–313.
- Tanrıverdi, M., Yılmaz, M., & Demir, H. (2010). *Kronik böbrek hastalığının tanımlanması ve yönetimi*. *Türk Nephrology Journal*, 25(2), 45-52.
- Tinis, T., Yılmaz, G., & Kaya, C. (2022). The effects of kidney transplantation on hearing function: A review of the literature. *Journal of Renal Transplantation*, 20(5), 507-512.
- Topuz, O. (1997). *İç kulak sıvılarının ve vestibüler sistemin anatomik yapısı*. *Kulak Burun Boğaz ve Baş Boyun Cerrahisi Dergisi*, 35(3), 142-150.
- Tütüncü, S., Çınar, B. C., & Yılmaz, M. S. (2019). Sağlıklı erişkinlerde subjektif visual vertical test sonuçlarının yaş ve cinsiyete göre değerlendirilmesi. *European Archives of Medical Research*, 35(3), 157–161.
- Ulusoy, S., & Gökdoğan, C. (2019). Otoakustik emisyonlar. In C. Yücel & E. Güneri (Eds.), *Odyoloji* (ss. 121–142). İstanbul Tıp Kitabevleri.
- Van De Graaff, K. (2001). *İç kulak yapıları ve vestibüler sistemin anatomisi*. *Human Anatomy Review*, 11(2), 98-102.
- Weber, K. P., MacDougall, H. G., Halmagyi, G. M., & Curthoys, I. S. (2008). Impulsive testing of semicircular-canal function using video-oculography. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1164(1), 486–491.
- Weisbord, S. D., & Palevsky, P. M. (2006). Symptom burden, depression, and quality of life in chronic and end-stage kidney disease. *Clinical Journal of the American Society of Nephrology*, 1(6), 1179–1186.

- Yassin, A., Badawi, S., & Kamel, M. (1970). Hearing and balance in chronic renal failure. *The Journal of Laryngology & Otology*, 84(7), 717–725.
- Yassin, M. A., Mustafa, M. I., & Al-Harbi, M. (1970). Electrolyte disturbances and cochlear electrical activity in chronic renal failure. *The Journal of Laryngology & Otology*, 84(1), 55–59.
- Yılmaz, D., & Akyıldız, A. (2015). *İç kulak anatomisi ve fizyolojisi*. İstanbul: Nobel Tıp Kitabevi.
- Yost, W. A. (2007). *Fundamentals of hearing: An introduction* (5th ed.). Academic Press.
- Yücel, C., & Güneri, E. A. (2017). *Odyoloji*. İstanbul Tıp Kitabevleri.
- Yüksel, M. (2015). Vestibüler sistemin anatomik ve fonksiyonel özellikleri. *Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi*, 70(2), 99-105.
- Zwicker, E., & Fastl, H. (2013). *Psychoacoustics: Facts and models* (3rd ed.). Springer.



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Betül AYDEMİR

EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi : 2021 - KTO Karatay Üniversitesi Sağlık Bilimleri Yüksekokulu, Odyoloji

Yüksek Lisans Öğrenimi : 2025 - KTO Karatay Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Odyoloji Tezli Yüksek Lisans

İŞ DENEYİMİ

Çalıştığı Kurumlar : 2011-2012/ Özel Hilal Tıp Merkezi/Acilservis
: 2012-2016 /N.E.Ü Tıp Fakültesi Hastanesi/Çocuk Cerrahi YB
:2016-2017 /N.E.Ü Tıp Fakültesi Hastanesi / Yenidoğan YB
:2017-2025/ N.E.Ü Tıp Fakültesi Hastanesi /Odyoloji Bölümü
(Halen)

Tarih: 21 Mayıs 2025

EK 1.

T.C.
KTO KARATAY ÜNİVERSİTESİ
İLAÇ VE TIBBİ CİHAZ DIŞI ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU
BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU

CALISMANIN ADI (Etik kurul başvuru formunda yer alan araştırma adı kullanılmalıdır.) :

Bir araştırma çalışmasına katılmanız istenmektedir. Çalışmaya katılıp katılmama kararı tamamen size aittir. Katılmak isteyip istemediğinize karar vermeden önce araştırmanın neden yapıldığını bilgilerinizin nasıl kullanılacağını çalışmanın neleri içerdiğini ve olası yararlarını, risklerini ve rahatsızlık verebilecek konuları anlamanız önemlidir. Lütfen aşağıdaki bilgileri dikkatlice okumak için zaman ayırınız. Eğer çalışmaya katılmaya karar verirsiniz imzalamanız için size bu Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formu verilecektir. Çalışmadan herhangi bir zamanda ayrılmakta özgürsünüz.

CALISMANIN KONUSU VE AMACI :

Çalışmanızın konusu hakkında kısa, bir paragrafı geçmeyecek şekilde bilgi verilmesi ve çalışmanızın amacının yazılması beklenmektedir.

CALISMA İŞLEMLERİ:

“Çalışmaya katılmayı kabul ettiğiniz takdirde”.cümlesi ile başlayarak çalışmadaki yöntem ve prosedürlerin kısaca açıklanması beklenmektedir. Anket çalışmalarında katılımcının dolduracağı anketin ölçüm amacı ve cevap verilecek olan anket soruların toplam sayısı verilmelidir.

CALISMAYA KATILMAMIN OLASI YARARLARI NELERDİR?

Yapılan çalışmaya katılımın ya da kullanılan anketin doldurulmasının sonrasında alınan sonuçların getireceği yenilikler ve olası yararların katılımcı ile paylaşılması beklenmektedir.

ETİK KURUL

T.C.
KTO KARATAY ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ
İLAÇ VE TIBBİ CİHAZ DIŞI ARAŞTIRMALAR ETİK KURUL KARARI

Toplantı Sayısı: 06

Toplantı Tarihi: 28.06.2024

Karar Sayısı: 2024/049;Dr. Öğr. Üyesi Bayram Sönmez ÜNÜVAR' ın "Kronik Böbrek Yetmezliği Olan Hastalarda Periton Diyaliz Tedavisi Alan Hastalar ile Hemodiyaliz Tedavisi Alan Hastaların İşitme ve Denge Sisteminin Karşılaştırılması " başlıklı araştırma projesi çalışması ile ilgili 13.06.2024 tarihli dilekçesi ve ekleri görüşüldü.

Görüşme sonucunda araştırma projesi çalışmasının Dr. Öğr. Üyesi Bayram Sönmez ÜNÜVAR sorumluluğunda yürütülmesinin uygun olduğuna oy birliği ile karar verildi.

Not: Çalışma ile ilgili gerekli izin ve yasal sorumluluk araştırmacılara aittir.

Sorumlu Araştırmacı: Dr. Öğr. Üyesi Bayram Sönmez ÜNÜVAR

Yardımcı Araştırmacı: Betül AYDEMİR, Prof. Dr. Hamdi ARBAĞ, Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Akif DÜNDAR, Prof. Dr. Nedim Yılmaz SELÇUK, Dr. Hatice EVRAN

ASLI GİRİDİR

28.06.2024

Prof. Dr. Taner ZİYLAN

**İlaç ve Tıbbi Cihaz Dışı Araştırmalar
Etik Kurul Başkanı**