

**BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KULAK BURUN BOĞAZ HASTALIKLARI ANABİLİM DALI
ODYOLOĞİ TEZLİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**

**SENSÖRİNÖRAL TİP İŞİTME KAYBI OLAN HASTALARDA
VESTİBÜLER UYARILMIŞ MİYOJENİK POTANSİYELLER VE
SANAL GERÇEKLIK SİSTEMİNDE SUBJEKTİF VİZÜEL TESTLER
İLE OTOLİT FONKSİYONLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ**

HAZIRLAYAN

MERVE KUTLU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ANKARA - 2024

**BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KULAK BURUN BOĞAZ HASTALIKLARI ANABİLİM DALI
ODYOLOĞİ TEZLİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**

**SENSÖRİNÖRAL TIP İŞİTME KAYBI OLAN HASTALARDA
VESTİBÜLER UYARILMIŞ MİYOJENİK POTANSİYELLER VE
SANAL GERÇEKLİK SİSTEMİNDE SUBJEKTİF VİZÜEL TESTLER
İLE OTOLİT FONKSİYONLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ**

HAZIRLAYAN

MERVE KUTLU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TEZ DANIŞMANI

DOÇ. DR. İŐİLAY ÖZ

ANKARA - 2024

BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Kulak Burun Boğaz Hastalıkları Anabilim Dalı Odyoloji Tezli Yüksek Lisans Programı çerçevesinde Merve Kutlu tarafından hazırlanan bu çalışma, aşağıdaki jüri tarafından Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi:

Tez Adı: Sensörinöral Tıp İŞitme Kaybı Olan Hastalarda Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyeller Ve Sanal Gerçeklik Sisteminde Subjektif Vizüel Testleri İle Otolit Fonksiyonların Değerlendirilmesi

Tez Jüri Üyeleri (Unvanı, Adı - Soyadı, Kurumu)

İmza

ONAY

Enstitü Müdürü

Tarih: ... / ... /

BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS / DOKTORA TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU

Tarih: 04 /07 /2024

Öğrencinin Adı, Soyadı:Merve Kutlu.

Öğrencinin Numarası:

Anabilim Dalı:Kulak Burun Boğaz Hastalıkları

Programı:Odyoloji Tezli Yüksek Lisans

Danışmanın Unvanı/Adı, Soyadı:

Tez Başlığı: Sensörinöral Tip İşitme Kaybı Olan Hastalarda Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyeller Ve Sanal Gerçeklik Sisteminde Subjektif Vizüel Testleri İle Otolit Fonksiyonların Değerlendirilmesi

Yukarıda başlığı belirtilen Yüksek Lisans/Doktora tez çalışmamın; Giriş, Ana Bölümler ve Sonuç Bölümünden oluşan, toplam 54 sayfalık kısmına ilişkin, 04/07/2024 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 13'dir. Uygulanan filtrelemeler:

1. Kaynakça hariç
2. Alıntılar hariç
3. Beş (5) kelimeden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

“Başkent Üniversitesi Enstitüleri Tez Çalışması Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Usul ve Esaslarını” inceledim ve bu uygulama esaslarında belirtilen azami benzerlik oranlarına tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Öğrenci İmzası:.....

ONAY

Tarih: ... / ... /

Öğrenci Danışmanı Unvan, Ad, Soyad, İmza:

TEŞEKKÜRLER

Başkent Üniversitesi Kulak Burun Boğaz Hastalıkları Anabilim Dalı Odyoloji Yüksek Lisans eğitim hayatım boyunca bana her konuda destek olan, yalnızca akademik alanda değil, hayata dair de pek çok şey öğreten

başta olmak üzere;

Bu çalışmanın başlangıcından sonlandırıldığı ana kadar karşılaştığım her türlü sorunun aşılmasında bana yardımcı olan, bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşan, kibar ve yol gösterici tutumuyla her zaman yanımda olan kıymetli hocam

Tez savunma sınav jürimde bulunarak beni onurlandıran, bu süreçte bana yol gösteren

Dostluklarını ve klinik deneyimlerini benimle paylaşan, tez sürecim boyunca bana yardımlarını esirgemeyen

ve tüm klinik çalışanlarına,

Yüksek lisans eğitim süreci boyunca birlikte yürüdüğüm çalışma arkadaşlarım

Hayatımın her aşamasında ve aldığım her kararda arkamda olan, bana verdikleri sonsuz sevgi, şefkat, güç ve cesaretle bugünlere gelmemi sağlayan ve bu zorlu sürecin stresini benimle göğüsleyen canım aileme,

Her konuda desteklerini hissettiğim arkadaşlarım

Tüm kalbimle teşekkür ederim.

ÖZET

Merve Kutlu. Sensörinöral tip işitme kaybı olan hastalarda vestibüler uyarılmış miyojenik potansiyeller ve sanal gerçeklik sisteminde subjektif vizüel testleri ile otolit fonksiyonlarının değerlendirilmesi. Başkent Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Kulak Burun Boğaz Hastalıkları Anabilim Dalı, Odyoloji Yüksek Lisans Programı, 2024

Bu çalışmanın amacı, sensörinöral tip işitme kaybı tanısı olan hastaların otolit organların fonksiyonlarını, servikal vestibüler uyarılmış miyojenik potansiyel (cVEMP), oküler vestibüler uyarılmış miyojenik potansiyel (oVEMP), sanal gerçeklik sisteminde Subjektif Vizüel Vertikal (SVV) ve Dinamik Subjektif Vizüel Vertikal (DSVV) testleri ile değerlendirmektir. Aynı zamanda elde edilen test sonuçları arasındaki korelasyonu araştırmak hedeflenmiştir.

Bu çalışmaya, bilateral simetrik sensörinöral tip işitme kaybı tanısı alan 60 hasta (120 kulak) ve 35 sağlıklı kişi (70 kulak) olmak üzere toplamda 95 katılımcı çalışmaya dahil edilmiştir. Çalışmaya katılan 60 hasta, işitme kaybı derecelerine göre hafif (30 hasta) derece ve orta-ileri derece (30 hasta) olarak iki gruba ayrılmıştır. Tüm katılımcılara cVEMP, oVEMP, SVV ve DSVV testleri uygulanmıştır. Elde edilen verilerin istatistiksel analizi, SPSS Vs 25.0 (SPSS inc., Chicago, IL, USA) paket programıyla yapılmıştır.

cVEMP test parametreleri açısından incelendiğinde, orta-ileri grubun sağ ve sol kulak P13 latansı, kontrol ve hafif derece grubuna göre istatistiksel olarak uzamış olduğu saptanmıştır ($p<0.05$). Sağ kulak ve sol kulak P13-N23 amplitüd karşılaştırmasında kontrol grubunun amplitüdü işitme kayıplı gruplara göre istatistiksel olarak daha büyük olduğu gözlenmiştir ($p<0.05$). oVEMP test parametreleri açısından incelediğinde, hafif ve orta-ileri derece gruplarının sağ ve sol kulak N10, P15 latansları kontrol grubuna göre istatistiksel olarak daha uzun olduğu gözlenmiştir ($p<0.05$). SVV ve DSVV sapma dereceleri ortalamasında gruplar arasında istatistiksel anlamlılık saptanmıştır ($p<0.05$). Farklılık yaratan grubun kontrol grup olduğu gözlenmiştir. Kontrol grubunun SVV ve DSVV test sonuç değerleri literatürdeki normatif değerler ile uyushmaktadır ve hafif derece ve orta-ileri derece gruplarının test değerleri daha büyük bulunmuştur. cVEMP test parametreleri açısından incelendiğinde sağ

kulak P13-N23 amplitüdü ile DSVV ortalaması arasında negatif yönlü çok zayıf düzeyde bir korelasyon bulunmuştur ($p<0.05$). oVEMP test parametreleri açısından incelendiğinde sağ N10 latansı ile DSVV ortalaması arasında çok zayıf düzeyde pozitif yönlü bir korelasyon bulunmuştur ($p<0.05$). Sol P15 latansı ile DSVV ortalaması arasında çok zayıf düzeyde pozitif yönlü bir korelasyon saptanmıştır ($p<0.05$).

Sonuç olarak, sensörinöral tip işitme kaybı olan hastalarda otolit organların da etkilenebileceği ve işitme kaybı derecesi arttıkça bu etkilenmenin artabileceği düşünülmüştür. İleride yapılacak çalışmalarda örneklem sayısının ve çeşitliliğinin artırılmasının yararlı olabileceği düşünülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Sensörinöral tip işitme kaybı, otolit organ fonksiyonu, vestibüler uyarılmış miyojenik potansiyeller (VEMP), subjektif vizüel vertikal test (SVV).

Bu çalışma Başkent Üniversitesi Tıp ve Sağlık Bilimleri Araştırma Kurulu ve Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu tarafından 21/02/2024 tarih ve 24/50 sayılı karar ile onaylanmıştır (Proje KA24/96).

ABSTRACT

Merve Kutlu. Evaluation of otolith function in patients with sensorineural hearing loss using vestibular evoked myogenic potentials and subjective visual tests in virtual reality system. Baskent University, Institute of Health Sciences Department M. Sc. Thesis in Audiology. 2024

The aim of this study was to evaluate the function of otolith organs in patients with sensorineural hearing loss using cervical vestibular evoked myogenic potential (cVEMP), ocular vestibular evoked myogenic potential (oVEMP), Subjective Visual Vertical (SVV) and Dynamic Subjective Visual Vertical (DSVV) tests in virtual reality system. It was also aimed to investigate the correlation between the test results obtained.

In this study, 60 patients (120 ears) with bilateral symmetrical sensorineural hearing loss and 35 healthy subjects (70 ears), totalling 95 participants, were included. The 60 patients were divided into two groups according to the degree of hearing loss: mild (30 patients) and moderate-severe group (30 patients). All participants underwent cVEMP, oVEMP, SVV and DSVV tests. Statistical analysis of the obtained data was performed with SPSS Vs 25.0 (SPSS inc., Chicago, IL, USA) package programme.

When analysed in terms of cVEMP test parameters, it was found that the right and left ear P13 latency of the moderate-severe degree group was statistically prolonged compared to the control and mild degree groups ($p<0.05$). In the comparison of right and left ear P13-N23 amplitude, it was observed that the amplitude of the control group was statistically greater than the hearing loss groups ($p<0.05$). When analysed in terms of oVEMP test parameters, it was observed that the right and left ear N10, P15 latencies of the mild and moderate-severe degree groups were statistically longer than the control group ($p<0.05$). Statistical significance was found between the groups in the mean SVV and DSVV deviation degrees ($p<0.05$). It was observed that the group that made a difference was the control group. The SVV and DSVV test result values of the control group were consistent with the normative values in the literature and the test values of the mild and moderate-severe degree groups were found to be larger. cVEMP test parameters showed a very weak negative correlation between right ear P13-N23 amplitude and mean DSVV ($p<0.05$). oVEMP test

parameters showed a very weak positive correlation between right N10 latency and mean DSVV ($p<0.05$). A very weak positive correlation was found between left P15 latency and mean DSVV ($p<0.05$).

In conclusion, it was thought that otolith organs may also be affected in patients with sensorineural type hearing loss and this effect may increase as the degree of hearing loss increases. It is thought that increasing the number and diversity of samples in future studies may be useful.

Keywords: Sensorineural hearing loss, otolith organ function, vestibular evoked myogenic potentials (VEMP), subjective visual vertical test (SVV).

This study was approved by Başkent University Medical and Health Sciences Research Board and Non-Interventional Clinical Research Ethics Committee with the decision dated 21/02/2024 and numbered 24/50 (Project KA24/96).

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜRLER.....	i
ÖZET	ii
ABSTRACT	iv
İÇİNDEKİLER.....	vi
TABLolar LİSTESİ	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ	x
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	6
2.1. Kulak Embriyolojisi	6
2.1.1. Dış kulak ve aurikula embriyolojisi	6
2.1.2. İç kulak embriyolojisi	6
2.2. Dış Kulak	7
2.3. Orta Kulak.....	7
2.4. İç Kulak	7
2.4.1. İşitme sistemi	7
2.4.2. Vestibüler sistem.....	9
2.4.2.1. Semisirküler kanallar	10
2.4.2.2. Otolit organlar.....	11
2.4.3. İç kulak kanlanması.....	14
2.5. İşitme Kaybı	15
2.5.1. İşitme kaybı tipleri	15
2.5.1.1. İletim tip işitme kaybı.....	15

2.5.1.2. Sensörinöral tip işitme kaybı	15
2.5.1.3. Mikst tip işitme kaybı	16
2.5.1.4. Santral tip işitme kaybı	16
2.5.1.5. Fonksiyonel tip işitme kaybı	16
2.5.2. İşitme kaybı dereceleri.....	16
2.6. Saf Ses Odyometresi	17
2.7. Konuşma Odyometrisi.....	17
2.8. Vestibüler Refleksler	18
2.8.1. Vestibülo-spinal refleks (VSR)	18
2.8.2. Vestibülo-oküler refleks (VOR).....	19
2.8.3. Vestibülo-kolik refleks (VCR)	20
2.9. Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyeller (VEMP)	20
2.9.1. Servikal Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyel (cVEMP)	21
2.9.2. Oküler Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyel (oVEMP)	22
2.10. Vertikal Algı.....	23
2.10.1. Statik Subjektif Vizüel Testler	23
2.10.2. Dinamik Subjektif Vizüel Testler	24
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	25
3.1. Çalışmanın Örneklemi	25
3.1.1. Hasta grubunun çalışmaya dahil edilme kriterleri	25
3.1.2. Hasta grubunun çalışmadan dışlanma kriterleri	26
3.1.3. Kontrol grubun çalışmaya dahil edilme kriterleri	26
3.2. Çalışmanın Deseni.....	26
3.3. Veri Toplama Araçları	27

3.3.1. Servikal Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyel (cVEMP)	27
3.3.2. Oküler Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyel (oVEMP).....	28
3.3.3. Statik Subjektif Vizüel Vertikal Test (SVV).....	28
3.3.4. Dinamik Subjektif Vizüel Vertikal Test (DSVV)	29
3.4. İstatiksel Yöntem	30
4. BULGULAR	32
5. TARTIŞMA	42
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	51
KAYNAKLAR	53
EK 1: Araştırma Projesi Etik Kurul Onayı	

TABLULAR LİSTESİ

Tablo 2. 1. İşitme Kaybı Dereceleri	17
Tablo 4. 1. Kontrol ve hasta gruplarına ait demografik bilgiler.....	33
Tablo 4. 2. Kontrol ve hasta gruplarına ait saf ses ortalamaları.....	33
Tablo 4. 3. Kontrol ve hasta gruplarına sağ kulak cVEMP parametreleri.....	35
Tablo 4. 4. Kontrol ve hasta gruplarına sol kulak cVEMP parametreleri	36
Tablo 4. 5. Kontrol ve hasta gruplarına sağ kulak oVEMP parametreleri	37
Tablo 4. 6. Kontrol ve hasta gruplarına sol kulak oVEMP parametreleri	39
Tablo 4. 7. Kontrol ve hasta gruplarına SVV ve DSVV ortalama değerleri	40
Tablo 4. 8. cVEMP testi ile SVV ve DSVV ortalamaları arasındaki korelasyon	40
Tablo 4. 9. oVEMP testi ile SVV ve DSVV ortalamaları arasındaki korelasyon	41
Tablo 4. 10. Saf ses ortalaması (SSO) ile SVV ve DSVV ortalamaları arasındaki korelasyon	41

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2. 1. İç kulak embriyolojisi	6
Şekil 2. 2. Membranöz Labirent.....	9
Şekil 2. 3. Vestibüler organ yapıları	11
Şekil 2. 4. Utrikül ve sakküldeki tüylü hücre yerleşimi.....	13
Şekil 2. 5. İç kulak arterleri.....	14
Şekil 2. 6. cVemp refleks arkı	21
Şekil 2. 7. oVEMP refleks arkı	22
Şekil 3. 1. cVEMP elektrot yerleşimi.....	27
Şekil 3. 2. oVEMP elektrot yerleşimleri	28
Şekil 3. 3. SVV testi hasta konumu	29
Şekil 3. 4. DSVV test ekranı, test düzlemi, test sayısı, arka plan dönme hızı	30

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

%	yüzde
±	artı eksi işareti
°	derece
Ag	gümüş
AgCl	gümüş klorür
AICA	inferior serebellar arter
BOS	beyin omurilik sıvısı
cVEMP	servikal vestibüler uyarılmış miyojenik potansiyel
dB	desibel
DSVH	dinamik subjektif vizüel horizontal
DSVV	dinamik subjektif vizüel vertikal
EMG	elektromiyografi
Hz	hertz
İOD	izole otolit disfonksiyonu
İTİK	iletim tipi işitme kaybı
Max.	maksimum değer
Min.	minimum değer
MLF	medial longitudinal fasikül
n	kişi sayısı
Ort.	ortalama
OTR	oküler tilt reaksiyonu
oVEMP	oküler vestibüler uyarılmış miyojenik potansiyel
p	olası hata miktarı
SKM	sternokleiodmastoid kası
SNİK	sensörinöral tip işitme kaybı
SPSS	sosyal bilimler için istatistik paketi (statistical package for the social sciences)
SS	standart sapma
SSO	saf ses ortalaması
SVH	subjektif vizüel horizontal
SVV	subjektif vizüel vertikal
USA	Amerika Birleşik Devletleri (United States of America)
VCR	vestibülo-kolik refleks
Ve ark.	ve arkadaşları
VNG	videonistagmografi
VOR	vestibülo-oküler refleks
VR	sanal gerçeklik (visual reality)
VSR	vestibülo-spinal refleks

1. GİRİŞ

Sensörinöral tip işitme kaybı (SNİK), iç kulakta kokleadan başlayarak işitme sinirinde ve/veya işitme merkezine kadar olan yolda ortaya çıkan lezyonlar sonucu oluşan ve otolojide çok sık görülen hastalıktır. Kokleadaki tüylü hücre fonksiyon bozukluklarından, iç kulak metabolik bozuklukların ve stria vaskülaristaki patolojilerden kaynaklı olabilir. Patoloji iç kulaktaysa sensöriyel kayıp yani koklear, eğer patoloji işitme sinirinde ve/veya üst işitsel yollarda ise nöral kayıp yani retrokoklear olarak ikiye ayrılmaktadır (1). Koklear kökenli sensörinöral tip işitme kaybı gürültü maruziyeti, ototoksik ilaçlar, virüsler gibi iç kulağı zarar veren faktörlerden kaynaklı olabilir ve yavaş yavaş ortaya çıkar (2).

Vertigo, genel tıp ve kulak burun boğaz hastalıklarının en çok görülen semptomlarından biridir ve insanların günlük yaşam ve aktivitelerini ciddi şekilde etkilemektedir. Buna bağlı olarak da kaygı ve depresyona sebep olabilmektedir (3).

Vertigonun vestibüler sistem disfonksiyonundan kaynaklandığı düşünülmektedir. Vestibüler sistem üç semisirküler kanal, sakkül ve utrikülü içeren otolit organlardan oluşur. Semisirküler kanallar başın açısal hızlanmalarını ve dönme hareketini algılar. Otolit organlar ise öne ve arkaya doğru olan ivmeleri ve başın yer çekimine göre hareketini algılanmasını sağlarlar. Semisirküler kanalların fonksiyon bozuklukları kalorik test ve video-head impuls testleri (vHIT) ile değerlendirilebilir (4). Kliniklerde semisirküler kanal fonksiyonu normal olup otolit disfonksiyonu olan hastalar bulunabilir ve bu izole otolit disfonksiyonu (İOD) olarak isimlendirilir. İzole otolit disfonksiyonunda düşme, öne arkaya çekilme veya sallanma hissi olduğu öne sürülmüştür. Aynı zamanda tekrarlayan düşme atakları İOD hastalarının bilinen bir semptomudur. Bununla birlikte vertigo semptomları İOD'li hastalarda çoğunlukla görülür ve ilerleyen dönemlerde bu meniere hastalığına ilerleyebilir. Bu da İOD'nin bazı vestibüler hastalıkların erken evresi olabileceğini düşündürmüştür. Bu nedenle otolit organ fonksiyon bozukluklarının erken dönemde teşhis edilebilmesinin hastalıkların ilerlemesinin önlenmesi açısından önemli olduğu düşünülmektedir (3,5,6).

Koklea ve vestibüler sistemler yakın fiziksel bağlantı sebebiyle çoğunlukla aynı faktörlerden etkilenirler. Koklea ve otolit organlar devam eden bir membranöz yapıya ve

benzer reseptör hücre altyapılarına sahiptirler. Aynı zamanda ortak arteriyel damarla beslenirler. Bu nedenle iç kulakta meydana gelen hastalıklar kokleayı etkilediği gibi vestibüler sistemi de etkilemektedir (1,2). Bununla birlikte, koklear ve vestibüler sistemdeki birçok durumun patofizyolojisi ve nedenleri tam olarak belirlenmeyi beklemektedir.

Kliniklerde kullanılan, vestibüler uyarılmış miyojenik potansiyel (VEMP) ve subjektif görsel dikey/yatay (SVV/H) testleri otolit organların fonksiyonunu değerlendirmek için kullanılır. Servikal ve oküler VEMP'ler, ses ve titreşim yoluyla sakkül ve utrikülü uyararak otolit organların fonksiyonunu ve refleks yollarını değerlendirir. SVV/H testi, utriküler fonksiyonu değerlendirir ve algılanan yerçekimi dikey/yatayındaki algısal bir hatadaki sapma derecesini hesaplar (7).

Sensörinöral tip işitme kayıplı hastalarda işitme seviyesi ile vestibüler disfonksiyon arasındaki ilişki net değildir. Son zamanlarda, servikal VEMP (cVEMP) ve oküler VEMP (oVEMP) testleri aracılığıyla otolit organ fonksiyonlarının değerlendirilmesine dayanarak, bazı araştırmacılar otolit organların sensörinöral tip işitme kayıplı hastalarında hasar görebileceğini öne sürmüşlerdir (2). VEMP'lerin bozulması veya yokluğu, otolit organların işlev bozukluğunu gösterir. Xu ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada, ileri derecede sensörinöral tip işitme kaybı olan hastalarının %38.9' unun kulaklarından oVEMP yanıtları elde edilirken, sağlıklı bireylerde yanıt oranı %100 idi. Aynı çalışmada, sensörinöral tip işitme kayıplı hastalarının %44.4' ünde cVEMP yanıtları elde edilirken, sağlıklı bireylerde yanıt oranı %100 idi. Bu veriler, işitme kayıplı hastaların otolit organlarında yüksek bir hasar oranına sahip olduğunu göstermektedir (2).

Jafari ve ark., tarafından bildirilen bir çalışma, işitme kayıplı hastaların işitme kaybına eşlik eden vestibüler bozukluğun da görülebileceğini göstermiştir. Bu nedenle sensörinöral tip işitme kayıplı çocuklar ve yetişkinlerde otolit organ fonksiyonuna dikkat edilmeli ve VEMP testleri yapılmalıdır önerisinde bulunmuşlardır (8).

Yapılan başka bir çalışmada yüksek frekans bandındaki işitme eşiği ve P1-N1 genliği dahil olmak üzere cVEMP sonuçları arasında doğrusal bir ilişki olduğunu göstermişlerdir. Saf ses odyometrinin, otolit organ fonksiyon taraması için temel bir test olarak kullanılabilmesini ve yüksek frekanslı işitme kaybı, normal semisirküler kanal fonksiyonu

olan vertigo hastalarının otolit organ fonksiyonunu kapsamlı bir şekilde değerlendirmek için bir indeks olarak kullanılabileceğini öne sürmüşlerdir (3).

Subjektif Vizüel Horizontal (SVH) ve Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyel (VEMP) testleri arasındaki korelasyona bakılan bir çalışmada oVEMP ve SVH sonuçları arasında vestibüler tanı için anlamlı bir korelasyon bulunmadığı ve iki testin tamamlayıcı bilgi sağlayabileceği ve birinin diğerinin yerine geçmemesi gerektiği öne sürmüşlerdir (9).

Korelasyon için yapılan başka bir çalışmada Sanal Gerçeklik sistemindeki SVV testi, klinik ortamlarda geleneksel SVV için bir alternatifi olabileceği ve cVEMP, oVEMP ile korelasyonu olmadığı bulunmuştur. Bunun sebebini sağlıklı bireylerde yapmalarından kaynaklanabileceği düşünülmüştür (10).

Yapılan bu çalışmalar işitme kaybı ve otolit organları arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Bu çalışmada sensörinöral işitme kaybı olan bireylerde otolit organ fonksiyonunu vestibüler uyarılmış miyojenik potansiyeller ve sanal gerçeklikte subjektif vizüel vertikal testleri ile değerlendirerek aralarındaki ilişkinin ortaya çıkarılması amaçlanmıştır.

HİPOTEZLER

1.HİPOTEZ

H₀: Sensörinöral tip işitme kaybı dereceleri ve kontrol grubu arasında servikal Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyel (sVEMP), oküler Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyel (oVEMP) ve Subjektif Vizüel Vertikal (SVV) testleri arasında fark yoktur.

H₁: Sensörinöral tip işitme kaybı dereceleri ve kontrol grubu arasında servikal Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyel (sVEMP), oküler Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyel (oVEMP) ve Subjektif Vizüel Vertikal (SVV) testleri arasında fark vardır.

2.HİPOTEZ

H₀: servikal Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyel (sVEMP), oküler Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyel (oVEMP) ve Subjektif Vizüel Vertikal (SVV) testleri arasında korelasyon yoktur.

H₁: servikal Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyel (sVEMP), oküler Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyel (oVEMP) ve Subjektif Vizüel Vertikal (SVV) testleri arasında korelasyon vardır.

3.HİPOTEZ

H₀: Hafif derecede SNİK tanılı grup ve kontrol grubu arasında servikal Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyel (sVEMP), oküler Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyel (oVEMP) ve Subjektif Vizüel Vertikal (SVV) testleri arasında fark yoktur.

H₁: Hafif derecede SNİK tanılı grup ve kontrol grubu arasında servikal Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyel (sVEMP), oküler Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyel (oVEMP) ve Subjektif Vizüel Vertikal (SVV) testleri arasında fark vardır.

4.HİPOTEZ

H₀: Orta-ileri derece SNİK tanılı grup ve kontrol grubu arasında servikal Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyel (sVEMP), oküler Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyel (oVEMP) ve Subjektif Vizüel Vertikal (SVV) testleri arasında fark yoktur.

H₁: Orta-ileri derece SNİK tanılı grup ve kontrol grubu arasında servikal Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyel (sVEMP), oküler Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyel (oVEMP) ve Subjektif Vizüel Vertikal (SVV) testleri arasında fark vardır.

5.HİPOTEZ

H₀: Hafif derece grup ve orta-ileri derece SNİK tanılı grup arasında servikal Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyel (sVEMP), oküler Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyel (oVEMP) ve Subjektif Vizüel Vertikal (SVV) testleri arasında fark yoktur.

H1: Hafif derece grup ve orta-ileri derece SNİK tanılı grup arasında servikal Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyel (sVEMP), oküler Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyel (oVEMP) ve Subjetif Vizüel Vertikal (SVV) testleri arasında fark vardır.

2. GENEL BİLGİLER

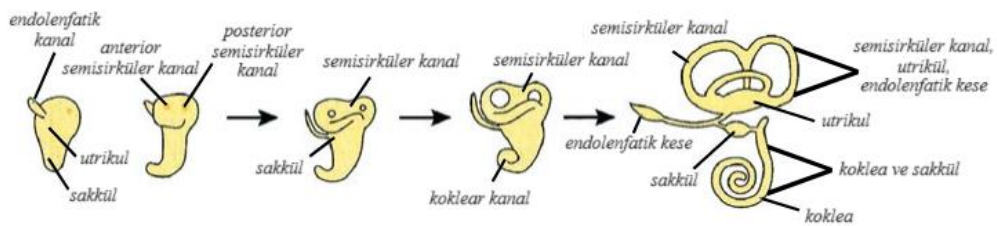
2.1. Kulak Embriyolojisi

2.1.1. Dış kulak ve aurikula embriyolojisi

Dış ve orta kulak solunum aygıtı olan brankial yarıktan gelişir. 3. haftada orta kulak gelişir, 4.haftada östaki borusundan ayrılır. 6.haftada malleus ve incus bir görülür, 8.haftada birbirinden ayrılmaya başlar, 16. haftada yetişkin hayattaki boyutlarına ulaşırlar. Stapes ise 2.brankial yarıktan 4.haftada oluşmaya başlar ve 28.haftada tamamlanır (11).

2.1.2. İç kulak embriyolojisi

Rahim içindeki yaşamın yaklaşık 20.gününde ektoderimde bir kalınlaşma başlar ve otik disk adı verilen bir alan oluşur. 4.haftada otik disk ağzı daralır ve otik vezikül haline ulaşır. Endolenfatik kese dorsamedial bölümünde belirgin olmaya başlar. Semisirküler kanallar 6. haftada, utrikül 8. haftada oluşur. Koklea ve sakkül ventral bölümde oluşmaya 7.haftada oluşmaya başlar. Sakkül ve koklea gelişimi diğer iç kulak yapılarından sonra olur. 4.ayda iç kulak kemik ve membranöz yapılar yetişkin seviyesine ulaşarak gelişimini tamamlamış olurlar. Mastoid kemiğin gelişimi doğumdan sonra da devam etmektedir (12) (Şekil 2.1.).



Şekil 2. 1. İç kulak embriyolojisi (13)

2.2. Dış Kulak

Dış kulak, kıkırdak yapıdaki kulak kepçesinden (pinna) ve dış kulak yolu olarak 2 bölümden oluşmaktadır. Pinna ses lokalizasyonu ve dış kulak yolunun korunması için önemlidir ve dış ortamdan gelen ses dalgalarının toplanmasında, yapısal özelliği nedeniyle sesin filtrelenmesi ve yükseltilmesi görevi vardır. Dış kulak yolu ortalama 23-29 mm uzunluğunda, kıkırdak ve kemik yapıdan oluşmaktadır ve kıvrımlı yapısı ile dışarıdan gelecek yabancı cisimlere karşı kulak zarını korur. Dış kulak yolu ses dalgalarının kulak zarına (timpanik membran) iletilmesinde görev alır (14). Epital, fibröz ve mukoza tabakalarından oluşan timpanik membranın üst kısmına pars flacida, alt kısmına pars tensa ve orta kısmına umbra denir (15).

2.3. Orta Kulak

Orta kulak, akustik enerjiyi iç kulağa iletimini sağlama görevi vardır ve timpanik membran, üç küçük kemik, iki küçük kas ve östaki tüpünü içerir. Timpanik membran ve malleus, incus, stapes adındaki üç küçük kemik dış kulaktan gelen sesi iç kulağa iletiminde rol alırlar. Stapedius ve tensör timpani adındaki iki küçük kasların yüksek sese yanıt olarak kasılmasıyla iç kulakta oluşabilecek hasarlardan korurlar. Çiğneme, öksürme, yutkunma gibi durumlarda açılıp kapanarak orta kulak boşluğunun havalanması ve timpanik membranın her iki tarafının basınç eşitleme görevi olan östaki tüpü ön duvardan açılır (16).

2.4. İç Kulak

İç kulak, üç semisirküler kanal ve utrikül-sakkülünden oluşan vestibüler yapı ve salyangoza benzeyen kokleadan oluşan işitsel yapı olmak üzere iki bölümden oluşur. Temporal kemiğin petröz kısmında yer alır (17).

2.4.1. İşitme sistemi

İnsanlarda salyangoza benzeyen koklea, 30-31 mm uzunluğundadır ve madaiaolus etrafında iki buçuk turluk dönen sarmal kemikli bir organdır. Koklea içi sıvı dolu yukarıda scala vestibuli, ortada scala media ve aşağıda scala timpani olmak üzere ductus cochlearis tarafından 3 bölüme ayrılır (18). Skala timpani ve skala vestibulide düşük olan hücre dışı

sıvıya benzeyen düşük potasyum ve yüksek sodyum içeren perilenf bulunur. Skala mediada ise hücre içi sıvısına benzeyen yüksek potasyumu düşük sodyum içeren endolenf sıvısı bulunur (15,19). Scala vestibuli ve scala timpani kemik labirentin sonuna doğru birleşir ve bu birleştikleri yere Helicotrema denir. Kanalları birbirinden ayıran 2 tane zar vardır. Reissner Membran, scala vestibuli ve scala mediayı, Bazilar Membran ise scala media ve scala timpaniyi birbirinden ayırır (20).

Bazilar membranın üstünde scala media içerisinde işitme hücrelerini içeren korti organı bulunur. Korti organında bazilar membrandaki mekanik enerjiyi elektriksel enerjiye dönüştüren reseptör hücreler olan tüylü hücreler, destek hücreleri ve tectorial membran vardır. Tüylü hücreler dış ve iç hücreler olmak üzere ikiye ayrılır. Yaklaşık 12.000 tane bulunan dış tüylü hücreler üç sıra halinde ve yaklaşık 3500 tane bulunan iç tüylü hücreler tek sıra halinde yerleşmiştir. Stereocilia adındaki uzantılar dış ve iç tüylü hücrelerin apekslerinde uzundan kısaya doğru olacak şekilde mevcuttur. Tip linkler bu uzantıları birbirleri ile bağlanmasını sağlar (21). Streociliaların uzun olan tarafa doğru eğilmeleri sonucunda katyon kanalları açılır ve hücre içerisine potasyum girer. Bu duruma depolarizasyon denir. Kısa olan tarafa doğru eğilmeleri sonucunda katyon kanalları kapanır ve hücre içerisi daha negatif yüklü olur. Bu duruma da hiperpolarizasyon denir (22,23).

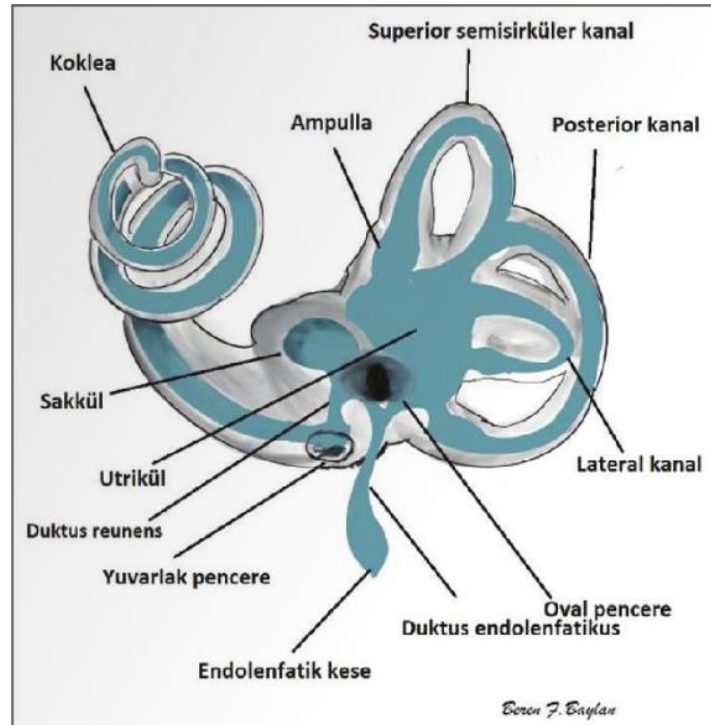
Dış ve orta kulaktan geçen ses enerjisi stapesin oval pencere olan hareketi sonucunda scala vestibulideki perilenfte bir dalgalanmaya sebep olur. Dalgalanma apekteki helicotremadan scala timpaniye geçer ve bazilar membrandaki yukarı aşağı hareketi sonucunda korti organında harekete neden olur. Bu hareket sonucunda iç ve dış tüylü hücrelerde elektriksel enerjiye dönüşür. Dönüşen elektriksel enerji spiral ganglion nöronlarına aktırılır. Spiral ganglionda tip1 ve tip2 olmak üzere iki tip nöron hücreleri bulunmaktadır. Çoğunluğu tip1 nöronlar oluşturur ve iç tüylü hücreler ile sinaps yaparlar, tip2 nöronlar ise dış tüylü hücreler ile sinaps yaparlar. Koklear siniri bu iki tip nöronların aksonlarından oluşmaktadır (24). Koklear sinir internal akustik kanaldan geçerek koklear çekirdeklere ulaşır ve sırasıyla superior olivary kompleks, lateral lemniskus, inferior kollokulus, medial genikulat body ve işitsel kortekste son bulur (25).

Koklea içerisinde ilerleyen ve bazilar membanda oluşan harekete 'ilerleyen dalga modeli' denir ve bazilar membran üzerinde maksimum amplitüde ulaşıncaya devam eder. Yüksek frekanslar için koklanın bazal ucunda amplitüd oluşurken, alçak frekanslar için

apeks ucuna yakın amplitüd oluşur (26). Böylece, her bir frekans için farklı bölgelerde uyarı oluşur ve bazılar membranda bulunan doğal rezonans frekansı nedeniyle tonotopik bir düzeni vardır (27).

2.4.2. Vestibüler sistem

Temporal kemiğin petröz parçasına yerleşmiş olan iç kulak kemik labirentin anteriorunda koklea, posteriorunda semisirküler kanallar, medialde ise utrikül, sakkül, endolenfatik kanal ve kese bulunur. Kemik labirentin içi perilenf sıvısı, kemik labirentin içinde bulunan membranöz labirent içi ise endolenf sıvısı ile doludur. Membranöz labirent belirli noktalardan lifler ile kemik labirentte bağlıdır ve kemik labirentte göre daha küçük yapıdadır. Ekstraselüler bir sıvı olan ve iç kulakta bulunan damarların filtrelenmesi ile oluşan perilenf sıvısı beyin omurilik sıvısı (BOS) ile bağlantılıdır. Perilenf sıvısında sodyum miktarı fazla potasyum miktarı ise azdır. Bunun tam tersi şeklinde yani yüksek miktarda potasyum ve düşük miktarda sodyum içeren endolenf sıvısı ise stria vascularisden üretilir. Emilimi ise aquaductus vestibuli yoluyla dura materin altında yer alan endolenfatik kesede gerçekleşir. Endolenf ve perilenf sıvıları birbirleri ile karışmazlar (28,29) (Şekil 2.2.).

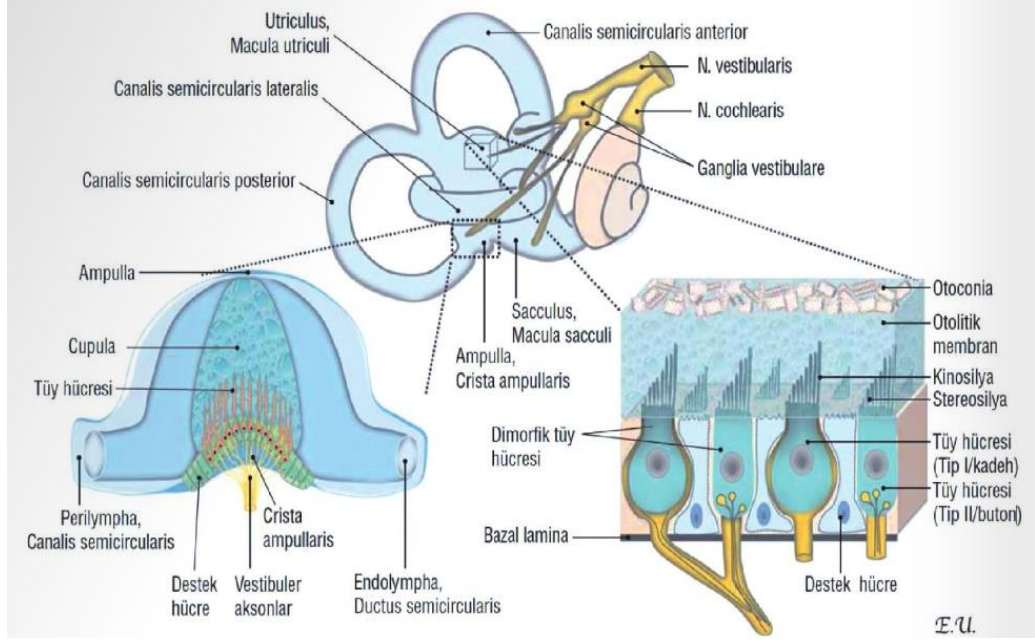


Şekil 2. 2. Membranöz Labirent (30)

2.4.2.1. Semisirküler kanallar

Başın açısal hızlanmalarını ve dönme hareketini algılan semisirküler kanallar yaklaşık 2/3 daire kadar ve başı ve ucu utrikülde bulunan birbirlerine dik şekilde duran 3 adet kanallardır. Bunlar üç farklı düzlemde bulunurlar ve anterior (süperior), posterior ve horizontal (lateral) kanal olarak adlandırılır. Anterior ve posterior semisirküler kanalların ampulla bulunmayan kolları birleşerek utriküle bağlanır. Kanallar birbirleriyle yaklaşık 90° derecelik açılar oluşturacak şekilde sabit bir açı ile durmaktadır. Buna ortogonal ilişki denmektedir (31). Anterior semisirküler kanal önde ve sagittal düzlemle göre 41° derecelik açı ile durur. Posterior semisirküler kanal ise arkada ve sagittal düzlemle 56° derecelik açı ile durur. İki kulağın lateral kanalları aynı düzlemde ve simetrik şekildedir. Bir kulağın anterior semisirküler kanalı karşı kulağın posterior semisirküler kanalı ile aynı düzlemedir ve simetriktir. Yani bir kulağın anterior kanalı ile karşı kulağın posterior kanalı eşlenik olarak çalışır ve her iki taraftan da bilgi gitmiş olacaktır .

Kanalların birer uçlarında ampulla adı verilen genişlemeler vardır. Ampullaların içinde koni şeklinde resöptör organ olan kristalar bulunur. Kristaların uç kısmında kupula adında yapı bulunur ve kupula jelatinöz özelliği vardır. Başın bir düzlemdeki hareketi sonucu o düzlemdeki kanallarda oluşan endolenf sıvısı hareketi kupula boyunca başın hareket yönünün tersi yönünde oluşur. Bu da kristadaki tüylü hücrelerin uyarılmasını sağlar (31). Ampullada sinirsel iletimi sağlayan 2 tip tüylü nöroepitel hücre bulunmaktadır. Tip1 hücre kadeh şeklinde, daha gelişmiş ve duyarlıdır. Tip2 hücreler ise silindir şeklinde ve tip1 hücrelere göre daha az gelişmiştir. Hücrelerin apikallerinde 40-100 adet stereosilya adı verilen uzantılar mevcuttur. Bunlardan bir tanesi apikal yüzeyin kenarında olan daha uzundur ve adı kinosilyumdur. Endolenf sıvısının hareket yönüne bağlı olarak stereosilyanın kinosilyuma doğru hareketi uyarılmayı sağlar yani depolarizasyon oluşturur. Tam tersi hareket ise inhibisyon oluşturur. Tüylü hücrelerdeki depolarizasyon ve inhibisyon durumunu santral yollarda işlenir (32,33) (Şekil 2.3.).



Şekil 2.3. Vestibüler organ yapıları (34)

Semisirküler kanal ampullası ve utrikül makulası

2.4.2.2. Otolit organlar

Öne ve arkaya doğru olan ivmeleri ve başın yer çekimine göre hareketini algılanmasını sağlayan otolit organlar sakkül ve utrikül olmak üzere iki tanedir.

2.4.2.2.1. Sakkül

Ufak kese benzeri yapıda olan sakkül, ön kısımda bulunan recessus sphericus çukurunda yer alır (34). Ductus reuniens ile sakkülün alt kısmı koklear kanala bağlanır, ductus utriculosaccular ile sakkül ile utrikül birbirine bağlanır. Ductus utriculosaccular sonrasında endolenfatik kanal ile endolenfatik kesede sona erer (35). Sakkülden ductus endolymphaticus kanalı daha sonra sacculus endolymphaticus adlı cep şeklindeki kesede sona erer ve bu kesede endolenf sıvısı emilimi gerçekleşir (35). Baş dik konumda iken dikey düzlemde duran sakkülün tüylü hücrelerden oluşan makulası ve destek hücreleri vardır. Makula kalsiyum karbonat kristalleri ile örtülü jelatinöz bir yapıdadır ve tüylü hücrelerin silyalları içerisinde uzanır. Bu kristallere otokonia adı verilir. Makulayı ikiye ayıran striola adı verilen bir hat bulunur. Bu hattın iki tarafındaki tüylü hücreler farklı yöne bakmaktadır. Tüylü hücrelerin kinasilyumları sakkülde strioladan uzak şekilde yerleşmiştir. Başın

hareketiyle beraber hattın bir tarafındaki tüylü hücreler uyarılırken hattın diğer tarafındaki tüylü hücreler inhibe olur. Sakkül makulası yer çekimine karşı ve aşağı-yukarı hareketlere karşı daha duyarlıdır (36).

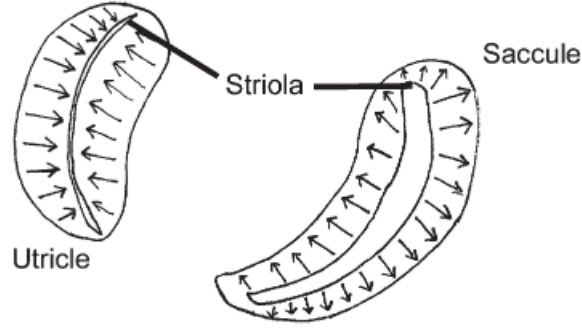
2.4.2.2.2. Utrikül

Vestibüler sistemin en büyük organı olan oval şekildeki utrikül, ductus utriculosaccular ile hem sakküle hem de ductus endolymphaticus ile bağlantı içerisindedir. Utrikül makulası, lateral semisirküler kanala benzer şekilde horizontal düzlemde yerleşmiştir. Utrikül makulası da striola hattı ile ikiye ayrılır ve tüylü hücrelerin kinosilyumları striola hattına doğru yerleşmiştir. Kinosilyumlar hatta göre simetrik yerleşmiştir. Sakkül makulasında olduğu gibi hattın bir tarafındaki tüylü hücreler de uyarılma gerçekleşirken diğer tarındaki tüylü hücreler inhibe olur. Utrikül makulası öne arkaya hareketlere karşı duyarlıdır (37) (Şekil 2.4.).

Her iki makulada bulunan kalsiyum karbonat kristalleri ağırlıkları nedeniyle jelatinöz tabakaya gömülü halde dururlar. Bu ağırlıkları jelatinöz yapının içerisinde bulunan tüylü hücrelerin eşit ve hassas uyarılmasını sağlamaktadır. Makuların striolarına yakın tipl tüylü hücreler, striolarına uzak yerlerde ise tip2 tüylü hücreler bulunmaktadır (38).

Tüylü hücrelerin hem sakkül hem utrikül makulasında farklı yön yerleşim gösterilmeleri sebebi ile farklı tüylü hücreler uyarılmaktadır (39). Başın her sağ, sol, öne, arkaya hareketlerinde farklı grup tüylü hücrelerde daha fazla uyarılma gerçekleşir.

Baş sabit dururken vücudun öne arkaya, sağa sola hareketinde utrikül makulası; baş sabit dururken vücudun yukarı aşağı hareketinde ve yerçekimi kuvveti etkisi ise sakkül makulası daha duyarlıdır.



Şekil 2. 4. Utrikül ve sakküldeki tüylü hücre yerleşimi (4)

Reseptör hücrelerde oluşan uyarılar, bu hücreler çevresindeki sinir uçları sayesinde üst yollara taşınır. Bu sinirler uçları bir araya gelerek sinir liflerini meydana getirir. Superior vestibüler sinirini; anterior ve lateral semisirküler kanal ve utrikülden çıkan sinir lifleri oluştururken inferior vestibüler sinirini posterior semisirküler kanal ve sakkülden çıkan sinir lifleri oluşturur. Kokleadan çıkan sinir, inferior vestibüler sinir ve superior vestibüler sinir birleşerek VIII. kranial sinir olan vestibulokoklear siniri oluşturur (40).

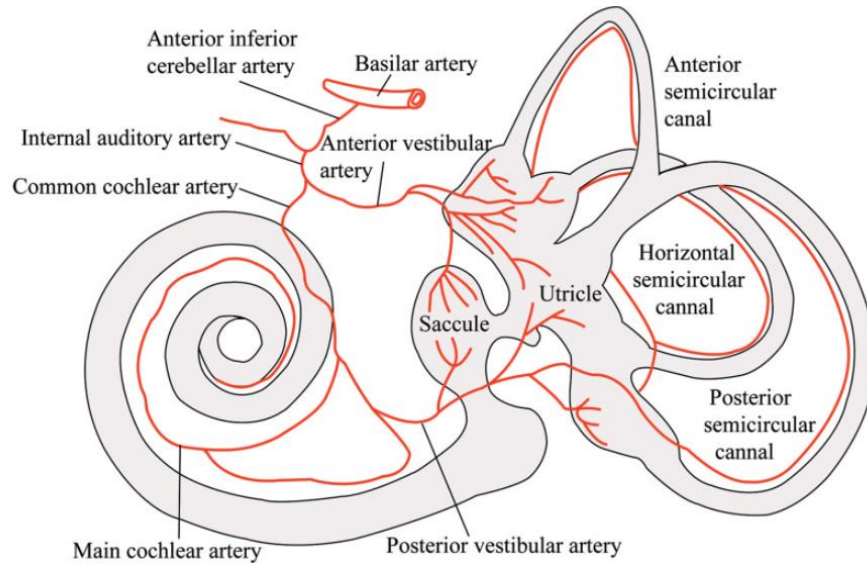
Vestibüler çekirdekler, beyin sapında medulla ve pons arasında dört ana nöron topluluğundan oluşmuştur. Vestibüler çekirdekler, vestibüler uyarılarının ilk işlemcisidir. Gelen uyarı ve motor yanıtların çıktısı arasında hızlı refleksden sorumludur. Dört ana çekirdek Superior (Bechterew), Lateral (Dieters), medial (Schwalbe) ve inferior (Descenden) olmak üzere isimlendirilir. Vestibüler duyu reseptörlerinden çıkan uyarılar ipsilateral olarak bütün çekirdeklere ulaşmakla beraber bazı bölgedekiler uyarılara daha spesifik özellik göstermektedir. Semisirküler kanallardan gelen sinir lifleri superior ve medial vestibüler çekirdeklere ulaşırken, otolit organlardan gelen sinir lifleri lateral ve inferior vestibüler çekirdeklere ulaşır. Bu sebeple superior ve medial vestibüler çekirdekler vestibülo-oküler refleksde (VOR) rol alırken, lateral ve inferior vestibüler çekirdekler vestibülo-spinal refleksde (VSR) de rol alır (41).

Vestibüler çekirdeklere gelen uyarıların bir bölümü de serebelluma gider. Vestibüler çekirdeklere periferik vestibüler sistem, serebellum, retiküler formasyon, spinal kord ve kontralateral vestibüler çekirdeklerden afferent uyarılar gelir. Vestibüler çekirdekler de gelen bu uyarıları okülomotor çekirdeklere, spinal kordun motor kısmına, serebelluma, otonom sinir sistemine ve temporal lob korteksine taşınmasını sağlar. (42). Serebellum, vestibüler

sistemin ana organizatörü olarak görev yapar. Santral vestibüler sistemde ayarlamalar yapar ve denetler. Vestibüler çekirdekler ve vestibuloserebellum, görsel ve somatosensör sistemden gelen uyarılar ile çalışarak dengenin düzenlenmesinde görev alırlar (43).

2.4.3. İç kulak kanlanması

Kökenini basiler arterden alan Anterior İnferior Serebellar Arter (AICA), iç kulağın labirent arterine dal verir. Labirent arter iki ayrıdır: Anterior vestibüler arter ve common koklear arter. Sakkülün bir kısmı, utrikül, lateral ve anterior semisirküler kanalların kanlanmasını sağlayan anterior vestibüler arterdir. Common koklear arter, kokleanın bazal kısmını, sakkülü ve posterior semisirküler kanal kanlanmasını sağlayan vestibülokoklear arter ve kokleanın 2/3'lük kanlanması yani ana koklear arter olarak ikiye ayrılır. Başka bir kanlanmada görev almayan bu arterlerin patolojisinde o organın fonksiyon bozukluğu ile karşılaşılır (44) (Şekil 2.5.).



Şekil 2. 5. İç kulak arterleri(45)

2.5. İşitme Kaybı

Çevrede bulunan ses dalgalarının dış kulak ve orta kulak vasıtasıyla iç kulağa ulaşması sonucu oluşan elektriksel potansiyellerin işitme siniri aracılığı ile beyne iletilmesi ve üst merkezlerde yorumlanması sonucu işitme gerçekleşir. İşitme kaybı ise dış, orta, iç kulak ve akustik sinirde yani işitsel sistemin herhangi bir bölümünde ortaya çıkan patolojiler nedeniyle seslerin algılanamamasıdır.

İşitme kaybı, işitme sistemindeki patoloji yerine göre türlerine ayrılır.

2.5.1. İşitme kaybı tipleri

2.5.1.1. İletim tip işitme kaybı

İletim tipi işitme kaybı (İTİK), dış ve orta kulak bölgelerinde meydana gelen patolojiler sesin iç kulağa iletimindeki azalma olarak tanımlanabilir. Medikal ve cerrahi yöntemlerle iletim tip işitme kaybı tedavi çoğunlukla mümkündür (46).

Aurikula atrezileri, aurikular malformasyon, akut otitis externa, serümen varlığı, yabancı cisimler, dış kulak yolu tümörleri, akut otitis media, seröz otitis media, kronik otitis media, otoskleroz, timpanoskleroz, timpanik zarda perforasyon veya kemikçik zincirde defekt olması ve travmalar iletim tipi işitme kaybına neden olur (47).

2.5.1.2. Sensörinöral tip işitme kaybı

Sensörinöral tip işitme kaybı (SNİK), iç kulakta kokleada, işitme sinirinde veya merkezi işitme yollarında ortaya çıkan patolojiler sonucu oluşan işitme kaybıdır (48). Sensörinöral işitme kaybı eğer patoloji iç kulaktaysa duyuşsal kayıp veya sensöriyel kayıp, eğer patoloji işitme sinirinde ve/veya üst işitsel yollarda ise sinirsel kayıp veya nöral kayıp tanımlanmaktadır. Sensörinöral tip işitme kaybı, koklear ve retrokoklear olarak da ikiye ayrılabilir (49).

Konjenital iç kulak anamolileri, otoimmün hastalıklar, serebellopontin köşe tümürü, menenjit, labirentit, menier hastalığı, gürültüye maruz kalma, ototoksin maruziyeti,

presbiakuzi ve travmalar sensörinöral tip işitme kaybının nedenleri olabilir. Genellikle işitme kaybı kalıcıdır ve medikal, cerrahi işlemlerle tedavi edilemez. İşitme cihazı ve koklear implanttan fayda görürler (50).

2.5.1.3. Mikst tip işitme kaybı

İletim tipi ve sensörinöral tipi işitme kaybının her ikisinde de bulunduğu işitme kaybı tipidir. Dış veya orta kulakla birlikte iç kulakta da (koklea veya işitme siniri) patoloji meydana gelebilir (51).

Kronikleşen otitis media ve koklear otoskleroz mikst tipi işitme kaybına neden olabilir. Mikst tipi işitme kaybında iletim komponenti ve derecesine göre medikal, cerrahi, işitme cihazları ve kemiğe implanta cihazlarla tedavi edilebilirler (52).

2.5.1.4. Santral tip işitme kaybı

Patolojinin beyin sapı ve işitsel kortekste olduğu işitme kaybıdır. Saf ses ortalamaları iyi olmakla beraber konuşmayı anlamada güçlüğü sebep olur. Saf ses odyometrisi, erken, orta ve geç latansların yanıtlarıyla birlikte radyolojik tetkitletler ile tanısı konulabilmektedir.

2.5.1.5. Fonksiyonel tip işitme kaybı

Fonksiyonel tip işitme kaybı, işitme sisteminde işitme kaybına karşılık gelen bir patolojik bozukluk olmaması rağmen işitme kaybının mevcut olduğu işitme kaybı tipidir. Hastalar farkında olarak işitme kaybı varmış gibi yapabilirler veya farkında olmadan psikojenik sebepli işitme kaybı varmış gibi davranabilirler (53).

2.5.2. İşitme kaybı dereceleri

500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz ve 4000 Hz'deki hava yolu işitme eşiklerinin ortalaması alınarak işitme kaybı dereceleri belirlenir. Bu ortalamaya saf ses ortalaması (SSO) denir. İşitme kaybı derecelendirme tablosu verilmiştir (54) (Tablo 2.1.).

Tablo 2. 1. İşitme Kaybı Dereceleri (54)

İŞİTME KAYBI DERECELERİ	SAF SES ORTALAMLARI (SSO)
NORMAL	0-15 dB HL
ÇOK HAFİF	16-25 dB HL
HAFİF	26-40 dB HL
ORTA	41-55 dB HL
ORTA İLERİ	56-70 dB HL
İLERİ	71-90 dB HL
ÇOK İLERİ	91 dB HL ve üstü

2.6. Saf Ses Odyometresi

Subjektif bir ölçüm olan saf ses odyometrisi, hava yolu ve kemik yolu ile gönderilen saf ses sinyal sesine hastanın verdiği cevaplardır. Hastanın işitme hassasiyeti verdiği cevaplar ile ölçülmektedir. 125 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz ve 8000 Hz frekanslarında hava yolu işitme eşikleri supraural kulaklık ile ölçülür. Frekanslar arası 15 dB'den fazla fark varsa ara frekanslar işitme eşiklerine de bakılır. 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz ve 4000 Hz kemik yolu işitme eşikleri de mastoid kemiğe yerleştirilen vibratör ile ölçülmektedir (55).

Hava yolu eşikleri ve kemik yolu eşikleri arasında 10 dB'den fark yok ise yani hava yolu ve kemik yolu eşikleri çakışık ise sensörinöral tip, hava yolu ve kemik yolu işitme eşikleri arasında 10 dB'den fark var ise ve kemik yolu eşikleri normal sınırlarda ise iletim tip işitme kaybı denir. Hava yolu ve kemik yolu işitme eşikleri arasında 10'den fark var ise ve kemik yolu eşikleri 15 dB altına düşüyse mikst tip işitme kaybı denir (56).

2.7. Konuşma Odyometrisi

Saf ses odyometrisiyle birlikte yapılan konuşma odyometrisi bireyin normal zamandaki işitme kaybının konuşması üzerindeki etkisini incelemek için yapılan bir testtir. Konuşmayı anlama eşik testi ve eşik üstü test olarak da konuşmayı ayırt etme testleri

yapılmaktadır. Uygulaması hastanın kelime tekrarına dayanılarak yapılır. Konuşma odometrişi kişinin öz dilinde yapılması gerekmektedir (57).

2.8. Vestibüler Refleksler

Birçok sistemin türlü entegrasyonu ve koordinasyonundan kaynaklanan denge; duyuusal sistemlerden gelen girdiler, merkezi sinir sisteminde yorumlanır, uygun bir cevap oluşturulur ve postürü korumak için motor hareketler etkinleştirilir. Günlük yaşamda ayakta durmak, yürümek, merdivenden çıkmak ve dönmek gibi hareketlerin güvenli şekilde yapılmasından vestibüler, vizüel ve proprioseptif sistemlerin birlikte çalışması görevlidir. Bu sistemler merkezi sinir sistemi tarafından yönetilmektedir (58).

Başın ani hareketlerinde görmenin sabit kalması, vücut duruşunun yerçekimine karşı sabit kalmasında görev alan vestibüler çekirdekler ipsilateral ve kontralateral duyuusal girdiler ve farklı sistemlerden gelen girdilerle işlendikten sonra motor yanıtlara dönüştürülür. Yanıtları göz hareketlerini yöneten nöral yapılara ve dengeli bir postür için de kaslara gönderir (59).

2.8.1. Vestibülo-spinal refleks (VSR)

İnsanda dikey postürün düzenlenmesinde görsel, proprioseptif ve vestibüler uyarıların önemli rol oynamaktadır. Vestibülo-spinal refleks ince el motor hareketlerin koordinasyonu, ayakta durma, aktif hareket halindeyken postür düzenleme ve ani gelişen hareketlerde dengeyi sağlama gibi görevlerde yer alır. Baş, boyun ve alt-üst ekstremitte kaslarının kasılma ve gevşeme ayarlamasında rol oynar (60).

Vestibülo-spinal refleks, vestibüler çekirdekten çıktıktan sonra üç farklı yol ile ilerler. Lateral vestibülospinal yol, lateral vestibüler çekirdekten başlayarak ipsilateral olarak servikal ve lomber spinal boyunca uzanır. En uç bölgeye kadar uzanması sebebiyle faaliyeti baskın özellik gösterir. Baş ve boyun hareketlerinde rol oynayan medial vestibülospinal yol, medial vestibüler çekirdekten başlayarak ipsilateral ilerledikten sonra kontralateral medial longitudinal fasikulus içerisinden servikal bölgeye ulaşır. Retikülospinal yol ise retiküler çekirdeklerden başlayan uyarılar retikülospinal traktus yoluyla spinal korda ulaşır (61).

2.8.2. Vestibülo-oküler refleks (VOR)

Periferik vestibüler sistem, vestibülo-oküler refleks (VOR) sayesinde baş hareketi esnasında net görüşü sağlar. Vestibülo-oküler refleksin çalışması için, periferik vestibüler sistem, vestibüler sinir ve santral vestibüler sistemin işleyişi önemli rol oynar. Baş hareketine karşı oluşan telafi edici göz hareketini etkileyen birincil duyuşal girdi semisirküler kanallardan gelmektedir ve ikincil duyuşal girdiler ve motor cevaplar serebellumda sağlanır (62). Rotasyonel baş hareketine takiben, semisirküler kanallardan çıkan duyuşal girdisi vestibüler sinir aracılığı ile vestibüler çekirdeklere iletilir. Vestibüler çekirdekler ve diğer sistemler arasında bağlantılar sayesinde baş hareketine uygun biçimde yanıt oluşabilmesi için vestibülo-oküler refleks ekstraoküler kaslara koordineli bir motor yanıtın oluşturulmasını sağlar. Görüntünün fovea üzerinde stabilize kalabilmesi için ekstraoküler kaslarda oluşan motor yanıtın baş hareketi hızına eşit ve zıt yönde olması gerekmektedir. Buna VOR kazancı denir ve normal değerlerdeki bir kazanç 1 olarak kabul edilir (63).

VOR, kanal-oküler refleks ve otolit-oküler refleks olmak üzere ikiye ayrılır. Kanal-oküler refleks semisirküler kanallar yoluyla sağlanır ve açısal VOR olarak, otolit-oküler refleks ise otolit organlar yoluyla sağlanır ve doğrusal VOR olarak bilinir (64).

-Kanal-oküler Refleks

Baş hareketleri sırasında semisirküler kanalların uyarılması sonucu okülomotor kaslarda motor cevaplar oluşur. Baş hangi kanal düzleminde hareket ediyorsa göz hareketleri de o düzlemde hareket eder. Vestibüler çekirdek, medial longitudinal fasikül, 3-4-7. Kranial sinirlerle vestibüler organlar ekstraoküler kaslar ile bağlantılıdır. Eksitasyon cevaplar kontralateral medial longitudinal fasikül (MLF) ile inhibitör cevaplar ise ipsilateral medial longitudinal fasikül ile iletilir (41).

Lateral semisirküler kanaldaki uyarım oluştuğunda eksitasyonda ipsilateral medial rectus ve kontralateral lateral rectus rol alırken, inhibisyonda ipsilateral lateral rectus ve kontralateral medial rectus kasları rol alır. Posterior semisirküler kanaldaki uyarım oluştuğunda eksitasyonda ipsilateral superior oblik ve kontralateral inferior rectus rol alırken, inhibisyonda ipsilateral inferior oblik ve kontralateral superior rectus kasları rol alır. Anterior semisirküler kanalda uyarım oluştuğunda eksitasyonda ipsilateral superior rectus

ve kontralateral inferior oblik rol alırken, inhibisyonda ipsilateral inferior rectus ve kontralateral superior oblik kasları rol alır (44).

-Otolit-oküler refleks

Başın yer çekime karşı durumunda rol oynayan otolit-oküler refleks statik göz hareketlerinden sorumludur. Refleks sonucunda vertikal-rotatuar oluşan göz hareketlerin utrikül ve sakkül kaynaklı olduğu bilinmektedir (65).

2.8.3. Vestibülo-kolik refleks (VCR)

Vestibülokolik refleks (VCR), vestibüler ve kas duyu reseptörlerine cevap olarak baş konumundaki görevli kas sisteminin etkinleştirilmesiyle başı uzayda dengede tutar. VCR'a yönelik ilk hipotez vücut hareketleri esnasında başı dengede tutabildiği yönündedir (66). İkinci hipotez ise VCR'ın, aktif baş hareketleri esnasında ortaya çıkan baş salınımlarını azaltmaya yardımcı olduğu yönündedir (67). Özetle vestibülokolik refleksin çalışma mekanizması tam bilinmemekle baş hareketleri sırasında boyun kaslarını aktif ederek baş stabilize etmede rol aldığı yönündedir.

2.9. Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyeller (VEMP)

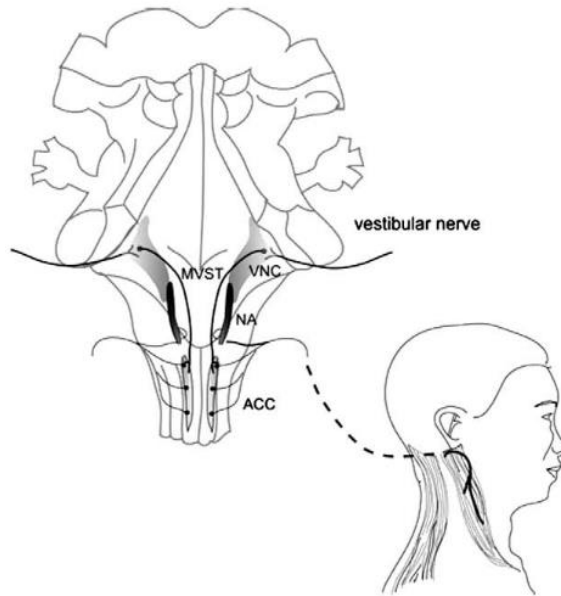
Vestibüler sistem, hareketli ya da hareketsiz iken pozisyonumuz yani uzaydaki konumumuz hakkında bilgi sağlamaktır. Aynı zamanda bu bilgileri görsel ve proprioseptif sistemler bilgileri ile birleştirir. Statik ve dinamik şartlarda okülomotor ve postüral yanıtların oluşması sağlar (68,69).

Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyeller, otolit organ kökenli vestibüler reflekslerin akustik uyaran varlığında ortaya çıkan sternokleidomastoid (SKM) kasından ve inferior oblik ekstraoküler kasından kaydedilen kısa latanslı elektromiyografik cevaplardır. Refleks yanıtı SKM kasından alınıyorsa Servikal Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyel (cVEMP), ekstraoküler kastan yanıt alınıyorsa Oküler Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyel (oVEMP) denir (70).

2.9.1. Servikal Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyel (cVEMP)

Vestibüler sistemin akustik uyarına karşı duyarlı olduğu düşünülür ilk kişi Pietro Tullio'dur (71). Colebatch ve Halmagyi, yüksek şiddetli ses uyarını karşısında oluşan inhibitör yanıtları boyun kasından yüzey elektrotları ile kaydetmişlerdir. Oluşan dalga ipsilateral SKM kasından elde edilen bifazik inhibasyon dalgasıdır (72). Oluşan yanıt, vestibülokolik refleks yolunun yanıtıdır. Refleks arkı sakkül, afferent inferior vestibüler sinir, beyin sapındaki medial ve lateral vestibüler çekirdekler, ipsilateral medial vestibülospinal yol, spinal aksesuar sinir (XI. Kranial sinir) ve SKM kasında sonlanır (73) (Şekil 2.6.).

cVEMP cevapları yüksek şiddetli akustik uyarın sonucu oluşur ve yüzey elektrotları ile sternokleidomastoid kasından elektromiyografi (EMG) kaydı alınır. Cevapların olması için SKM kasının kasılması gerekmektedir (74). Başı uyarılan kulağın karşı tarafına çevrilerek test yapılır. Yanıtlarda oluşan ipsilateral tarafta uyarın gönderildikten yaklaşık 13 milisaniye (ms) sonra pozitif bir dalga (P13) ve sonrasında yaklaşık 23 ms (N23) negatif bir dalga görülür (75). Test sonuçlarının değerlendirilmesinde dalga varlığı yokluğu, dalga morfolojisi, latans, amplitüd ve kulaklar arası asimetri oranlarına bakılır (76).

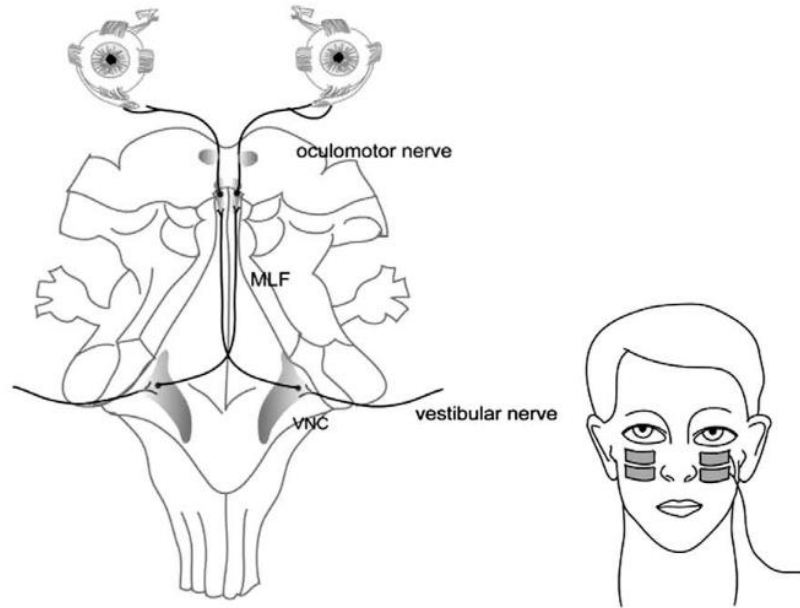


Şekil 2. 6. cVemp refleks arkı (75)(İinferior vestibüler sinir, vestibüler çekirdek kompleksi (VNC), medial vestibülospinal yol (MVST), aksesuar çekirdek (NA), aksesur sinir (ACC), Sternocleidomastoideus(SCM))

2.9.2. Oküler Vestibüler Uyarılmış Miyajenik Potansiyel (oVEMP)

Oküler Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyel (oVEMP), cVEMP'e göre daha yakın bir geçmişte kliniklerde kullanılmaya başlanmıştır. oVEMP, yüksek şiddetteki işitsel uyarana cevap olarak kontralateral inferior oblik kasta alınan EMG kayıdır. oVEMP ile vestibülooküler refleks değerlendirilir. Refleks arkı utrikül, superior vestibüler sinir, superior vestibüler çekirdek, kontralateral medial longitudinal fasikül, okulo motor nükleus ve inferior oblik kasında sonlanır (77) (Şekil 2.7.).

oVEMP cevapları yüksek şiddetli akustik uyarana sonucu oluşur ve yüzey elektrotları gözün altına yapıştırılarak kayıt alınır. Cevapların alınabilmesi için hastaya başı oynatmadan yukarı bakması yönergesi verilir ve böylelikle inferior oblik kas elektrota yaklaştırılmış olur (78). Uyarana gönderildikten sonra kontralateral taraftan alınan yanıtın ilk 10 milisaniyede (ms) negatif dalga (N10) ve daha sonra yaklaşık 15 milisaniyede (ms) pozitif dalga (P15) görülür (79). Test sonuçlarının değerlendirilmesinde dalga varlığı yokluğu, dalga morfolojisi, latansı, amplitüd ve kulaklar arası asimetri oranlarına bakılır.



Şekil 2. 7. oVEMP refleks arkı (75)

Superior vestibüler sinir, vestibüler çekirdek kompleksi (VNC), medial longitudinal fasikül (MLF), okülomotor sinir

2.10. Vertikal Algı

Vestibüler sistem vücut ve baş hareketini algılayarak çeşitli nöro-anatomik yolları kullanarak hareket özgürlüğü ve stabilizasyon sağlar. İç kulak reseptör hücrelerden çıkan uyarılar vestibüler çekirdeklere gider ve bu uyarılar görüş sabitliği sağlamak için okülomotor çekirdeklere, duruş stabilitesi sağlamak için omurgalara, uzaydaki konumu algılayabilmek için vestibüler kortekse ve bu uyarıları modüle etmek için de beyinceğe gider (80).

Kalorik test, rotasyon sandalye testi, video kafa impuls testi (VHIT) ve oküler vestibüler uyarılmış miyojenik potansiyeller gibi testler klinik uygulamada yer alan testlerdir ve bu testler genellikle VOR'u değerlendirmek için kullanılır. Bilgisayarlı dinamik postürografi ve servikal vestibüler uyarılmış miyojenik potansiyel gibi testler ise gelişmiş kliniklerde mevcut olup genellikle VSR'nin değerlendirilmesinde kullanılır (81) Bazı nörootoloji kliniklerinde vertikal algıyı değerlendiren subjektif vizüel vertikal testleri de bulunmaktadır.

Vestibüler sistem otolit organlar sayesinde doğrusal hareketleri ve yer çekimi ivmesini algılamadan sorumludur. Vizüel sistem cisimlerin konumunu, hareket hızını algılamada görev alır. Somatosensör sistem ise baş ve vücudun konumunu kaslar ve eklemler sayesinde bilgi verir. Bu sistemlerdeki herhangi bir patoloji vertikal algının bozulmasına sebep olur (82). Vertikal algıyı değerlendirebilmek için bu sistemlerden iki tanesini ekarte etmek gerekmektedir.

2.10.1. Statik Subjektif Vizüel Testler

Subjektif Vizüel Vertikal (SVV) ve Subjektif Vizüel Horizontal (SVH) testler, bireyin görsel referans olmadan bir cismin dikey veya yatay olup olmadığını belirlemesini değerlendiren testlerdir. Testler otolit organları ve yer çekimi algılamadaki yolların fonksiyonlarını değerlendirir. Hareketsiz bir arka planda tekrarlayan ölçümler ile alınan ortalama sonucu göstermektedir. Vertikal veya horizontal eksen ile bireylerin kendi belirledikleri eksen arasındaki açıya statik SVV eğimi denir. Oluşan açı ile vestibüler sistemdeki otololit organ ve yolakları arasında ilişki bulunmaktadır ve vestibüler girdi dengesizliği olduğunda oluşan oküler tilt reaksiyonunu (OTR) ile bağlantılıdır. Tek taraflı vestibüler fonksiyon bozukluklarında SVV yanıtlarının doğru azalmaktadır (83).

2.10.2. Dinamik Subjektif Vizüel Testler

Dinamik Subjektif Vizüel Vertikal (DSVV) ve Dinamik Subjektif Vizüel Horizontal (DSVH) testler, görsel referansların etkileme yoluyla ölçülmektedir. Yani statik testlerde olduğu gibi arka plan düz ve sabit değildir. Arka planda roll ekseninde dönen toplar ile yapılmaktadır. Dinamik subjektif testler görsel sistemin vertikal algıya hangi seviyede katkı sağladığı araştırmak için kullanılır. Statik SVV eğiminde olduğu gibi gene vertikal ve horizontal eksenleri ile bireylerin kendi belirledikleri eksen arasındaki açı dinamik SVV eğimini vermektedir (84).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışma Odyoloji Yüksek Lisans tezi olarak planlanmıştır ve Başkent Üniversitesi Ankara Hastanesi Kulak Burun Boğaz Hastalıkları Anabilim Dalı Odyoloji Kliniği'nde yürütülmüştür. Çalışma Başkent Üniversitesi Tıp ve Sağlık Bilimleri Araştırma Kurulu ve Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu tarafından 21/02/2024 tarih ve 24/50 sayılı karar ile onaylanmıştır (Proje KA24/96) (EK1).

3.1. Çalışmanın Örnekleme

Çalışmanın örneklem büyüklüğü G-Power 3.1 programında gerçekleştirilmiştir. Güç analizi bulgularına göre korelasyon değeri dikkate alınarak $r=0.60$ düzeyinde korelasyon beklentisiyle %80 test gücü ve %95 güvenilirlik düzeyi ile minimum 76 kişi olarak belirlenmiştir.

Çalışmanın örneklem grubu, Şubat-Haziran 2024 tarihleri içerisinde Başkent Üniversitesi Ankara Hastanesi Kulak Burun Boğaz Hastalıkları bölümüne başvuran, bilateral simetrik sensörinöral tip işitme kaybı tanısı alan, 18-65 yaşları arasında olan ve çalışmaya gönülleri olarak katılmak isteyen hastalardan ve sağlıklı bireylerden oluşmaktadır. Hastalar, işitme kaybı derecelerine göre iki gruba ayrılmıştır. Çok hafif ve hafif derecede işitme kaybı olanlar Hafif derece grubuna; orta, orta ileri ve ileri derecede işitme kaybı olanlar Orta-İleri derece grubuna dahil edilmiştir. Hafif derece grubunda 30 hasta (60 kulak), Orta-ileri derece grubunda 30 hasta (60 kulak) ve kontrol grubunda 35 birey (70 kulak) olmak üzere toplamda 95 katılımcı (190 kulak) bulunmaktadır.

3.1.1. Hasta grubunun çalışmaya dahil edilme kriterleri

Bireylerin bu çalışmaya dahil edilme kriterleri:

- Başkent Üniversitesi Ankara Hastanesi Kulak Burun Boğaz bölümüne başvurmak,
- 18-65 yaş arasında olmak,
- Bilateral simetrik sensörinöral tip işitme kaybı tanısı almış olmak,

- Baş dönmesi ve dengesizlik şikayeti bulunmaması,
- Herhangi bir kulak probleminin olmaması,
- KBB muayenesinin normal olması,
- Herhangi nörolojik bozukluk tanısı almamış olmak,
- Kemoterapi tedavisi almamış olması gerekmektedir.

3.1.2. Hasta grubunun çalışmadan dışlanma kriterleri

Bireylerin bu çalışmadan dışlanma kriterleri:

- İletim veya mikst tip işitme kaybı tanısı olması,
- Herhangi nörolojik bozukluğa sahip olması,
- Vestibüler sistem rahatsızlığı bulunması (BPPV, Vestibüler Nörinit, Meniere vb.)
- Ani işitme kaybı öyküsü olması,
- Testlerin yapılması engelleyecek fiziksel rahatsızlıklarının bulunması,
- Gebe olması.

3.1.3. Kontrol grubun çalışmaya dahil edilme kriterleri

- Normal işitmeye sahip olmak,
- 18-65 yaş arasında olmak,
- Vestibüler sistem rahatsızlığının olmaması,
- Herhangi nörolojik bozukluğunun olmaması,
- KBB muayenesinin normal olması,
- Gebe olmaması.

3.2. Çalışmanın Deseni

Çalışmaya dahil edilen kulak burun boğaz hekimleri tarafından otoskobik muayenesi yapılmış ve sensörinöral tip işime kaybı tanısı almış bireylere bu çalışmanın amacı ve testler anlatılarak gönüllü olarak katılmak isteyen bireylere “Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formu” imzalatıldı. Bireylerden anamnezi alındıktan sonra servikal vestibüler uyarılmış miyojenik potansiyeller (cVEMP), oküler vestibüler uyarılmış miyojenik potansiyeller (oVEMP) ve

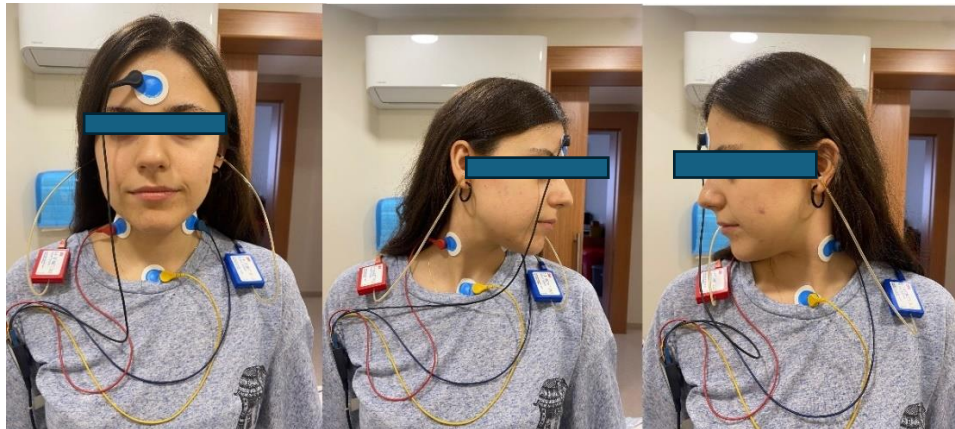
sanal gerçeklik sisteminde bulunan statik Statik Subjektif Vizüel Vertikal (SVV) ve Dinamik Subjektif Vizüel Vertikal (DSVV) testleri birer kez olmak üzere uygulanmıştır. Testler sırasında koopere olamayan ve nörolojik veya dengesizlik yakınmaları yaşayan bireyler çalışmaya dahil edilememiştir.

3.3. Veri Toplama Araçları

3.3.1. Servikal Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyel (cVEMP)

cVEMP testi Interacoustics Eclipse VEMP (Smart EP 25) cihazı aracılığı ile kayıt edilmiştir. Hastalara test öncesinden test hakkında ve test pozisyonları hakkında bilgi verilmiştir. Hasta oturur pozisyondayken elektrot yerleşiminden önce yapıştırılacak cilt yüzeyleri iletken jel yardımı ile temizlendi. Daha sonra yapışkanlı Ag/AgCl elektrotlardan toprak elektrot alın ortasına, aktif elektrotlar sternokleideomastoid (SKM) kasının üst 1/3 kısmına ve referans elektrot SKM kasının tendonlarının sternuma yakın kısmına yapıştırıldı. Elektrot empedanslarının 5 mikro ohm'un altında olması kontrol edildi. İnsert kulaklıklarla 110 dB nHL ses şiddetinde, 5.1/s hız ile 500 Hz'de tone burst uyarın ile test yapıldı. Test sırasında hastadan ses gönderilmeyen yani uyarılmayan kulağa doğru vücudunu oynatmadan başı çevirmesi istendi. Böylelikle uyarılan kulak taraftaki SKM kası kasılmış olur (Şekil 3.1.)

Test kayıtlarının doğruluğu için çift trase alındı ve ilk pozitif (P13) ve ilk negatif (N23) dalga varlığı veya yokluğu, latansları ve P13-N23 amplitüd değerleri çalışmaya dahil edildi.



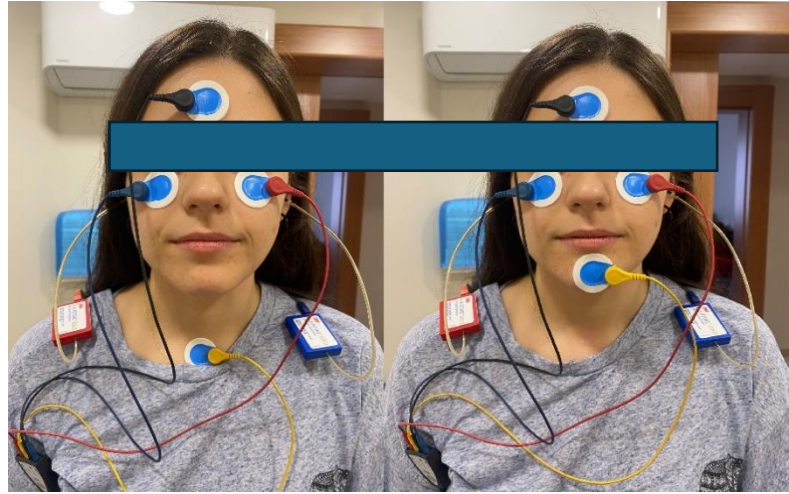
Şekil 3. 1. cVEMP elektrot yerleşimi

Sağ kulak uyarımındaki pozisyon, Sol kulak uyarımındaki pozisyon

3.3.2. Oküler Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyel (oVEMP)

oVEMP testi Interacoustics Eclipse VEMP (Smart EP 25) cihazı aracılığı ile kayıt edilmiştir. cVemp testinde olduğu gibi hastalara test öncesinden test hakkında ve test pozisyonları hakkında bilgi verilmiştir. Hasta oturur pozisyondaiken elektrot yerleşiminden önce yapıştırılacak cilt yüzeyleri iletken jel yardımı ile temizlendi. Daha sonra yapışkanlı Ag/AgCl elektrotlardan toprak elektrot alın ortasına, aktif elektrot gözün altında bulunan inferior oblik kasa ve referans elektrot ise çenenin ortasına olacak şekilde yerleştirildi. Elektrot empedanslarının 5 mikro ohm'un altında olduğu kontrol edildi. İnsert kulaklıklarla 110 dB nHLses şiddetinde, 5.1/s hız ile 500 Hz'de tone burst uyararı gönderilirken hastadan başı oynamadan yukarıda bulunan önceden konulan hedefe doğru bakması istendi (Şekil 3.2.).

Test kayıtlarının doğruluğu için çift trase alındı ve ilk negatif (N10) ve ilk pozitif (P15) dalga varlığı ve yokluğu, latansları ve N10-P15 amplitüd değerleri çalışmaya dahil edildi.



Şekil 3. 2. oVEMP elektrot yerleşimleri

3.3.3. Statik Subjektif Vizüel Vertikal Test (SVV)

Statik Subjektif Vizüel Vertikal test "Virtualis Balance VR, Fransa Sanal Gerçeklik Sistemi" kullanılmıştır. Teste başlamadan önce hastaya test hakkında bilgi verildi. Hasta ayakları yere değmeyecek şekildeki oturma pozisyonu gösterildi ve kumandayı nasıl kullanılacağı anlatıldı. Daha sonra VR gözlüğü takıldı. Hastadan, mavi renkli ve düz arka

plan üzerinde farklı derecedeki eğimlerle ortaya çıkan kırmızı çizgileri kumanda yardımı ile dik konuma getirmesi istendi. Hastanın ekranında referans olarak alabileceği herhangi bir ipucu bulunmamaktadır. Toplamda farklı eğimlerle ortaya çıkan her bir çizgiyi dik konuma getirdikten sonra test bitti. Her bir kırmızı çizginin yerçekimi doğrusu yani 0° dereceye olan sapma dereceleri sistem tarafından hesaplandı. Sapma derecesi saat yönünde ise pozitif, saat yönü tersine ise negatif olarak ifade edilmektedir ve hastanın yönelimi olarak kabul edildi. Her bir sapma derecesi mutlak değer içerisinde 10 ölçümün aritmetik ortalaması alındı (Şekil 3.3.).

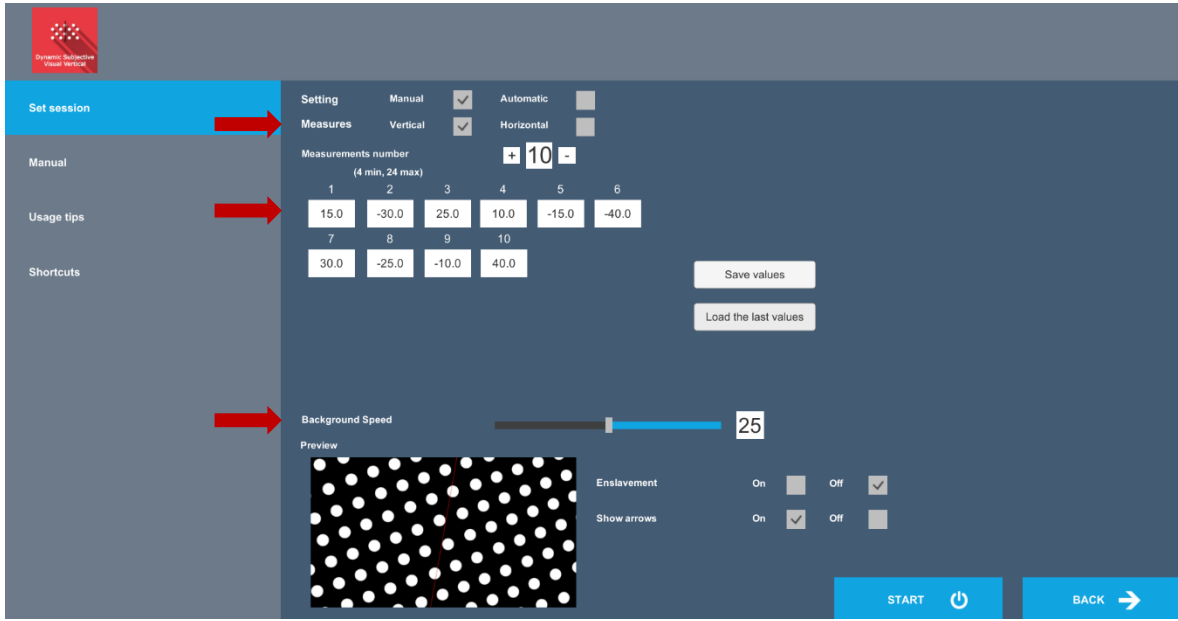


Şekil 3. 3. SVV testi hasta konumu

3.3.4. Dinamik Subjektif Vizüel Vertikal Test (DSVV)

Statik SVV testi tamamlandıktan sonra hastaya test hakkında bilgilendirme yapıldı. Dinamik Subjektif Vizüel Vertikal test (DSVV), siyah arka planda dönen beyaz toplar olduğu hareketli arka planda farklı derecedeki eğimlerle ortaya çıkan kırmızı çizgileri kumanda yardımı ile dik konuma getirmesi istendi. Hareketli arka planda beyaz topların

dönme hızı 25° derece olarak ayarlandı. Hastanın ekranında referans olarak alabileceği herhangi bir ipucu bulunmamaktadır. Toplamda farklı eğimlerle ortaya çıkan her bir çizgiyi dik konuma getirdikten sonra test bitti. Her bir kırmızı çizginin yerçekimi doğrusu yani 0° dereceye olan sapma dereceleri sistem tarafından hesaplandı. Sapma derecesi saat yönünde ise pozitif, saat yönü tersine ise negatif olarak ifade edilmektedir ve hastanın yönelimi olarak kabul edildi. Her bir sapma derecesi mutlak değer içerisinde 10 ölçümün aritmetik ortalaması alındı (Şekil 3.4.).



Şekil 3. 4. DSVV test ekranı, test düzlemi, test sayısı, arka plan dönme hızı

3.4. İstatiksel Yöntem

Verilerin istatistiksel analizi, SPSS Vs 25.0 (SPSS inc., Chicago, IL, USA) paket programıyla yapıldı. Verilerin normal dağılıma sahip olup olmadıkları normallik testlerinden Shapiro-Wilk testi kullanılarak yapıldı ve $p > 0,05$ anlamlılık değeri kabul edildi. Tanımlayıcı istatistikte ise ortalama, standart sapma ($Ort \pm SS$), minimum ve maksimum değerler, frekans ve yüzde belirlendi. Normal dağılım gösteren veriler için parametrik test tekniklerinden varyans analizi (ANOVA) kullanıldı. Varyansların homojenliği Levene testi ile test edildi. ANOVA sonucu anlamlı bulunan gruplar için ikişerli post-hoc karşılaştırmalar Bonferroni testi kullanılarak gerçekleştirildi. İstatistiksel anlamlılık için $p < 0,05$ değeri kabul edildi. Normal dağılım göstermeyen veriler için parametrik olmayan test tekniklerinden Kruskal-

Wallis H testine başvuruldu. Yapılan analizlerde $p < 0,05$ değeri istatistiksel olarak anlamlılık düzeyi olarak kabul edildi. Kruskal-Wallis H testi ardından ikili grup karşılaştırmalarında kullanılan Mann-Whitney U test için Bonferroni düzeltmesi uygulanarak $p < 0,017$ anlamlılık düzeyi olarak kabul edildi. Testler arasındaki ilişki Pearson Korelasyon Testi kullanılarak incelendi. Anlamlılık değeri $p < 0,05$ olarak kabul edildi.

4. BULGULAR

Çalışmaya 30 kişi hafif derecede sensörinöral tip işitme kayıplı (SNİK), 30 kişi orta-ileri derecede sensörinöral tip işitme kayıplı ve 35 kişi normal işitmeye sahip sağlıklı kontrol olmak üzere toplam 95 birey dahil edilmiştir. Çalışmanın deney grupları oluşturulurken; hafif derece grubu çok hafif ve hafif derece SNİK olan hastalar, orta-ileri derece grubuna ise orta derece, orta ileri derece ve ileri derece SNİK olan hastalar dahil edildi. Katılımcılar demografik açıdan cinsiyet, yaş ve saf ses ortalamaları (SSO) gibi değişkenler göz önüne alınarak incelenmiştir. Katılımcıların deney gruplarına göre yüzdelik dağılımı %36,8'i kontrol grubu, %31,6'sı hafif derecede SNİK grubu ve yine %31,6'sı orta-ileri derecede SNİK grubunda olduğu belirlenmiştir. Bu durum, gruplar arasında dengeli bir dağılım olduğunu göstermektedir. Cinsiyet açısından totalde %50,5'i erkek, %49,5'i kadındır. Kontrol grubundaki katılımcıların yüzde 48,6'sı erkek, yüzde 51,4'ü kadındır. Hafif ve orta-ileri derece SNİK grupları için kadın ve erkek yarı yarıya dağılmaktadır. Her bir grupta kadın-erkek katılımcıların sayısı açısından anlamlı farklılık saptanmamıştır ($p>0,05$) ve bu dağılım Tablo 4.1.'de gösterilmiştir. Çalışmaya katılan işitme kayıplı gruplarda koklear implantlı bireyler bulunmamakla birlikte toplam 27 kişi işitme cihazı kullanmaktadır. İşitme cihazı kullanan 3 kişi hafif derece grubunda 24 kişi ise orta-ileri derece grubundadır. 24 kişiden 5 kişinin işitme kaybı ileri derece, 19 kişinin ise orta-ileri derecededir.

Yaş ortalaması kontrol grubunda $47,77\pm 14,99$, hafif derece SNİK grubunda $52,48\pm 11,12$ ve orta-ileri derece SNİK grubunda yine $47,77\pm 13,62$ olarak bulunmuştur. Gruplara ait yaş ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır ($p=0,514$). Bu sonuç gruplar arasında yaş açısından homojen dağılımı göstermektedir (Tablo 4.1.).

Tablo 4. 1. Kontrol ve hasta gruplarına ait demografik bilgiler

	n (%)	Cinsiyet		p	Yaş Ort. ± SS	p
		Kadın (n) (%)	Erkek (n) (%)			
Kontrol	35 (%36,8)	18 (%51,4)	17 (%48,6)	1,000 ^b	47,77±14,99	0,514 ^a
Hafif	30 (%31,6)	15 (%50,0)	15 (%50,0)		52,48±11,12	
Orta-İleri	30 (%31,6)	15 (%50,0)	15 (%50,0)		47,77±13,62	

n: Katılımcı, %:Yüzde, Ort: Ortalama, SS: Standart Sapma, *p<0,05,

a: Kruskal-Wallis H Testi,

b: Mann-Whitney U Test

Katılımcıların sağ ve sol kulaklarındaki saf ses ortalamaları (SSO), kontrol, hafif ve orta-ileri grupları arasında tanımlayıcı istatistikleri verilmiştir. Sağ kulak saf ses ortalaması açısından incelendiğinde kontrol grubunda ortalama $7,06 \pm 5,03$ dB, hafif derecede SNİK grubunda $29,76 \pm 6,03$ dB ve orta-ileri derecede SNİK grubunda $56,59 \pm 12,27$ dB bulunmuştur. Sol kulak saf ses ortalaması açısından incelendiğinde kontrol grubunda ortalama $10,71 \pm 18,15$ dB, hafif derecede SNİK grubunda $30,72 \pm 4,88$ dB ve orta-ileri derecede SNİK grubunda $56,89 \pm 10,79$ dB olarak saptanmıştır. Sağ kulak ve sol kulak saf ses ortalaması tüm ikili gruplar arasındaki farkların istatistiksel olarak anlamlı olduğunu bulunmuştur ($p = 0,000$) (Tablo 4.2.).

Tablo 4. 2. Kontrol ve hasta gruplarına ait saf ses ortalamaları

	n	Sağ Kulak SSO (dB)		Sol Kulak SSO (dB)		p
		Ort.	SS.	Ort.	SS.	
Kontrol	35	7,06	5,03	10,71	18,15	0,000*
Hafif	30	29,76	6,03	30,72	4,88	
Orta-İleri	30	56,59	12,27	56,89	10,79	

n: Katılımcı, dB:desibel, Ort: Ortalama, SS: Standart Sapma, *p<0,05

Gruplar arasında sağ ve sol kulak cVEMP test parametreleri, sağ ve sol kulak oVEMP test parametreleri, SVV ortalaması ve DSVV ortalaması değişkenleri açısından incelendi. Analizler kontrol, hafif ve orta-ileri grupları arasında yapılmıştır. Grupların ikili karşılaştırılması amacıyla Post-Hoc Bonferroni testi uygulanmıştır.

cVEMP test parametreleri açısından incelediğimizde, sağ kulak P13 latansı kontrol grubunda ortalama $15,43 \pm 1,35$ ms, hafif derecede SNİK grubunda $15,98 \pm 1,98$ ms ve orta-ileri derecede SNİK grubunda $18,28 \pm 2,01$ ms olarak bulunmuştur. Sağ P13 latansı için,

gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur ($p = 0,000$). Kontrol ile orta-ileri derecede SNİK ve hafif ile orta-ileri derecede SNİK grupları arasında anlamlı fark bulunmuştur ($p = 0,000$) (Tablo 4.3.).

Sağ kulak N23 latansı kontrol grubunda ortalama $24,31 \pm 1,56$ ms, hafif derecede SNİK grubunda $24,80 \pm 2,64$ ms ve orta-ileri derecede SNİK grubunda $25,35 \pm 1,81$ ms olarak saptanmıştır. Sağ N23 latansı için gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmemiştir ($p = 0,14$) (Tablo 4.3.).

Sağ kulak P13-N23 amplitüdü, kontrol grubunda ortalama $117,34 \pm 67,85$ μ V, hafif derecede SNİK grubunda $72,21 \pm 46,47$ μ V ve orta-ileri derecede $71,57 \pm 50,89$ μ V olarak belirlenmiştir. Sağ P13-N23 amplitüdü için de gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark gözlenmiştir ($p = 0,002$). Kontrol ile hafif ve orta-ileri derecede SNİK grupları arasında anlamlı fark bulunmuştur ($p < 0,05$) (Tablo 4.3.).

Tablo 4. 3. Kontrol ve hasta gruplarına sağ kulak cVEMP parametreleri

SAĞ KULAK cVEMP								
		Ort. ± SS	Levene	Test Değeri	p	Fark Karşılaştırılmaları		
P13 Latansı (ms)	Kontrol	15,43±1,35				Kontrol	Hafif	0,663
	Hafif	15,98±1,98	0,143*	1,989	0,000*	Kontrol	Orta-İleri	0,000*
	Orta-İleri	18,28±2,03				Hafif	Orta-İleri	0,000*
N23 Latansı (ms)	Kontrol	24,31±1,56				Kontrol	Hafif	0,754
	Hafif	24,80±2,64	0,031	3,622	0,140	Kontrol	Orta-İleri	0,061
	Orta-İleri	25,35±1,81				Hafif	Orta-İleri	0,753
P13-N23 Amplitüd (µv)	Kontrol	117,34±67,85				Kontrol	Hafif	0,008*
	Hafif	72,21±46,47	0,015	4,433	0,002*	Kontrol	Orta-İleri	0,011*
	Orta-İleri	71,57±50,89				Hafif	Orta-İleri	1,000

**Levene testi p değeri $>0,05$; varyanslar homojen- Bonferroni testi;

Levene testi p değeri $<0,05$; varyanslar homojen değil- Tamhane T2 Testi;

* $p < 0,05$, ANOVA testi sonucu

cVEMP test parametreleri açısından incelediğimizde, sol P13 latansı kontrol grubunda ortalama $15,27 \pm 1,16$ ms, hafif derecede SNİK grubunda $15,97 \pm 2,11$ ms ve orta-ileri derecede SNİK grubunda $18,48 \pm 2,23$ ms olarak bulunmuştur. Sol P13 latansı gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı olarak farklılık göstermiştir ($p = 0,000$). Kontrol ile orta-ileri derecede SNİK ve hafif ile orta-ileri derecede SNİK grupları arasında anlamlı fark bulunmuştur ($p = 0,000$) (Tablo 4.4.).

Sol N23 latansı kontrol grubunda ortalama $24,29 \pm 1,69$ ms, hafif derecede SNİK grubunda $25,14 \pm 2,68$ ms ve orta-ileri derecede SNİK grubunda $26,11 \pm 1,96$ ms olarak bulunmuştur. Sol N23 latansı için gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmıştır ($p = 0,005$). Kontrol ile orta-ileri derecede SNİK grupları arasında anlamlı fark bulunmuştur ($p = 0,001$) (Tablo 4.4.).

Sol P13-N23 amplitüdü kontrol grubunda ortalama $162,51 \pm 154,01 \mu V$, hafif derecede SNİK grubunda $75,15 \pm 53,42 \mu V$ ve orta-ileri derecede SNİK grubunda $69,29 \pm 56,67 \mu V$ olarak bulunmuştur. Sol P13-N23 amplitüdü için gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edilmiştir ($p = 0,001$). Kontrol ile hafif ve orta-ileri derecede SNİK grupları arasında anlamlı fark bulunmuştur ($p < 0,05$) (Tablo 4.4.).

Tablo 4. 4. Kontrol ve hasta gruplarına sol kulak cVEMP parametreleri

SOL KULAK cVEMP								
		Ort. \pm SS	Levene	Test Değeri	P	Fark Karşılaştırılmaları		
P13 Latansı (ms)	Kontrol	15,27 \pm 1,16				Kontrol	Hafif	0,316
	Hafif	15,97 \pm 2,11	0,001	7,184	0,000*	Kontrol	Orta-İleri	0,000*
	Orta-İleri	18,48 \pm 2,23				Hafif	Orta-ileri	0,000*
N23 Latansı (ms)	Kontrol	24,29 \pm 1,69				Kontrol	Hafif	0,373
	Hafif	25,14 \pm 2,68	0,028	3,706	0,005*	Kontrol	Orta-İleri	0,001*
	Orta-İleri	26,11 \pm 1,96				Hafif	Orta-ileri	0,330
P13-N23 Amplitüd (μV)	Kontrol	162,51 \pm 100,10				Kontrol	Hafif	0,009*
	Hafif	75,15 \pm 53,42	0,000	8,838	0,001*	Kontrol	Orta-İleri	0,006*
	Orta-İleri	69,29 \pm 56,67				Hafif	Orta-İleri	0,971

**Levene testi p değeri $> 0,05$; varyanslar homojen- Bonferroni testi;

Levene testi p değeri $< 0,05$; varyanslar homojen değil- Tamhane T2 Testi;

* $p < 0,05$, ANOVA testi sonucu

oVEMP Test parametreleri açısından incelediğimizde, sağ N10 latansı kontrol grubunda ortalama $9,32 \pm 0,95$ ms, hafif derecede SNİK grubunda $10,49 \pm 1,59$ ms ve orta-ileri derecede SNİK grubunda $11,01 \pm 1,75$ ms olarak bulunmuştur. Sağ N10 latansı için gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmıştır ($p = 0,000$). Kontrol ile hafif ve orta-ileri derecede SNİK grupları arasında anlamlı fark bulunmuştur ($p < 0,05$) (Tablo 4.5.).

oVEMP sağ P15 latansı kontrol grubunda ortalama $13,59 \pm 1,49$ ms, hafif derecede SNİK grubunda $14,58 \pm 1,86$ ms ve orta - ileri derecede SNİK grubunda $15,31 \pm 1,80$ ms olarak bulunmuştur. Sağ P15 latansı için gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark gözlenmiştir ($p = 0,001$). Kontrol ile orta-ileri derecede SNİK grupları arasında anlamlı fark bulunmuştur ($p = 0,001$) (Tablo 4.5.).

oVEMP sağ N10P15 amplitüdü kontrol grubunda ortalama $20,58 \pm 13,54$ μ V, hafif derecede SNİK grubunda $20,52 \pm 8,71$ μ V ve orta - ileri derecede SNİK grubunda $22,95 \pm 13,39$ μ V olarak bulunmuştur. Sağ N10-P15 amplitüdü için gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark elde edilmemiştir ($p = 0,693$) (Tablo 4.5.).

Tablo 4. 5. Kontrol ve hasta gruplarına sağ kulak oVEMP parametreleri

SAĞ KULAK oVEMP								
		Ort. \pm SS	Levene	Test Değeri	p	Fark Karşılaştırmaları		
N10 Latansı (ms)	Kontrol	9,32 \pm 0,95				Kontrol	Hafif	0,003*
	Hafif	10,49 \pm 1,59	0,017	4,240	0,000*	Kontrol	Orta-İleri	0,000*
	Orta-İleri	11,01 \pm 1,75				Hafif	Orta-ileri	0,581
P15 Latansı (ms)	Kontrol	13,59 \pm 1,49				Kontrol	Hafif	0,072
	Hafif	14,58 \pm 1,86	0,583*	0,542	0,001*	Kontrol	Orta-İleri	0,001*
	Orta-İleri	15,31 \pm 1,80				Hafif	Orta-ileri	0,335
N10-P15 Amplitüd (μv)	Kontrol	20,58 \pm 13,54				Kontrol	Hafif	1,000
	Hafif	20,52 \pm 8,71	0,028	3,735	0,693	Kontrol	Orta-İleri	0,873
	Orta-İleri	22,95 \pm 13,39				Hafif	Orta-İleri	0,813

**Levene testi p değeri $>0,05$; varyanslar homojen- Bonferroni testi;

Levene testi p değeri $<0,05$; varyanslar homojen değil- Tamhane T2 Testi;

* $p < 0,05$, ANOVA testi sonucu

oVEMP sol N10 latansı kontrol grubunda ortalama $9,04 \pm 1,80$ ms, hafif derecede SNİK grubunda $10,33 \pm 1,03$ ms ve orta - ileri derecede SNİK grubunda $11,01 \pm 1,37$ ms olarak bulunmuştur. Sol N10 latansı için gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmıştır ($p = 0,000$). Kontrol ile hafif ve orta-ileri derecede SNİK grupları arasında anlamlı fark bulunmuştur ($p < 0,05$) (Tablo 4.6.).

oVEMP sol P15 latansı kontrol grubunda ortalama $13,55 \pm 1,53$ ms, hafif derecede SNİK grubunda $14,58 \pm 1,64$ ms ve orta - ileri derecede SNİK grubunda $15,14 \pm 1,85$ ms olarak bulunmuştur. Sol P15 latansı için gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark elde edilmiştir ($p = 0,001$). Kontrol ile hafif ve orta-ileri derecede SNİK grupları arasında anlamlı fark bulunmuştur ($p < 0,05$) (Tablo 4.6.).

oVEMP sol N10-P15 amplitüdü kontrol grubunda ortalama $21,54 \pm 12,09$ μ V, hafif derecede SNİK grubunda $21,53 \pm 13,22$ μ V ve orta - ileri derecede SNİK grubunda $20,26 \pm 11,87$ μ V olarak bulunmuştur. Sol N10-P15 amplitüdü için gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır ($p = 0,905$) (Tablo 4.6.).

Tablo 4. 6. Kontrol ve hasta gruplarına sol kulak oVEMP parametreleri

SOL KULAK oVEMP								
		Ort. ± SS	Levene	Test Değeri	p	Fark Karşılaştırılmaları		
N10 Latansı (ms)	Kontrol	9,04±1,80				Kontrol	Hafif	0,002*
	Hafif	10,33±1,03	0,644*	0,441	0,000*	Kontrol	Orta-İleri	0,000*
	Orta-İleri	11,01±1,37				Hafif	Orta-İleri	0,259
P15 Latansı (ms)	Kontrol	13,55±1,53				Kontrol	Hafif	0,046*
	Hafif	14,58±1,64	0,361*	1,032	0,001*	Kontrol	Orta-İleri	0,001*
	Orta-İleri	15,14±1,85				Hafif	Orta-İleri	0,656
N10-P15 Amplitüd (µv)	Kontrol	21,54±12,09				Kontrol	Hafif	1,000
	Hafif	21,53±13,22	0,963*	0,037	0,905	Kontrol	Orta-İleri	1,000
	Orta-İleri	20,26±11,87				Hafif	Orta-İleri	1,000

***Levene testi p değeri > 0,05; varyanslar homojen- Bonferroni testi;*

Levene testi p değeri < 0,05; varyanslar homojen değil- Tamhane T2 Testi;

**p < 0,05, ANOVA testi sonucu*

Statik SVV, kontrol grubunda ortalama $1,36 \pm 0,76$ derece, hafif derecede SNİK grubunda $2,28 \pm 1,08$ derece ve orta - ileri derecede SNİK grubunda $2,49 \pm 1,30$ derece olarak bulunmuştur. Statik SVV ortalaması için gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmıştır ($p = 0,000$). Kontrol ile hafif ve orta-ileri derecede SNİK grupları arasında anlamlı fark bulunmuştur ($p < 0,05$) (Tablo 4.7.).

Dinamik SVV, kontrol grubunda ortalama $8,28 \pm 2,79$ derece, hafif derecede $11,09 \pm 4,70$ derece ve orta-ileri derecede $11,23 \pm 5,36$ derece olarak belirlenmiştir. Dinamik SVV ortalaması için gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmıştır ($p = 0,010$). Kontrol ile hafif ve orta-ileri derecede SNİK grupları arasında anlamlı fark bulunmuştur ($p < 0,05$) (Tablo 4.7.).

Tablo 4. 7. Kontrol ve hasta gruplarına SVV ve DSVV ortalama değerleri

	Değişkenler	Ort. ± SS	Levene	Test Değeri	Sig.	Fark Karşılaştırılmaları		
SVV	Kontrol	1,36±0,76				Kontrol	Hafif	0,001*
	Hafif	2,28±1,08	0,008	5,115	0,000*	Kontrol	Orta-İleri	0,001*
	Orta-İleri	2,49±1,30				Hafif	Orta-İleri	0,881
	Değişkenler	Ort. ± SS	Levene	Test Değeri	Sig.	Fark Karşılaştırılmaları		
DSVV	Kontrol	8,28±2,79				Kontrol	Hafif	0,021*
	Hafif	11,09±4,70	0,014	4,514	0,010*	Kontrol	Orta-İleri	0,039*
	Orta-İleri	11,23±5,36				Hafif	Orta-İleri	0,999

**Levene testi p değeri $>0,05$; varyanslar homojen- Bonferroni testi,;

Levene testi p değeri $<0,05$; varyanslar homojen değil- Tamhane T2 Testi;

* $p < 0,05$, ANOVA testi sonucu

Aşağıdaki tablolarda sağ ve sol kulak saf ses ortalamaları (SSO), C-VEMP ve O-VEMP test parametreleri ile statik ve dinamik SVV ortalamaları arasındaki korelasyonları göstermektedir. Korelasyon katsayıları (r) ve anlamlılık düzeyleri (p) belirtilmiştir.

cVEMP parametreleri açısından incelendiğinde sağ P13-N23 amplitüdü ile DSVV ortalaması arasında negatif yönlü çok zayıf düzeyde bir korelasyon bulunmuştur ($r = -0,242$, $p = 0,021$) (Tablo 4.8.).

Tablo 4. 8. cVEMP testi ile SVV ve DSVV ortalamaları arasındaki korelasyon

		SVV		DSVV		
		r	p	r	p	
cVEMP	Sağ kulak	P13 (ms)	0,009	0,932	0,126	0,232
		N23 (ms)	0,020	0,852	-0,084	0,427
		P13-N23 (uV)	-0,181	0,086	-0,242	0,021*
	Sol kulak	P13 (ms)	0,032	0,761	0,078	0,465
		N23 (ms)	0,056	0,598	0,093	0,380
		P13-N23 (uV)	-0,119	0,261	-0,123	0,245

Pearson Korelasyon Testi, * $p < 0,05$, r : Korelasyon Katsayısı

oVEMP parametreleri açısından incelendiğinde sağ N10 latansı ile DSVV ortalaması arasında çok zayıf düzeyde pozitif yönlü bir korelasyon bulunmuştur ($r = 0,218$, $p = 0,038$). Sol P15 latansı ile DSVV ortalaması arasında çok zayıf düzeyde pozitif yönlü bir korelasyon saptanmıştır ($r = 0,247$, $p = 0,018$) (Tablo 4.9.).

Tablo 4. 9. oVEMP testi ile SVV ve DSVV ortalamaları arasındaki korelasyon

		SVV		DSVV		
		r	p	r	p	
oVEMP	Sağ kulak	N10 (ms)	0,149	0,157	0,218	0,038*
		P15 (ms)	0,055	0,604	0,151	0,153
		N10-P15 (uV)	0,048	0,650	0,005	0,961
	Sol kulak	N10 (ms)	0,085	0,423	0,200	0,057
		P15 (ms)	0,122	0,250	0,247	0,018*
		N10-P15 (uV)	-0,107	0,315	-0,128	0,228

*Pearson Korelasyon Testi, * $p < 0,05$, r: Korelasyon Katsayısı*

Sağ kulak saf ses ortalaması ile SVV ortalaması arasında zayıf düzeyde pozitif yönlü bir korelasyon bulunmuştur ($r = 0,358$, $p = 0,000$). Sağ kulak saf ses ortalaması ile DSVV ortalaması arasında zayıf düzeyde pozitif yönlü bir korelasyon saptanmıştır ($r = 0,269$, $p = 0,010$). Sol kulak saf ses ortalaması ile SVV ortalaması arasında zayıf düzeyde pozitif yönlü bir korelasyon bulunmuştur ($r = 0,301$, $p = 0,004$). Sol kulak saf ses ortalaması ile DSVV ortalaması arasında zayıf düzeyde pozitif yönlü bir korelasyon saptanmıştır ($r = 0,259$, $p = 0,013$) (Tablo 4.10.).

Tablo 4. 10. Saf ses ortalaması (SSO) ile SVV ve DSVV ortalamaları arasındaki korelasyon

SSO		SVV	DSVV
Sağ Kulak SSO (dB)	r	0,358	0,269
	p	0,000*	0,010*
Sol Kulak SSO (dB)	r	0,301	0,259
	p	0,004*	0,013*

*Pearson Korelasyon Testi, * $p < 0,05$, r: Korelasyon Katsayısı*

5. TARTIŞMA

İç kulak organlarından koklea ve otolit organların ortak embriyolojik gelişimi ve hücre yapılarındaki benzerliklerinden dolayı aynı faktörlerden etkilenme ihtimali vardır. Koklea ve sakkülün anatomik açıdan yanyana olmaları fonksiyonel açıdan bir korelasyon olabileceği düşünülmüştür (3). Aynı zamanda, kokleanın yüksek frekansa duyarlı bölgesi olan bazal kısmı ve sakkül ortak arterden beslenirler (85). Dolayısıyla vestibülokoklear arterindeki bir patoloji nedeniyle bu iki organdaki tüylü hücrelerin aynı anda hasar görülebileceği düşünülebilir. Bu bilgilerden yola çıkarak bu tez çalışmasında işitme kaybı ve otolit organları arasındaki ilişkiyi incelemek için farklı derece gruplarındaki sensörinöral tip işitme kayıplı bireylerde otolit fonksiyonunun değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Vestibüler uyarılmış miyojenik potansiyel testleri, otolit organları ve bu organların refleks yolları değerlendiren nöro-otoloji kliniklerinde yaygın olarak kullanılan testlerdir. Servikal vestibüler uyarılmış miyojenik potansiyel test (cVEMP) sakkül ve vestibülospinal refleksi değerlendirirken; oküler vestibüler uyarılmış miyojenik potansiyel test (oVEMP) utrikül ve vestibülokoklear refleksi değerlendirmektedir. Aynı zamanda kliniklerde utrikül fonksiyonunu değerlendirmek için kullanılan geleneksel Subjektif Vizüel Vertikal (SVV) test yerine yeni geliştirilen Sanal Gerçeklik sisteminde Statik SVV ve Dinamik SVV (DSVV) testleri kullanılmaktadır. Bu test ile kişinin vertikal algısı değerlendirilmektedir. Yeni bir test yöntemi olması ve çoğu kliniklerde bulunmaması sebebi ile çalışmalar kısıtlıdır.

Bu çalışmada sensörinöral tip işitme kaybı olan hastalarda, sakkül ve vestibülospinal refleks yolları, utrikül ve vestibülokoklear refleks yolları fonksiyonunu değerlendirmek amacıyla cVEMP, oVEMP, SVV ve DSVV testleri kullanıldı. Sensörinöral tip işitme kayıplı hastalar işitme kaybı derecelerine hafif ve orta-ileri derece olmak üzere 2 gruba ayrılmış ve gruplardaki örneklem sayısı 30 olarak belirlenmiştir. 35 kişinin olduğu kontrol grubuyla birlikte toplamda 95 kişi ile çalışma yürütülmüştür. Kontrol grubunda 18 kadın 17 erkek, hafif derece grubunda 15 kadın 15 erkek, orta-ileri derece grubunda 15 erkek 15 kadın bulunmakta ve totalde 48 kadın 47 erkek olmak üzere cinsiyete bakıldığında gruplarda eşit dağılım göstermektedir. Literatürdeki benzer çalışmalardan farklı olarak sadece ileri derecede SNİK değil farklı işitme kaybı derece grupları çalışmaya dahil edildi (1–3). Aynı

zamanda yeni bir test aracı olan sanal gerçeklik sisteminde SVV ve DSVV testlerinin cVEMP ve oVEMP testleri ile korelasyonu araştırıldı.

Paplou ve ark., bilateral presbiakuzinin hastalarda ortalama 40 yaşında, sakkül disfonksiyonunun ortalama 60'lı yaşlarda, utrikül disfonksiyonun ise ortalama 70'li yaşlarda başladığını bildirmişlerdir (86). Sakkül ve utrikül makulasındaki yaşa bağlı dejenerasyonun semisirküler kanala göre daha geç olduğu ve ortalama 70-80 yaşında ortaya çıktığı belirtilmiştir (87). Çalışmamıza yaşa bağlı iç kulak dejenerasyondan etkilenmemesi amacıyla 18-65 yaş arasındaki bireyler seçilmiş olup kontrol grubunun yaş ortalaması $47,77 \pm 14,99$, hafif derece grubunun yaş ortalaması $52,48 \pm 11,12$ ve orta-ileri derece grubunun ortalama yaş ortalaması $47,77 \pm 13,62$ olarak belirlenmiştir. Gruplara ait yaş ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır ($p=0,514$). Bu sonuç, gruplar arasında yaş açısından homojen dağılımı göstermektedir.

Bu çalışmada kontrol grubunun saf ses ortalamaları; sağ kulak $7,06 \pm 5,03$ dB, sol kulak $10,71 \pm 18,15$ dB olarak bulunmuştur. Sensörinöral tip işitme kayıplı gruplardan hafif derece grubunun saf ses ortalamaları sağ kulak $29,76 \pm 6,03$ dB, sol kulak $30,72 \pm 4,88$ dB; orta-ileri derece grup da sağ kulak $56,59 \pm 12,27$ dB, sol kulak $56,89 \pm 10,79$ dB olarak bulunmuştur. Literatürdeki benzer çalışmalarda ileri derece sensörinöral tip işitme kayıplı hastalar ve normal işiten bireyler dahil edildiği için saf ses ortalamaları verilmemiştir. Bu çalışmada farklı derece gruplarındaki bireyler çalışmaya dahil edilmiştir.

Denge problemlerinin ve işitme kaybının birlikte görülmesinin çeşitli faktörlerden kaynaklanabileceği ileri sürülmüştür. Koklea ve vestibüler organların anatomik yakınlığı ve ortak fizyolojisi aynı zamanda da VIII.kraniyel sinir ve üst yollarının ortak ilişkisi bu faktörlerden birkaçıdır (88). Aynı zaman ototoksik ilaç, bazı tiroid hastalıkları, diyabet gibi hem işitmeyi hem dengeyi aynı süreçte etkileyen faktörlerden kaynaklanabileceği de ileri sürülmüştür (89). Berge ve ark., yaptığı çalışmada vestibüler bozukluğu şüphesi olan 1075 hastada işitme ve denge arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Hastalara işitme testi, videonistagmografi (VNG), kalorik test ve statik postürografi testleri uygulanmış ve işitme kaybı arttıkça düşme riskinin ve dengesizliğin arttığı belirtmişlerdir (89). Bu çalışmalara bakılarak, işitme kaybı olan bireylerde vestibüler sisteminde etkilenebileceği göz önüne alınmış ve bunu kıyaslamak amacıyla hem sağlıklı hem de farklı derecede işitme kaybı olan hastalar çalışma gruplarına dahil edilmiştir.

Literatüre bakıldığında, sensörinöral işitme kayıplı bireylerde otolit organların fonksiyonuna bakmak amacıyla cVEMP ve oVEMP testleri sıklıkla kullanılmıştır. Xu X. ve ark., ileri derece sensörinöral tip işitme kayıplı hastalarda cVEMP ve oVEMP yanıt oranlarını kontrol grubuna göre düşük bulmuş ve yanıtlarda yüksek eşik ve düşük amplitüd gözlemlemişlerdir. Aynı zamanda cVEMP P13 latansında kısaltmalar bulmuşlardır (2). Bu sonuçlar ile ileri derecede sensörinöral tip işitme kaybı olan hastalarda otolit fonksiyon bozukluğunun olabileceği ve bu bozukluğun VEMP testleriyle gözlenebileceğini belirtmişlerdir (2).

İleri derecede sönsörinöral tip işitme kaybı olan çocuklar ile yapılan çalışmada oVEMP ve cVEMP testlerinin cevap oranları sırasıyla %58,1 ve %61,9 olarak bulmuşlardır. Bu oranları sağlıklı çocuklarda %100 olarak bulmuşlardır. İşitme kayıplı çocukların sağlıklı çocuklara göre VEMP yanıtlarında anlamlı derecede azalmış amplitüd bildirmişlerdir (1).

Tian ve ark., yaptıkları çalışmada ise vertigo şikayeti olup normal semisirküler kanal fonksiyonu olan hastalarda frekanslara göre işitme eşikleri alçak frekans bandı, yüksek frekans bandı, konuşma frekans bandı ve tüm frekans bandı olarak 4 gruba bölünmüş ve VEMP testleri ile arasındaki korelasyona bakmışlardır. Yüksek frekans bandı ve tüm frekenas bandı ile cVEMP P1-N1 amplitüdü arasında yüksek korelasyon bulmuşlardır. Yüksek frekans bölgesinde işitme kaybı olan hastaların olası sakküler disfonksiyonu olabileceğini bildirmişlerdir (90).

Sazgar ve ark.'nın yaptığı çalışmada 4 kHz ve 8 kHz arası frekansların saf ses ortalamalarını alarak yüksek frekans bölgesine bakmışlar ve hasta grubunu üç gruba ayırarak kontrol grubu ile karşılaştırmışlardır. Saf ses ortalamalarına göre 20-40 dB I.grup, 41-60 dB II.grup ve 61dB ve üstünü III.grup olarak belirlemişler ve kontrol grubu ile karşılaştırmışlardır. Cevapların alınması dörtlü grup karşılaştırmasında kontrol grubu ve I-II-III.grup arasında anlamlı fark bulmuşlardır. P13 ve N23 latans ortalamaları karşılaştırmasında gruplar arası anlamlı fark gözlenmemiş ve kontrol grubu ve III. grup ortanca karşılaştırmasında işitme kayıplı grubun P13 latansını daha kısa bulmuşlardır (91).

Çalışmamızdaki cVEMP cevapları hem hasta grupları hem kontrol grubundan olmak üzere toplam 95 kişiden, toplamda 190 kulaktan elde edildi. Sağ ve sol kulak P13 ve N23 latansları ve P13-N23 amplitüdü gruplar arasında karşılaştırılması yapıldı.

Sağ kulak cVEMP P13 latansı gruplar arası incelemesinde istatistiksel olarak anlamlı fark bulunduğu ($p=0,000$), ve bu farklılığın orta-ileri derece grubuna ait bireylerden kaynaklandığı gözlenmiştir. Orta-ileri derece grubunun sağ P13 latans ortalaması $18,28\pm 2,01$ ms olarak bulunmuştur. Bu sonuç literatürdeki diğer çalışmalar ile uyumluluk göstermektedir (92). Ancak Xu ve ark. ve Sazgar ve ark, tarafından yapılan çalışmalarda P13 latansında kısalmalar bulmuşlardır (2,91). Sonuçlar arasındaki bu çatışmanın, çalışma grupları arasındaki yaş ortalaması farklılığı ve aynı zamanda cVEMP testindeki stimülasyon ve uygulama farklılığından olabileceği düşünüldü. Sağ P13-N23 amplitüdü gruplar arası incelemesinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur ($p = 0,002$). Kontrol grubunun sağ kulak P13-N23 amplitüd ortalaması ($117,34\pm 67,85$ μV), hafif derece gruba ($72,21\pm 46,47$ μV) ve orta-ileri derece gruba ($71,57\pm 50,89$ μV) göre daha yüksek bulunmuştur. Bu bulduğumuz sonuçlar, Xu ve ark. tarafından yapılan iki ayrı çalışma ile örtüşmektedir (1,2).

Sol kulak cVEMP testi P13 latans ortalamaları incelemesinde sağ kulakta olduğu gibi gruplar arası istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuş ($p = 0,000$) ve orta-ileri grubunun P13 latansı ($18,48\pm 2,23$ ms), kontrol grup ($15,27\pm 1,16$ ms) ve hafif derece grubuna ($15,97\pm 2,11$ ms) göre uzamış olduğu gözlenmiştir. Bu sonuç literatürdeki diğer çalışmalar ile uyumluluk göstermektedir (92). Ancak Xu ve ark. ve Sazgar ve ark. yaptıkları çalışmalarda P13 latansında kısalmalar bulmuşlardır (2,91). Bu farklılığın yine sağ kulakta olduğu gibi çalışma grupları arasındaki yaş ortalaması farklılığından ve cVEMP testi stimülasyon ve uygulama farklılığından kaynaklanabileceği düşünülmüştür. Sol kulak P13-N23 amplitüdü incelendiğinde ise gene sağ kulakta olduğu gibi anlamlı fark bulunmuş ($p = 0,001$) ve farklılık yaratan kontrol grubunun amplitüdü olarak bulunmuştur. Kontrol grubunun P13-N23 amplitüd ($162,51\pm 100,10$ μV), hafif derece gruba ($75,15\pm 53,42$ μV) ve orta-ileri derece gruba ($69,23\pm 56,67$ μV) göre daha yüksek bulunmuştur. Bu bulgular literatürdeki diğer çalışmalarla uyumlu olarak gözlenmiştir (1,2,91). Sol kulak N23 latans karşılaştırmasında ise gruplar arası anlamlı fark bulunmuştur ($p=0,005$). Gruplar içi karşılaştırmada orta-ileri derece grubunun N23 latansı ($26,11\pm 1,96$ ms) kontrol grubunun N23 latansı ($24,29\pm 1,69$ ms) göre yüksek bulunmuştur. Bu da orta-ileri derece grubunun N23 latansında uzama olduğunu göstermiştir. Yapılan benzer çalışmalarda gruplar arası N23 latansı karşılaştırılmasında ise istatistiksel olarak anlamlılık bulunmamıştır (1,92)

Literatürdeki çalışmaların ve aynı zamanda bu çalışmanın sonuçlarına göre, sensörinöral tip işitme kaybına neden olan faktörlerin sakkül disfonksiyonuna da neden olabileceği düşünülmüştür (91). Sensörinöral tip işitme kaybının derecesi arttıkça cVEMP testinde P13 ve N23 latanslarında gecikmeler kademeli olarak gerçekleşmiştir. Çalışmamızda bulduğumuz orta-ileri derece grubundaki amplitüd azalması, latans gecikmeleri ile uyumluluk göstermiştir. Buna karşılık, Sazgar ve ark., amplitüdün kas gerginliğine, kasılma düzeyine ve hasta uyumuna da bağlı olarak değişebileceğini vurgulamışlardır (91).

Lin ve ark., oVEMP yanıtları için konjenital ileri derecede işitme kaybı olan yetişkinlerde %70'lik bir yanıtsızlık oranı bildirmişler ve orta derecede işitme kayıplı hastalarda bu oranın %20'ye düştüğünü eklemiştir (93).

Bansal ve ark., 15-30 yaş arası ileri derecede sensörinöral işitme kaybı olan hastalar ve kontrol grubu ile yaptığı çalışmada oVEMP ve cVEMP yanıtlarını karşılaştırmışlardır (94). cVEMP yanıtı, hasta ve sağlıklı gruptaki tüm bireylerden elde edilebilirken, oVEMP yanıtını işitme kayıplı grubunun %66'sından, sağlıklı grubun ise %100'ünde elde edebilmişlerdir. Dalga latansı karşılaştırmasında ise gruplar arasında anlamlı bir fark bulamamışlardır. Amplitüd karşılaştırmasında ise işitme kayıplı grubun kontrol grubuna göre daha düşük amplitüdü olduğunu bulmuşlardır (94). Tanyeri ve ark., yaptığı çalışmada ise prelingual işitme kayıplı hastalarda cVEMP ve oVEMP yanıt alamama durumlarını sırasıyla %55,8 ve %40,4 olarak bulmuşlardır (92). Çalışmada işitme kayıplı bireylerde cVEMP yanıtlarında P1 latans uzaması ve oVEMP yanıtlarında amplitüd düşüklüğü elde etmişlerdir ve bu sonuçlara göre işitsel yoldaki hasarın vestibüler sisteme de yansiyabileceğini düşünmüşlerdir (92). Bu çalışmalara bakıldığında, işitme kaybının utrikül fonksiyonunu etkileyebileceği düşünülebilir.

Bu çalışmada, sağ kulak ve sol kulak olmak üzere tüm bireylerden oVEMP yanıtları elde edilmiştir. Literatürde çalışmalarda bulunan farklı cevap oranlarının hem hasta grupları farklılıklarından hem de farklı test yöntemlerinden kaynaklı olabileceği düşünülmüştür (92,94). Aynı zamanda literatürdeki çalışmalardan farklı olarak işitme kayıplı gruba sadece ileri derece sensörinöral tip işitme kayıplı değil tüm işitme kaybı dereceleri dahil edildiği için oVEMP yanıt alınma oranlarının farklılık gösterdiği düşünülmüştür. (92,94).

Çalışmamızda sağ kulak oVEMP yanıtlarındaki N10 ve P15 latansları gruplar arasında istatistiksel olarak farklılık gözlenmiştir ($p=0,000$). Farklılık yaratan grubun kontrol grubu olduğu gözlenmiştir. Hafif derece SNİK grubunun N10 latansı ($10,49\pm 1,59$ ms) ve orta-ileri derece grubunun N10 latansı ($11,01\pm 1,175$ ms), kontrol grubuna ($9,32\pm 0,95$ ms) göre daha geç ortaya çıkmıştır. Hafif derece grup ve orta-ileri derece grup arasında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır ($p=0,518$). Kontrol grubunun P15 latansı ($13,59\pm 1,49$ ms) hafif derece gruba ($14,58\pm 1,86$ ms) göre istatistiksel olarak farklılık olmadığı ($p=0,072$) ancak orta-ileri derece gruba ($15,31\pm 1,80$ ms) göre istatistiksel olarak fark olduğu saptanmıştır ($p=0,001$). İşitme kaybı derecesine göre ayrılmış gruplar arasında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır ($p=0,335$). Kontrol grubunun latansının daha erken ortaya çıktığı bulunmuştur. N10-P15 amplitüd ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır.

Çalışmamızda sol kulak oVEMP yanıtlarındaki N10 ve P15 latansları gruplar arasında istatistiksel olarak farklılık gözlenmiş ($p=0,000$, $p=0,001$) ve bu farklılığın kontrol grubuna ait bireylerde N10 ve P15 latansının, hafif derece gruba ve orta-ileri derece gruba göre daha erken elde edilmesine bağlı olduğu belirlenmiştir. N10-P15 amplitüd ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadı.

Bulduğumuz bu sonuçlar literatürdeki oVEMP amplitüd düşüklüğü ile örtüşmemektedir (2,92). Bunun sebebi olarak, çalışmaya ait kontrol grubunun yaş ortalamasının yüksek olması ve farklı işitme kaybı derece gruplarının dahil edilmesinden kaynaklı olabileceği düşünülmüştür. Çalışmalardaki stimülasyon farklılıklarının da bu sonuca etki edebileceği düşünülmüştür (95,96) Yapılan bir çalışmaya göre, sağlıklı bireylerde %50 oranında klik uyarı ile yanıt alırken tone burst uyarı ile bu oran %90 olarak bulunmuştur ve tone burst uyarı ile elde edilen yanıtların tekrarlanabilirliği ve simetrik sonuçları çıkarması sebebiyle en uygun uyarım şekli olarak kabul edilmektedir (97). Bu çalışmada da 500 Hz tone burst hava iletimli uyarı kullanılmıştır.

Otolit organlar, dengenin sağlanabilmesi için önemli olan yerçekiminin yönünü algılar. Subjektif görsel horizontal (SVH) ve subjektif görsel vertikal (SVV) testler periferik ve santral vestibüler patolojisi olan hastalarda otolit fonksiyonunu değerlendirmek için kliniklerde kullanılan testlerdir(98). Bu testlerde hastanın gördüğü çizgiyi görsel bir referans olmadan yatay (SVH) veya dikey (SVV) konuma kadar konumlandırması gerekir. Genel olarak, gerçek dikey ve yatay konumdan $\pm 2^\circ$ 'den fazla sapmalar patolojik olarak kabul edilir

(99). Wang ve ark., yaptıkları çalışmada sanal gerçeklik sistemindeki SVV testini hem dik pozisyonda hem de yanal baş eğmelerinde dikeylik algısının değerlendirilmesinde güvenilir bulmuşlardır. Test-tekrar test güvenilirliğini gençlerde yaşlılara göre daha iyi bulmuşlardır (100). Aynı zamanda yapılan başka bir çalışmada sanal gerçeklik sistemi ile yapılan SVV testinin kova testiyle karşılaştırmasında, kova testi için test-tekrar test güvenilirliği zayıf bulunmuşken, sanal gerçeklik sisteminde orta-iyi düzeyde bulunmuştur (101). Bu çalışmada vertikal algıyı değerlendirmek için ise sanal gerçeklik sisteminde SVV testi kullanılmıştır.

Das ve ark., kronik gürültüye maruz kalan halan hastaların vestibüler fonksiyonlarını ve postüral kontrolünü sağlıklı bireylerle karşılaştırmışlardır (103). Çalışma sonucuna göre gürültüye maruz kalan grup ile kontrol grubu SVV sonuçları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulmuşlardır ve gürültüye maruz kalan grupta sapma dereceleri ortalamaları daha yüksek bulmuşlardır. Bu SVV sonucunun, gürültü maruziyetinde erken subklinik otolit tutulumu göstergesi olabileceğini düşünmüşlerdir (102).

Çalışmamızda statik SVV test sonuçları gruplar arası değerlendirmesinde istatistiksel olarak anlamlı farklılık gözlenmiştir ($p=0,000$). Hasta grubundaki hafif derece ve orta-ileri derece gruplarının ortalamaları sırasıyla $2,28\pm 1,08$ derece ve $2,49\pm 1,30$ derece olarak bulunmuştur ve kontrol grubunun ($1,36 \pm 0,76$ derece) SVV sonucuna göre daha yüksek bulunmuştur. Bu da Das ve ark. yaptıkları çalışma ile örtüşmektedir (102). Bu sonuçlar koklea fonksiyonunu etkileyen faktörlerin otolit organlarının fonksiyonlarını da etkileyebileceği görüşünü desteklemektedir. Çalışmamızda DSVV test sonuçları gruplar arası değerlendirmesinde istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmuştur ($p=0,010$). Hasta grubundaki hafif derece ve orta-ileri derece grubunun sapma dereceleri ortalamaları sırasıyla $11,09\pm 4,70^\circ$ ve $11,23\pm 5,36^\circ$ olarak bulunmuş ve kontrol grubunun ($8,28\pm 2,79^\circ$) sapma derecesi ortalamasına göre daha yüksek bulunmuştur. Kobayashi ve ark., 69 sağlıklı bireyde yaptıkları çalışmada $30 \text{ }^\circ/\text{s}$ ' lik arka plan dönüş hızı ile yapılan DSVV ortalamalarını 8.5° olarak bulmuşlardır (103). Dakin ve ark., arka plan dönüş hızının artmasıyla yerçekimi algısındaki yanlışlıkların doğru orantılı bir şekilde yükseldiğini bildirmişlerdir. (104). Çalışmamızda $25 \text{ }^\circ/\text{s}$ ' lik arka plan dönüş hızında sağlıklı gruptan elde edilen DSVV sonuçları literatürdeki normatif data ile benzerlik göstermektedir. Ayrıca tüm grupların DSVV ortalamaları SVV ortalamalarına göre daha yüksek bulunmuştur. Bu sonuç, görsel hareket olduğunda bireylerin gerçek vertikalden daha fazla saptıkları anlamına gelmektedir.

Mueller ve ark., sağlıklı bireylerde yaptığı çalışmada SVV ile cVEMP ve oVEMP latans ve amplitüdüleri arasında bir korelasyon olmadığını bulmuşlardır (105). Her iki test yönteminin utrikül makulasındaki farklı tüy hücrelerini değerlendirdiğini düşünmüşlerdir. Curthoys ve ark. ise, striolardaki tip1 hücrelerin dinamik uyarılara hassasiyeti varken makulanın periferik kısmında yer alan tip2 hücrelerin ise yer çekimine karşı daha duyarlı olduğunu bildirmişlerdir (106)

Umibe ve ark., vestibüler hastalıkları olan ve sağlıklı gruplar ile yaptıkları çalışmada SVV ve VEMP testleri arasında korelasyon bulmamışlardır (107). Ayrıca bu çalışmada 12 bireyde buldukları anormal cVEMP ve oVEMP yanıtları olanlarda anormal SVV sonuçları gözlemlemişlerdir ve bu sonuç doğrultusunda SVV ve VEMP testlerinin birlikte kullanılmasının otolit disfonksiyonu tespitinde daha yararlı olabileceğini düşünmüşlerdir (107). Bu nedenle de bu çalışmada, SVV ve VEMP testleri arasındaki korelasyonunun değerlendirilmesine yer verilmiştir.

Ogawa ve ark., yaptıkları çalışmada 36 vestibüler nörit ve 80 ani işitme kayıplı hastaya SVV, cVEMP ve kalorik testleri uygulayarak sonuçları karşılaştırmışlardır (108). SVV, cVEMP ile işitme derecesi arasında korelasyon bulunmamıştır. Ayrıca ani işitme kayıplı hastaları tam iyileşme, belirgin iyileşme, hafif iyileşme ve değişmemiş olarak gruplara ayırmış ve SVV ve cVEMP sonuçlarının iyileşme derecesine göre ilk sonuçlarıyla farklılık göstermediğini bildirmişlerdir. SVV, cVEMP ve işitme sonucu arasında anlamlı bir korelasyon tespit etmemişlerdir (108).

Nagai ve ark., yaptıkları çalışma yukarıdaki Ogawa ve arkadaşlarının yaptığı çalışmaya benzer olup vestibüler nöritini (VN) olan hastalar, ani işitme kayıplı hastalar ve meniere hastalığı olan hastalar olarak gruplara ayırmışlardır (109). Çalışmanın amacını oVEMP yanıtları ve cVEMP yanıtlarının, SVV sonuçları ile ilişkisini araştırma olarak bildirmişlerdir ve çalışmanın sonucuna göre ani işitme kayıplı hastaların SVV sonuçları ile oVEMP yanıtları arasında korelasyon bulunmamıştır (109).

Bizim çalışmamızda cVEMP test parametleri ile SVV ve DSVV testleri arasındaki korelasyon incelemesinde, sağ kulak cVEMP testi P13-N23 amplitüd ile DSVV arasında negatif yönlü çok zayıf düzeyde korelasyon gözlenmiştir ($r=-0,242$, $p=0,021$). Aynı zamanda oVEMP test parametleri ile SVV ve DSVV testleri arasındaki korelasyon incelemesinde, sağ

kulak N10 latansı ile DSVV ortalaması arasında pozitif yönlü çok zayıf düzeyde korelasyon bulunmuştur ($r=0,218$, $p=0,038$). Bununla birlikte, sol kulak p15 latansı ile DSVV ortalaması arasında pozitif yönlü çok zayıf düzeyde korelasyon bulunmuştur ($r=0,247$, $p=0,018$). Bu korelasyonların, çok zayıf düzeyde bulunmuş olması örneklem sayısına bağlı olabileceği düşünülmüş ve çalışmanın limitasyonu olarak kabul edilmiştir. Yapılacak çalışmalarda örneklem sayısının artırılmasının daha belirleyici sonuçlar verebileceği düşünülmüştür.

Statik olarak düzenli bir şekilde ateşlenen vestibüler afferentler, sürekli sistem olarak bilinen yerçekimi ve vertikal algısında görev alır. Dinamik olarak düzensiz bir şekilde ateşlenen vestibüler afferentler ise geçici sistem olarak bilinen hareket sırasında bakış sabitliği ve postüral dengeyi sağlayan hızlı vestibüler reflekslerde görev alır (110,111). Bu bilgilere göre çalışmacılar SVV ve VEMP testlerin farklı vestibüler afferentlerden köken aldığını düşünmüşlerdir. (105,112). Çalışmamızdaki zayıf korelasyonun bir diğer sebebi olarak bu farklılık olabileceği düşünülmüştür.

Bu çalışmada sağ ve sol kulak saf ses ortalamaları ile hem SVV hem de DSVV ortalamaları arasındaki pozitif yönlü zayıf düzeyde korelasyon bulunmuştur. Bu sonuç Ogawa ve ark.'nın ani işitme kaybı olan hastalar ile yaptıkları çalışma ile örtüşmemektedir (108). Ancak bu farklılığın farklı örneklem grupları ile çalışılmış olmasından kaynaklı olabileceği düşünülmüştür. Ayrıca bu çalışmada bulduğumuz pozitif yönlü korelasyonun işitme kaybı derecesi arttıkça SVV ve DSVV sapma ortalamalarının da artabileceğini göstermektedir. Ancak zayıf düzeyde korelasyon bulunmasının örneklem sayısına bağlı olabileceği ve ileriki çalışmalarda işitme kayıplı örneklem sayısı artırılarak yapılacak çalışmaların daha belirli sonuçlar verebileceği düşünülmüştür.

Sanal gerçeklik sistemi, odyoloji kliniklerinde kullanılan yeni bir test yöntemidir. Özellikle sensörinöral tip işitme kayıplı bireylerde SVV testleri ile yapılan çalışmalar kısıtlıdır ve bu çalışmanın gelecek çalışmalar için ışık tutacağı düşünülmektedir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Hafif derece ve orta-ileri derece sensörinöral tip işitme kayıplı hastalarda ve sağlıklı bireylerde otolit fonksiyonunu değerlendirmek için cVEMP, oVEMP, SVV ve DSVV testleri yapılan bu çalışmada gruplar arası anlamlı farklılıklar mevcuttur.

1. Sağ kulak cVEMP yanıtları karşılaştırmasında P13 latansı orta-ileri derece grubunda diğer iki gruba göre daha uzamış bulunmuştur. Sağ kulak P13-N23 amplitüd karşılaştırmasında kontrol grubunun amplitüdü işitme kayıplı gruplara göre daha yüksek bulunmuştur.
2. Sol kulak cVEMP yanıtlarının karşılaştırılmasında P13 latansı orta-ileri derece grubunda diğer gruplara göre daha uzamış bulunmuştur. Sol kulak N23 latansı karşılaştırılmasında orta-ileri derece grubunun kontrol grubuna göre daha uzun elde edilmiştir. Sol kulak P13-N23 amplitüd karşılaştırmasında kontrol grubunun amplitüdü işitme kayıplı gruplara göre daha yüksek bulunmuştur.
3. Sağ kulak oVEMP yanıtlarının karşılaştırmasında hafif ve orta-ileri derece SNİK grubunun N10 latansı kontrol grubuna göre daha uzamış bulunmuştur. Sağ kulak P15 latansı orta-ileri derece SNİK grubunda kontrol grubuna göre daha uzamış elde edilmiştir. Sağ kulak N10-P15 amplitüd karşılaştırmasında gruplar arası farklılık bulunmamıştır.
4. Sol kulak oVEMP yanıtlarının karşılaştırmasında hafif ve orta-ileri derece SNİK gruplarının N10 latansı kontrol grubuna göre daha uzamış bulunmuştur. Sol kulak P15 latansı hafif ve orta derece SNİK grubunun kontrol grubuna göre uzamış elde edilmiştir. Sol kulak N10-P15 amplitüd karşılaştırmasında gruplar arası farklılık bulunmamıştır.
5. Hafif derece SNİK, orta-ileri derece SNİK ve kontrol grupları arasında SVV sapma dereceleri ortalaması karşılaştırmasında hafif ve orta derece SNİK grubunun kontrol grubuna göre daha yüksek bulunmuştur. İşitme kayıplı gruplar arasında fark yoktur.
6. Hafif derece SNİK, orta-ileri derece SNİK ve kontrol grupları arasında DSVV sapma dereceleri ortalaması karşılaştırmasında hafif ve orta derece SNİK

grubunun kontrol grubuna göre daha yüksek bulunmuştur. İşitme kayıplı gruplar arasında fark yoktur.

7. cVEMP sağ P13-N23 amplitüdü ile DSVV ortalamaları arasında negatif yönlü çok zayıf düzeyde bir korelasyon bulunmuştur ($r=-0,242$, $p=0,021$)
8. oVEMP testinde sağ N10 latansı ile DSVV ortalaması arasında pozitif yönlü çok zayıf düzeyde bir korelasyon bulunmuştur ($r=0,218$, $p=0,038$). Sol P15 latansı ile DSVV ortalaması arasında pozitif yönlü çok zayıf düzeyde bir korelasyon bulunmuştur ($r=,247$, $p=0,018$).
9. Çalışmamızda sensörinöral tip işitme kayıplı hastalar işitme kaybı derecelerine göre gruplara ayrılmıştır. Orta-ileri derece grubunda ileri derece SNİK kişi sayısının azlığı çalışmanın limitasyonu olarak görülmüştür. İlerideki çalışmalarda ileri derecede işitme kayıplı birey sayısının artırılması ve farklı test yöntemlerinin eklenmesi daha sağlıklı sonuçlar verebileceği düşünülmüştür.
10. Bu çalışmada cihazı kullanımı açısından katılımcılar arasında homejen dağılım göstermemesi çalışmanın limitasyonu olarak görülmüştür. İlerideki çalışmalarda farklı işitme kaybı derecelerine ek olarak işitme cihazı kullanma durumlarına göre de örneklem grupları oluşturulabileceği düşünülmüştür.
11. Bulduğumuz sonuçlara göre sensörinöral tip işitme kaybının sakkül ve utrikül fonksiyonlarını etkileyebileceği düşünülmektedir. Özellikle VEMP yanıtlarından alınan uzamış latanslar ve düşük amplitüdüler bu görüşü desteklemektedir. Sönsörinöral tip işitme kayıplı hastalarda gizli otolit disfonksiyonu olabileceği ve bunun ortaya çıkarılmasında VEMP testlerinin önemli olduğu düşünülmektedir.
12. Sanal gerçeklik sisteminde SVV ve DSVV testleri yeni test yöntemleri olması sebebi ile çalışmalar kısıtlıdır. Özellikle işitme kayıplı gruplarda daha fazla çalışma yapılması gerektiği vurgulanmış ve bu çalışmanın ilerdeki çalışmalara ışık tutabileceği düşünülmüştür.
13. VEMP testleri ile SVV ve DSVV korelasyonun çok zayıf düzeyde bulunması örneklem sayısının yeterli olamayışından kaynaklanabileceği ve daha fazla kişi ile korelasyon incelemesinin yapılması gerektiği düşünülmüştür. Ayrıca korelasyon çalışmasında SVH ve DSVH testlerinin de kullanılabilmesi düşünülmüştür.

KAYNAKLAR

1. Xu X Da, Zhang Q, Hu J, Zhang Y, Chen YF, Zhang XT, et al. The hidden loss of otolithic function in children with profound sensorineural hearing loss. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 2015 Jun 1;79(6):852–7.
2. Xu X Da, Ding CR, Yu J, Han Z, Gu J, Gao N, et al. The hidden dysfunction of otolithic organs in patients with profound sensorineural hearing loss. *Hear Res.* 2016 Jan 1;331:41–6.
3. Tian L, Chen Z. High frequency hearing loss may act as a screening index evaluating otolith function in vertigo patients with normal semi-circular canal function. *Front Neurol.* 2022;1–8.
4. Khan S, Chang R. Anatomy of the vestibular system: A review. Vol. 32, *NeuroRehabilitation.* 2013. p. 437–43.
5. Park HG, Lee JH, Oh SH, Park MK, Suh MW. Proposal on the diagnostic criteria of definite isolated otolith dysfunction. *J Audiol Otol.* 2019 Apr 1;23(2):103–11.
6. Iwasaki S, Fujimoto C, Kinoshita M, Kamogashira T, Egami N, Yamasoba T. Clinical characteristics of patients with abnormal ocular/cervical vestibular evoked myogenic potentials in the presence of normal caloric responses. *Annals of Otology, Rhinology and Laryngology.* 2015 Jun 1;124(6):458–65.
7. Taylor RL, Welgampola MS. Otolith Function Testing. *Adv Otorhinolaryngol.* 2019;82:47–55.
8. Jafari Z, Asad Malayeri S. The effect of saccular function on static balance ability of profound hearing-impaired children. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 2011 Jul;75(7):919–24.

9. Argaet EC, Kwok BYC, Bradley J, Young AS, Nham B, Calic Z, et al. Subjective visual horizontal correlates better with ocular than with cervical vestibular evoked myogenic potentials. *Clinical Neurophysiology*. 2023 Aug 1;152:1–10.
10. Mueller AL, Liebmann LB, Petrak MR, Bahner CM, Weberling LM, Weiss AD, et al. Evaluation of the utricular function with the virtual–subject visual vertical system: comparison with ocular vestibular-evoked myogenic potentials. *Acta Otolaryngol*. 2020 May 3;140(5):366–72.
11. Lee K. Essential Otolaryngology Baş ve Boyun Cerrahisi. In: 9th ed. Güneş Tıp Kitabevleri; 2012. p. 1–24.
12. Maqbool M. MS. Textbook of Ear, Nose and Throat Diseases. Eleventh Edition. India: Jaypee Brothers Medical Publishers; 2007. 3–16 p.
13. Kaga K. Embryology of Inner Ear and Its Malformation. Cochlear Implantation in Children with Inner Ear Malformation and Cochlear Nerve Deficiency. Kaga K, editor. Tokyo: Springer; 2017. 11–18 p.
14. Seikel JA, King DW, Drumright D. Anatomy & Physiology for Speech, Language, and Hearing. 2009;Fourth Edition.
15. Moller A. Hearing: Anatomy, Physiology, And Disorders Of The Auditory System. Second Edition. Texas: Elsevier; 2006. 3–16 p.
16. Luers JC, Hüttenbrink KB. Surgical anatomy and pathology of the middle ear. *J Anat*. 2016 Feb 1;228(2):338–53.
17. Van De Water TR. Historical aspects of inner ear anatomy and biology that underlie the design of hearing and balance prosthetic devices. *Anatomical Record*. 2012 Nov;295(11):1741–59.

18. Atcherson SR. Hearing: Anatomy, Physiology, and Disorders of the Auditory System (3rd ed.). *Int J Audiol.* 2015 Mar 4;54(3):210–25.
19. Stach BA. *Clinical Audiology An Introduction. Second Edition.* USA, Delmar: Cengage Learning; 2010. 55–76 p.
20. Kemp DT. Otoacoustic emissions, their origin in cochlear function, and use. *Br Med Bull.* 2002;63:223–41.
21. Santi P, Mancini P. Cochlear Anatomy and Central Auditory Pathways. In: *Otolaryngology: Head and Neck Surgery.* Elsevier; 2005. p. 1–25.
22. Nadol JB. Comparative anatomy of the cochlea and auditory nerve in mammals. 1988 p. 253–66.
23. Duckert LG. Anatomy of the Skull Base, Temporal Bone, External Ear, and Middle Ear. In: *Otolaryngology: Head and Neck Surgery.* San Diego: Calif: Singular; 1998. p. 2533–47.
24. Delacroix L, Malgrange B. Cochlear afferent innervation development. Vol. 330, *Hearing Research.* Elsevier; 2015. p. 157–69.
25. Kaas JH, Hackett TA. Subdivisions of auditory cortex and processing streams in primates. In: *Vanderbilt University.* Nashville; 2000. p. 11793–9.
26. Olson ES, Duifhuis H, Steele CR. Von Békésy and cochlear mechanics. Vol. 293, *Hearing Research.* 2012. p. 31–43.
27. Pickles JO. *An introduction to the physiology of hearing.* London: Academic Press; 1988. 112–162 p.
28. Bolah RW, Honrubia V. The peripheral vestibular system . *Contemp Neurol Ser* . 1979;18:23–46.

29. Eckhard A, Müller M, Salt A, Smolders J, Rask-Andersen H, Löwenheim H. Water permeability of the mammalian cochlea: functional features of an aquaporin-facilitated water shunt at the perilymph–endolymph barrier. *Pflugers Arch.* 2014 Oct 1;466(10):1963–85.
30. Baylan MY, Cüreoğlu S. Meniere Hastalığının Patolojisi. *Türkiye Klinikleri Kulak Burun Boğaz Özel Konular.* 2023;5–15.
31. Nandi R, Luxon LM. Development and assessment of the vestibular system. *Int J Audiol.* 2008;47(9):566–77.
32. Siegel A. *Essential Neuroscience.* First Edition. Sapru HN, editor. China: Lippincot Williams & Wilkins; 2015. 287–303 p.
33. Della Santina CC, Potyagaylo V, Migliaccio AA, Minor LB, Carey JP. Orientation of human semicircular canals measured by three-dimensional multiplanar CT reconstruction. *JARO - Journal of the Association for Research in Otolaryngology.* 2005 Sep;6(3):191–206.
34. Ulupınar E. Vertigoya Güncel Yaklaşım: Tanıdan Tedaviye. *Türkiye Klinikleri Kulak Burun Boğaz Özel Konular.* 2020;1–9.
35. Hornibrook J, Mudry A, Curthoys I, Smith CM. Ductus Reuniens and Its Possible Role in Menière’s Disease. *Otology and Neurotology.* 2021 Dec 1;42(10):1585–93.
36. McCall AA, Miller DM, Yates BJ. Descending Influences on Vestibulospinal and Vestibulosympathetic Reflexes. *Descending Influences on Vestibulospinal and Vestibulosympathetic Reflexes Front Neurol.* 2017;8:112.
37. Curthoys IS, Grant JW, Burgess AM, Pastras CJ, Brown DJ, Manzari L. Otolithic receptor mechanisms for vestibular-evoked myogenic potentials: A review. Vol. 9, *Frontiers in Neurology.* Frontiers Media S.A.; 2018.

38. Curthoys IS. The Anatomical and Physiological Basis of Clinical Tests of Otolith Function. A Tribute to Yoshio Uchino. Vol. 11, Frontiers in Neurology. Frontiers Media S.A.; 2020.
39. Hızal E. Vestibüler sistemin anatomi ve fizyolojisi. In: Belgin E, Şahlı S, editors. Temel Odyoloji. Ankara: Güneş Kitapevleri; 2015. p. 57–69.
40. Dickman JD, Angelaki DE. Vestibular convergence patterns in vestibular nuclei neurons of alert primates. *J Neurophysiol.* 2002 Dec 1;88(6):3518–33.
41. Baloh RW, Kerber KA. Baloh and Honrubia’s clinical neurophysiology of the vestibular system. Fourth Edition. 2011 May 30;
42. Cullen KE. The vestibular system: Multimodal integration and encoding of self-motion for motor control. Vol. 35, Trends in Neurosciences. 2012. p. 185–96.
43. Hain TC, Helminski JO. Vestibular rehabilitation. Anatomy and physiology of the normal vestibular system. 2007;1(1).
44. Fife TD. Overview of anatomy and physiology of the vestibular system. *Handbook of Clinical Neurophysiology.* 2010 Jan 1;9(C):5–17.
45. Kim JS, Lee H. Inner ear Dysfunction due to vertebrobasilar ischemic stroke. Vol. 29, Seminars in Neurology. 2009. p. 534–40.
46. Şenkal ÖA. Temel Odyoloji. In: Belgin E, Şahlı S, editors. Temel Odyoloji. Ankara: Güneş Tıp Kitapevleri; 2017. p. 301–22.
47. Maroonroge S, Emanuel DC. Basic anatomy of the hearing system. *Helmet-Mounted Displays: Sensation, Perception and Cognition Issues.* 2009;279–306.

48. Korver AMH, Smith RJH, Van Camp G, Schleiss MR, Bitner-Glindzicz MAK, Lustig LR, et al. Congenital hearing loss. *Nat Rev Dis Primers*. 2017 Jan 12;3.
49. Kerber KA, Baloh RW. Neuro-otology: Laboratory Investigations in Diagnosis and Management of Neuro-otological Disorders. *Neurology in Clinical Practice*. 2008;741–9.
50. Salman N, Karabulut H. Sensörinöral İşitme Kaybı Tanı ve Tedavi Algoritması. *Türkiye Klinikleri- ENT Special Topics*. 2013;6(1):29–34.
51. American Speech Language Hearing Association (ASHA). Type, Degree, and Configuration of Hearing Loss. 2023.
52. Akyıldız N. Kulak Hastalıkları ve Mikrocerrahisi. *Bilimsel Tıp Yayınevi*. 1998;86.
53. Hussain SAS, Hohman MH. Nonorganic Functional Hearing Loss. *StatPearls*.
54. Clark JG. Uses and abuses of hearing loss classification. *ASHA*. 1981;23:493–500.
55. Gelfand SA. Pure Tone Audiometry. In: *Essentials of Audiology*. Forth Edition. Thieme; 2016. p. 139–73.
56. Grant KJ, Parthasarathy A, Vasilkov V, Caswell-Midwinter B, Freitas ME, De Gruttola V, et al. Predicting neural deficits in sensorineural hearing loss from word recognition scores. Boston; 2022.
57. Harris RW, Mcpherson DL, Hanson CM, Eggett DL. Psychometrically equivalent bisyllabic words for speech recognition threshold testing in Vietnamese. *Psychometrically equivalent bisyllabic words for speech recognition threshold testing in Vietnamese*. *Int J Audiol*. 2017;56(8):525–37.
58. Mancini M, Horak FB. The relevance of clinical balance assessment tools to differentiate balance deficits. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2010 Jun;46(2):239–48.

59. Çelebisoy N. Vestibüler Sistem Anatomi ve fizyolojisi. Türkiye Klinikleri Nöroloji-Özel konular. 2013;6:1–9.
60. Yates BJ, Bolton PS, Macefield VG. Vestibulo-sympathetic responses. *Compr Physiol*. 2014;4(2):851–87.
61. Boyle R. Vestibulospinal control of reflex and voluntary head movement. In: *Annals of the New York Academy of Sciences*. New York Academy of Sciences; 2001. p. 364–80.
62. Feldman AG, Zhang L. Eye and head movements and vestibulo-ocular reflex in the context of indirect, referent control of motor actions. *J Neurophysiol*. 2020;124:115–33.
63. Crampton A, Garat A, Shepherd HA, Chevignard M, Schneider KJ, Katz-Leurer M, et al. Evaluating the Vestibulo-Ocular Reflex Following Traumatic Brain Injury: A Scoping Review. Vol. 35, *Brain Injury*. Taylor and Francis Ltd.; 2021. p. 1496–509.
64. Yacovino DA, Schubert MC, Zanutti E. Evidence of Large Vestibulo-Ocular Reflex Reduction in Patients With Menière Attacks. *Otology and Neurotology*. 2020 Oct 1;41(9):E1133–9.
65. Fluor E, Mellström A. The otolith organs and their influence on oculomotor movements. *Exp Neurol*. 1971 Jan 1;30(1):139–47.
66. Peterson BW, Boyle RD. Vestibulocollic Reflexes. *The Vestibular System*. 2004 Apr 12;343–74.
67. Goldberg JM, Cullen KE. Vestibular control of the head: possible functions of the vestibulocollic reflex. *Exp Brain Res*. 2011;210:331–45.

68. Peterka RJ. Sensory integration for human balance control. In: Handbook of Clinical Neurology. Elsevier B.V.; 2018. p. 27–42.
69. Ramos De Miguel A, Zarowski A, Sluydts M, Ramos Macias A, Wuyts FL. The Superiority of the Otolith System Neurology Audiology. *Audiol Neurotol.* 2020;25:35–41.
70. Rosengren SM, Colebatch JG, Young AS, Govender S, Welgampola MS. Vestibular evoked myogenic potentials in practice: Methods, pitfalls and clinical applications. Vol. 4, *Clinical Neurophysiology Practice.* Elsevier B.V.; 2019. p. 47–68.
71. Özlüoğlu LN, Hızal E, Erbek S hatice. Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyeller (VEMP). *Bozok Tıp Dergisi.* 2014;1(1):26–37.
72. Colebatch JG, Halmagyi GM, Skuse NF, Alfred P. Myogenic potentials generated by a click-evoked vestibulocollic reflex. *Neurosurgery, and Psychiatry.* 1994;57:190–7.
73. Chen G, Yu G, Li Y, Zhao X, Dai X, Wang G. Cervical Vestibular Evoked Myogenic Potentials in Benign Paroxysmal Positional Vertigo: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Front Neurol.* 2019 Oct 1;10.
74. Oz I, Erbek SH, Alp G, Hızal E, Ozluoglu LN. Glycerol affects vestibular-evoked myogenic potentials and pure-tone hearing in patients with Ménière’s disease. *Acta Otolaryngol.* 2015 Feb 1;135(2):111–8.
75. Rosengren SM, Welgampola MS, Colebatch JG. Vestibular evoked myogenic potentials: Past, present and future. Vol. 121, *Clinical Neurophysiology.* 2010. p. 636–51.
76. Fife TD, Colebatch JG, Kevin Kerber DsA, Brantberg K, Strupp M, Lee H, et al. Practice guideline: Cervical and ocular vestibular evoked myogenic potential testing. *American Academy of Neurology.* 2017;2288–96.

77. Dorbeau C, Bourget K, Renard L, Calais C, Bakhos D. Vestibular evoked myogenic potentials. *Eur Ann Otorhinolaryngol Head Neck Dis.* 2021 Dec 1;138(6):483–8.
78. Valko Y, Rosengren SM, Jung HH, Straumann D, Landau K, Konrad Weber FP. Ocular vestibular evoked myogenic potentials as a test for myasthenia gravis. *American Academy of Neurology.* 2016;660–8.
79. Długaiczek J. Ocular vestibular evoked myogenic potentials: Where are we now? Vol. 38, *Otology and Neurotology.* Lippincott Williams and Wilkins; 2017. p. e513–21.
80. Wang CH, Winnick AA, Ko YH, Wang Z, Chang TP. Test-retest reliability of subjective visual vertical measurements with lateral head tilt in virtual reality goggles. *Tzu Chi Med J.* 2021 Jul 1;33(3):294–300.
81. Otero-Millan J, Treviño C, Winnick A, Zee DS, Carey JP, Kheradmand A. The video ocular counter-roll (vOCR): a clinical test to detect loss of otolith-ocular function. *Acta Otolaryngol.* 2017 Jun 3;137(6):593–7.
82. Bömmer A, Mast F. Assessing otolith function by the subjective visual vertical. In: *Annals of the New York Academy of Sciences.* New York Academy of Sciences; 1999. p. 221–31.
83. Funabashi M, Santos-Pontelli TEG, Colafêmina JF, Pavan TZ, Carneiro AAO, Takayanagui OM. A new method to analyze the subjective visual vertical in patients with bilateral vestibular dysfunction. *Clinics.* 2012;67(10):1127–31.
84. Dakin CJ, Rosenberg A. Gravity estimation and verticality perception. In: *Handbook of Clinical Neurology.* Elsevier B.V.; 2018. p. 43–59.
85. Geraldine Zuniga M, Dinkes RE, Davalos-Bichara M, Carey JP, Schubert MC, Michael King W, et al. Association Between Hearing Loss and Saccular Dysfunction in Older Individuals. *Otology & Neurotology.* 2012;33.

86. Paplou V, Schubert NMA, Pyott SJ. Age-Related Changes in the Cochlea and Vestibule: Shared Patterns and Processes. *Front Neurosci.* 2021 Sep 3;15:1–19.
87. Rosenhall U. Degenerative Patterns in The Aging Human Vestibular Neuro-Epithelia. *Acta Otolaryng.* 1973;76:208–20.
88. Berge JE, Helge S, Nordahl G, Aarstad HJ, Goplen FK. Hearing as an Independent Predictor of Postural Balance in 1075 Patients Evaluated for Dizziness. 2019;161(3):478–84.
89. Berge JE, Helge S, Nordahl G, Aarstad HJ, Goplen FK. Hearing as an Independent Predictor of Postural Balance in 1075 Patients Evaluated for Dizziness. 2019;161(3):478–84.
90. Tian L, Chen Z, Wang J, Zhang L, Zhao H, Chi F and Wang J. High frequency hearing loss may act as a screening index evaluating otolith function in vertigo patients with normal semi-circular canal function. *Front Neurol.* 2022;1–8.
91. Sazgar AA, Dortaj V, Akrami K, Akrami S, Karimi Yazdi AR. Saccular damage in patients with high-frequency sensorineural hearing loss. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology.* 2006 Jul;263(7):608–13.
92. Tanyeri O, Volkan Akdoğan M, Hızal E, Fuat Büyüklü A. Assessment of vestibular function in adults with prelingual hearing loss using C/OVEMP tests. *Journal of International Advanced Otology.* 2020 Apr 1;16(1):24–7.
93. Lin BY, Young YH. Assessing residual vestibular function in adults with congenital hearing loss. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology.* 2016 Dec 1;273(12):4209–14.
94. Bansal S, Sahni S, Sinha SK. Cervical and ocular vestibular evoked myogenic potentials in individuals with severe to profound hearing loss. 2013;56–63.

95. Aydın C, Öney Ö, Tezcan Eİ, Aşkar Z, Özdek A. Comparison of cervical and ocular vestibular-evoked myogenic potential responses between tone burst versus chirp stimulation. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*. 2022 May 1;279(5):2339–43.
96. Reddy TM, Heinze B, Biagio-De Jager L, Maes L. Cervical and ocular vestibular evoked myogenic potential: A comparison of narrowband chirp, broadband chirp, tone burst and click stimulation. *Int J Audiol*. 2022;1–8.
97. Chihara Y, Iwasaki S, Ushio M, Murofushi T. Vestibular-evoked extraocular potentials by air-conducted sound: Another clinical test for vestibular function. *Clinical Neurophysiology*. 2007 Dec;118(12):2745–51.
98. Akin FW, Murnane OD. Subjective visual vertical test. *Semin Hear*. 2009;30(4):281–6.
99. Pagarkar W, Bamiou DE, Ridout D, Luxon LM. Subjective Visual Vertical and Horizontal: Effect of the Preset Angle. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg*. 2008 Apr 1;134(4):394–401.
100. Wang CH, Winnick AA, Ko YH, Wang Z, Chang TP. Test-retest reliability of subjective visual vertical measurements with lateral head tilt in virtual reality goggles. *Tzu Chi Med J*. 2021 Jul 1;33(3):294–300.
101. Michelson PL, McCaslin DL, Jacobson GP, Petrak M, English L, Hatton K. Assessment of Subjective Visual Vertical (SVV) Using the “Bucket Test” and the Virtual SVV System. *Am J Audiol*. 2018 Sep 12;27(3):249–59.
102. Das S, Kalidoss VK, Bakshi SS, Ramesh S. A Cross-Sectional Study on the Effect of Chronic Noise Exposure on the Vestibular Function of Traffic Policemen and Automobile Drivers. *Noise Health*. 2022 Oct 1;24(115):231.

103. Kobayashi H, Hayashi Y, Higashino K, Saito A, Kunihiro T, Kanzaki J, et al. Dynamic and static subjective visual vertical with aging. *Auris Nasus Larynx*. 2002;29:325–38.
104. Dakin CJ, Rosenberg A. Gravity estimation and verticality perception. In: *Handbook of Clinical Neurology*. Elsevier B.V.; 2018. p. 43–59.
105. Mueller AL, Liebmann LB, Petrak MR, Bahner CM, Weberling LM, Weiss AD, et al. Evaluation of the utricular function with the virtual–subject visual vertical system: comparison with ocular vestibular-evoked myogenic potentials. *Acta Otolaryngol*. 2020 May 3;140(5):366–72.
106. Curthoys IS, Vulovic V. Vestibular primary afferent responses to sound and vibration in the guinea pig. In: *Experimental Brain Research*. 2011. p. 347–52.
107. Umibe A, Fushiki H, Tsunoda R, Kuroda T, Kuroda K, Tanaka Y. Development of a Subjective Visual Vertical Test System Using an iPhone with Virtual Reality Goggles for Screening of Otolithic Dysfunction: Observational Study. *JMIR Preprints*. 2023;5–23.
108. Ogawa Y, Otsuka K, Shimizu S, Inagaki T, Kondo T, Suzuki M. Subjective visual vertical perception in patients with vestibular neuritis and sudden sensorineural hearing loss. *J Vestib Res*. 2012;22(4):205–11.
109. Nagai N, Ogawa Y, Hagiwara A, Otsuka K, Inagaki T, Shimizu S, et al. Ocular vestibular evoked myogenic potentials induced by bone-conducted vibration in patients with unilateral inner ear disease. *Acta Otolaryngol*. 2014 Feb;134(2):151–8.
110. Curthoys IS, MacDougall HG, Vidal PP, de Waele C. Sustained and transient vestibular systems: A physiological basis for interpreting vestibular function. *Front Neurol*. 2017 Mar 30;8(117):1–15.

111. Hawkins KE, Chiarovano E, Paul SS, MacDougall HG, Curthoys IS. Static and dynamic otolith reflex function in people with Parkinson's disease. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*. 2021 Jun 1;278(6):2057–65.
112. Hösli S, Straumann D. Independent Measures of Utricular Function: Ocular Vestibular Evoked Myogenic Potentials Do Not Correlate With Subjective Visual Vertical or Fundus Photographic Binocular Cyclorotation. *Front Neurol*. 2021 Apr 14;12.

EK 1: Araştırma Projesi Etik Kurul Onayı

Evrak Tarih ve Sayısı: 1



T.C.
BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu



Sayı
Konu : Proje Onayı

SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Kulak, Burun, Boğaz Hastalıkları Ana Bilim Dalında görev yapmakta olan Doç. Dr. Işılay Öz'ün danışmanlığında Sağlık Bilimleri Enstitüsü / Kulak, Burun, Boğaz Hastalıkları Ana Bilim Dalı, Odyoloji Tezli Yüksek Lisans Programı öğrencisi Merve Kutlu'nun sorumluluğunda yürütülecek olan KA24/96 nolu "Sensörinöral tip işitme kaybı olan hastalarda vestibüler uyarılmış miyojenik potansiyeller ve sanal gerçeklik sisteminde subjektif vizüel testleri ile otolit fonksiyonların değerlendirilmesi" başlıklı araştırma projesi Kurulumuz ve Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulunun 21/02/2024 tarih ve 24/50 sayılı kararı ile uygun görülmüştür. Projenin başlama tarihi ile çalışmanın sunulduğu kongre ve yayımlandığı dergi konusunda Kurulumuza bilgi verilmesini rica ederim.

Not: Çalışma bildiri ve/veya makale haline geldiğinde "Gereç ve Yöntem" bölümüne aşağıdaki ifadelerden uygun olanının eklenmesi gerekmektedir.

— Bu çalışma Başkent Üniversitesi Tıp ve Sağlık Bilimleri Araştırma Kurulu ve Etik Kurulu tarafından onaylanmış (Proje no:...) ve Başkent Üniversitesi Araştırma Fonunca desteklenmiştir.

— This study was approved by Baskent University Institutional Review Board and Ethics Committee (Project no:...) and supported by Baskent University Research Fund.

Evrak Tarih ve Sayısı:



1993
BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ

GİRİŞİMSEL OLMAYAN KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU KARARI		
PROJE NO	KARAR SAYISI	KARAR TARİHİ

Kulak, Burun, Boğaz Hastalıkları Ana Bilim Dalında görev yapmakta olan tarafından yürütülecek KA24/96 nolu "Sensörinöral işitme kaybı olan hastalarda vestibüler uyarılmış miyojenik potansiyeller ve sanal gerçeklik sisteminde subjektif vizüel testleri ile otolit fonksiyonların değerlendirilmesi" başlıklı araştırma projesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu tarafından incelendi ve etik açıdan uygun olduğuna karar verildi.