



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

**VESTİBÜLER NÖRİNİT TANISI KONULMASINDA VİDEO
HEAD İMPULSE TEST (vHIT) ve VESTİBÜLER MİYOJENİK
UYARILMIŞ POTANSİYELLER (VEMP) TESTİNİN KALORİK
TESTE KATKISININ ARAŞTIRILMASI**

Gözde AKIN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ANKARA, 2019



T.C.
BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KULAK BURUN BOĞAZ HASTALIKLARI ANABİLİM DALI
ODYOLOJİ TEZLİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

**VESTİBÜLER NÖRİNİT TANISI KONULMASINDA VIDEO
HEAD İMPULSE TEST (vHIT) ve VESTİBÜLER MİYOJENİK
UYARILMIŞ POTANSİYELLER (VEMP) TESTİNİN KALORİK
TESTE KATKISININ ARAŞTIRILMASI**

Gözde AKIN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı
Prof. Dr. Levent Naci ÖZLÜOĞLU

ANKARA, 2019



T.C
BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

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

Tez Savunma Tarihi: 20/05/2019

Tez Konusu: “Vestibüler Nörinit Tanısı Konulmasında Video Head İmpulse Test (vHIT) ve Vestibüler Miyojenik Uyarılmış Potansiyeller (VEMP) Testinin Kalorik Teste Katkısının Araştırılması”

TEZ DANIŞMANI: **Prof. Dr. Levent N. ÖZLÜOĞLU**

TEZ JÜRİSİ ÜYELERİ

Prof. Dr. Levent N. Özlüoğlu

Başkent Üniversitesi

Doç. Dr. Seda Türkoğlu Babakurban

Başkent Üniversitesi

Doç. Dr. Bülent Gündüz

Gazi Üniversitesi

ONAY: Bu tez, Başkent Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği'nin ilgili maddeleri uyarınca yukarıdaki jüri üyeleri tarafından uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulunun 23... / 05.. / 2019 tarih ve 23..-2 Karar Sayısı ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Fatma Belgin ATAÇ
Enstitü Müdürü



BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS / DOKTORA TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU

Tarih: 12 / 06 / 2019

Öğrencinin Adı, Soyadı: Gözde Akın

Öğrencinin Numarası : 21520121

Anabilim Dalı : Kulak Burun Boğaz Hastalıkları Ana Bilim Dalı

Programı : Odyoloji Tezli Yüksek Lisans Programı

Danışmanın Unvanı/Adı, Soyadı : Prof.Dr. Levent Naci Özlüoğlu

Tez Başlığı : Vestibüler Nörinit Tanısı Konulmasında Video Head İmpluse Test (vHIT) ve Vestibüler Miyojenik Uyarılmış Potansiyeller (VEMP) Testinin Kalorik Teste Katkısının Araştırılması

Yukarıda başlığı belirtilen Yüksek Lisans/Doktora tez çalışmamın; Giriş, Ana Bölümler ve Sonuç Bölümünden oluşan, toplam 45 sayfalık kısmına ilişkin, 10. / 05 / 2019 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 8'dir.

Uygulanan filtrelemeler:

1. Kaynakça hariç
2. Alıntılar hariç
3. Beş (5) kelimedenden 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

12 / 06 / 2019

Prof. Dr. Levent N. ÖZLÜOĞLU

Öğrenci Danışmanı Unvan, Ad, Soyad,

TEŞEKKÜRLER

Uzmanlık eğitimim süresince öğrencisi olmaktan onur duyduğum, çalışma disiplini kariyerim boyunca kendime örnek alacağım, tez konumun belirlenmesinden sonuçlanmasına kadar öneri ve eleştirileriyle bana çok büyük katkı sağlayan, tez danışmanım değerli hocam Başkent Üniversitesi Kulak Burun Boğaz Ana Bilim Dalı bölüm başkanı Prof. Dr. Levent N. Özlüoğlu'na,

Yüksek lisans eğitimim boyunca bilgi ve tecrübeleri, öğrencilerine olan sabır ve hoşgörüsü ile her zaman yanımda olduklarını hissettiren, eğitimime ve akademik hayatıma katkılarından dolayı değerli hocalarım Prof. Dr. Hatice S. Erbek, Prof. Dr. Selim S. Erbek ve Doç. Dr. Evren Hızal'a,

Tez sürecimin başından itibaren bilgi ve tecrübeleri ile desteğini, emeğini ve yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen, beni her zaman sabırla dinleyip yol gösteren, birlikte çalışmaktan ve kendisini tanımaktan mutluluk duyduğum Uzm. Dr. Osman Halit Çam'a,

Tezimin son aşamasında imdadıma koşan, bilgisi, tecrübesi ve motivasyonu ile bana güç veren Uzm. Dr. Pelin Koçdor'a,

Desteğini ve sevgisini her zaman hissettiğim, yüksek lisans eğitimimin bana kattığı en güzel armağan olan sevgili yol arkadaşım Mehmet Şen'e,

Bu zorlu ve stresli süreçte bana duydukları güvenleri ile beni motive eden, yanımda olan çok değerli dostlarıma,

Hayatım boyunca her anımda beni destekleyen, bugünlere gelmem için hiç bir fedakarlığı benden esirgemeyen, gülen yüzleri ve sonsuz sevgileriyle her zaman yanımda olduklarını hissettiren canım annem Leyla Akın ve canım babam Cihan Akın'a,

Küçüklüğünden beri her konuda yardıma koşan, pozitif enerjisi ile herkesi kendine hayran bırakan, tez sürecim boyunca sabırla bana katlanan, desteğini hiç esirgemeyen canımdan çok sevdiğim kardeşim Anıl Akın'a, sonsuz teşekkür ederim.

Gözde AKIN

ÖZET

Gözde AKIN.

VESTİBÜLER NÖRİNİT TANISI KONULMASINDA VİDEO HEAD İMPULSE TEST (vHIT) ve VESTİBÜLER MİYOJENİK UYARILMIŞ POTANSİYELLER (VEMP) TESTİNİN KALORİK TESTE KATKISININ ARAŞTIRILMASI

**Başkent Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Kulak Burun Boğaz
Anabilim Dalı Odyoloji Tezli Yüksek Lisans Programı. Ankara,
2019**

Amaç: Bu çalışmanın amacı vestibüler nörit tanısı kalorik test ile konulmuş ve kanal parezisi tespit edilmiş hastalarda vHIT ve cVEMP'in kalorik testi ve birbirlerini tamamlayıcı bir test olduğunu göstermektir.

Yöntem: Başkent Üniversitesi İstanbul Sağlık Uygulama ve Araştırma Merkezi Hastanesi ve Başkent Üniversitesi Ankara Hastanesi Kulak Burun Boğaz Anabilim Dalı'na 2014-2018 yılları arasında baş dönmesi yakınması ile başvurmuş 518 hasta retrospektif olarak incelenmiş, arviş materyalleri taranmıştır. Tarama sonucuna göre klinik muayene ve odyovestibüler incelemeler sonucu vestibüler nörit tanısı almış ve vHIT, cVEMP ve kalorik testler uygulanan 32 hasta çalışmaya dahil edildi.

Bulgular: Çalışma kapsamındaki 32 hastanın 18'i kadın, 14'ü erkeklerden oluşmaktadır. Ayrıca hasta grubunun yaş ortalaması 49.6 olarak hesaplanmıştır. Patolojik olmayan cVEMP olgularında vHIT patolojik yüzdesi 100 iken, patolojik olan cVEMP olgularında vHIT patolojik yüzdesinin 22.2 olduğu görülmüştür. cVEMP'e göre vHIT patolojik yüzdesi bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu saptanmıştır ($p<0.001$). Buna ek olarak patolojik olmayan cVEMP olgularında vHIT patolojik yüzdesinin, patolojik olan cVEMP olgularından daha yüksek olduğu saptanmıştır.

Sonuç: Çalışmamızdan elde edilen sonuçlar doğrultusunda kanal parezisi tespit edilmiş vestibüler nörit hastalarında vHIT ile cVEMP'in birbirlerini ve kalorik testi tamamlayıcı testler olduğu görülmüştür. Ayrıca vHIT ve cVEMP'in inferior vestibüler nörit tanısı konulmasında belirleyici testler olduğu ve ileride oluşabilecek periferik vestibüler bozuklukların öngörülebilmesi açısından tüm testlerin bir arada yapılması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: vestibüler nörit, video baş itme testi, kalorik test, vestibüler uyarılmış miyojenik potansiyeller



ABSTRACT

Gözde AKIN.

**INVESTIGATION OF VIDEO HEAD IMPULSE TEST (vHIT)
AND VESTIBULAR EVOKED MYOGENIC POTENTIALS
(VEMPS) TEST CONTRIBUTION TO CALORIC TEST IN THE
DETERMINATION OF VESTIBULAR NEURITIS DIAGNOSIS
Baskent University Institute of Health Sciences Department of
Otorhinolaryngology Master in Audiology with Thesis. Ankara,
2019**

Objective: The purpose of this study is to show that vHIT is a complementary test to cVEMP in the diagnosis of vestibular neuritis.

Methods: 518 patients who applied to Baskent University Istanbul Health Application and Research Center Hospital and Baskent University Ankara Hospital Otolaryngology Department between 2014-2018 with dizziness were examined retrospectively and archive materials were screened. Thirty-two patients who were diagnosed as vestibular neuritis and underwent vHIT, cVEMP and caloric tests as a result of clinical examination and audiovestibular examinations were included in the study.

Results: Of the 32 patients included in the study, 18 were female and 14 were male. The mean age of the patient group was 49.6 years. The pathological percentage of vHIT in non-pathologic cVEMP cases was 100, whereas the pathological percentage of vHIT in pathological cVEMP cases was 22.2. According to cVEMP, there was a statistically significant difference in the pathological percentage of vHIT ($p < 0.001$). In addition, the pathological percentage of vHIT in non-pathologic cVEMP cases was higher than the pathological cVEMP cases.

Conclusion: Based on the findings of our study, vHIT was a complementary test to cVEMP in the diagnosis of vestibular neuritis. In this way, vHIT and cVEMP

findings of patients with channel paresis have been obtained and we have been predicted about other peripheral vestibular diseases that may occur in the future.

Key words: vestibular neuritis, video head impulse test, caloric test, vestibular evoked myogenic potentials



İÇİNDEKİLER

ONAY SAYFASI.....	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
ÖZET.....	v
ABSTRACT.....	vii
İÇİNDEKİLER.....	ix
KISALTMALAR VE SEMBOLLER.....	x
ŞEKİLLER.....	xi
TABLolar.....	xiii
1.GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	3
2.1 Vestibüler Sistemin Tarihçesi.....	3
2.2 Vestibüler Sistem Embriyolojisi.....	4
2.3 Vestibüler Sistem Anatomisi ve Fizyolojisi.....	6
2.3.1 Periferik Vestibüler Sistem.....	7
2.3.2 Santral Vestibüler Sistem.....	18
2.4 Vestibüler Refleksler.....	20
2.5 Video Head Impulse Test (vHIT).....	24
2.6 Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyeller (VEMP).....	27
2.7 Bitermal Kalorik Test.....	30
2.8 Vestibüler Nörit.....	32
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	34
4. BULGULAR.....	36
5. TARTIŞMA.....	40
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	43
7.KAYNAKÇA.....	44

KISALTMALAR VE SEMBOLLER

- μm : Mikrometre (*micrometer*)
- a. : Arter (*Arteria, artery*)
- AC : Hava yolu (*Air Conducted*)
- BC : Kemik yolu (*Bone Conducted*)
- BT : Bilgisayarlı tomografi
- cVEMP : Servikal vestibüler uyarılmış miyojenik potansiyeller (*Cervical Vestibular Evoked Myogenic Potentials*)
- dB : Desibel
- ECoG : Elektrokokleografi
- EMG : Elektromiyografi (*Electromyography*)
- ENG : Elektronistagmografi (*Electronystagmography*)
- HIT : Baş itme testi (*Head impulse test*)
- HSV : Herpes simpleks virus (*herpes simplex virus*)
- IVN : Inferior vestibüler nükleus
- IAD : Interaural amplitüd farkı (*Interaural amplitude difference*)
- LARP : Sol anterior sağ posterior semisirküler kanallar (*Left anterior right posterior semicircular channels*)
- LVN : Lateral vestibüler nükleus
- LVST : Lateral vestibulospinal yol
- mm : Milimetre (*Millimeter*)
- mEq : Milieküvalan (*Milliequivalent*)

- MVN : Medial vestibüler nükleus
- MRG : Manyetik Rezonans Görüntüleme
- MVST : Medial vestibulospinal yol
- oVEMP : Oküler Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyeller (*Ocular Vestibular Evoked Myogenic Potentials*)
- RALP : Sağ anterior sol posterior semisirküler kanallar (*Right Anterior Left Posterior semicircular channels*)
- SSS : Santral Sinir Sistemi
- Sn : Saniye (*Second*)
- SCM : Sternokleidomastoid kas
- SPL : Ses basınç seviyesi (*Sound Pressure Level*)
- SSK : Semisirküler kanallar (*Semicircular channel*)
- SVN : Superior vestibüler nükleus
- Ve ark. : Ve arkadaşları
- VEMP : Vestibüler uyarılmış miyojenik potansiyeller (*Vestibular evoked myogenic potentials*)
- VCR : Vestibülo-kollik refleks (*Vestibulo-collic reflex*)
- vHIT : Video baş itme testi (*Video Head Impulse Test*)
- VN : Vestibüler nörit
- VSR : Vestibülo-spinal refleks
- VNG : Videonistagmografi
- VOR : Vestibülo-oküler refleks (*Vestibuloocular reflex*)
- USG : Ultrasonografi

ŞEKİLLER

Şekil 1	Embriyonun otik ve optik veziküllerinin 4. haftanın sonundaki gelişimi.....	2
Şekil 2	Rhombensephalon'un transvers kesiti.....	3
Şekil 3	İç kulağın gelişiminde kohlear ve membranöz labirentin görünümü.....	4
Şekil 4	Vestibüler Labirent.....	5
Şekil 5	Kemik ve Membranöz Labirent.....	6
Şekil 6	Semisirküler Kanalların kafa içindeki yerleşimi.....	7
Şekil 7	Semisirküler kanalların düzlemsel yönelimleri.....	7
Şekil 8	Tüylü hücreler.....	9
Şekil 9	Tip I ve Tip II tüylü hücreler.....	10
Şekil 10	Utrikül ve sakkülün konumu.....	12
Şekil 11	Krista ampullarisin yapısı.....	13
Şekil 12	Kafa hareketine göre endolenf sıvısının hareketi.....	14
Şekil 13	Vestibüler labirentin kanlanması.....	15
Şekil 14	Lateral semisirküler kanalların ve vestibulo-oküler refleksin gösterimi...	19

TABLULAR

Tablo 1 Yaş ve cinsiyete ilişkin bilgiler.....	36
Tablo 2 Lateral kanal vHIT değerlerine ilişkin bilgiler.....	36
Tablo 3 Lateral asimetri ve sakkad değişkenlerine ilişkin bilgiler.....	37
Tablo 4 cVEMP değerlerine ilişkin bilgiler.....	37
Tablo 5 Kanal parezi, vHIT ve cVEMP değişkenlerine ilişkin dağılımlar.....	38
Tablo 6 vHIT ile cVEMP'in karşılaştırılması.....	39



1. GİRİŞ

Vestibüler sistem oküler sistem, postural kaslar, beyin sapı, serebellum ve korteks arasındaki iletişimi sağlayan karmaşık bir duyumsal organizasyondur (1,2). Vestibüler uç organlar ile merkezi sinir sistemi arasındaki bağlantının sağlıklı bir şekilde çalışabilmesi dengenin korunması için esastır. Bu yapıları veya aralarındaki bağlantıyı etkileyen herhangi bir problem vestibüler sistem bozukluğuna sebep olur. Bu bozukluklardan bazıları Benign paroksizmal pozisyonel vertigo (BBPV), Meniere hastalığı, vestibüler nörit ve labirentittir. Vestibüler nörit akut başlangıçlı vertigo, bulantı-kusma ve periferik nistagmus ile karakterize, işitme kaybının ve tinnitusun görülmediği ve vestibüler sinirin akut veya subakut inflamasyonudur (3-5). Hastalığın semptomları ilk kez 1909 yılında Ruttin tarafından açıklanmıştır. Nylen, hastalığı 1924 yılında tarif etmiş ve vestibüler nörit terimini kullanmıştır (4). Vestibüler sistemin bir bütün olarak değerlendirebilmesi için kalorik test, videonistagmografi (VNG), postürografi, elektrokokleografi (ECoG), servikal vestibüler uyarılmış miyojenik potansiyeller (cVEMP), oküler vestibüler uyarılmış miyojenik potansiyeller (oVEMP) ve video head impulse test (vHIT) gibi birçok vestibüler test yapılabilmektedir. Fakat tek başına bu testler vestibüler sistemi bir bütün olarak test etmek için yeterli değildir. Bu sebeple testler bir bütün olarak değerlendirilir ve gerektiği zaman kesin tanı için görüntüleme teknikleri kullanılır. Vestibüler nörit teşhisi, temel olarak tıbbi geçmişi ve özellikle de vestibüler fonksiyonun güvenilir bir değerlendirmesini sağlayan kalorik test sonuçlarına bağlıdır. İlk kez insanlarda klinik olarak kullanılan bitermal kalorik test, 1942 yılında Fitzgerald ve Hallpike tarafından tanımlanmıştır (5-7). Kalorik testler, vestibüler nöritte test edilen ve etkilenen lateral kanalın hipo- veya yanıtızlığını göstermektedir. Kalorik testin vestibüler sistemin sadece belli bir bölgesini değerlendirdiği bilinmektedir (8). Kalorik test, çok düşük frekanslarda (0.002-0.004 Hz) lateral SSK'yı uyarır (9). Günlük hayatta SSK'lar daha yüksek frekans aralıklarında uyarı almaktadır. Buradan yola çıkarak, vestibüler sistemin daha geniş çaplı değerlendirmesini sağlayan yeni testlere gereksinim duyulmuştur (10).

Baş itme testinde (HIT), yüksek frekans aralıklarında VOR değerlendirmesi yapılarak unilateral vestibüler hipofonksiyonun test edilmesi hedeflenmiştir (11). Sonraki ilk yıllarda, baş itme testi, klinik bir işaret olarak yaygın bir şekilde kabul edildi ancak klinik baş itme testinde elde edilen cevapların objektif ölçümü deneysel yöntemlerle sınırlıydı. Bahsedilen sınırlı ölçümleri ortadan kaldıran gelişme, 1994 yılında baş itme testinin bir video kamera aracılığıyla kayıt altına alınarak daha objektif sonuçlara ulaşılmasıyla gerçekleşmiştir. Gelişmeler sonucunda baş itme testi, video head impulse test adını almıştır (12-14). vHIT, açık ve gizli sakkadları tanımlayabilen ve her bir SSK'nın vestibulo-oküler refleksin kazanımını araştıran bir testtir (15).

VEMP, otolit organlarda oluşturulan uyarı ile meydana gelen miyojenik reflekslerin cilt üzerinde bulunan elektrotlar yardımıyla ölçülmesidir. VEMP'in klinikte ilk kez test olarak kullanımı ise 1994 yılında Colebatch ve Halmagyi tarafından olmuştur. Vestibüler nörit bağlamında cVEMP ve oVEMP, otolit organların tutulumu hakkında değerlendirme yapmaktadır (16). cVEMP testinin kullanılmaya başlanmasıyla SCM kasından havayla taşınan sese cevap olarak sakkül ve inferior vestibüler sinirin işlevi değerlendirilmiştir. oVEMP ise superior vestibüler sinir ve utrikülün değerlendirilmesini sağlar (17,18).

Bu çalışmamızın amacı vestibüler nörit tanısı kalorik test ile konulmuş ve kanal parezisi tespit edilmiş hastalarda vHIT ve cVEMP'in kalorik testi ve birbirlerini tamamlayıcı bir test olduğunu göstermektir. Böylece kalorik test ile vestibüler nörit tanısı alan hastaların superior veya inferior vestibüler sinir kaynaklı olup olmadığını cVEMP ile tespit edip vHIT ile bu bulguları tamamlayarak ileride oluşabilecek periferik vestibüler hastalıkların öngörülebilmesini hedefliyoruz. Ayrıca tüm testleri bir arada yaparak bir hastalığın beraberinde olabilen komorbid hastalıkların tespit edilmesine yardımcı olacağına inanıyoruz.

Araştırmanın hipotezleri:

H0: Vestibüler nörit tanısı konulmasında vHIT ve cVEMP kalorik testi tamamlayıcı testlerdir.

H1: Vestibüler nörit tanısı konulmasında vHIT ve cVEMP kalorik testi tamamlayıcı testler değildir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Vestibüler Sistemin Tarihçesi

İnsan vücudunun ayrıntılı diseksiyonlarının performansı 16. yüzyılda organlara özgü özelliklerinin belirlenmesi ve organlara spesifik hastalıkların tanımlanması konusunda keşfe yol açmıştır. Bir anatomist olan Gabriele Fallopio, kulağın anatomisini tanımlayan ilk kişidir. Fallopio, iç kulağı iki bölümde incelemiştir: Birinci bölümün semisirküler kanalları ile vestibüliyi içerdiğini, ikinci bölümün ise kohlea olduğunu belirtmiştir. Bologna Üniversitesi'nden Antonio Maria, bugün hâlâ kullanılmakta olan skala timpani ve skala vestibuli terimlerini ortaya koydu. İç kulak sıvılarından perilenf, 1761'de Cotugno tarafından tarif edilmiş. Scarpa ise membranöz labirentin ayrı bir sıvı olarak endolenf içerdiğini bulmuştur. Ondokuzuncu yüzyıl ortalarında Pierre-Marie Flourens güvercinler ile yaptığı deneylerde semisirküler kanalların kohleanın işitme fonksiyonundan ayrı ve denge için önemli bir yapı olduğunu ortaya koyan ilk fizyologtur. Flourens, kohlea alındıktan sonra hayvanların sağır olduklarını, ancak yarı dairesel kanalların tahrip edilmesinin işitmeyi etkilemediğini, bunun yerine güvercinlerin dengeyi kaybetmesine neden olduğunu bulmuştur. Ayrıca yatay semisirküler kanal kaldırıldığında, hayvanlarda yatay düzlemde ileri ve geri hızlı kafa hareketleri görülürken dikey kanallar lezyona uğratıldığında ise dikey düzlemde baş ve göz hareketlerinin meydana geldiğini belirtmiştir. Flourens semisirküler kanalların hareketi algılamaktan çok motor tepkisi oluşturduğunu düşünmüştür fakat bu yanlış yorumlamaya rağmen bu bulgular, vestibüler sistemin tarihçesinde bir dönüm noktasını temsil etmiştir. Viyanalı bir anatomist Josef Hyrtl, 1845'te yayınladığı kitapta insanın ve farklı hayvanların kohlea ve semisirküler kanallarının ayrıntılı anatomik ve mikroskopik tasvirleri ile karşılaştırmıştır. Bir Alman fizyolog olan Friedrich Goltz, semisirküler kanalların baş ve vücudun uzaydaki pozisyonunu korumak için gerekli olan duyusal organlar olarak görev aldığını keşfeden ilk kişi olmuştur (19). Breuer, Flourens'in motor tepkiler olarak yanlış yorumladığı kafa ve vücut hareketlerinin, semisirküler kanalların hasarından kaynaklandığı sonucuna vardı. Bu konudaki bir başka önemli katkısı da insanlarda vestibüler stimülasyon

sırasında refleksif göz hareketlerinin tanımlanmasıydı. Breuer ayrıca, semisirküler kanalların ivme algılayıcılarının olduğunu fakat hız sensörlerinin olmadığını; bireylerde indüklenen nistagmusun açısız dönme başlangıcında başladığını, ancak sabit bir hızın ardından yavaş yavaş durduğunu fark etmiştir. Breuer, 1873 yılında yayınladığı makalesinde semisirküler kanallar içindeki endolenfin hareketi ile başın açısız hareketini algıladığını (yani hidrodinamik kavramını) belirtmiştir. İç kulağın doğrusal ve açısız ivmelenmeleri algılamaktan sorumlu olduğu sonucuna varmıştır (19,20).

2.2. Vestibüler Sistem Embriyolojisi

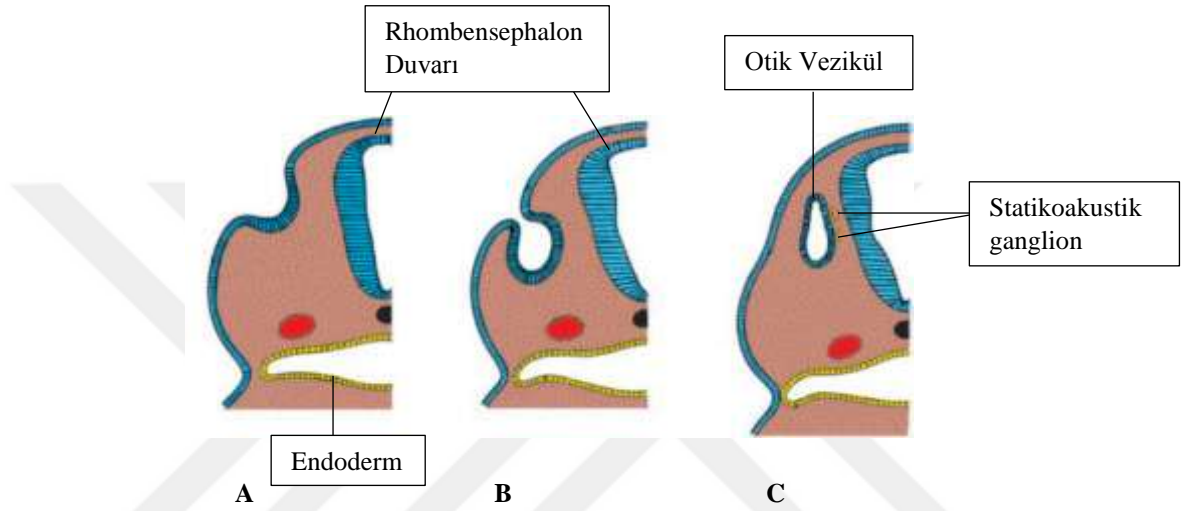
İç kulağın gelişimi intrauterin 3. haftasında başlayıp 25. haftasına kadar tamamlanan embriyolojik bir süreçtir. Gelişmekte olan kulağın ilk belirtisi rhombensephalonun her iki tarafındaki yüzey ektoderminin kalınlaşması olarak yaklaşık 22 günlük embriyolarda bulunabilir. Bu kalınlaşmalar, hızlı bir şekilde otik plaklar invajine olarak otik veya işitsel vezikülleri (otokistler) oluşturur (Şekil 1).



Şekil 1. Embriyonun otik ve optik veziküllerinin 4. haftanın sonundaki gelişimi (23)

Otuzuncu günün sonunda nöral kretten ayrılan bir hücre grubu statikoakustikofasial ganglion haline dönüşür ve ventral-dorsal olarak ikiye ayrılır (Şekil 2). Daha sonraki gelişim sırasında, ventral bileşen sakkül ve kohlear kanalın;

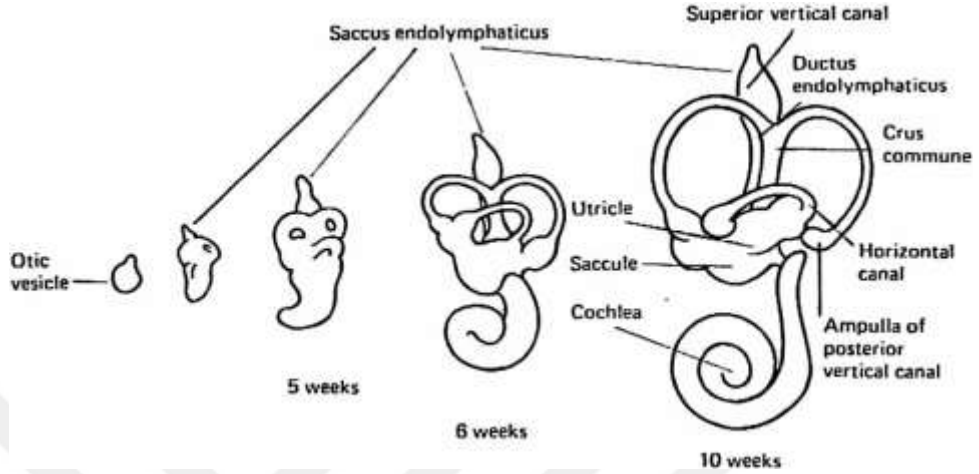
dorsal bileşen ise utrikül, duktus semisirkularis ve endolenfatik kanalın ortaya çıkmasına neden olur. Birlikte, bu epitelyal yapılar membranöz labirenti oluşturur. Beşinci haftada kohlear kısımdan ayrılan vestibüler yapıdaki poşların periferik parçalarından yarım daire kanalları oluşur. Hamileliğin 7. haftasında krista ampullaris meydana gelir. Koklear kanal çevreleyen mezenşim kısa zamanda kıkırdak yapıya dönüşür (1,21-23).



Şekil 2. Rhombensephalon'un transvers kesiti. A. 24. gün. B. 27. gün. C. 30. Gün (23).

Onuncu haftada bu kıkırdaklı yapı, vakuolizasyona uğrar ve iki perilenfatik boşluk, skala vestibuli ve skala timpani oluşur. Kohlear kanal daha sonra vestibüler membran ve skala timpaniden baziler membran tarafından skala vestibuliden ayrılır (1,23) (Şekil 3). Onbirinci haftada makuladaki duysal epitelyum ve destek hücreler ayrılarak otolit oluşur. Her bir semisirküler kanal duktusun ampullası olmak üzere üç ampuller krista; bir utrikülde bir sakkülde olmak üzere iki maküla gelişimi 14-16. haftada gerçekleşir ve maküla erişkin boyutuna bu evrede ulaşarak ikiye bölünür. Üst tarafı utriküler maküla, superior ve lateral semisirküler kanalların krista ampullarisine; alt tarafı ise, sakküler maküla ve posterior semisirküler kanalların krista ampullarisine dönüşür. Otik veziküle ilk efferent lifler ulaşır. Saçlı hücre gelişimi afferent uçların nörosensöriyel epitele gelmesiyle başlar. Yirmi üçüncü haftada krista, 25. haftada ise korti organı erişkin boyutlarına gelir. Otik vezikülün

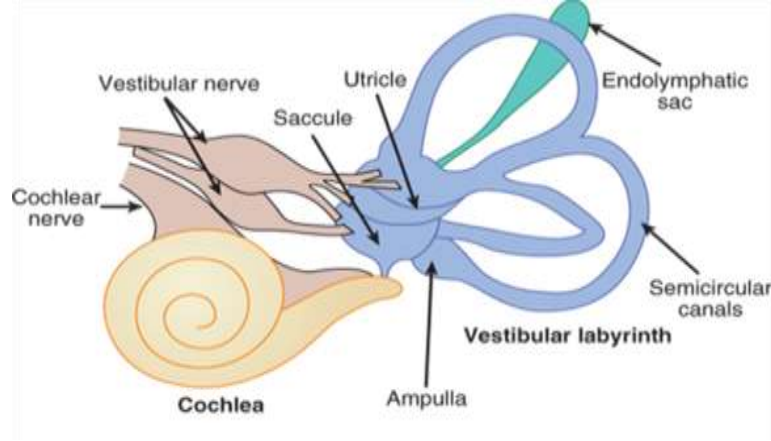
çevresindeki mezenşim hücreleri değişime uğrayarak önce kıkırdak daha sonra kemik labirenti (otik kapsül) oluşturur (21-27).



Şekil 3. İç kulağın gelişiminde kohlear ve membranöz labirentin görünümü (1).

2.3. Vestibüler Sistem Anatomisi ve Fizyolojisi

Vestibüler sistem oküler sistem, postural kaslar, beyin sapı, serebellum ve korteks arasındaki iletişimi sağlayan karmaşık bir duyumsal organizasyondur. Vestibüler sistem periferik ve santral olmak üzere iki bölüme ayrılır. Periferik vestibüler sistemi utrikül, sakkül, semisirküler kanallar (anterior, posterior, lateral), vestibüler sinir ve vestibüler ganglion meydana getirir (Şekil 4). Santral bölüm ise 4 vestibüler nükleus, ikincil nöronları ve bunların santral bağlantılarından meydana gelir (1,2,28-33).

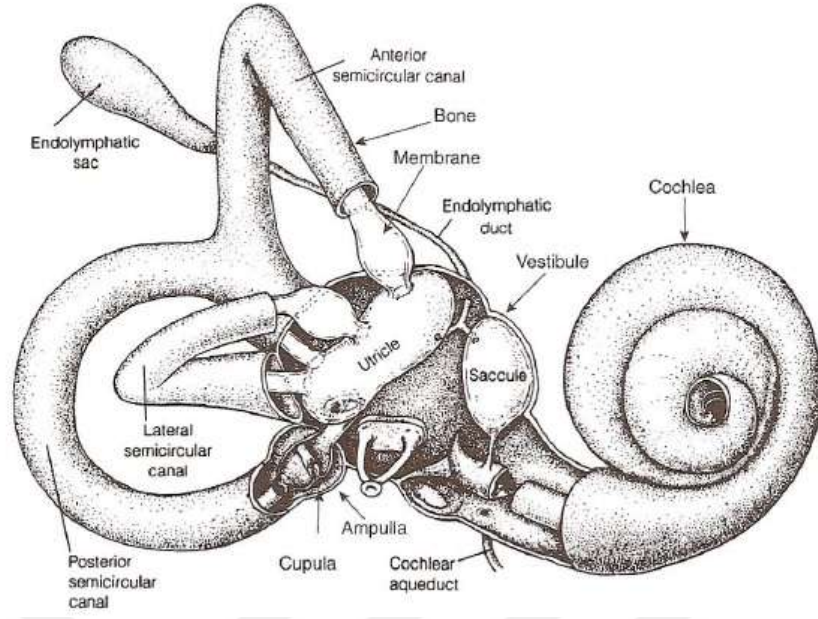


Şekil 4. Vestibüler Labirent (28)

2.3.1 Periferik vestibüler sistem

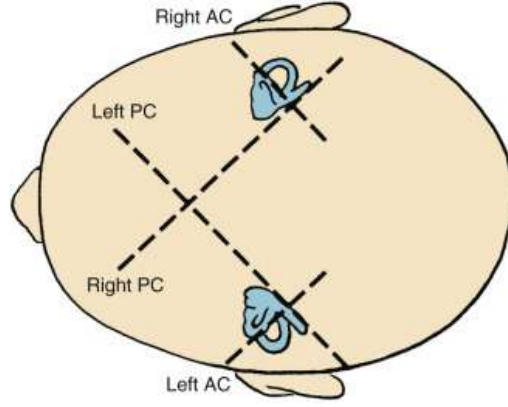
Periferik vestibüler sistem iç kulağa yerleşir ve kemik ile membranöz bir labirentten oluşur (34).

Kemik ve Membranöz Labirent: Temporal kemiğin pars petroz bölümünde yer alan, anterior kısmında koklea; posterior kısmında yarım daire kanalları ve ikisinin ortasında ise vestibülü içeren içi boş bir yapıdır. Birbirleriyle bağlantı halinde bulunan kemiksi tüp ve odacıklar sisteminden oluşan anatomik bir yapıya sahiptir. Kemik labirent, fasiyal ve vestibülokoklear sinirleri, mastoid hava hücrelerini ve orta kulak boşluğunu içermektedir (27,28,30,31). Fasiyal ve vestibülokoklear sinirlerin geçtiği yere internal akustik (*auditory*) kanal adı verilirken, mastoid hava hücreleri ve mastoid antruma açılan açıklık aditus ad antrum adını alır. İçinde hem vestibüler hem de işitsel sistemler için sensörler içeren membranöz labirent, vestibüler sistemin işlevsel bölümüdür. Bu labirent semisirküler kanal, koklea ve utrikül ve sakkül olarak bilinen iki büyük odacıktan meydana gelmiştir (31,35,36,38) (Şekil 5).



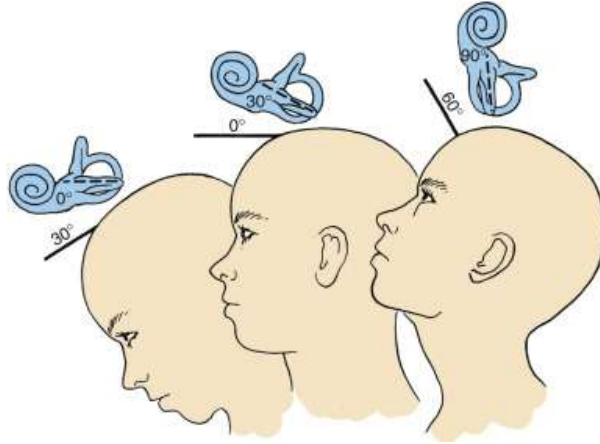
Şekil 5. Kemik ve Membranöz Labirent (31)

Semisirküler Kanallar: Bir nesne, bir eksenle ilgili dönüş hızı değiştiğinde açısal hızlanma geçirir. Bu sebeple baş, vücut döndüğünde aktif veya pasif hareket sırasında dönerken veya eğildiğinde açısal hızlanmaya maruz kalır. Her bir vestibüler labirentin semisirküler kanalları bu açısal ivmeleri algılar. Semisirküler kanallar, anterior (superior), posterior (inferior) ve lateral (horizontal) olmak üzere üçe ayrılırlar (2,31). Yarı dairesel kanallar içerdikleri kemikli yarı dairesel kanallarla aynı temel yapıya sahiptir ve bu kemikli üç adet yarım daire kanal vestibülün posteriorunda bulunur. Başın açısal ivmesini veya dönüşünü algılayan ve birbirine dik açılarla yönlendirilen kinetik labirenti oluştururlar. Anterior ve posterior kanallar sagittal düzleme 45 derecelik bir açıyla hizalanırken lateral kanallar ise aksiyel düzleme 30 derecelik bir açıyla hizalanır (Şekil 6). Sağ ve sol labirentler üç çiftli çift olarak çalışmaktadır. İki horizontal kanal bir çift oluşturur; diğer çiftlerin her biri bir anterior kanal ve kontralateral posterior kanaldan oluşur. Sağ lateral semisirküler kanal, sol lateral semisirküler kanal ile; sağ posterior semisirküler kanal, sol anterior semisirküler kanal ile; sol posterior semisirküler kanal da sağ anterior semisirküler kanal ile birbirine paralel düzlemlerde yerleşir (34-37).



Şekil 6. Semisirküler Kanalların kafa içindeki yerleşimi. (33)

Her bir kanal belirli düzlemde harekete duyarlıdır (Şekil 7). Anterior ve posterior semisirküler kanalların arka uçları birbirleriyle birleşerek utriküle açılırken lateral semisirküler kanalın arka ucu serbest olarak utriküle açılır. Kanalların her birinin ön ucunda ampulla adı verilen genişlemeler bulunur. Ampullada duyuşal nöroepitelyum içeren krista ampullaris bulunur. Bunun yanında kupula, destek hücreleri, bağ dokusu, kan damarları ve sinirler içerir (17,20-23).



Şekil 7. Semisirküler kanalların düzlemsel yönelimleri. (33)

Vestibül: Kemik labirentin orta kısmında yer alan, giriş, açıklık anlamına gelen bir yapıdır. İç kulağın ön ile arka kısımları arasında bağlantı sağlarken, lateral

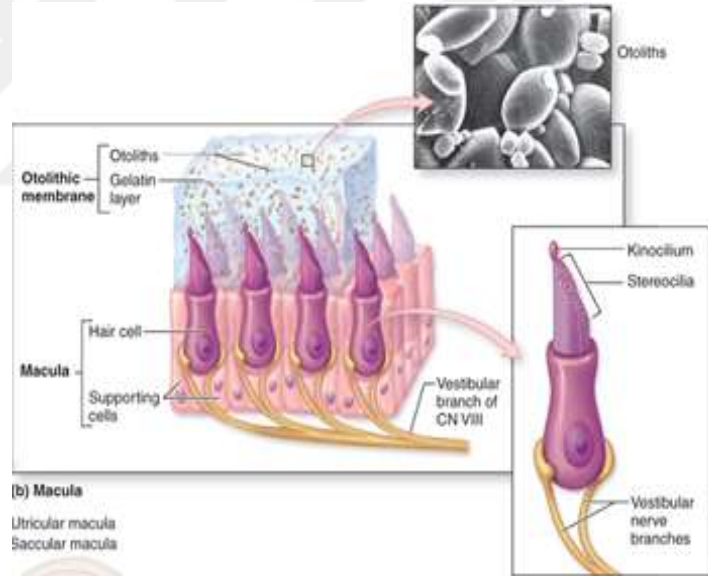
duvarındaki oval pencere yoluyla da orta kulak ile iç kulağın bağlantısını sağlar. Vestibüler uç organlardan utrikül ve sakkülü içerir (33-37).

Koklea: İç kulağın primer işitme alanı olup yaklaşık 33 mmlik bir uzunluğa sahiptir. Kendi üzerinde 2,5 kez dönerek apexte sonlanır. Salyangoz şekline benzeyen kokleanın içi sıvı dolu olup, içe kıvrık 3 adet tüpten oluşur. Bu yapılar sırasıyla skala vestibuli, skala media (*cochlear duct*) ve skala timpani adını alır (2,28,30,31). Koklear kanal, skala timpaninin bazal kısmından başlayarak, petröz kemiğin alt kısmından subaraknoidal boşluğa açılır. Vestibüler kanal vestibulumun iç duvarından başlar ve petröz kemiğin arka üst yüzündeki çukurda sonlanır. Koklear kanal perilenf içerirken, vestibüler kanal endolenfi içerir. Membranöz labirent kemik labirentin içine yerleşmiştir ve vestibüler uç organlar temel olarak bu yapının içerisinde bulunmaktadır. Membranöz labirentin vestibülün içindeki kısmında utrikül ve sakkül bulunurken, kemik yarım daire kanallarının içindeki kısımları da semisirküler duktuslar yer alır (31,32,34).

İç Kulak Sıvıları: İnsan iç kulağının sıvıları (endolenf ve perilenf) diğer vücut sıvılarına doğrudan bağlanmayan bağımsız bir sistemdir. Her iki sıvı da iyonik bileşimlerinde farklılıklar gösterir. Bu da iç kulakta işitsel ve vestibüler işlevlerin sağlanması için korunmalıdır. Endolenf, membranöz labirentin içinde yer alır. Yüksek potasyum iyonu (140-160 mEq/L) ve düşük sodyum iyonu (12-16 mEq/L) içermesiyle hücre içi sıvıya benzerdir. Endolenf, koklear kanalın lateral duvarını kaplayan otia vaskülariste yer alan hücreler tarafından üretilir, bir kanal yoluyla durameterin venöz sinüslerine akar ve endolenfatik kese tarafından emilir. Sentezlenmesinde Reissner membranı, stria vaskülaris ve vestibüler organların karanlık hücreleri de rol oynamaktadır. Perilenf, kemik labirentin tüm bölümlerini doldurur ve membranöz labirent ile kemik labirent arasında yer almaktadır. Yüksek sodyum iyonu (140 mEq/L), düşük potasyum iyonu (5,5-6,25 mEq/L) içermesinden dolayı hücre dışı sıvıya benzerdir ve az miktarda protein içermektedir (30,36,39,41). Periosteomun mikrovasküler yapısından ortaya çıkar ve bir perilenfatik kanal yoluyla subaraknoid boşluğa akar. Perilenf, membranöz labirenti kemik labirentin sert duvarından korur ve onu destekler. Endolenf ile perilenf sıvıları arasında bulunan Reissner membranı bariyer görevi görmektedir. Semisirküler kanalların krista

ampullarisinde bulunan karanlık hücreler tarafından endolenf ve perilenf arasındaki elektrolit dengesi aktif transport mekanizmayla sağlanır (38-42)

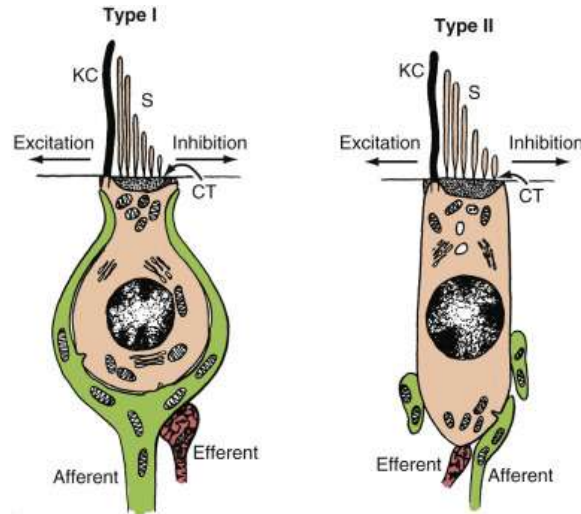
Tüylü Hücreler: Saç hücreleri iç kulaktaki en önemli yapılar olup duyma ve denge duyu reseptör hücreleridir. Tüylü hücrelerin isimleri apikal uçlarında bulunan küçük tüycüklerden kaynaklanmaktadır. İşitme ve denge ile ilişkili mekanik uyarıyı beyne iletmek için nöral bilgilere dönüştüren özel mekanoreseptörlerdir. Bir tür enerjinin diğerine dönüşümü, transdüksiyon olarak adlandırılır. Tüylü hücreler, reseptör hücrenin üst kısmından yukarı doğru çıkan ve aktin filamanları bulduran yapılardır. Her bir saç hücresinde 20-200 arası stereosilyum adı verilen küçük tüycüklerden ve 1 adet kinosilyum adı verilen büyük bir tüy bulunur (18,19,22,26) (Şekil 8).



Şekil 8. Tüylü hücreler (22)

Kinosilyum her zaman en kenarda ve en yüksek sıranın bitişinde bulunur. Kinosilyumun olduğu kenardan diğer kenara doğru gidildikçe stereosilyumlar uzundan kısaya doğru dizilir. Yarı dairesel kanallarda kinosilyumların hepsi aynı yöne bakar. Anterior ve posterior kanallarda kinosilyumlar utrikülden uzağa yönlendirilirken lateral kanallarda kinosilyumlar utriküle doğru yönelirler.

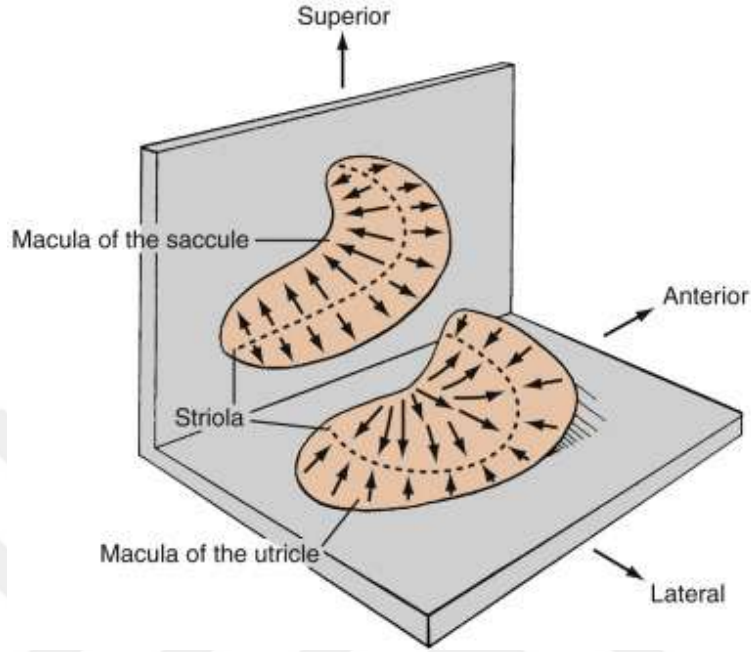
Bu nedenle belirli bir düzlemde herhangi bir yöne doğru oluşan kafa hareketinde, tüm kinosilyumlar aynı yöne hareket eder. Stereosilyumlar hassas bir geometrik dizilimle yerleşmişlerdir ve tepelerinde çok ince iplikçi bağlantılar bulunur. Elektron mikroskopuyla bile hemen hemen görülemeyen bu ince iplikçi benzeri bağlar her stereosilyumun ucunu bir sonraki daha uzun stereosilyuma bağlar ve sonuncusu da kinosilyuma bağlanır. Stereosilyumlar ile kinosilyum birlikte kinosilyum yönünde eğildiği zaman iplikçi şeklindeki bağlar stereosilyumları birbiri ardısıra hücre gövdesinden dışarı doğru çeker. Bu olay stereosilyumların tabanının çevresindeki zarda pozitif iyonları geçirecek birkaç yüz sıvı kanalını açar. Böylece hücreyi çevreleyen endolenften hücre içine pozitif iyonları alacak reseptör zarın depolarizasyonu gerçekleşmiş olur. Bunun aksine, silyumlar kümesinin karşı yönde eğilmesi bağlardaki gerimi azaltır ve bu da iyon kanallarını kapatarak reseptör hiperpolarizasyona sebep olur (25,27,28,30,31). Vestibüler sistemde iki tip duyuşal saç hücresi vardır: Tip I ve Tip II. Bu saç hücreleri arasındaki temel farklılıklar şekilleri ve inervasyon seviyeleridir. Tip I saç hücreleri kadeh şeklindedir, düzensiz ateşlenme özelliği olan geniş bir afferent sinir ucuna sahiptir ve en hafif şiddetteki baş hareketlerine karşı duyarlıdır. Tip II saç hücreleri ise silindirik yapıdadır, düzenli ateşlenme özelliği olan daha dar bir afferent sinir ucuna sahiptir ve uzamış uyarılara cevap verir. Tip I saç hücreleri Tip II saç hücrelerinden daha fazla inervasyon alır (35-39) (Şekil 9).



Şekil 9. Tip I ve Tip II tüylü hücreler. (17)

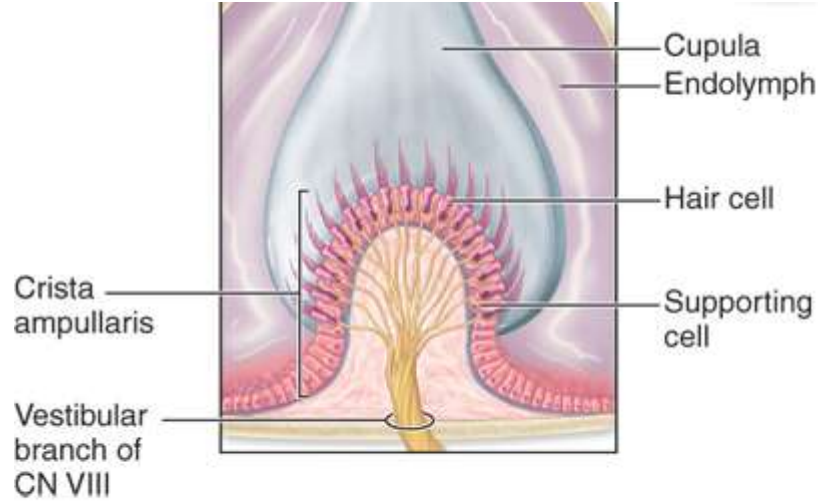
Otolit Organları: Utrikul ve sakkül olarak bilinen iki otolit organ vardır. Utrikül hafifçe düzleşmiş oval bir kesedir ve vestibülün iç yan duvarına tutunur. Sakkül oval biçimlidir ve utrikülden daha küçüktür (31,35) (Şekil 10). Duktus utriculosaccularis ile bu iki yapı birbiri ile bağlantılıdır. Başın oryantasyonunu uzayda hissedilen bu organlar statik labirentin yapılarıdır. Doğrusal hareketin yanı sıra başın lineer bir ivme olan yer çekimine göre statik yönelimini de saptar. Lineer ivmeye, yer çekimsel kuvvetlere ve başın eğilmesine cevap verirler. Her biri yaklaşık 2-3 mmlik çapı olan makula adı verilen duysal bir nöroepitel içerir. Makulalar yüzeyleri boyunca saç hücreleri ile kaplı düz oval yapılardır. İnsanda utrikulde yaklaşık 30 bin saç hücresi, sakkülde 16 bin saç hücresi mevcuttur (30-32,44). Otolitik tüy hücrelerinin stereosilyumları ve kinosilyumları tüm makulayı örten jelatinimsi bir tabaka olan otolitik membranın içine uzanır. Bu zar, yüzeyinde otolit ve otoconia adı verilen çok sayıda kalsiyum karbonat kristallerinden oluşur. Otolitler 0,5-30µm uzunluğunda olup utrikul ve sakkülün otolitik zarlarına bağlanır. Otolitlerin ağırlığı endolenfin 2-3 katı kadar olduğu için endolenf içinde yüzmez, makuladaki jelatinimsi tabakaya gömülü halde bulunur. Hareket başka bir grubu inhibe ederken bir grup tüylü hücreyi uyaracak ve aynı zamanda başka bir tüy hücresi reseptörü grubu üzerinde hiç bir etkisi olamayacaktır (22,31,32,38,40,45). Başın doğrusal hareketi veya eğimi otolitik membran ve makula yüzeyi arasında bir kesme kuvvetine neden olur. Makulalardaki stereosiller, striola adı verilen eğri bir çizgi ile konumlandırılırlar. Tüylü hücrelerin kinosilyumları sakküler makulada strioladan uzağa doğru yerleşmişken, utrikuler makulada striolaya yakın olarak yerleşmişlerdir. Tüylü hücrelerin farklı yönlerdeki bu dağılımı kafa eğiminin meydana gelme derecesine bağlı olarak çeşitli tüylü hücre uyarımının meydana gelebileceği anlamına gelir. Hareket başka bir grubu inhibe ederken bir grup tüylü hücreyi uyaracak ve aynı zamanda başka bir tüy hücresi reseptörü grubu üzerinde hiçbir etkisi olamayacaktır (30-32,38,44). Otolit organları yerleşim yerlerinden dolayı bazı hareketleri daha kolay tanıma olanağına sahiptir (22). Uzaydaki oryantasyonları ile tutarlı olarak utrikul bir araçta ileriye doğru hareket etmek gibi yatay düzlemde doğrusal hareketi algılamak; sakkül bir asansöre çıkmak gibi dikey düzlemde doğrusal hareketi algılamak. Sonuç olarak bu karmaşık yanıt modeli tüm

yönlerdeki doğrusal hareketi fark edebilir ve buna ilişkin doğru bilgiyi merkezi sinir sistemine iletmek açısından önemlidir (32,40,44).



Şekil 10. Utrikül ve sakkülün konumu (17)

Krista Ampullaris: Semisirküler duktusların ampullalarında alıcı bir organel olan krista ampullaris bulunur. Tüylü hücreler ve destek hücrelerinin yerleştiği bu yapıda kupula, kan damarları ve sinir lifleri mevcuttur. Histolojik olarak makulaya benzer. Krista ampullaris tüylü hücrelerinin gömülü olduğu jelatinimsi bir madde olan kupula ile kaplıdır. Kupula tavanda ampullanın duvarına bağlıdır (Şekil 11). Kupulanın özgül ağırlığı 1gr/ml'dir ve su geçirmez yapısı sayesinde ampulladan sıvı akışını engeller. Kabarık bir yapıya benzeyen krista ampullarisin tepe bölgesinde daha çok Tip I hücreleri yerleşmişken kenarlarında daha çok Tip II duyu hücreleri görülmektedir (40-44).

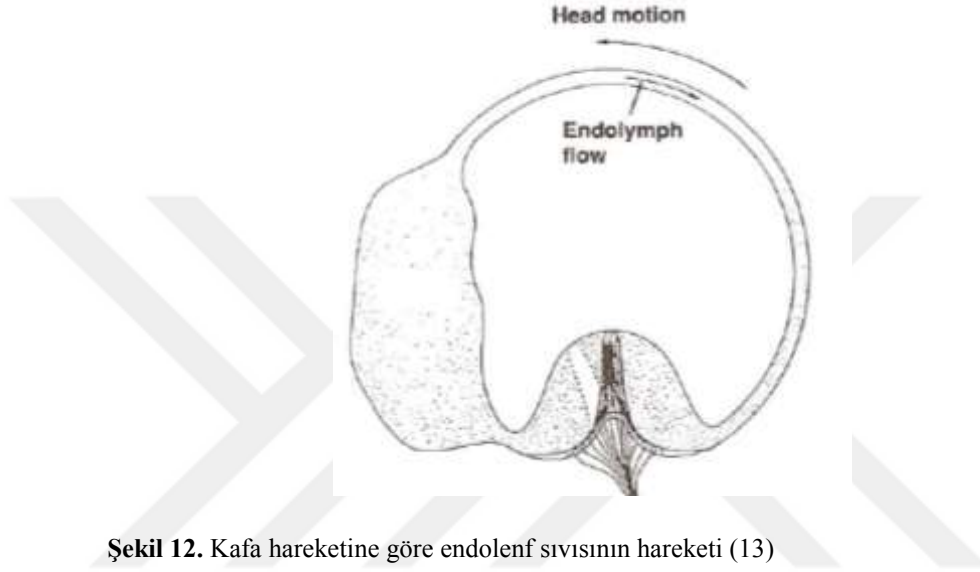


Source: Anthony L. Mescher: Junqueira's Basic Histology: Text and Atlas, 15th Edition. Copyright © McGraw-Hill Education. All rights reserved.

Şekil 11. Krista ampullarisin yapısı (22).

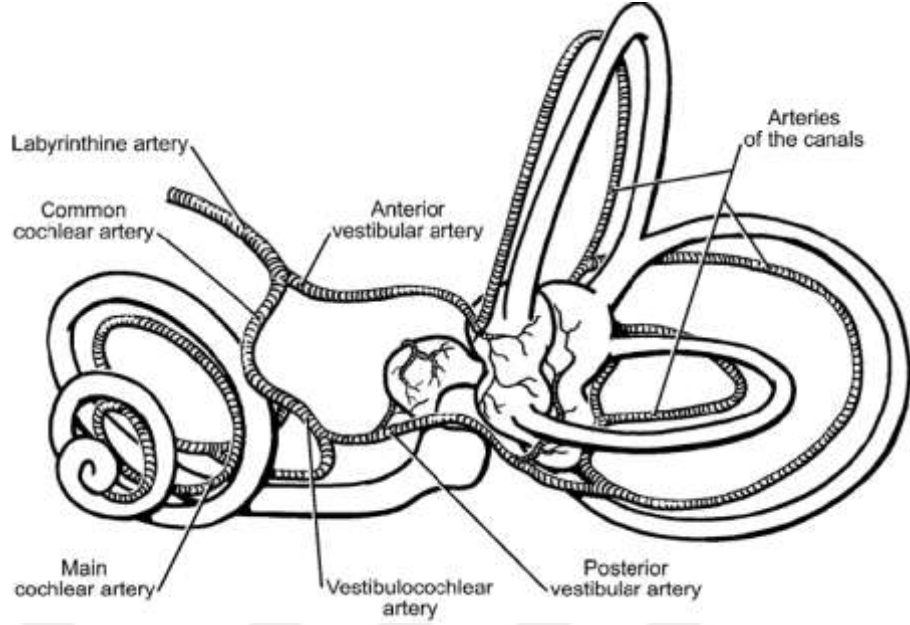
Rotasyonel hızlanma kupulada yer alan endolenf sıvısını hareket ettirir. Dolayısıyla tüylü hücreler de hareketlenmiş olur. Böylece iyon kanalları açılır ve saç hücreleri depolarizasyona uğrar. Bunun sonucunda afferent liflerin ateşlemesi artar. Kafa dönme hızı sabit olduğunda kupula dik konuma döner ve hücrenin membran potansiyeli normalleşir. Başın rotasyonel yavaşlaması kafa hareketi ile aynı yönde kupulanın yer değiştirmesi ile sonuçlanır. Bunun sonucunda saç hücreleri hiperpolarize olur ve afferent sinir ateşlemesinde azalma meydana gelir. Kafa bir yöne çevrildiği zaman SSK içerisindeki endolenf sıvı eylemsizlik sonucu hareketsiz kalma eğilimi gösterir. Kafanın çevrildiği yönün tersine doğru göreceli bir endolenf hareketinin gerçekleşmesine neden olur (Şekil 12). Baş çevrilmeye başladığından itibaren tüylü hücreler hareket uyarısı iletirken, baş durduğunda bir müddet daha zıt yöne hareket devam ediyormuş gibi uyarı iletirler (20,31,32,34). Krista ampullaris açısal harekete duyarlıdır. SSK'da uyardıya neden olan endolenf akışı eşleştiği kontralateral kanalın saç hücrelerini inhibe edecektir. Semisirküler duktusların her birinin çifti bulunur. İki lateral kanal; sağ anterior ve sol posterior; sol anterior ve sağ posterior bir çifttir ve birlikte çalışırlar. Böylece beyin aynı bilgiyi iki ayrı kaynaktan alır. Bir semisirküler kanalda uyarım artarken kontralateralindeki kanalda uyarım azalır. Endolenfin SSK içerisindeki hareketi ampullopetal veya ampullofugal

yöndedir. Ampullopetal akış lateral kanalda bir uyarıcı yanıt; anterior ve posterior kanallarda bir inhibitör yanıt gerçekleştirir. Ampullofugal akış ise lateral kanalda inhibitör yanıt; anterior ve posterior kanallarda uyarıcı bir yanıt oluşturur. Başın herhangi bir düzlemdeki açısal hareketi ve hızı, semisirküler kanallardaki tüylü hücreler tarafından algılanarak merkezi sinir sistemine iletilir (19,21,30,44).



Şekil 12. Kafa hareketine göre endolenf sıvısının hareketi (13)

Vestibüler Labirentin Kan Akımı: A. labyrinthi membranöz labirenti ve nöral yapılarını besler fakat otik kapsül ve timpanik kavitedeki arterlerle bağlantı kurmaz. A. labyrinthi değişken bir kökene sahiptir. Genellikle anteroinferior serebellar arterden (AICA) kaynaklanır ancak bazen baziler arterden veya bazı dallarından köken alır. İç kulağa girerken iki dala ayrılır: A. vestibularis anterior ve a. cochlearis communis. A. vestibularis anterior anterior ve lateral SSK, utrikul ve sakkülün bir kısmını beslerken, a. vestibularis posterior, posterior ampullayı ve sakkülün büyük bir kısmını besler. A. cochlearis communis, a. vestibulocochlearis olarak bir süre devam eder ve sonra a. vestibularis posterior olarak bölünür (37-39,41,45) (Şekil 13).



Şekil 13. Vestibüler labirentin kanlanması (20)

Vestibüler Ganglion: Scarpa ganglionu olarak da bilinen vestibüler ganglion, iç kulak yolunun lateral kısmında yer alır. Krista ampullaris ve makuladaki tüylü hücrelerinden afferent uyarıları alan 20.000 bipolar hücre gövdelerinden oluşur. Vestibüler ganglion üst ve alt olmak üzere ikiye ayrılır. Üst bölümündeki periferik lifleri utrikulun makulasının, superior ve lateral SSK'ların krista ampullarisinde sonlanır. Posterior SSK'ların sakkül ve krista ampullarisindeki makulaları vestibüler ganglionun alt kısmından periferik vestibüler dallar alırlar (30,44).

Vestibüler Sinir: Vestibüler ganglionun üst ve alt bölümlerinden alınan aksonlar vestibüler siniri oluşturmak için birleşir. Vestibüler sinir yaklaşık 15.000 lif içermekte ve superior ve inferior olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Anterior ve lateral SSK'ların ampullaları ile utrikul makulasının lifleri, superior vestibüler siniri meydana getirirken, posterior SSK'ların ampullası ile sakkül makulasının lifleri inferior vestibüler siniri oluşturur. Vestibüler sinirin superior ve inferior dalları birleştikten sonra kemik labirentinden çıkarken koklear sinirle birleşir ve VIII. kranial sinir olan vestibulokoklear siniri oluştururlar. Fasiyal sinir ile birlikte internal akustik kanaldan geçerek vestibüler çekirdeğe ulaşan vestibüler sinir, vestibulokoklear sinirin posterior yarısında bulunur. VIII. kranial sinirin afferent lifleri serebellum, omurilik, ekstraoküler çekirdek ve kontralateral vestibüler nükleus

ile iletişim kuran vestibüler çekirdeğin içinde son bulur. Bu noktada vestibüler sinir, koklear sinirden ayrılır. (30,41,44,45).

2.3.2 Santral Vestibüler Sistem

Periferik vestibüler aparatın gelen sinirsel sinyaller vestibüler sinir yoluyla merkezi sinir sistemine iletilir. Temel olarak iki bölgeye ulaşır: Vestibüler çekirdekler ve serebellum. Santral vestibüler sistem vestibüler bilginin alınması, dağıtılması ve takibinde görev almaktadır (39).

Vestibüler Nükleer Kompleks: Vestibüler nükleer kompleks vestibüler girdinin birincil işlemcisidir. Gelen afferent bilgiler ile motor çıkış nöronları arasında doğrudan ve hızlı bir bağlantı kurulmasını sağlar. Beyin sapına girdikten sonra, birincil vestibüler afferentlerin çoğunluğu başlangıçta kaudal pons ve vestibüler medüladaki vestibüler nükleer kompleksine geçerler. Vestibüler çekirdekler vestibüler dağılım için bir röle noktası olarak hareket eder. Ayrıca, hız depolaması ve hız-pozisyon dönüşümü gibi vestibüler bilginin işlenmesinde de bir role sahiptir. Beyin sapının her bir tarafında histolojik özelliklerine ve bağlantılarına göre ayırt edilen 4 ana vestibüler çekirdek vardır: Medial vestibüler nükleus (MVN), superior vestibüler nükleus (SVN), lateral vestibüler nükleus (LVN) ve inferior vestibüler nükleus (IVN). Ana çekirdekler ayrıca sırası ile şu şekilde bilinmektedir: Schwalbe, Bechterew, desandan ve deiters. Bu çekirdekler rhomboid fossada yer alırlar ve iki ana hücre sütunu oluşturarak rostral medulladan kaudal ponsa kadar uzanırlar (28,30-32).

Medial vestibüler çekirdek (Schwalbe): MVN, dördüncü ventrikül kaudalının altında, superior ve inferior nükleusun medialinde yer alıp medial hücre sütununu oluşturur. Yaklaşık 10 mm uzunluğunda olup toplam hacmi yaklaşık 30 mm³'tür ve yaklaşık 125.000 nöron ile en büyük çekirdek özelliğine sahiptir. Çekirdeğin üst kısmındaki nöronlar, semisirküler kanalların kristasından ve aynı zamanda serebellumun fastigial nükleus ve flocculusundan aferent lifler alırlar. Kaudal kısım ise ana aferentlerini serebellumdan alır. VOR'a aracılık etmek için medial longitudinal fasikulusa ve daha

sonra ekstra oküler kasların motor çekirdeklerine doğru uzanır. Ayrıca baş ve boyun hareketlerinin koordinasyonunu sağlamak için medial vestibulospinal traktusa vestibüler sinyalleri gönderir (32-34).

Superior vestibüler çekirdek (Bechterew): İnsanlarda SVN, trigeminal motor çekirdeğinin kaudal kutbundan yaklaşık abducens çekirdeği seviyesine kadar uzanır. Yaklaşık 20.000 nöron içerir ve 2.7 mm uzunluğundadır. Superior semisirküler kanaldan elde edilen lifler medialde olup horizontal ve posterior kanallar daha lateralde bulunur. Superior ve posterior SSK'ların krista ampullarisinden gelen afferent lifleri alır. Vestibülo-oküler refleksi (VOR) yönlendiren temel çekirdektir. Vestibülo-oküler refleksi koordine etmek için medial longitudinal fasikulus yoluyla ekstraoküler kaslara efferent lifler gönderir (41,42,44)

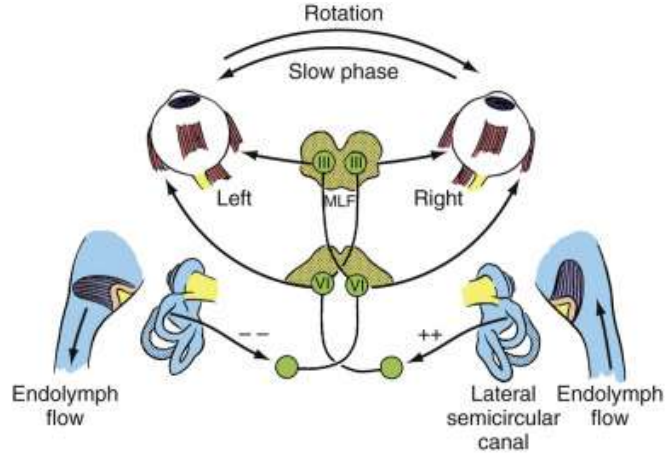
Inferior vestibüler çekirdek (Desandan): IVN, anatomik olarak medial vestibüler nükleustan ayırt etmek zordur. İnsanlarda, yaklaşık 55.000 nöron ile yaklaşık 8 mm uzunluğundadır. Esas olarak ukrikül ve sakkül makulasından duyuşsal afferentleri alır. Bu çekirdeğin diğere üç vestibüler çekirdeğe ve serebelluma giden bağlantıları vardır. IVN'nin vestibüler duyuşsal girdilerin hareketler ve denge kontrolü için önemli geri bildirim sağladığı görülür. Diğere duyuşsal girdiler ile entegrasyon (görsel ve proprioseptif gibi), bir sonraki acil hareketi planlarken motor planlama sürecinde önemli bir role sahiptir. Geniş bir afferent sinir ağına sahip olduğu için diğere vestibüler yapılar arasındaki bütünlüğü sağladığı düşünülmektedir (28,30,32,34)

Lateral vestibüler çekirdek (Deiters): Üst çekirdeğin kaudal ucundan başlayarak ve abducens çekirdeğinin seviyesinin altında biten, lateral nükleus kök giriş bölgesine karşılık gelir. LVN'nin uzunluğu 5,6 mm'dir ve yaklaşık 25.000 nöron içerir. Merkezi ventral parçaya göre dorsokaudalda nispeten daha fazla olan dev hücrelerin (30 ila 60 µm) varlığı ile ayırt edilir. Bu özelliğiyle en büyük hücre gövdesine sahip vestibüler çekirdektir. Yarı dairesel kanallardan ve otolit organlarından lifler alır. Ayrıca serebellum ve omurilikten de afferent lifler alır. Bu nükleustan kaynaklanan ikincil afferentler vestibülo-oküler yolların bir bölümünü oluşturur. Esas olarak postür ve dengeyi korumak için vestibulospinal reflekste rol oynar (24,30,32,36,45).

Serebellum: Serebellum vestibüler sistemde adaptif bir işlemci olarak görev alır. Fossa cranii posteriorda yerleşir. Vestibulocerebellum bölümü flocculonodular lobta bulunur. Afferent lifler vestibüler çekirdeklerden ve vestibüler organlardan serebellumun lobulus, uvula, flocculus ve paraflocculusuna doğru ilerler. Efferent lifler bu yapılardan retrograd olarak vestibüler çekirdeğe doğru ilerler. Bu lifler serebellar motor işlev için vücudun konumlandırma ve hedefe yönelik hareketleri için destek motor fonksiyonunu kontrol eder. Serebellar flocculus vestibulo-oküler refleksin kazancını ayarlarken serebellar nodulus ise vestibulo-oküler refleksin süresini ayarlar ve aynı zamanda makuladan afferent aktivitenin işlenmesinde rol oynar. Eğer flocculonodular lob bir hasara uğrarsa dinamik dengede bozulmalar görülecek fakat statik denge çok fazla etkilenmeyecektir (23,32-34,38)

2.4 Vestibüler Refleksler

Vestibulo-oküler Refleks (VOR): Vestibüler sistemin oküler sistem üzerindeki etkisi VOR olarak adlandırılır (Şekil 14). VOR, gözün devam eden kafa hareketlerine karşı zıt yönde hareket ettirilmesi ile yürüme ve koşma gibi günlük aktiviteler sırasında fovea üzerindeki görüntüleri etkili bir şekilde stabilize eder. Bir nesneyi odakta tutmak için göz ve kafa hareketini koordine eden VOR, 8 ila 12 ms arasında bir gecikme süresiyle insan vücudundaki en hızlı reflekslerden biridir. Baş hareketleri ile göz arasındaki bu ilişki denge için de gereklidir. VOR, pozisyon hakkında bilgi vermez. Bunun için optokinetik reflekse ihtiyaç vardır. Birlikte çalışan bu refleksler mükemmel bir telafi edici göz hareketi oluşturmazsa, görsel görüntüler retinaya çarpar ve görüntünün bulanıklaşmasına neden olur. Görsel sistem vestibüler sistemden sürekli olarak efferent bilgiler alır ve göz pozisyonunu kafa ve vücut pozisyonuna göre sürekli olarak ayarlar (19,24,31,32,40).



Şekil 14. Lateral semisirküler kanalların ve vestibulo-oküler refleksin gösterimi. (22)

Vestibülo-oküler afferentler, ipsilateral okülomotor çekirdeğe, kısmen beyin sapında medial longitudinal fasikulus lateralinden geçerek uzanırlar. Vestibüler çekirdekler ile okulomotor çekirdekleri arasında bağlantıyı sağlayan lifler sekonder vestibüler nöronu oluşturur. VOR'un iki bileşeni vardır: SSK tarafından aracılık edilen açısız VOR ve otolitler tarafından aracılık edilen doğrusal VOR. Hedefi odakta tutmak için örneğin, kafa 20 derece sağa döndüğünde gözler aynı zamanda 20 derece sola ve aynı zamanda net görüş sağlamak için neredeyse aynı hızla hareket etmelidir. Yürüyüş esnasında baş tam olarak durmuyor, aksine dönüyor ve aşağı doğru hareket ediyor. Yine de, duvardaki resimler gibi nesnelere dönmüyor, yukarı ve aşağı atlamıyor, hala duruyorlar. Bunun nedeni, vestibüler sisteminizin, nesnelere odakta tutmak için gözlerinizi başınızın ters yönünde hareket ettirmek üzere tetiklemek için çalıştığıdır (19,20,31,32,46). Yarım dairesel kanallardan vestibüler çekirdeğe doğru VOR'a eşlik eden üç nöron refleks arkı ilk olarak 1933'te Lorente de No tarafından tanımlanmıştır. Birincisi, periferik vestibüler organlardan vestibüler çekirdeğe - lateral, medial, superior ve inferior - yanı sıra az bilinen işlevleri olan 7 küçük çekirdeğe; ikincisi oradan okülomotor çekirdeğe; üçüncüsü ekstra-oküler kaslara ulaşır (49,50)

Vestibulo-oküler refleks, orijin aldığı vestibüler duyu yapılarına göre kanal-oküler ve otolit-oküler refleksler olarak incelenebilir.

Kanal-oküler refleks: Kanal-oküler refleks SSK'nın ampullasından gelen bir uyarıyla tetiklenir. Her bir kanalın uyarılması aynı düzlemde bulunan kasların kontraksiyonuna neden olur (Flourens Kanunu) (22).

Horizontal VOR: Lateral SSK'nın uyarılması ipsilateral medial rektus ve kontralateral lateral rektusun kasılmasına neden olurken, inhibisyon kontralateral medial rektus ve ipsilateral lateral rektusun kontraksiyonuna yol açar. Böylece gözler karşı tarafa doğru birlikte hareket ederek baş çevrilse dahi karşı tarafta sabit duran cisme odaklanılır.

Anterior VOR: Anterior SSK'nın uyarılması ipsilateral superior rektus ve kontralateral inferior oblik kontraksiyonuna yol açar. Bu da gözlerin yukarı doğru çekilmesine ve karşı tarafa doğru dönme hareketi yapmasına sebep olur.

Posterior VOR: Posterior SSK'nın uyarılması ipsilateral superior oblik ve kontralateral inferior rektusun kontraksiyonuna neden olur. Bu da gözlerin aşağıya ve karşı tarafa doğru dönmesine sebep olur (40-42,44,49,50).

Normal olarak, kafa bir yönde hareket ettikçe gözler eşit hızda ve zıt yönde hareket eder. Bu dengeleyici göz hareketi yavaş olmakla beraber vestibüler yavaş faz olarak adlandırılır. Başın rotasyonu hızlı olduğunda gözler saniyede 200 dereceden fazla hızlara ulaşabilir. Göz hızı ile baş hız arasındaki bu ilişki VOR'un kazancı olarak ifade edilir. VOR fazı, göz ve baş pozisyonu için zamanlama ilişkisini temsil eder. İdeal olarak, göz pozisyonu zıt yönelimli kafa pozisyonuna eşit bir zaman noktasına ulaşmalıdır. Bu da sıfır faz kayması olarak tanımlanmaktadır. VOR en iyi, yüksek frekans aralıklarında çalışmasına rağmen 8 Hz'e kadarki frekanslarda da çalışabilmektedir. 1 Hz'den daha yüksek bir frekans, kafanızı bir saniyede sağa ve sola veya yukarı ve aşağı çevirmeye eşdeğerdir. Semisirküler kanal aferentleri, 4.5 sn'lik kısa bir zaman sabiti ile açısız ivme ve çıkış açısız hızını algılar. Baş hareketlerinde, semisirküler kanallardaki saç hücreleri açısız ivmeye tepki verir. Kupula ve endolenfin elastikiyeti nedeniyle 3-5 sn'lik bir zaman sabiti ile bozulan kupula afferentlerinde kafa hızıyla ilgili bir sinyal üretilir. Kafa hız değişimlerine yanıt olarak gelişen nistagmus, en az 15-25 sn'lik bir zaman sabitine sahiptir. Aradaki bu farklılık santral sinir sisteminden kaynaklanmakta olup "hız depolama mekanizması" olarak adlandırılmıştır. Vestibüler sistem 0.8 Hz'ten az ve 5 Hz'ten fazla frekanslara karşı cevap oluşturmaz fakat hız depolama mekanizması sayesinde 0.8 Hz'ten daha düşük frekanslara da cevap oluşturulabilmektedir (21,22,49,50).

Ewald Kanunları: Endolenf hareketlerinin meydana geldiği kanal ile baş ve göz hareketlerinin yönü arasında bir ilişki vardır. Bu yapıların birbirleri ile olan ilişkisi 1992 yılında Ewald tarafından tanımlanmıştır. Ewald, yarım daire kanallarının her birine pozitif ve negatif basınç uygulayarak, şu anda Ewald'ın birinci, ikinci ve üçüncü kanunları olarak bilinen üç gözlem gerçekleştirmiştir.

- 1) Semisirküler bir kanalın uyarılması sonucu, uyarılan kanal düzlemindeki göz hareketleri endolenf akımı yönündedir.
- 2) Yatay kanaldaki ampullapetal endolenf akışı ampullafugal endolenf akışından daha büyük bir yanıt oluşturur.
- 3) Ampullofugal akım anterior ve posterior kanallar uyarıldığında, ampullopetal akımdan daha büyük bir yanıt oluşturur (19,31,41,47)

Otolit-oküler Refleks: Otolit-oküler reflekslerin kaynağı otolit organlardır. Bir semisirküler kanalın tüm duyuşal hücreleri aynı yönde hizalanır ve kanal düzleminde hareket eden bir uyarıcı tarafından uyarılır veya inhibe edilir. Makuladaki tüylü hücrelerin farklı yönlerdeki diziliş, kristadakilere farklıdır. Bu nedenle, otolit-oküler reflekslerin incelenmesi, kanal-oküler reflekslerden daha karmaşıktır ve teknik olarak daha zordur. Henüz kanal-oküler refleks kadar net bir şekilde anlaşılammıştır. Otolit-oküler refleksin rolü bakış stabilizasyonunu sağlamaktır (19,20,24,31)

Vestibülo-spinal Refleks (VSR): Postür ve dengenin korunması ile vücudu stabilize eden bir reflekstir. Başın ivmelenmesi, vestibüler labirentin duyuşal epitelyumu tarafından algılanan spesifik bir okülomotor cevaba neden olmakla kalmaz, aynı zamanda üst ve alt ekstremite yanıtına da neden olur. VSR'nin amacı bir destek yüzeyi üzerinde duruşu ve kütle merkezini korumaktır. Vestibüler nükleus ve motor nöronlar arasındaki fonksiyonel sinir bağlantıları, vestibüler nükleus ve oküler kaslar arasındaki bağlantıdan daha karmaşıktır. VSR, hem lateral hem de medial vestibülospinal yolları içerir ve medial ve lateral vestibülospinal yollar yoluyla motornöronlar üzerinde etkilidir (48,51). Medial vestibülospinal yol (MVST)

lateral, medial ve inen vestibüler nükleuslardan boyun ve gövde aksiyel kaslarına lifler taşır. MVST'nin lifleri ipsilateral ve kontralateral projeksiyonlara sahiptir ve esas olarak servikal spinal kordda sonlanır. Lateral vestibülospinal yol (LVST), lateral vestibüler nükleuslardan köken alır ve her iki omurilik seviyesine ipsilateral olan nöronları taşır. SSK'lar tarafından algılanan başın açısal rotasyonu medial vestibülospinal traktustan medial vestibüler nükleusa iletilir. Bu sistem servikal spinal kordda motor nöronlara bilateral olarak yol açarak baş ve boyun hareketlerini koordine eden servikal aksiyel kasları harekete geçirir (31,32,48)

Vestibülo-kolik refleks (VCR): VCR'nin amacı, vücut hareket halindeyken başın merkezde tutulması ve boynun üzerinde sabitlenmesidir. Vestibülokolik refleks, vestibüler reseptörleri sternokleidomastoid kasın motor nöronlarına bağlar. VCR, pozisyon değişiklikleri konusunda vestibüler sistemden efferent uyarı alır ve boyun kasları ile bağlantı kurarak başı stabilize etmek için baş veya vücut pozisyonunda bu değişikliklere tepki vermelerini sağlar (48,51,52)

Vestibülospinal yollar: Vestibüler çekirdek orjinli 2 adet vestibülospinal yol vardır. Bunlar: Lateral ve medial vestibülospinal yollardır. Lateral vestibülospinal traktus, medulla spinal yoldan sakral seviyeye; medial vestibülospinal traktus ise servikal seviyeye ulaşır. Üçüncü spinal yol ise retiküler formasyondan orjin alan retikülospinal yoldur (22,41,43)

2.5 Video Head Impulse Test (vHIT)

Baş itme testi ilk olarak 1988 yılında Curthoys ve Halmagyi tarafından vestibüler hipofonksiyonun klinik bir işareti olarak tanımlanmıştır. Vestibüler işlev bozukluğuna yol açabilecek birçok patolojiye uygulanabilen, çok sayıda endikasyonla vestibüler işlevi ölçmek için kullanılan temel testtir. Curthoys ve Halmagyi tarafından tarif edildiği gibi, klinik baş itme testinin patolojik işareti; kısa ve hızlı baş ivmelenmesinden sonra ortaya çıkan telafi edici “yakalama” sakkadlarının varlığıyla belirlendi (53,54). Tanımlanmasından sonraki ilk yıllarda, baş itme testi, klinik bir işaret olarak yaygın bir şekilde kabul edildi ancak klinik baş itme testinde elde edilen cevapların objektif ölçümü deneysel yöntemlerle sınırlıydı. Bahsedilen sınırlı ölçümleri ortadan kaldıran gelişme, 1994 yılında baş itme testinin

bir video kamera aracılığıyla kayıt altına alınarak daha objektif sonuçlara ulaşılmasıyla gerçekleşmiştir. Böylece baş itme testi, video head impulse test adını almıştır. Magnusson ve ark. (2002), videonistagmografi kullanarak testin güvenilirliğini ve duyarlılığını arttırmanın mümkün olduğunu göstermiştir. vHIT, açık ve gizli sakkadları tanımlayabilen ve her bir yarı dairesel kanalın VOR kazanımını araştıran bir başucu testidir (56-58).

Göz ve baş hareketleri arasındaki oran kazanç olarak bilinir. Hesaplandığında, normal VOR fonksiyonu olan hastalarda kazanç değeri 1'e çok yakın olmalıdır. Bir VOR patolojisi olduğunda, göz hareketi baş hareketiyle orantılı olmayacaktır. Sonuç olarak, gözlerin tekrar hedefe sabitlenmesi için sakkad olarak bilinen düzeltici bir göz hareketi yapılmalıdır. Göz hareketinin baş hareketiyle orantılı olmadığını gösterdiğinden, 1'den belirgin olarak düşük bir değer VOR patolojisinin güçlü bir göstergesidir (58,59).

Testi uygulayan kişi, hastanın önünde durarak hastanın kafasını tutarak 20-30 dereceye kadar öne eğer. Hastadan sabit bir hedefe, genellikle klinisyenin burnuna bakması istenir. Hastanın kafası ani (>3000 derece/s²), pasif ve hasta tarafından tahmin edilemeyen bir şekilde 10-20 derecelik açıyla sağa veya sola çevrilir. Hastanın bakışları hedefte kalır ve sagittal düzlemiyle hizalanır. Eğer gözler hedeften sapmayıp baş hareket yönünün tersine hareket ediyorsa bu sağlıklı bir VOR yanıtının göstergesidir. Semisirküler kanal fonksiyonu bozukluğunda ise VOR yetersizdir ve gözler baş ile hareket eder yani hedeften sapar. Baş dönmesinin sonunda, hasta bakışlarını geri döndürmek için bir tekrarlama sakkadı yapar. Bu düzeltici sakkad, kafa dönüşü durduktan sonra yapıldığı için çıplak gözle algılanabilir ve dolayısıyla 'overt' sakkadları olarak adlandırılır. SSK yetersizliği olan bazı hastalarda çıplak gözle görülemeyecek kadar gizli sakkadlar oluşabilmektedir. Bu küçük düzeltici sakkadlar gizli sakkadlar olarak bilinmektedir. Gizli sakkadlar VOR'un erken dönem sakkadiyken, overt sakkadlar VOR'un geç dönem sakkadıdır (56-58).

Çoğu vHIT sistemi, yüksek kare hızları (göz hareketlerini yakalamak için) ve bir ivmeölçer/jiroskop (kafa hareketini yakalamak için) ile donatılmış aynalı, ultra hafif gözlüklerden ve yüksek frekanslı (250 Hz) bir video kameradan oluşur. Kızılötesi ışık ile aydınlatılan gözlerin görüntüsü bir ayna yardımıyla kameraya yansıtılmaktadır. Gözlük hastanın gözüne baş hareketleri esnasında kaymayı

önleyecek şekilde sıkıca giydirilmelidir. Baş dürtülerine başlamadan önce hastadan göz seviyesinde konumlandırılmış ve aralarında 1 metre mesafe bulunan bir hedefe bakması talimatı verilir. Bu hedef yerden 90 cm yükseklikte bulunan kırmızı bir noktadır. Kamera pozisyonu video kaydında göz bebeği tam ortada olacak şekilde ayarlanmalıdır. Kadın hastalarda göz makyajına dikkat edilmelidir. Göz makyaj varlığında optik pupile odaklanılamayacağından test yapılamayacaktır (56,58,60).

Her hasta için teste başlanmadan önce sistem kalibre edilmelidir. Kalibrasyon standart (göz kalibrasyonu) ve baş kalibrasyonu olarak iki aşamalı yapılmaktadır. Kalibrasyon işlemi gözlüklerin merkezine yerleştirilmiş ve merkezden 8.5 derece açılarla konumlandırılmış 5 adet lazer ışığı kullanılarak gerçekleştirilir. Hastalardan başlarını hareket ettirmeden duvardaki her noktaya bakması istenir. Hastanın hangi noktaya bakacağı gözlemci tarafından sesli olarak söylenir. Birer saniye aralıklarla her bir noktaya bakması istenen hasta, toplamda 24 saniye süren göz kalibrasyonunu gerçekleştirmiş olur. Hastadan duvardaki noktaya bakarken kafasını yukarı aşağı ve sağa sola beş tekrar hareket ettirmesi istenir. Toplamda 15 saniye süren baş kalibrasyonu da gerçekleştirilmiş olur (61-64)

Kalibrasyon bittikten sonra teste başlanır. Hastanın kafası 15-20 derece açıyla ani, hızlı (100-250°/sn) ve düzensiz bir şekilde sağa, sola, öne veya arkaya doğru itilir. Düzenli yönlere yapılan hareketlerden kaçınılmalıdır. Çünkü hasta belli bir süre sonra pasif baş hareketi gerçekleştirecektir. Her bir SSK ölçümleri için farklı kafa hareketleri uygulanır. Kafa orta hattayken baş 45 derece sağa sola hareket ettirildiğinde horizontal SSK; baş sağ rotasyon pozisyonundayken kafa aşağı yukarı hareket ettirildiğinde left anterior right posterior (LARP) SSK; baş sol rotasyonda pozisyonundayken kafa aşağı yukarı hareket ettirildiğinde right anterior left posterior (RALP) SSK uyarılır. Horizontal SSK uyarımının daha yüksek bir duyarlılığa sahip olduğu pozisyon başın 30 derece aşağı eğik pozisyonudur. Kafa itme hareketinin doğruluğu cihaz tarafından tespit edilir. Test, her yönde yaklaşık 20 uyarı oluşturularak toplamda 4-5 dakika sürer. Test bitiminde SSK'ların asimetrisi, sakkadlar ve her kafa rotasyonundaki VOR kazancı bilgisayar ortamında görüntülenir (22,60,64-68).

2.6 Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyeller (VEMP)

Vestibüler uyarılmış miyojenik potansiyeller ilk olarak Bickford ve arkadaşları tarafından 1964 yılında tanımlanmıştır. VEMP'in klinikte ilk kez test olarak kullanımı ise 1994 yılında Colebatch ve Halmagyi tarafından olmuştur. Colebatch ve Halmagyi, kısa ses sinyalleriyle vestibüler uyarımı takiben sternokleidomastoid (SCM) kasından elektromiyografik (EMG) aktiviteyi ölçmüşlerdir. VEMP, keşfinden günümüze kadar vestibüler sistemin değerlendirilmesinde güvenilir bir test olarak görülmektedir (69,70).

Odyolojide işitsel uyarılmış potansiyeller, işitme sisteminin ses uyarıcısına cevap olarak gösterdiği aktivite şeklinde tanımlanır. VEMP ise elektrofizyolojik ölçüm yöntemlerinden biridir. VEMP, otolit organlarda oluşturulan uyarı ile meydana gelen miyojenik reflekslerin cilt üzerinde bulunan elektrotlar yardımıyla ölçülmesidir. Nörofizyolojik ve klinik veriler VEMP'lere, sakküler makula, alt vestibüler sinir, lateral vestibüler nükleus, lateral vestibulospinal yol ve ipsilateral SCM kasının motonöronlarını içeren bir yolun aracılık ettiğini göstermektedir. Vestibüler sistem baş hareketleriyle uyarılabileceği gibi ses, titreşim veya elektrik uyarıları ile de uyarılabilir. Bu uyarılmalar sonucunda miyojenik potansiyeller meydana gelir. İlk kez Pietro Tullio deney hayvanlarında kemik labirentte oluşturduğu bir pencere yardımıyla ses uyarılarının ardından görülen baş ve göz hareketleri ile postüral değişiklikleri gözlemleyerek, vestibüler sistemdeki akustik duyarlılığı ortaya koymuştur. Sese bağlı vestibüler semptomları tanımlamak için Tullio fenomeni kullanılmaktadır. Bekesy ise 1961'de sese bağlı olarak kohleadan bağımsız vestibüler cevaplar belirtmiştir. Bekesy, yüksek seviyedeki (122-134 dB SPL) 1000 Hz'lik bir ses uyarısını takiben küçük baş hareketleri gözlemlemiş ve bunu otolit organlardaki ses uyarısının oluşturduğu sıvı hareketine bağlamıştır (45,52,71). İlerleyen yıllarda yapılan çalışmaların ve kullanılan tekniklerin gelişmesi ile ses uyarılarına karşı oluşan cevaplar, saçlı deri üzerine takılan elektrotlarla ölçülmeye başlanmıştır. Bickford, 1963 yılında kafa derisi üzerine yaygın yanıtları yüksek sesli AC ses patlamaları için servikal kaslar üzerindeki en kısa gecikmelerle kaydetmiştir. Ayrıca, bu yanıtların miyojenik olduğu ve yanıtın büyüklüğünün kaslardaki gerginlik ile ilişkili olduğu konusunda çok önemli gözlemler yaptı.

Oksipital bölgeden alınan ve miyojenik kökenli olduğu düşünülen bu yanıtlar 'inion cevabı' olarak tanımlanmıştır. İnion yanıtı miyojenik bir kökene sahiptir (52,71,72).

VEMP dalga formu, erken pozitif-negatif bir bileşenden (p13-n23) ve daha sonra bir negatif-pozitif (n34-p44) bileşeninden oluşur. Erken pozitif-negatif bileşen, vestibüler sinir bölümünün ardından kaldırıldığı, ancak ciddi-derin sensörinöral işitme kaybı olan kişilerde korunduğu için, vestibüler aferentlerin bütünlüğüne bağlıdır (73). Tersine, daha sonraki negatif-pozitif bileşenin koklear afferentler tarafından aracılık ettiği görülmektedir (52). Ancak son zamanlardaki kanıtlar, daha sonraki bileşenlerin kaynağının belirlenmediğini öne sürmektedir (75).

Kafa hareketlerinin standardize edilmesi zordur ve miyojenik cevaplarla karışabilecek elektrik artefaktlarına neden olduğu bilinmektedir. Testlerde daha çok, standart cevaplara neden oldukları için şiddeti ve süresi ayarlanabilen hava iletimi (AC) ses, kemik iletimi (BC) ses, titreşim ve galvanik akım gibi diğer uyaranlar kullanılmaktadır. Vestibüler organlar, AC ses uyarıları yanında ayrıca BC ses ve titreşim uyarılarına da yanıt vermektedir (20,22,76,77).

VEMP, miyojenik reflekslerin ölçülmesi temeline dayanmaktadır. Oluşan bu refleks yanıtları boyun bölgesindeki kaslardan elde ediliyorsa servikal VEMP (cVEMP); ekstraoküler kaslardan elde ediliyorsa oküler VEMP (oVEMP) olarak adlandırılır (78-80).

Servikal VEMP: cVEMP, kasılmış sternokleidomastoid kasının yüksek şiddetli uyarıcı karşısında gösterdiği refleks yanıtının elektrotlar aracılığı ile ölçülmesidir. cVEMP, sakküler veya inferior vestibüler sinir fonksiyonunun değerlendirilmesinde kullanılmaktadır. cVEMP'ler çeşitli uyarıcıların ardından kaydedilebilir fakat en yaygın kullanılan AC sestir. Bir cVEMP'i uyarmak için sesin şiddeti yüksek olmalıdır. İlgili yüksek ses seviyeleri göz önüne alındığında, kokleada hasar oluşmasını önlemek için dikkatli olunmalıdır. Bu nedenle herhangi bir ses kaynağının şiddeti dB SPL cinsinden bilinmeli ve cihazlar kalibre edilmelidir. cVEMP'ler başlangıçta kare dalga formasyonunda 0.1 ms AC klik uyarılar tarafından uyarılmış olmasına rağmen sonrasında AC tone-burst uyarıları , BC titreşim ve hafif kafaya vuruş uyarıları ve galvanik (elektrik) stimuluslar ile de cevap alınabileceği gösterilmiştir. Kişinin alın bölgesine klinik refleks çekiç ile vurularak da cVEMP

ortaya çıkmıştır. Klik cVEMP'lere kıyasla, AC tone-burst cVEMP'leri daha uzun uyaran süresi ve frekans ayarlaması nedeniyle genellikle daha belirgindir. En iyi cevap alınan frekans aralığının 200 ile 1000 Hz arasında olduğu gösterilmiştir (76,81,82). cVEMP ölçümleri için pozitif elektrotlar her iki SCM kasının üst yarısına, negatif elektrot ise suprasternal çentiğe yerleştirilir. Ayrıca bir toprak elektrotu da bağlanmalıdır (22,30).

cVEMP ölçüm öncesi hasta yatar veya oturur pozisyona getirilir. Hastanın başını hafifçe yukarı doğru kaldırması veya başını uyarılan tarafın karşısına doğru çevirmesi istenerek SCM kasını kasması sağlanır. Yeterli ve simetrik bir kasılma olması gerekmektedir. Bunu için testi uygulayan kişi, hastayı kontrol etmeli ve gerektiğinde hastayı yönlendirmelidir (52,71). İpsilateral SCM kası, inhibitör VEMP yanıtını ölçmek için bir gerekliliktir. EMG aktivitesi, test sırasında kas kasılmasının devamlılığını sağlamak için bir osiloskop üzerinde görsel olarak izlenir. EMG kaydının ortalaması alınır ve ortaya çıkan cevap, 12–13 ms gecikme süresinde başlangıçtaki bir pozitif tepe noktası (P1) ve 22-23 ms gecikme süresinde bir sonraki negatif tepe noktası (N1) ile bifazik bir dalgadan oluşur. cVEMP'nin yüzey pozitifliğinin SCM'deki kısa bir inhibisyon periyoduna ve bir uyarımın yüzey negatifliğine karşılık geldiği gösterilmiştir. İnhibisyon periyodu her zaman kısadır ve klikler 2 ila 8 ms arasında değişerek ortalama 3.6 ms'dir. Daha şiddetli uyaranlar daha uzun süre inhibisyona veya uyarmaya neden olabilir. Kasta meydana gelen elektriksel aktivitenin latansı kısa ve amplitüdü küçüktür. Bu sebeple, refleks cevapların doğru değerlendirilebilmesi için elektriksel aktivite, bilgisayarda yaklaşık 2500 kez (veya 68 dB) yükseltilir, bant geçişi filtrelenir (yaklaşık 5 Hz-2 kHz) ve uyarım öncesi 20 ms ile uyarım sonrası 100 ms arasında kalan 5 kHz etrafındaki kayıtlar örneklenir (48,52,75,81-83).

Oküler VEMP: oVEMP, gözlerin çevresine yerleştirilen yakın aralıklı yüzey elektrotlarından kaydedilmekte ve vestibülo-oküler refleks sonucu meydana gelen ekstraoküler kas aktivasyonunun EMG aktivitesini temsil etmektedir. Ekstraoküler kaslar, göz hareketlerinin hassas motor kontrolünü sağlamak için uyarılara çok kısa bir sürede cevap veren kaslardır. Çok küçük motor üniteleriyle zengin bir innervasyona sahiptirler. Tek bir motor ünitenin ateşlenme hızı 150/s'nin üstüne çıkabilir. Hızlı göz hareketleri esnasında agonist kasların aktivasyonu sonucu

elektriksel bir aktivite meydana gelir ve bu elektriksel aktivite gözün etrafına yerleştirilen elektrotlar aracılığıyla ölçülür ve kaydedilir. oVEMP, genellikle 10 ms'lik (n10 veya n1) gecikme ile başlayan bir dizi negatif ve pozitif tepeden oluşur. İlk tepe, kas aktivitesinin en erken temsili olduğu için özel bir öneme sahiptir. Dalganın polaritesinin, baskın olan temel kas aktivasyonunu gösterdiği düşünülmektedir. Yüzey pozitifliği, tonik olarak aktif ekstraoküler kasların inhibisyonunu, negatifliği ise eksitasyonunu gösterir. AC oVEMP'ler 400-800 Hz arasında; BC oVEMP'ler 100 Hz veya altındaki frekanslarda en belirgindir (45,71-73). Yüksek sesli AC ses ve BC titreşim gibi uyarıcıların oVEMP'leri ortaya çıkardığı gösterilmiştir. Uyarının süresi, artefakt oluşumunu engellemek için yeterince kısa olmalıdır. Test, hasta oturma veya yatma pozisyonunda iken gerçekleştirilebilir. Hastadan yüz kaslarını gevşetmesi istenmelidir. Kayıt elektrotlar göz merkezinin ortasındaki kenar boşluğuna ve yanak üzerinde yaklaşık 15-30 mm aşağıya simetrik olarak yerleştirilir. Elektrotlar, her iki elektrotta ortak olan uzak aktivite kaynaklarının etkisini önlemek için birbirine yakın; elektrot köprüsü yaratmayacak kadar uzak konumlandırılmalıdır. Gözlerin altından kaydedilen oVEMP'lerin amplitüdü yukarı bakışla arttığı için bakış açılarının standardizasyonu önemlidir. Bu sebeple hastadan 30-40° yukarıya doğru bakması istenir. Kaydedilen elektriksel aktivitenin yükseltilmesi gerekir (50.000-100.000 kez veya 94-100 dB), bant geçişi filtrelenir (5 Hz-1 kHz) ve uyarın başlangıcından önce 10-20 ms ile uyarın sonrası 50-70 ms arasındaki 10 kHz civarındaki kayıtlar örneklenir. oVEMP, cVEMP'nin 1/10'u kadar potansiyele sahiptir ve daha büyük amplifikasyon gerektirir. Uyarın tekrarlarının optimal sayısı uyarının etkinliğine ve yüz kas aktivitesinin düzeyine bağlı olarak yaklaşık 100-500 arasında değişir (74,75,77,84,85).

2.7 Bitermal Kalorik Test

İlk kez insanlarda klinik olarak kullanılan bitermal kalorik test, 1942 yılında Fitzgerald ve Hallpike tarafından tanımlanmıştır. Dış kulak yolunda termal bir varyasyon oluşturma prensibine dayanır ve bu termal varyasyon lateral SSK içindeki endolenf yoğunluğunu değiştirerek duyuşal hücreleri harekete geçiren akımlar üretir (86). Barany, sıcaklık endolenfin hacmini değiştirir düşüncesi ile bağımlı yer çekimi

teorisini ortaya koymuştur. Buna karşılık 1980'lerde space lab deneyleri bağımsız yer çekimi teorisinde sıcaklığın vestibüler sinir üzerinde doğrudan etkisi olduğu gösterilmiştir. Hood 1987'de kalorik uyarımda endolenf yoğunluğundaki değişimin baskın mekanizma olduğu sonucuna varmıştır. Vücut sıcaklığından artı 7 ve eksi 7 derecelik bir ısı kulağa verilir, bu da endolenfatik akım üretir ve hastada nistagmus gözlenir. Dış kulak yolundan verilen ısı su veya hava ile sağlanır. Soğuk uyaranda endolefin ıssı düşeceğinden, özgül ağırlığında bir artış olur ve yerçekiminin etkisi ile aşağı doğru hareket eder. Sıcak uyaranda ise bu olayın tam tersi gerçekleşmektedir. Endolenf akımının kupulada hareketine bağlı olarak istirahat potansiyelinin değişmesine ve bu da nistagmusa neden olur. Nistagmus yönü soğuk uyaranda karşı kulağa doğru iken, sıcak uyaranda aynı kulağa doğrudur (83,86,87).

Kalorik testler, vestibüler sistemlerin fonksiyonel durumunu değerlendirip ölçebilen yararlı bir klinik araçtır. Kalorik test lateral semisirküler kanalları ve bunların aferentlerini spesifik olarak test etmek için VOR'u kullanır (53).

Test öncesinde hastaya test sırasında mide bulantısı, kusma ve şiddetli vertigonun olabileceği açıklanmalıdır. Kalorik test ENG ile yapılmaktadır. Hastanın kafası yatar pozisyonda iken 30 derecelik bir anterofleksiyona, oturur pozisyonda iken 60 derece posterofleksiyona getirilmelidir. Bu yatay kanalı dikey bir düzleme yerleştirerek uyarımını optimize eder. Ayrıca, başını hareketsiz kılmak için en etkili yöntemleri sağlar ve bu sebeple testi yapan kişinin nistagmusun doğru gözlemlerini yapmasını kolaylaştırır. Hastadan gözlerini kapatması istenir. Test su ile yapılıyorsa en az 25-30 saniye boyunca 30 ve 44 derecedeki 250 cc'lik su ile uyarı verilir. Hava kalorik ise 60 saniye boyunca 24 ve 50 derecede 8l/dk hava akımı uygulanır. Su uyarımı ile hava uyarımı karşılaştırıldığında su uyarımı daha sağlam kalorik tepkileri uyarır. Hava iyi bir ısı iletkeni olmadığından dış kulak yolu içindeki uyarım derinliğindeki değişiklikler nistagmusun yavaş fazını %20 ile %40 oranında azaltabilir. Nistagmus atımları sağlıklı bireylerde termal uyarın verildikten yaklaşık 30-40 sn sonra ortaya çıkar ve sonraki 30 ile 45 sn süresinde maksimum yoğunluğa sahip olur. Nistagmus maksimum aktivite dönemine ulaştığında, hastaya gözlerini açması söylenerek merkezi bir hedefe sabitlemesi talimatı verilir. Hastaya yaptırdığımız fiksasyon sonrası nistagmus hareketinin azalması beklenir. Eğer azalma olmuyorsa serebellar bir patoloji düşünülebilir. Yaklaşık 5-10 sn sonra

fiksasyon tekrar kaldırılır ve en az 5 sn daha kayıt yapmaya devam edilir. Uyarının kesilmesinin ardından toplam kayıt süresi en az 60 sn olmalıdır. Bir testin sonuçlarının diğerini etkilememesini sağlamak için, her bir kalorik uyarı başlangıcı ile bir sonraki uyarı işleminin başlangıcı arasında en az 7 dakika bekleyerek, hastanın dinlenmesi sağlanmalıdır (88-90).

Kalorik uyarılmanın altında yatan prensip, labirentlerin önceden bilinen bir normal aralıkta simetrik ve ölçülebilir bir şekilde tepki verme eğiliminde olmasıdır. Kalorik test sonucu değerlendirilirken nistagmusun başlama süresi, hızı ve toplam süresi dikkate alınır. İki taraf arasında %25'ten daha fazla fark varsa tek taraflı pareziden (Vestibüler hipofonksiyon) söz edilir. Test sonucunda, değerlerin normal aralığın üstünde veya altında olup olmadığı değerlendirilir. Mutlak değerlerde beklenenden daha yüksek nistagmografik yanıtlar hiperrefleksi; beklenenden daha düşük yanıtlar hiporrefleksi ve kalorik yanıtın olmaması olarak arrefleksi olarak tanımlanmıştır (90,91)

Kalorik cevabı etkileyen birden fazla etken vardır: Aydınlatma, ortam sıcaklığı, alışkanlıklar, kaygı, kulak zarı durumu, hastanın ilaç kullanımı, gözlerin kırılması ve Bell fenomeni. Dolayısıyla kulak zarının ve dış-orta kulağın durumu test sonucunu etkileyeceği göz önünde bulundurulmalıdır (92-94).

2.8 Vestibüler Nörit

Vestibüler nörit (VN), benign paroksizmal pozisyonel vertigodan sonra vertigonun üçüncü sıklıkla görülen periferik vestibüler sistem hastalığıdır. Hastalığın semptomları ilk kez 1909 yılında Ruttin tarafından açıklanmıştır. Nysten, hastalığı 1924 yılında tarif etmiş ve vestibüler nörit terimini kullanmıştır. Klinik özellikler daha önce açıklanmış olsa da 1949 yılında Hallpike ve Dix, VN'yi Meniere hastalığından ayırt etmek için vestibüler nörit terimini kullanmaya başlamışlardır (66,95-97).

Vestibüler nörit akut başlangıçlı vertigo, bulantı-kusma ve periferik nistagmus ile karakterize, işitme kaybının ve tinnitusun görülmediği ve vestibüler sinirin akut veya subakut inflamasyonudur (98-100). Genellikle hastalar aniden başlayan, şiddetli baş dönmesinden ve bulantı-kusmadan şikayetçi olurlar. Vertigo çoğu hastada

rotasyonel olarak tanımlanır ve 1-2 günde şiddetlenip daha sonra iyileşme göstermektedir. Fakat bu süre içerisinde vertigonun şiddeti, kafa hareketleriyle belirgin bir şekilde artmaktadır. Hastalarda sağlam kulak tarafına doğru horizontal veya horizonto-rotatuar nistagmus görülmektedir. Bazı vakalarda 24 saat geçtikten sonra spontan nistagmus yavaşça kaybolur ve karşı tarafa doğru pozisyonel nistagmusa dönüşürken bazı olgularda ise spontan nistagmus 1-3 hafta sürebilir. Yapılan testlerde VEMP ve kalorik yanıtın azalması veya kaybolması, vHIT'te vestibulooküler refleksde azalma ve yakalayıcı sakkadlar görülür. Hastalar çoğunlukla lezyon tarafına doğru düşme eğilimi gösterirler (63,79,82,101).

Vestibüler nöritin etiyojisi ve patofizyolojisi tam olarak bilinmemesine rağmen viral etiyojiden bahsedilmektedir. VN tanısı almış hastaların %40'ında semptomların başlangıcından birkaç gün veya birkaç hafta önce geçirilmiş veya eşlik eden üst solunum yolu veya gastrointestinal sistem enfeksiyonunun varlığı görülmektedir (102). Postmortem çalışmalarda vestibüler sinirde ve vestibüler nöroepitelyumda, özellikle de scarpa ganglionunda atrofi ve dejenerasyon görülmüştür. Yapılan araştırmalarda VN'nin etiyojisinde herpes simplex virus type 1 (HSV-1) enfeksiyonunun varlığı ileri sürülür (103). Bununla beraber çoğu vakada, vestibüler ganglionda T-lenfosit, sitokin ve kemokin varlığı bulunmuştur. Diğer muhtemel etiyojik faktörler arasında otoimmün hastalıklar, metabolik hastalıklar, vasküler hastalıklar, inorganik toksinler ve granümatöz hastalıklar yer almaktadır (102-106)

VN, tüm vertigo olgularının ise %7-10'unu oluşturur (105). Yıllık insidansı 3-5/100.000 olarak görülmektedir. Yaşa bağlı olarak insidans artar ve en sık 40-50 yaş arası görülür (66,99). Dejenerasyona en sık uğrayan dal superior vestibüler sinirdir (%55-100) ve bunu takiben inferior vestibüler sinir (%15-30) gelmektedir (66,100).

VN tanısı tipik olsa da birçok patolojiyle karıştırılabilir. Bunlardan bazıları: Periferik labirent, VIII. kranial sinir, vestibüler nükleus veya beyin sapı seviyelerinde oluşan patolojilerdir. Sekizinci kranial sinirin kök giriş bölgesini içeren multiple skleroz, laküner enfarktüs plakları veya vestibüler psödonörit vestibüler nöriti taklit edebilir. Klinik açıdan bakıldığında, akut vertigo ve nistagmus

olan hastalarda yanıtlanacak ilk soru semptomların VN veya merkezi vestibüler psödononit nedeniyle oluşup oluşmadığıdır. VN ve VN'yi taklit eden semptomların kesin tanısı için ayrıntılı anamnez alınır, saf ses odyometre, elektro-nistagmografi (ENG), manyetik rezonans görüntüleme (MRG), bilgisayarlı tomografi (BT), karotis ve vertebral arter doppler ultrasonografisi (USG), video head impulse test (vHIT), vestibüler uyarılmış miyojenik potansiyeller (VEMP) ve kalorik testler uygulanmaktadır (102,106).

Vestibüler nörit 3 alt tipe ayrılır. Bunlar: Superior Vestibüler Nörit, Inferior Vestibüler Nörit ve Total Vestibüler Nörit.

Superior vestibüler nörit : En sık görülen tiptir. Superior vestibüler sinir lifleri tarafından inerve edilen anterior ve horizontal SSK'lar ve utrikul fonksiyonları etkilenir. Klinik bulgusunda spontan nistagmus çoğunlukla horizonto-rotatuar olarak görülür ve optik fiksasyonla azalır. Ayrıca anterior ve horizontal kanal için pozitif bir vHIT bulunur. Kalorik uyarım sonucunda lezyon tarafındaki kulakta kalorik parezi ve anormal oküler VEMP görülür (105,108)

Inferior vestibüler nörit : Nadiren sadece inferior vestibüler bölümü içerir. Posterior SSK ve sakkül fonksiyonları etkilenir. Superior vestibüler nöritten farklı klinik bulgular içerir. Spontan torsiyonel downbeat nistagmus görülür. Anterior ve horizontal kanal için vHIT normaldir. Kalorik test esnasında sadece horizontal kanala uyarı verilmesi sebebiyle kalorik yanıt normal bulunur. Posterior kanalın HIT ve c-VEMP anormalliği klinik açıdan önemlidir (107-109)

Total vestibüler nörit : Spontan nistagmus çoğunlukla etkilenen kulaktan uzağa horizontal-torsiyoneldir. Aksi takdirde total vestibüler nöritli hastalar süperior ve inferior vestibüler nöritlerde gözlenen tüm anormallikleri gösterecektir (104,105)

Vestibüler nöritin prognozu genellikle iyi yöndedir. VN'li hastaların neredeyse çoğu 1-3 ay içerisinde normal günlük yaşam aktivitelerini sürdürmektedirler. Vestibüler nörit tanısı alan birçok hasta spontan iyileşme gösterdiğinden başlangıç olarak semptomatik tedavi uygulanır. Genellikle akut faz, steroidler ve vestibüler rehabilitasyon sırasında destekleyici bakım içerir. Vestibüler süpresanlar ile semptomatik tedavi, hastaların şiddetli bulantı kusma ve baş dönmesi geçirdikleri

zaman ilk birkaç gün içinde uygulanmalıdır. Çünkü bu ilaçlar merkezi kompanzasyonu geciktirir. VN tedavisinde kortikosteroid ve antiviral kullanımının etkinliği hala tartışma konusudur. Yapılan çalışmalarda kortikosteroid kullanımının diğer tedavilere göre daha kısa zamanda düzelme sağladığı ve kronik dönemde periferik vestibüler fonksiyonları iyi yönde etkilediği görülmüştür (98,110). VN tedavisi almamış kişilerde denge ile ilişkili sorunlar görülebilir. Bu nedenle vestibüler rehabilitasyon önerilir. Tedavi sonrası olguların %2-11'inde VN atakları tekrardan ortaya çıkabilir (110-112).



3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışma Başkent Üniversitesi Tıp ve Sağlık Bilimleri Araştırma Kurulu ve Etik Kurulu tarafından onaylanmıştır (Proje no: KA18/335). Başkent Üniversitesi İstanbul Sağlık Uygulama ve Araştırma Merkezi Hastanesi ve Başkent Üniversitesi Ankara Hastanesi Kulak Burun Boğaz Anabilim Dalı'na 2014-2018 yılları arasında baş dönmesi yakınması ile başvurmuş 518 hasta retrospektif olarak incelenmiş, bilgisayar ve arviş materyalleri taranmıştır. Tarama sonucuna göre, klinik muayene ve odyovestibüler incelemeler sonucu vestibüler nörit tanısı almış 32 hasta çalışmaya dahil edilmiştir. Retrospektif bir araştırma olduğu için herhangi bir maliyet gerektirmemiştir.

Araştırma kapsamına alınan hastaların anamnez bilgileri, yaş ve cinsiyet faktörleri odyolojik muayeneleri, vHIT, cVEMP, kalorik test sonuçları ve tanı bilgileri bilgisayar verilerinden ve dosya bilgilerinden kayıt altına alınmıştır.

Meniere hastalığı, benign paroksizmal pozisyonel vertigo, periferik labirent, vestibüler schwannoma, kronik otit, işitme kaybı, santral sinir sistemi hastalıklarım ve tinnitusu olan hastalar çalışma dışı bırakılmıştır.

Örneklem sayısını belirlemek amacıyla güç analizi yapılmıştır. Değişkenler arasında 0.400 düzeyinde (orta düzeyde) bir uyumun varlığını, $\alpha=0.05$ düzeyinde %80 güç ile gösterebilmek için en az 47 olgu gerektiği saptanmıştır.

Kalorik test, "Micromedical Spectrum ENG" (Micromedical Technologies, AQSTM2-0086, Amerika Birleşik Devletleri) cihazı kullanılarak uygulanmıştır. Çalışmamızda kanal parezisi ve yön hakimiyeti, Jonkees formülü ; $(UW = ((RW + RC) - (LW + LC)) / (RW + LW + RC + LC) \times 100)$ ile hesaplanmış, %25'in üzerindeki değerler kanal parezisi olarak kabul edilmiştir (58).

EMG kaydı "EPA4V" (Interacoustics Co. Assens, Danimarka) ile kaydedilmiştir. cVEMP test sonuçlarında her iki taraf arasındaki genliği kıyaslayan interaural amplitüd fark (IAD) oranı baz alınarak değerlendirilmiştir.

IAD = ((Rt Amplitude - Lt Amplitude)/(Rt Amplitude + Lt Amplitude)) x 100 formülüne göre hesaplanmıştır. İnteraural amplitüd fark oranının pozitif olarak %35'den fazla veya negatif olarak %35'den az olduğu verilerle birlikte cVEMP dalgası alınamayan testlerde cVEMP patolojik olarak kabul edilmiştir (43).

vHIT ölçümleri EyeSeeCam vHIT (Interacoustics, A/S DK-5610, Assens, Danimarka) cihazı ile yapılmış ve OtoAccess™ bilgisayar programı ile değerlendirilmiştir. vHIT testinde overt ve covert sakkadlar, ortalama VOR kazancı ve lateral semisirküler kanal asimetri değerlerine bakılmıştır. Baş itme hareketi esnasında oluşan sakkadlar covert, baş itme hareketi sonlandıktan sonra oluşan sakkadlar overt sakkad olarak kabul edilmiştir. Sistematik olarak tek yönde ve kafa darbelerinin en az %80'inde görülen sakkadlar patolojik sakkad olarak kabul edilmiştir. VOR kazancının normal değerleri lateral semisirküler kanal için 0.8-1.2 aralıklarında kabul edildi. Araştırmamızın doğrultusunda elimizdeki değerler lateral semisirküler kanal ağırlıklı olduğundan çalışmamıza bu veriler dahil edilmiştir. Patolojik olmayan sakkadlarda lateral kanal asimetrisi sonucu 11 ve 11'den büyük olan değerler için vHIT patolojik kabul edildi (58).

vHIT ve cVEMP test sonuçlarına göre vestibüler nöriti üçe ayırdık;

- 1) Total VN: vHIT(-) & cVEMP(-), her iki testte patolojik bulgu.
- 2) Superior VN: vHIT(-) & cVEMP(+), vHIT patolojik, normal cVEMP.
- 3) Inferior VN: vHIT(+) & cVEMP(-),

İstatistiksel İncelemeler

İstatistiksel analizler için NCSS (Number Cruncher Statistical System) 2007 (Kaysville, Utah, USA) programı kullanılacaktır. Çalışma verileri değerlendirilirken tanımlayıcı istatistiksel metodlar (ortalama, standart sapma, minimum, maksimum, birinci çeyreklik, üçüncü çeyreklik, frekans, yüzde) kullanıldı. Nicel verilerin normal dağılıma uygunlukları Shapiro-Wilk testi ve grafiksel incelemeler ile sınanmıştır. Normal dağılım göstermeyen nicel değişkenlerin iki grup arası karşılaştırmalarında Mann-Whitney U test kullanıldı. Nitel verilerin karşılaştırılmasında Pearson ki-kare test ve Fisher's exact test kullanıldı. İstatistiksel anlamlılık p<0.05 olarak kabul edilecektir.

4.BULGULAR

Çalışmamız toplam 32 olgu ile gerçekleştirilmiştir. Olguların yaşları 37 ile 61 yıl arasında değişmekte olup ortalama 49.63 ± 7.06 yıldır. Olguların %56.3'ü (n=18) kadın, %43.8'i (n=14) erkektir.

Tablo 1: Yaş ve cinsiyete ilişkin bilgiler

Yaş	Min-Mak	37-61
	Ort±ss	49.63 ± 7.06
Cinsiyet; n(%)	Kadın	18 (56.3)
	Erkek	14 (43.8)

Tablo 2: Lateral kanal vHIT bulgularına ilişkin bilgiler

Sağ (RL)	Min-Mak	0.15-1.17
	Ort±ss	0.96 ± 0.17
Sol (LL)	Min-Mak	0.49-1.31
	Ort±ss	0.97 ± 0.18

Olguların sağ RL değerleri 0.15 ile 1.17 birim arasında değişmekte olup ortalama 0.96 ± 0.17 birimdir. Sol LL değerleri ise 0.49 ile 1.31 birim arasında değişmekte olup ortalama 0.97 ± 0.18 birimdir.

Tablo 3: Lateral kanal asimetrisi ve sakkad değişkenlerine ilişkin bilgiler

Lateral kanal asimetri	Min-Mak	1-54
	Ort±ss	6.78±10.42
SAKKAD; n(%)	Patolojik olmayan	9 (28.1)
	patolojik	23 (71.9)

Olguların lateral asimetri değerleri 1 ile 54 birim arasında değişmekte olup ortalama 6.78±10.42 birimdir.

Olguların %28.1'i (n=9) patolojik olmayan sakkad, %71.9'u (n=23) ise patolojik sakkad.

Tablo 4: cVEMP değerlerine ilişkin bilgiler

cVEMP Amplitud sağ	Min-Mak	3.80-247.60
	Ort±ss	84.33±65.61
cVEMP Amplitud sol	Min-Mak	6.68-289.00
	Ort±ss	72.38±75.90
cVEMP Interaural asimetri	Min-Mak	-27.48±55.37
	Ort±ss	14.58±25.82
cVEMP Latans sağ	Min-Mak	10.67-30.67
	Ort±ss	18.06±4.87
cVEMP Latans sol	Min-Mak	10.33-34.00
	Ort±ss	18.72±5.39

Olguların cVEMP amplitud sağ değerleri 3.80 ile 247.60 birim arasında değişmekte olup ortalama 84.33±65.61 birimdir. Olguların cVEMP amplitud sol değerleri ise 6.68 ile 289 birim arasında değişmekte olup ortalama 72.38±75.90 birimdir.

Olguların interaural asimetri değerleri -27.48 ile 55.37 birim arasında değişmekte olup ortalama 14.58 ± 25.82 birimdir.

Olguların cVEMP latans sağ değerleri 10.67 ile 30.67 birim arasında değişmekte olup ortalama 18.06 ± 4.87 birimdir. Sol cVEMP latans değerleri ise 10.33 ile 34.00 birim arasında değişmekte olup ortalama 18.72 ± 5.39 birimdir.

Tablo 5: Kanal Parezi, vHIT ve cVEMP değişkenlerine ilişkin dağılımlar

Kanal / Parezi; n(%)	Yok	0 (0)
	Var	32 (100)
vHIT; n(%)	Patoloji yok	7 (21.9)
	Patolojik	25 (78.1)
cVEMP; n(%)	patolojik	23 (71.9)
	Patoloji yok	9 (28.1)
Grup; n(%)	vHIT(-) & cVEMP(-)	2 (6.3)
	vHIT(-) & cVEMP(+)	23 (71.9)
	vHIT(+) & cVEMP(-)	7 (21.9)

Olguların tamamında kalorik/parezinin var olduğu saptanmıştır.

Olguların %21.9'u (n=7) vHIT patolojik olmadığı , %78.1'inin (n=25) patolojik olduğu saptanmıştır.

Olguların %71.9'u (n=23) cVEMP patolojik , %28.1'inin (n=9) patolojik olmadığı saptanmıştır.

Olguların %6.3'ü (n=2) vHIT(-) & cVEMP(-) iken, %71.9'unun (n=23) vHIT(-) & cVEMP(+), %21.9'unun (n=7) ise vHIT(+) & cVEMP(-) olduğu saptanmıştır.

Tablo 6: vHIT ve cVEMP'in karşılaştırılması

		vHIT		P
		Patolojik olmayan	Patolojik	
		n (%)	n (%)	
cVEMP	Patolojik	0 (0)	23 (100)	<0.001*
	olmayan			
	Patolojik	7 (77.8)	2 (22.2)	
Fisher's exact test		*p<0.05		

Patolojik olmayan cVEMP olgularında vHIT patolojik yüzdesi 100 iken, patolojik olan cVEMP olgularında vHIT patolojik yüzdesinin 22.2 olduğu saptanmıştır. cVEMP'e göre vHIT patolojik yüzdesi bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu saptanmıştır (p<0.001). Patolojik olmayan cVEMP olgularında vHIT patolojik yüzdesinin, patolojik cVEMP olanlardan daha yüksek olduğu saptanmıştır.

5.TARTIŞMA

Vestibüler nörin teşhisi, temel olarak tıbbi geçmiş ve özellikle de vestibüler fonksiyonun güvenilir bir değerlendirilmesini sunabilen kalorik test sonuçlarına bağlıdır. Kalorik test, tek tek vestibüler sistemlerin fonksiyonel durumunu değerlendirip ölçülebilen yararlı bir klinik araçtır. Bilateral karşılaştırma yaparak vestibüler fonksiyonun niceliksel ve niteliksel değerlendirilmesini yapmamızı sağlar. Kalorik testler, vestibüler nörin test edilen ve etkilenen lateral kanalın hipo- veya yanıtsızlığını göstermektedir (90,95). Bu nedenle , benzer semptomları olan fakat normal kalorik test yanıtları veren olgular tanınan bir zorluk teşkil etmektedir. Kalorik test sırasında lateral kanalın en güçlü şekilde uyarıldığı düşünülse de son deneyler kalori cevabı sırasında lateral kanalın %30'unun ortalama yanıtına superior SSK'ın katkıda bulunduğunu göstermiştir (69,101).

Aw ve ark. (1988) yaptıkları çalışmada, sadece bir yarım daire kanalını bir kalorik uyarıcı ile stimüle etmenin mümkün olmadığını tespit etmişlerdir (105). Kalorik testin vestibüler sistemin sadece belli bir bölgesini değerlendirdiği bilinmektedir. İnferior vestibüler sinirin etkilendiği VN olgularında kalorik test ile bu tutulum tespit edilemez (113). Kalorik test esnasında sadece horizontal kanala uyarı verildiğinden dolayı kalorik yanıt normal bulunabilir (107-109).

Vestibüler nörin sadece superior vestibüler siniri değil, aynı zamanda inferior vestibüler siniri de içerebileceği cVEMP testi ile anlaşılmıştır. Halmagyi ve ark. (2002) yaptıkları bir çalışmada inferior vestibüler nörin terimini ilk kez bildirmişlerdir ve VN'li 2 vaka sunmuşlardır. Bu hastalarda normal kalorik cevap ile cVEMP yanıtının alınmadığı görülmüştür. Kalorik ve cVEMP test sonuçlarına göre VN'nin üç gruba ayrılabilirliğini belirtmişlerdir: Total VN (kalorik ve cVEMP'te asimetric cevap), superior VN (asimetric kalorik cevap ve simetric cVEMP cevap) ve inferior VN (simetric kalorik cevap ve asimetric cVEMP cevap) (114).

Perez ve Rama-Lopez (2003) vertigo tanısı almış 265 hasta ile yaptıkları çalışmada hastalara kalorik test ve HIT uygulamışlardır. Çalışmanın sonucunda HIT'in spesifitesini 0.91 ve sensitivitesini 0.45 olarak bulmuşlardır. Bununla birlikte

kalorik testte %42.5'luk parezi değerinin HIT için normal veya anormal olduğunu belirlemek için normal yanıtın sınırı olduğunu belirtmişlerdir (104).

Zhang ve ark. (2010), kalorik ve cVEMP testlerinin uygulandığı 216 VN'li hastayla yaptıkları çalışmada inferior VN tanısını belirtmeyi amaçlamışlardır. Çalışmada, 216 hastanın 8'inden normal kalorik yanıt ve anormal cVEMP cevabı alınmıştır. Bu bulgulardan yola çıkarak 8 hastaya inferior VN tanısını koymuşlardır (8). Chihara (2012) ise VN tanılı 71 hastaya kalorik ve cVEMP testlerini uygulamış ve elde ettiği bulgulardan yola çıkarak 13 hastaya inferior VN tanısı koymuştur. Inferior VN'nin Total VN ve Superior VN'den semptomları bakımından ayırt edilmesinin zorluğu nedeniyle kalorik ve cVEMP testlerinin birlikte yapılması doğru teşhis bakımından önemli olduğunu belirtmiştir (17).

Zellhuber ve ark. (2014) yaptıkları çalışmada vHIT ve kalorik irrigasyonun, açısız horizontal vestibülo-oküler refleksin aynı bölümünü test edip etmediğini unilateral VN'li hastaları incelemişlerdir. Çalışmanın sonucunda vHIT ve kalorik test parametrelerinin farklı zaman dilimlerine sahip olduğunu ve böylece VOR'un farklı kısımlarını değerlendirdiklerini göstermişlerdir (11).

Rambold (2014), VN hastalarında tanı için sadece vHIT'in yettiğini, ayrıca kalorik test yapmanın gerekli olmadığını savunmuştur. Yaptığı retrospektif çalışmasında unilateral vestibüler disfonksiyonu olan 1063 kişiye vHIT ve kalorik test uygulamıştır. Çalışmanın sonucunda ise, vHIT'te bir belirsizlik olma durumunda kalorik testin yapılması gerektiğini önermiştir (112).

Taylor ve ark. (2016) yaptıkları çalışmada vHIT ve cVEMP testinin tanısal verilerini karşılaştırmışlardır. Bunun için 43 akut VN tanılı hastaya vHIT ve cVEMP testi uygulamışlardır. Çalışmanın sonucunda inferior vestibüler sinirin etkilendiği durumda cVEMP %39 ve vHIT %39.5 oranında anormal yanıt vermiştir. Superior vestibüler sinirin etkilendiği vakalarda ise cVEMP %72.1 ve vHIT %97.7 oranında anormal yanıt oluşturmuştur. Bu gibi zıt etkilerin temporal kemik içerisindeki her bir sinirin aldığı yoldaki anatomik farklılıklardan kaynaklandığı düşünölmüştür. Bu nedenle posterior kanal (PC) vHIT ve cVEMP, akut VN'de inferior sinir fonksiyonunun değerlendirilmesinde tamamlayıcı rol olduğunu düşünmüşlerdir (93).

cVEMP ve vHIT, tüm vestibüler nörin tiplerinin tanımlanmasını ve doğru sınıflandırılmasını sağlar. Vestibüler defisitinin ciddiyeti ve derecesi hakkında ayrıntılı bilgi verir (93).

Kalorik testin bulguları VN'nin akut evresinde her zaman anormaldir ve bu anormallik genellikle 1 yıldan daha fazla sürer. Aslında unilateral kalorik parezi, VN'nin tanısız işareti olarak kabul edilmiştir. Bunun yanında Lee ve ark. (2016) yaptıkları çalışmada superior vestibüler nörin tanısı almış 893 olgunun yalnızca 18'inde normal kalorik yanıt tespit etmişlerdir (106).

Park ve ark. (2018) yaptıkları çalışmada VN tanılı 79 hastaya vHIT ve cVEMP testlerini uygulamışlardır. cVEMP sonuçlarına göre 79 olgunun %40.5'inde pozitif cVEMP asimetrisi gözlenirken %45.6'sında asimetrik gözlenmemiştir; %13.9'unda ise bilateral cevap yoksunluğu görülmüştür. vHIT analizine göre 79 hastanın %21.5'inde unilateral pozitif cevap gözlenirken %6.3'ünde bilateral pozitif cevap gözlemlenmiştir; %72.2'sinde ise bilateral negatif cevap tespit edilmiştir. Çalışmanın sonucunda anormal cVEMP ve vHIT sonuçlarının arasında bir ilişki kurmanın zorunlu olmadığı belirtilmiştir. Buna sebep olarak iki testin farklı vestibüler uç organları değerlendirdiğini saptamışlardır (102).

Vestibüler nörin tanısı almış 32 hasta ile yaptığımız çalışmamızda cVEMP ile vHIT bulgularını karşılaştırdık. Çalışmamızın sonucunda patolojik olmayan cVEMP olgularında vHIT patolojik yüzdesi 100 iken, patolojik olan cVEMP olgularında vHIT patolojik yüzdesinin 22.2 olduğu görülmüştür. cVEMP'e göre vHIT patolojik yüzdesi bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu saptanmıştır ($p < 0.001$). Buna ek olarak patolojik olmayan cVEMP olgularında vHIT patolojik yüzdesinin, patolojik olan cVEMP olgularından daha yüksek olduğu saptanmıştır.

Çalışmamızdan elde edilen sonuçlar doğrultusunda kanal parezisi tespit edilmiş vestibüler nörin hastalarında vHIT ile cVEMP'in birbirlerini ve kalorik testi tamamlayıcı testler olduğu görülmüştür. Ayrıca vHIT ve cVEMP'in inferior vestibüler nörin tanısı konulmasında belirleyici testler olduğu ve ileride oluşabilecek periferik vestibüler bozuklukların öngörülebilmesi açısından tüm testlerin bir arada yapılması gerektiği sonucuna varılmıştır.

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada vestibüler nörit tanısı almış 32 hastaya vHIT, cVEMP ve kalorik testler uygulanmış ve aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

1. Olguların %21.9'u (n=7) vHIT patolojik olmadığı , %78.1'inin (n=25) patolojik olduğu saptanmıştır.
2. Olguların %71.9'u (n=23) cVEMP patolojik , %28.1'inin (n=9) patolojik olmadığı saptanmıştır.
3. Patolojik olmayan cVEMP olgularında vHIT patolojik yüzdesi 100 iken, patolojik olan cVEMP olgularında vHIT patolojik yüzdesinin 22.2 olduğu görülmüştür. cVEMP'e göre vHIT patolojik yüzdesi bakımından istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu saptanmıştır (p<0.001). Patolojik olmayan cVEMP olgularında vHIT patolojik yüzdesinin, patolojik olan cVEMP olgularından daha yüksek olduğu saptanmıştır.
4. Araştırma sonuçları göz önüne alındığında vestibüler nörit tanısı konulmasında vHIT ve cVEMP'in kalorik teste katkısının araştırılması daha geniş bir çalışma grubuyla yapılabilir.
5. vHIT'te sadece lateral semisirküler kanalın test edildiği değil; tüm semisirküler kanalların test edildiği çalışmalar yapılarak karşılaştırılabilir, böylece vHIT'in cVEMP ve kalorik teste katkısı daha doğru bir şekilde görülebilir.
6. cVEMP ve oVEMP testlerinin otolit organların tutulumu hakkında bilgi vermesinden dolayı bu testlerin birlikte yapıldığı çalışmaların artmasıyla vestibüler nörit alt tiplerinin sınıflandırılması ve diğer testlerle tamamlayıcı olduğu daha doğru anlaşılabilir.

7. KAYNAKÇA

- 1) Nandi R., Luxon LM. Development and assessment of the vestibular system. *International Journal of Audology* 47:566-577, 2008.
- 2) Hoffman R., Strunk C. Vestibular anatomy and physiology. Department of Otolaryngology Grand Rounds University of Texas Medical Branch December 9, 1992. Erişim: www.utmb.edu/oto
- 3) Ariyasu L. et al. The Beneficial Effect of Methylprednisolone in Acute Vestibular Vertigo. *Arch Otolaryngol Head Neck Surgery*, 1990;116:700-7003.
- 4) Baysal E., Çelenk F. ve Bayramoğlu İ. (2006). Vestibüler Nörit. *Türkiye Klinikleri Cerrahi Tıp Bilimleri Dergisi*, 2(49):8-10
- 5) Strupp M., Brandt T. (Feb, 2013) Peripheral vestibular disorders. *Curr Opin Neurol*. 26(1):81-89
- 6) Eza-Nunez P. et al. The caloric test and the video-head impulse test in patient with vertigo. *The Journal of International Advanced Otolaryngology* 2014;10(2):144-149.
- 7) Al-Malky G., Bamiou D., Beyts J. et al. Recommended Procedure The Caloric Test. *British Society of Audiology*, 2010.
- 8) Zhang D., Fan Z., Han Y. et al. Inferior vestibular neuritis: a novel subtype of vestibular neuritis. *The Journal of Laryngology & Otology*, 2010;124:477-481.
- 9) Bartolomeo M. et al. Value of the video head impulse test in assessing vestibular deficits following vestibular neuritis. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, 2014;271(4):681-688.
- 10) Halmagyi G. M., Curthoys I. S. A clinical sign of canal paresis. *Archives of Neurology*, 1988;45(7):737-739.
- 11) Zellhuber S., Mahringer A., Rambold H.A. Relation of video-head-impulse test and caloric irrigation: a study on the recovery in unilateral vestibular neuritis. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, 2014; 271(9):2375-2383.

- 12) Roy F.D., Tomlinson R.D. Characterization of the vestibulo-ocular reflex evoked by high-velocity movements. *Laryngoscope*, 2004;114:1190-1193.
- 13) Kokten N., Karaca S., İncesulu A., Kalcıoğlu M.T. Semisirküler kanalların fonksiyonlarının değerlendirilmesinde yeni, objektif bir test: Video baş savurma testi ile ilgili bir derleme. *Kulak Burun Boğaz İhtisas Dergisi*, 2017;27(5):241-250.
- 14) Martinez J.R. Validity of wavelet transforms for analysis of video head impulse test (vHIT) results. *Eur. Arch. Otorhinolaryngol*, 2017, 274:4241-4249.
- 15) Alhabib S.F., Saliba I. Video head impulse test: a review of the literature. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, 2017;274(3):1215-1222.
- 16) Walther LE. Current diagnostic procedures for diagnosing vertigo and dizziness. *GMS Curr Top Otorhinolaryngol Head Neck Surg*. 2017;18;16:Doc2.
- 17) Chihara Y. Clinical characteristics of inferior vestibular neuritis. *Acta Oto-Laryngologica*, 2012;132(12):1288-1294.
- 18) Alhabib S.F., Saliba I. Video head impulse test: a review of the literature. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, 2017;274(3):1215-1222.
- 19) Wiest G. The origins of vestibular science. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1343 (2015) 1-9.
- 20) Wiest G., Baloh RW. The pioneering work of Josef Breuer on the vestibular system. *Arch Neurol*. 2002;59(10):1647-1653
- 21) Erbek HS. Sağlıklı erişkin bireylerde oküler vestibüler uyarılmış miyojenik potansiyel (OVEMP) normal değerleri. Uzmanlık tezi, Başkent Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Kulak Burun Boğaz Anabilim Dalı, Ankara, 2012.
- 22) Hızal E. Farklı zaman aralıkları ile tekrarlanan baş hareketlerinin video head impulse test (vHIT) ölçümleri üzerindeki etkileri. Uzmanlık tezi, Başkent Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Kulak Burun Boğaz Anabilim Dalı, Ankara, 2015.
- 23) Sadler T.W. Ear, Langman's Medical Embryology (Taylor C, ed). Twelfth Edition. Baltimore, Lippincott Williams and Wilkins, pp 321-324, 2012.

- 24) Shepard NT., Solomon D. Functional Operation of the Balance System in Daily Activities. *Otolaryngologic Clinics of North America*, 33(3):455-468, 2012.
- 25) Hızal E. Vestibüler sistemin anatomi ve fizyolojisi. In: Belgin E., editor. *Temel Odyoloji*. Ankara: Güneş Tıp Kitabevleri; 2015. P. 57-69.
- 26) Barrett KE., Barman SM., Boitano S., Reckelhoff JF. Central and Peripheral Neurophysiology. *Ganong's Medical Physiology Examination & Board Review*. (Barrett KE., ed) 23th edition. New York, Mc-Graw Hill. 2009.
- 27) Casale J., Murr N. Physiology, Cochlear Function. *StatPearls (Internet)*. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2018 Jan-2018 Oct 27.
- 28) Khan S., Chang R. Anatomy of the vestibular system: a review. *NeuroRehabilitation*. 2013;32(3):437-443
- 29) Hain TC., Helminski J. Anatomy and physiology of the normal vestibular system. *Vestibular Rehabilitation*. 4th edition. F.A. Davis Company. 2014. P. 2-14
- 30) Goldberg M.E., Walker M.F., Hudspeth A.J. The Vestibular System. *Principles of Neural Science* (Sydor A, ed.). Fifth edition. America, The McGraw-Hill Companies. 917-933, 2013.
- 31) Wackym P.A. Neurotology. *Youmans & Winn Neurological Surgery* (Winn H.R, ed.). Sevent edition. Philadelphia, Elsevier, 2017.
- 32) Dickman J.D. The Vestibular System. *Fundamental Neuroscience for Basic and Clinical Applications* (Haines D.E, Mihailoff G.A. ed.) Fifth edition. Philadelphia, Elsevier. 320-333, 2018.
- 33) Mescher A.L. The Eye & Ear: Special Sense Organs. *Junqueira's Basic Histology: Text and Atlas* (Weitz M., Kearns B., Boyle P, ed.). Fifteenth edition. McGraw-Hill Education, America, 2018.
- 34) Hall JE., Guyton AC. *Guyton ve Hall Tıbbi Fizyoloji* (Yeğen BÇ, ed). 12'nci baskı. İstanbul, Nobel Tıp Kitabevleri. 633-637, 2013.
- 35) Mazzoni A. The vascular anatomy of the vestibular labyrinth in man. *Acta Otolaryngol Suppl*. 1990;472:1-83.
- 36) Fife T.D. Overview of anatomy and physiology of the vestibular system. *Handbook of Clinical Neurophysiology*, 2010;9:5-17.

- 37) Zenner H.P., Gummer A.W. The Vestibular System. Comprehensive Human Physiology: From Cellular Mechanisms to Integration (Greger R, ed.). Berlin, Springer-Verlag, 697-709, 1996.
- 38) Andras C. The Organ of Hearing and Equilibrium. Atlas of The Sensory Organs Functional and Clinical Anatomy (Weisberg R.B, ed.). Humana Press Inc., New Jersey, 2005.
- 39) Waxman S.G., deGroot J. Correlative Neuroanatomy. 22th edition. Norwalk, Appleton Lange, 1995, s. 230-234.
- 40) Casale J., Agarwal A. Anatomy, Head and Neck, Ear Endolymph. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2018.
- 41) Cullen K., Sadeghi S. Vestibular System. Scholarpedia. 2008;3(1):3013.
- 42) Byerly. AM. A comprehensive review of the vestibular system. The Ohio State University. 2014.
- 43) Rosengren S.M., Welgampola M.S., Colebatch J.G. Vestibular evoked myogenic potentials: Past, present and future. Clinical Neurophysiology 2010;121:636-651.
- 44) Üstün MB. Benign paroksizmal pozisyonel vertigo tedavisinde epley manevrasının etkinliğinin değerlendirilmesi (prospektif çalışma). Uzmanlık tezi, T.C. Sağlık Bakanlığı Dr. Said Konuk Eğitim ve Araştırma Hastanesi Kulak Burun Boğaz ve Baş Boyun Cerrahisi Kliniği, İstanbul, 2005.
- 45) Jacob J., Snow J.B. Otorinolaringoloji Baş ve Boyun Cerrahisi (Genocak D, ed.). Nobel Tıp Kitapevi, 2000.
- 46) Welgampola M.S., Colebatch J.G. Vestibulocollic reflexes: normal values and the effect of age. Clinical Neurophysiology 2001;112:1971-1979.
- 47) Waespe W., Henn V. Gaze stabilization in the primate: the interaction of the vestibulo-ocular reflex, optokinetic nystagmus, and smooth pursuit. Reviews in Physiology and Biochemical Pharmacology, 1987;106:37-125.
- 48) Tabak S., Smeets J.B.J., Collewijn H. Modulation of the human vestibuloocular reflex during saccades: Probing by high-frequency oscillation and torque pulses of the head. Journal of Neurophysiology, 1996;76(5):3249-3263.

- 49) Pompeiano O., Allum J.H.J. (Eds.). Vestibulospinal control of posture and locomotion. Amsterdam, the Netherlands, Elsevier, 1988.
- 50) Colebatch J.G., Halmagyi G.M., N.F. Myogenic potentials generated by a click-evoked vestibulocollic reflex. Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry 1994;57:190-197.
- 51) Perez N., Lopez JR. Head-impulse and caloric tests in patients with dizziness. Otolaryngology & Neurotology 24;913-917, 2003.
- 52) Black R.A., Halmagyi G.M., Thurtell M.J., Todd M.J., Curthoys I.S. The active head-impulse test in unilateral peripheral vestibulopathy. Arch Neurol, Vol 62, Feb 2005.
- 53) Alhabib S.F., Saliba I. Video head impulse test: a review of the literature. European Archives of Oto-Rhino-Laryngology, 2017;274(3):1215-1222.
- 54) Guan Q., Zhang L., Hong W., Yang Y., Chen Z., Lu P., Zhang D., Hu X. Video head impulse test for early diagnosis of vestibular neuritis among acute vertigo. The Canadian Journal of Neurological Sciences, 2017;44:556-561.
- 55) Meyer C.H., Lasker A.G., Robinson D.A. The upper limit of human smooth pursuit velocity. Vision Research, 1985;25(4):561-563.
- 56) Kabiş B. Sağlıklı yetişkin bireylerde Video Head Impulse Testi'nin (vHIT) normal değerlerinin belirlenmesi. Uzmanlık tezi, Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, KBB Odyoloji ve Konuşma Ses Bozuklukları Programı, Ankara, 2015.
- 57) Özdek A., Keseroğlu K., Er S., Ünsal S., Gündüz M. Periferik vestibüler hastalıklarda o-VEMP ve v-HIT test sonuçlarının kalorik test sonuçları ile karşılaştırılması. Journal of Academic Research in Medicine 2007;7:26-31.
- 58) J.S., Kim C.H., Kim M.B. Comparison of Video Head Impulse Test in the Posterior Semicircular Canal Plane and Cervical Vestibular Evoked Myogenic Potential in Patients With Vestibular Neuritis. Otolaryngology&Neurotology, 2018, 39(4):e263-e268.
- 59) Kim T.S. et al. Changes of video head impulse test results in lateral semicircular canal plane by different peak head velocities in patients with vestibular neuritis. Acta Oto-Laryngologica, 2018;138(9):785-789.

- 60) Lee S.H., Kim S.H., Kim J.M., Tarnutzer A.A. Vestibular dysfunction in Wernicke's Encephalopathy: predominant impairment of the horizontal semicircular canals. *Frontiers in Neurology*, 9;141, 2018.
- 61) Driscoll C. et al. Vestibular evoked myogenic potentials: Clinic implications of a normative investigation. *The Australian and New Zealand Journal of Audiology*, Vol 29, No:2, Nov 2007, pp. 98-112.
- 62) Ochi K. et al. Variance of Vestibular Evoked Myogenic Potentials. *The Laryngoscope* 111, 2001.
- 63) Hızal E., Erbek H.S., Özlüoğlu L.N. Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyeller (VEMP). *Bozok Tıp Dergisi* 2014;1(1):26-37.
- 64) Welgampola M.S. Colebatch J.G. Characteristics of tone burst evoked myogenic potentials in the sternocleidomastoid muscles. *Otology Neurotology*, 2001;22:796.
- 65) Colebatch J.G., Halmagyi G.M. Vestibular evoked potentials in human neck muscles before and after unilateral vestibular deafferentation. *Neurology*. 1992;42(8):1635-1636.
- 66) Young Y.H., Wu C.C., Wu C.H. Augmentation of vestibular evoked myogenic potentials: an indication for distended saccular hydrops. *Laryngoscope*. 2002;112(3):509-512.
- 67) Akin F.W., Murnane O.D., Proffitt T.M. The effects of click and tone-burst stimulus parameters on the vestibular evoked myogenic potential (VEMP). *Journal of the American Academy of Audiology*, Vol 14, No:9, 2003.
- 68) Maes L. et al. The effect of age on the sinusoidal harmonic acceleration test, pseudorandom rotation test, velocity step test, caloric test, and vestibular-evoked myogenic potential test. *Ear & Hearing*, Vol 31, No:1, 84-94, 2010.
- 69) Derinsu U., Baş E.İ., Akdaş F. Vestibüler uyarılmış miyojenik potansiyellerin standardizasyonu. *Marmara Medical Journal* 2009; 22(2);127-133.
- 70) Chang C., Young Y. Caloric and vestibular evoked myogenic potential test in evaluating children with benign paroxysmal vertigo. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology* (2007) 71, 495-499.

- 71) Ochi K., Ohashi T., Watanabe S. Vestibular-evoked myogenic potential in patient with unilateral vestibular neuritis: abnormal VEMP and its recovery. *The Journal of Laryngology & Otology*, Feb 2003, Vol. 117, pp. 104-108.
- 72) Murofushi T. et al. Absent Vestibular Evoked Myogenic Potentials in Vestibular Neurolabyrinthitis. *Arch Otolaryngol Head Neck Surgery*, Vol. 112, 1996.
- 73) Heide G., Freitag S., Wollenberg I. et al. Click evoked myogenic potentials in the differential diagnosis of acute vertigo. *Neurol Neurosurg Psychiatry*, 1999;66:787-790.
- 74) Lesmas Navarro M.J. et al. Contribution of the vestibular evoked myogenic potentials to the study of the vestibular neuritis. *Acta Otorrinolaringol Esp*. 2009;60(1):49-53.
- 75) Temirbekov D. Vertigo ve Denge Sorunlarına Güncel Yaklaşım. *Curr Pract ORL*, 2018, 14(1):10-20.
- 76) Cozma R.S. et al. Vestibular sensory functional status of cochlear implanted ears versus non-implanted ears in bilateral profound deaf adults. *Romanian Journal of Morphology & Embryology* 2018, 59(1):105-112.
- 77) Nehme J., Saliba I. Bilateral simultaneous caloric test for superior semicircular canal evaluation. *Otology & Neurotology* 32:1473-1479, 2011.
- 78) Mehra YN. Electronystagmography a study of caloric test in normal subjects. Department of Otolaryngology, Post-graduate Institute for Research and Medical Education, Chandigarh, India.
- 79) Mekki S. The role of videonystagmography (VNG) in assessment of dizzy patient. *The Egyptian Journal of Otolaryngology* 2014, 30:69-72.
- 80) Halama A., Hinchcliffe R. Studies on a clinical caloric test. Institute of Laryngology and Otology, 330 Gray's Inn Road, London.
- 81) Jacobson GP., Piker EG., Grantham SL., English LN. Age predicts the absence of caloric-induced vertigo. *Journal of Otology* 13 (2018);5-9.
- 82) Hermann R., Ionescu EC., Dumas O., Tringal S., Truy E., Tilikete C. Bilateral Vestibulopathy: Vestibular function, dynamic visual acuity and functional impact. 2018.

- 83) Zaim M., Acar B., Çelik E. Effects of migraine disease on the vestibulocochlear system. *Journal of Clinical and Experimental Investigations* 2015; 6 (1):1-4.
- 84) Saadat D. et al. Comparison of vestibular autorotation and caloric testing. *Otolaryngol Head Neck Surgery*, 1995;113(3):215-222.
- 85) Lin CM., Young YH. (2011). Identifying the affected branches of vestibular nerve in vestibular neuritis. *Acta Otolaryngol.* 131(9): 921–928.
- 86) Kim J.S., Kim H.J. Inferior Vestibular Neuritis. *Journal of Neurology*, 2012;259(8):1553-1560.
- 87) Schuknecht H.F., Kitamura K. Vestibular Neuritis. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1981;90:1.
- 88) Yılmaz H., Ağırdır B.V. (2015). Vestibüler Nörit. *Türkiye Klinikleri Cerrahi Tıp Bilimleri Dergisi*, 8(3):18-21.
- 89) Himmelein S., Lindemann A. Differential Involvement during Latent Herpes Simplex Virus 1 Infection of the Superior and Inferior Divisions of the Vestibular Ganglia: Implications for Vestibular Neuritis. *Journal of Virology*, 2017;91(14):1-7.
- 90) Özünlü A., Gülhan M. Vestibüler Nöritis. *K.B.B ve Baş Boyun Cerrahisi Dergisi*, 1998;6(2):104-108.
- 91) Jeong S.H. et al. Vestibular Neuritis. *Seminars Neurology*, 2013;33:185-194.
- 92) Murofushi T., Iwasaki S., Ushio M. Recovery of vestibular evoked myogenic potentials after a vertigo attack due to vestibular neuritis. *Acta Otolaryngologica*, 2006;126:364-367.
- 93) Taylor R.L. et al. Vestibular neuritis affects both superior and inferior vestibular nerves. *Neurology*, 2016;87(16):1704-1712.
- 94) Shim D.B. et al. Typical sensory organization test findings and clinical implication in acute vestibular neuritis. *Auris Nasus Larynx*-2396, pp. 1-6, 2017.
- 95) Ohbayashi S. et al. Recovery of the Vestibular Function after Vestibular Neuritis. *Acta Otolaryngol (Stockh)* 1993;503:31-34.
- 96) Fetter M., Dichgans J. Vestibular neuritis spares the inferior division of the vestibular nerve. *Brain*, 1996;119:755-763.

- 97) Hwang K. et al. The extent of vestibular impairment is important in recovery of canal paresis of patients with vestibular neuritis. *Auris Nasus Larynx*-2459, pp 1-3, 2018.
- 98) Ryu J.H. Vestibular Neuritis: An Overview Using a Classical Case. *Acta Otolaryngol (Stockh)*. 1993;503:25-30.
- 99) Brandt T. Vestibular neuritis in vertigo: its multisensory syndromes. London: Springer-Verlag, 1991:27-40.
- 100) Rahko T., Karma P. New clinical finding in vestibular neuritis: high-frequency audiometry hearing loss in the affected ear. *Laryngoscope*. 1986;96(2):198-199.
- 101) Corvera J., Davalos R.L. Neurotologic evidence of central and peripheral involvement in patients with vestibular neuronitis. *Otolaryngol Head Neck Surg*. 1985;93(4):524-528.
- 102) Park J.Y., Choi S.Y., Choi J.H., Choi K.D. Vestibular neuritis selectively involving posterior canal and utricle. *J Neurology*. 2018;265(8):1940-1942.
- 103) Gianoli G., Goebel J., Mowry S., Poomipannit P. Anatomic differences in the lateral vestibular nerve channels and their implications in vestibular neuritis. *Otol Neurotol*. 2005;26(3):489-94.
- 104) Perez N., Rama-Lopez J. Head-impulse and caloric tests in patients with dizziness. *Otology & Neurotology*. 2003;24(6):913-917.
- 105) Aw S.T. et al. Contribution of the Vertical Semicircular Canals to the Caloric Nystagmus. *Acta Otolaryngol (Stockh)*. 1988;118:618-627.
- 106) Lee S.U. et al. Normal Caloric Responses during Acute Phase of Vestibular Neuritis. *J Clin Neurol* 2016;12(3):301-307.
- 107) Magnusson M., Karlberg M., Halmagyi M., et al. The video-impulse test enhances the possibility of detecting vestibular lesions. Presented at the XXII Barany Society Meeting, Seattle; September 26–29, 2002.
- 108) Jorns-Häderli M., Straumann D., Palla A. Accuracy of the bedside head impulse test in detecting vestibular hypofunction. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 2007;78(10):1113-1118.

- 109) Weber. K.P., MacDougall H.G., Halmagyi G. M., Curthoys I. S. Impulsive Testing of Semicircular- Canal Function Using Video- oculography. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 2009;1164(1):486-491.
- 110) Blodow A., Pannasch S. Detection of isolated covert saccades with the video head impulse test in peripheral vestibular disorders. *Auris Nasus Larynx*, 2013;40(4):348–351.
- 111) Bell S.L., Barker F., Heselton H., MacKenzie E., Dewhurst D., Sanderson A. A study of the relationship between the video head impulse test and air calorics. *Eur Arch Otorhinolaryngol*, 2015;272:1287–1294.
- 112) Rambold H.A. Economic management of vertigo/dizziness disease in a county hospital: video-head-impulse test vs. caloric irrigation. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, 2014: p. 1-8.
- 113) Fetter M., Dichgans J. Vestibular neuritis spares the inferior division of the vestibular nerve. *Brain*. 1996;119(Pt 3):755–763.
- 114) Halmagyi G.M., Aw S.T., Karlberg M., Curthoys I.S., Todd M.J. Inferior vestibular neuritis. *Ann N Y Acad Sci* 2002;956: 306–13.