

**T.C.
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**



**GALVANİK AKIM İLE VESTİBÜLER HİPOFONKSİYON TANISI ve
REHABİLİTASYONU**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hüsnü KAYIKCI

**Odyoloji Anabilim Dalı
Odyoloji Programı**

Aralık, 2019

**T.C.
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**



**GALVANİK AKIM İLE VESTİBÜLER HİPOFONKSİYON TANISI ve
REHABİLİTASYONU**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Hüsnü KAYIKCI
(YL1716.070003)**

**Odyoloji Anabilim Dalı
Odyoloji Programı**

Tez Danışmanı: Prof. Dr. B. Özlem KONUKSEVEN

Aralık, 2019

T.C.
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ



YÜKSEK LİSANS TEZ ONAY FORMU

Odyoloji Anabilim Dalı Odyoloji Tezli Yüksek Lisans Programı Y1716.070003 numaralı öğrencisi Hüsni KAYIKCI'nın "GALVANİK AKIM İLE VESTİBÜLER HIPOFONKSİYON TANISI VE REHABİLİTASYON" adlı tez çalışması Enstitümüz Yönetim Kurulunun 06.12.2019 tarihli ve 2019/02 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından oybirliği/oyçokluğu ile Tezli Yüksek Lisans tezi 17.12.2019 tarihinde kabul edilmiştir.

<u>Unvan</u>	<u>Adı Soyadı</u>	<u>Üniversite</u>	<u>İmza</u>
ASIL ÜYELER			
Danışman	Prof. Dr.	Bahriye Özlem KONUKSEVEN	İstanbul Aydın Üniversitesi
1. Üye	Prof. Dr.	Seyhan ALKAN	İstanbul Aydın Üniversitesi
2. Üye	Prof. Dr.	Yıldırım Ahmet BAYAZIT	İstanbul Medipol Üniversitesi
YEDEK ÜYELER			
1. Üye	Dr. Öğr. Üyesi	İnci ADALI	İstanbul Aydın Üniversitesi
2. Üye	Doç. Dr.	Mehti ŞALVIZ	Yeni Yüzyıl Üniversitesi

ONAY

Prof. Dr. Ragıp Kutay KARACA
Enstitü Müdürü

YEMİN METNİ

Yüksek Lisans tezi olarak sunduğum “Galvanik Akım İle Vestibüler Hipofonksiyon Tanısı Ve Rehabilitasyonu” adlı çalışmanın, tezin proje safhasından sonuçlanmasına kadarki bütün süreçlerde bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurulmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin Bibliyografya’da gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve onurumla beyan ederim. (17/12/2019)

Hüsnü KAYIKCI

Aileme,

ÖNSÖZ

Tez çalışmamın her aşamasında fikirleri ve değerli yönlendirmeleriyle bana destek olan, bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım sayın hocam Prof. Dr. Özlem KONUKSEVEN'e,

Tez çalışma sürecimde deneyimleri, değerleri fikirleri ve bilimsel bilgileri ile bana yol gösterici olan değerli hocam Doç. Dr. Mehti ŞALVIZ'a,

Eğitim öğretim hayatım boyunca her zaman yanımda olan, desteklerini ve güvenlerini hissettiğim anneme, ablalarım, ikizime ve arkadaşlarıma sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Aralık, 2019

Hüsnü KAYIKCI

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
KISALTMALAR	viii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	x
ŞEKİL LİSTESİ.....	xi
ÖZET.....	xii
ABSTRACT	xiii
1. GİRİŞ ve AMAÇ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	3
2.1 Vestibüler Sistem Tarihçe.....	3
2.2 Vestibüler Sistemin Anatomisi	3
2.2.1 Periferik Vestibüler Sistem	3
2.2.1.1 Semisirküler kanallar (SSK):.....	6
2.2.1.2 Otolitik Organlar.....	7
2.2.1.3 Vestibüler Sinir.....	8
2.2.2 Santral Vestibüler Anatomisi	9
2.2.2.1 Vestibüler Çekirdekler	9
2.2.2.2 Vestibuloserebellum	11
2.2.2.3 Kompleks Kortikal Vestibül Bağlantılar.....	11
2.3 Vestibüler Sistem Fizyolojisi	12
2.3.1 Periferik Vestibüler Sistem Fizyolojisi.....	13
2.3.2 Santral Vestibüler Sistem Fizyolojisi	15
2.4 Vestibüler Sistemin Değerlendirilmesi.....	20
2.4.1 Video Head Impulse Test (vHIT).....	20
2.5 Vestibüler Nörit.....	23
2.6 Galvanik Akım	26
2.6.1 Galvani Akımı (Doğru Akım)	26
2.6.2 Devamlı Geçirilen Galvani Akımı:	27
2.6.3 Vestibüler Galvanik Stimülasyon.....	27
3. GEREÇ VE YÖNTEM	29
3.1 Çalışma İzni ve Etik Kurul Onayı	29
3.2 Çalışma Grubu	29
3.3 Araştırma Yeri ve Zamanı	30
3.4 Olguların Seçimi	30
3.5 Katılımcılar	30
3.6 Çalışmaya Dahil Edilme Kriterleri.....	31
3.7 Çalışma Dışı Bırakılma Kriterleri	31
3.8 Video Head Impulse Test (vHIT) Uygulaması	31
3.9 VNG.....	33
3.10 Veri Toplama	33

3.10.1 vHIT.....	33
3.11 Galvanik Vestibüler Stimülasyon Cihazı.....	34
3.12 Çalışma Planı	35
3.13 İstatistiksel İncelemeler	38
4. BULGULAR.....	39
5. TARTIŞMA.....	45
6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	56
KAYNAKLAR.....	57
EKLER.....	62
ÖZGEÇMİŞ	67

KISALTMALAR

VOR	: Vestibülo-Oküler Refleks
GVS	: Galvanik Vestibüler Stimülasyon
SPS	: spikes per second
SSK	: Semisirküler Kanal
Mm:	: Milimetre
IVOR	: doğrusal VOR
aVOR	: açısal VOR
µm	: Mikrometre
Ark	: Arkadaşları
IAC	: İnternal Akustik Kanal
PIVC	: Paroinsüler Vestibüler Korteks
K	: Potasyum
Ca	: Kalsiyum
VKR	: Vestibülo-Kolik Refleks
VNG	: Videonistagmografi
vHIT	: Video Head Impulse Test
EMG	: Elektromiyografi
MVST	: Medial Vestibulospinal Tract
LVST	: Lateral Vestibulospinal Tract
VEMP	: Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyeller
LARP	: Left Anterior Right Posterior
RALP	: Right Anterior Left Posterior
VN	: Vestibüler Nörit
ÜSYE	: Üst Solunum Yolu Enfeksiyonu
BPPV	: Bening Paroksizmal Pozisyonel Nistagmus
oVEMP	: Oküler VEMP
HSV-1	: Herpes Simplex Virus Type 1
PCR	: Polimeraz Chain Reaction
HVS	: Herpes Simplex Virus
DNA	: Deoksiribo Nükleik Asit
mA	: Miliamper
SKM	: Sternokleidomastoidus,
kHz	: Kiloherz
V	: Volt
dk	: Dakika
sn	: Saniye
KBB	: Kulak Burun Boğaz
DHI	: Dynamic Handicap Inventory
VES	: Vestibular Electrical Stimulation
PGSN	: Postgalvanic Stimulating Nystagmus
ENG	: Elektronistagmografi
GSN	: Galvanic Stimulating Nystagmus

VES : Vestibüler Elektrik Stimülasyon
tDCS : Transkraniyal Doğru Akım Stimülasyonu
GSN : Galvanik Stimülasyon Nistagmusu

ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1: İnfirior vestibüler nörit tanı kriterleri;	25
Çizelge 4.1: Çalışma grubunun; yaş, cinsiyet, tanı, hasta kulak yönü, hasta kulak preresabilitasyon ve postreabilitasyon vHIT kazanç değerleri, GVS preresabilitasyon değerleri	39
Çizelge 4.2: Kontrol grubunun yaş, cinsiyet, tanı, hasta kulak yönü, hasta kulak preresabilitasyon ve postreabilitasyon vHIT kazanç değerleri.....	40
Çizelge 4.3: Grupların vHIT kazanç değerleri açısından değerlendirilmesi	41
Çizelge 4.4: Grupların vHIT kazanç değerlerinin postreabilitasyon sonrası değerlendirilmesi.....	42
Çizelge 4.5: Kulaklar arası GVS mA değerleri açısından değerlendirilmesi	43

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1: Tip 1 ve tip 2 tüylü hücreler.	4
Şekil 2.2: İç kulağın yapıları(Furman, Cass, & Whitney, 2010).....	5
Şekil 2.3: Semisürküler kanalların yerleşimi.	6
Şekil 2.4: Bilateral vestibüler sistemin görünümü.	7
Şekil 2.5: Utrikül ve sakkülün yerleşimi (dizziness-and balance.com/anatomy/physiology/compensation).....	7
Şekil 2.6: Vestibülo koklear sinir.	9
Şekil 2.7: Vestibüler çekirdekler.....	10
Şekil 2.8: Koronal MR görüntülemeye vestibüler sensöryel uyarım yollarının görüntülenmesi. (1) Fastigial nükleus; (2) vestibüler nükleus; (3) aksesuar olivar nükleus; (4) hipotalamus; (5) flokkülönodular nodül; (6) fastigo-vestibüler yol; (7) fastigo-olivar yol; (8) fastigo-talamik yol; (9) medial vestibülospinal yol; (10) bilateral vestibülospinal yol; (11) fastigo-spinal yol; (12) motor korteks bağlantıları; (13) vestibüler aparat; retiküler formasyon (RF) (Bulakbaşı N, Pabuşçu Y. Neuro-otologic applications of MRI. Diagn Interv Radiol 2007; 13:109–120.).	12
Şekil 2.9: Vestibüler tüy hücresinin depolarizasyon ve repolarizasyonu.	15
Şekil 2.10: Sağ göz hareketinden sorumlu kaslar	16
Şekil 2.11: aVOR (A) ve IVOR (B) kompensatör bakış mekanizmaları.....	18
Şekil 2.12: Vor un nöral bağlantıları.	19
Şekil 2.13: Normal vHIT sonucu.	22
Şekil 2.14: Anormal vHIT sonucu (sol lateral SSK hipofonksiyon).....	23
Şekil 2.15: Vestibüler sinirin süperior (anterior ve horizontal kanallar, utrikulus) ve inferior (posterior kanal ve sakkulus) dallarının inerve ettiği alanlar.....	24
Şekil 3.1: vHIT cihazı genel görünümü.....	33
Şekil 3.2: PETAŞ-PETGAL 250 Cihazı.....	34
Şekil 3.3: GVS elektrotlarının yerleşimi.	35
Şekil 3.4: Fiksasyonsuz GVS ile oluşturulmuş 4 dg/sn nistagmus örneği.	37
Şekil 3.5: Fiksasyonsuz spontan 0 dg/sn nistagmus örneği.	37
Şekil 4.1: Vakaların preresabilitasyon ve postresabilitasyon kazanç değerleri.	41
Şekil 4.2: Postresabilitasyon kazanç artışlarının değerlendirilmesi.....	42
Şekil 4.3: Çalışma grubunda sağlam ve hasta kulak galvanik akım değerlerinin karşılaştırılması.....	43
Şekil 4.4: Kontrol grubunun preresabilitasyon ve postresabilitasyon vHIT kazanç değişikliği.	44
Şekil 4.5: Çalışma grubunun preresabilitasyon ve postresabilitasyon vHIT kazanç değişimi.	44

GALVANİK AKIM İLE VESTİBÜLER HİPOFONKSİYON TANISI ve REHABİLİTASYONU

ÖZET

Kayıkçı, H. (2019). Galvanik Akım ile Vestibüler Hipofonksiyon Tanısı ve Rehabilitasyonu. İstanbul Aydın Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Odyoloji Bilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul.

Amaç: Mastoid kemik üzerinden uygulanan Galvanik Vestibüler Stimülasyon, direkt olarak vestibüler çekirdeklerin ve vestibüler sinirin distal kısmındaki primer afferentlerde deşarja neden olur. Katodal akım spontan ateşleme oranını arttırırken, anodal akım azaltır. Bu bağlamda çalışmamızda izole süperior vestibüler nörit tanısı koyulan vakalarda galvanik vestibüler stimülasyon ile öncelikle vestibüler hipofonksiyon tanısı koymak ve eşik mAmper üzerinden patolojik kulağa vestibüler rehabilitasyon uygulayarak galvanik vestibüler akımın etkisini araştırmak hedeflenmiştir.

Gereç & Yöntem: Bu çalışma, çalışma (n=20) ve kontrol (n=20) grubu olmak üzere izole süperior vestibüler nörit tanısı almış toplam 40 olgu üzerinde yapılmıştır. Video Head Impulse Test ile hipofonksiyon tanısı konulan tüm olgulara prerehabilitasyon döneminde galvanik vestibüler stimülasyon uygulanarak miliamper olarak hipofonksiyon tanısı konulmuştur. Çalışma grubuna patolojik kulaktaki eşik miliamper üzerinden, 2 ay boyunca haftada 2 kez galvanik vestibüler rehabilitasyon uygulanmış, post rehabilitasyon döneminde galvanik vestibüler stimülasyonun etkisi Video Head Impulse Test ile test edilmiştir. Kontrol grubuna rehabilitasyon uygulanmamıştır.

Bulgular: Prerehabilitasyon döneminde, gruplar arasında Video Head Impulse Test kazanç ortalamaları açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık elde edilmemiştir ($p>0.05$). Postrehabilitasyon döneminde, çalışma grubunun Video Head Impulse Test kazanç ortalaması, kontrol grubundan istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksektir ($p:0.000$; $p<0.05$).

Çalışma ve kontrol grubunda; prerehabilitasyon Video Head Impulse Test kazanç ortalamalarına göre postrehabilitasyon kazanç ortalamalarında görülen artış istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0.05$), ancak çalışma grubunda görülen artış kontrol grubuna göre anlamlı derecede yüksektir.

Sonuç: Galvanik vestibüler stimülasyonun, vestibüler nöritli hastalarda patolojik kulakta etkin vestibüler rehabilitasyon yöntemi olarak kullanılabileceği görülmüştür. Galvanik Vestibüler Stimülasyon ile kulaklar arasında ki hipofonksiyon tanısında miliamper değerinin anlamlı olduğu görülmüştür.

Anahtar Sözcükler: *Vestibüler Nörit, Galvanik Vestibüler Stimülasyon, Video Head Impulse Test (vHIT), Vestibüler Hipofonksiyon*

DIAGNOSIS AND REHABILITATION OF VESTIBULAR HYPOFUNCTION BY GALVANIC CURRENT

ABSTRACT

Kayikci, H. (2019). Diagnosis and Rehabilitation of Vestibular Hypofunction With Galvanic Current. Istanbul Aydın University Institute of Health Sciences, Audiology Department. Master Thesis. Istanbul.

Objective: Galvanic Vestibular Stimulation, which is applied over mastoid bone, causes discharges directly in the vestibular nuclei and primary afferents in the distal part of the vestibular nerve. Cathodal flow increases spontaneous firing rate, while anodal current decreases. In this study, we aimed to investigate the effect of galvanic vestibular flow by applying vestibular rehabilitation to the pathological ear over threshold threshold by firstly diagnosing vestibular hypofunction by galvanic vestibular stimulation in cases diagnosed with isolated superior vestibular neuritis.

Materials and Methods: This study was performed on 40 patients (n = 20) and control (n = 20) diagnosed as isolated superior vestibular neuritis. All cases diagnosed with hypofunction with Video Head Impulse Test were diagnosed as milliampere hypofunction by galvanic vestibular stimulation during prerehabilitation period. The study group received galvanic vestibular rehabilitation twice a week for 2 months over the threshold milliamp in the pathological ear, and the effect of galvanic vestibular stimulation in the post-rehabilitation period was tested with the Video Head Impulse Test. The control group did not receive rehabilitation.

Results: There was no statistically significant difference between the groups in terms of Video Head Impulse Test gain averages ($p > 0.05$). In the post-rehabilitation period, the mean Video Ear Impulse Test gain of the study group was significantly higher than the control group ($p: 0.000; p < 0.05$).

In the study and control groups; Prerehabilitation Video Head Impulse Test gain averages were statistically significant ($p < 0.05$), but the increase in the study group was significantly higher than the control group.

Conclusion: Galvanic vestibular stimulation can be used as an effective vestibular rehabilitation method in pathological ear in patients with vestibular neuritis. Milliampere value was significant in the diagnosis of hypofunction between the ears with Galvanic Vestibular Stimulation.

Keywords: *Vestibular Neuritis, Galvanic Vestibular Stimulation, Video Head Impulse Test (vHIT), Vestibular Hypofunction*

1. GİRİŞ ve AMAÇ

Vestibüler hastalıklar gerek vertigo (başdönmesi) atakları sırasında gerekse daha sonradan tam oluşmayan iyileşme (vestibüler hipofonksiyon) nedeniyle yaşam kalitesini düşürmektedir. Ayrıca tanı ve tedavideki yetersizlikler nedeniyle hastaların sık sık hastane değişiklikleri ve yapılan test tekrarları ve yine yol açtığı düşme travmaları nedeniyle iş gücü kaybına ve yüksek maliyetlere neden olmaktadır. Amerika'da 40 yaş üstü vestibüler hastalıkların prevalansı % 35, dengesizlik prevalansı ise %11 olarak verilmiştir (Agrawa Y ve ark., 2009).

Vestibüler nörit (VN), benign paroksizmal pozisyonel vertigodan sonra vertigonun üçüncü sıklıkla görülen periferik vestibüler sistem hastalığıdır (Karlberg ML, 2011). Hastalığın semptomları ilk kez 1909 yılında Rutin tarafından açıklanmıştır. VN, tüm vertigo olgularının ise %7-10'unu oluşturur. Yıllık insidansı 3-5/100.000 olarak görülmektedir (Guan Q ve ark., 2017). Yaşa bağlı olarak insidans artar ve en sık 40-50 yaş arası görülür. Dejenerasyona en sık uğrayan dal superior vestibüler sinirdir (%55-100) ve bunu takiben inferior vestibüler sinir (%15-30) gelmektedir (Akyıldız, 2015). Vestibüler nörit akut başlangıçlı vertigo, bulantı-kusma ve periferik nistagmus ile karakterize, işitme kaybının ve tinnitusun görülmediği ve vestibüler sinirin akut veya subakut inflamasyonudur. Vestibüler nörit 3 alt tipe ayrılır. Bunlar: Superior Vestibüler Nörit, Inferior Vestibüler Nörit ve Total Vestibüler Nörit (Ryu J.H, 1993, Rahko T, 1986).

Periferik ve santral vestibüler hastalıklarda teşhis ve tedavi için zaten yetersiz olan muayene yöntemleri ve test cihazları, daima sağ-sol vestibüler hipofonksiyonu yani VOR defisitini belirlemeyi hedefler. Bu temelde gelişmiş vertigo kliniklerinde yaygın olarak tanısal amaçlı su ve hava uyaranları ile kalorik test, okülomotor ve pozisyonel testler yapan videonistagmografi, rotasyonel sandalye, vHIT ve görsel ve proprioseptif sistem yetersizliğini tesbit eden posturagrafi klinik cihazları mevcuttur. Bu cihazlar sağ-sol vestibüler

sistemin sadece bir kısmını (kalorik ve VOR testleri süperior vestibüler sinir yolağını, sVEMP inferior vestibüler yolağını gibi) test edebilmektedir (Furman JM, 2003, MacDougall HG, 2005).

Mastoid kemik üzerinden uygulanan GVS, direkt olarak vestibüler çekirdeklerin ve vestibüler sinirin distal kısmındaki primer afferentlerde deşarja neden olmaktadır. Binaural ve bipolar konfigürasyonda negatif (katodal) taraftaki afferentler aktive ve pozitif (anodal) taraftaki afferentler ise inhibe olmaktadır. Yani katodal akım spontan ateşleme oranını arttırırken, anodal akım azaltmaktadır (Goldberg, Fernandez, & Smith, 1982). Galvanik uyarının bu etkisi vestibüler çekirdeklere ve inen vestibülospinal ve retikülospinal yollarla motor nöronlara ulaşmaktadır. Galvanik akım stimülasyonu ile videonistagmografi eşliğinde gerçekleştirilecek VOR testleri, nöral yolları stimüle eden bir stimülasyon tipi olması nedeniyle sağ-sol total vestibüler tonik denge farkını ortaya koyabilir.

Çalışmamızda Galvanik Vestibüler Stimülasyon (GVS) ile, Vestibulookuler Refleks (VOR) yolağını videonistagmografi eşliğinde test etmek, sağ-sol vestibüler VOR fonksiyonu ölçerek var olan vestibüler hipofonksiyonu belirlemek ve aynı ölçüm birimi üzerinden VOR eksikliğini galvanik akımla rehabilite etmek hedeflenmiştir. Bu çalışma ile galvanik akımın, vestibüler sistem tanı ve tedavi protokolüne yeni test, muayene ve terapi yöntemleri olarak kazandırılması ön görülmüştür. Bu yöntem ile hem vestibüler hipofonksiyon belirlenecek hem de mA değeri ile minimum nistagmus oluşturan eşik ve maksimum tolare edilebilen mA eşik değeri ölçülerek bu değer aralığında galvanik akımla nöral elektroterapi yöntemi ile rehabilite edilebilecektir. Nöral terapi olması nedeniyle tedavi ve iyileşme süresinde oldukça kısaltacağı düşünülmektedir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1 Vestibüler Sistem Tarihçe

Vestibüler sistemle ilgili detaylı tanımlamalara ilk olarak “De Auris Auditus Organi Structura” (Casseri, 1610), “Traite de L’Organe de L’Ouie” (Du Verney, 1683) ve “De Aure Humana Tractatus” (Valsalva, 1704) kaynaklarında rastlanmaktadır. Scarpa’nın “Anatomicae Disquisitiones de Auditu et Olfactu” (Scarpa, 1789) kaynağında otolit organları iki taş kesesi olarak göstermesi, vestibüler organların ilk kayda değer tanımıdır (Desai & Dua, 2014). 1610 yılından bu yana araştırılmakta olan vestibüler sistem bütün bu tanımlamalar ve araştırmalar doğrultusunda günümüzdeki halini almıştır. Vestibüler sistem; periferik vestibüler sistem, oküler sistem, postural kaslar, beyin sapı, serebellum ve korteks arasındaki iletişimi içeren karmaşık bir duyuşsal organizasyondur. İç kulaktaki küçük yapılar periferik vestibüler sistemi oluşturur ve başın uzaydaki konumu ve hareketini algılar. Bu bilgiler; görüşü sabitlemek, postüral stabiliteyi sağlamak, üç boyutlu ortamda başın oryantasyonu ve hareketini algılamak ve postürdeki değişikliklere cevaben otonomik ve limbik aktiviteyi modüle etmek için beyindeki vestibüler merkezler tarafından işlenir (Holstein, 2012).

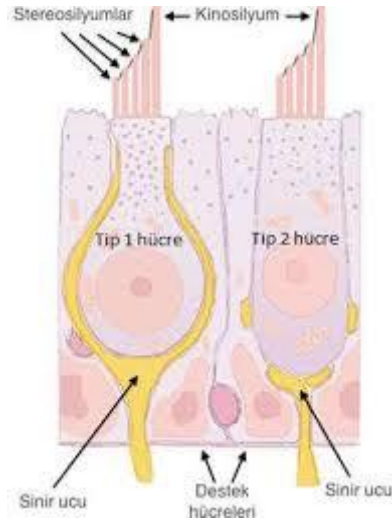
2.2 Vestibüler Sistemin Anatomisi

Kafatasının sol ve sağ temporal kemiğinde bulunan iki denge organı, vestibüler sinirler, vestibüler çekirdekler, vestibuloserebellum ve vestibüler korteks vestibüler sistemi oluşturan ana yapılardır. Bu ana yapılar periferik ve santral vestibüler sistem olarak iki temel bölümde ele alınır.

2.2.1 Periferik Vestibüler Sistem

Periferik vestibüler sistem kemik labirent ve membranöz labirentten olarak 2 kısımdan oluşmaktadır. Kemik labirent; koklea, vestibül olarak adlandırılan bir oval kavite ve semisirküler kanallardan oluşur. Membranöz labirent ise vestibüler sistem yapılarını ve reseptörleri içerir ve kemik labirentin içinde yer

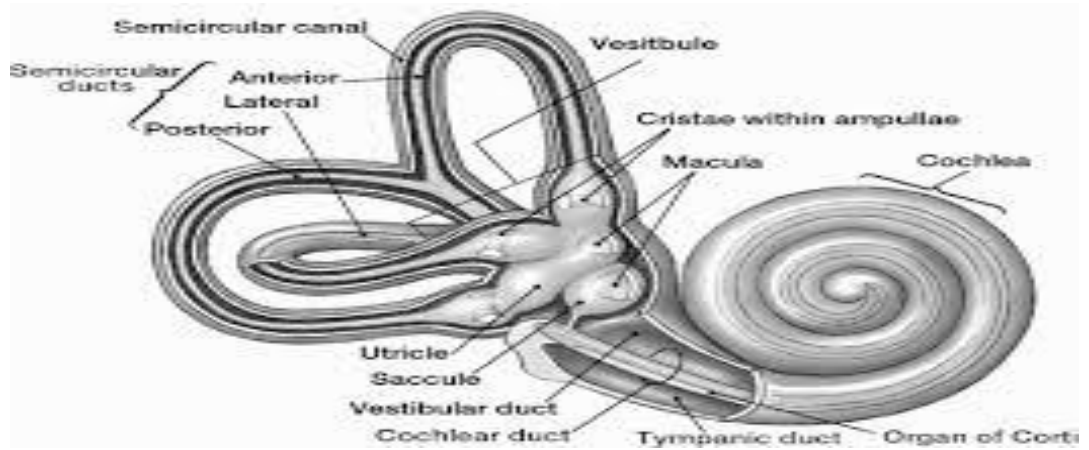
almaktadır. Bu iki labirent içinde bulunan sıvılar farklılık göstermektedir. Kemik labirent yapılarının içi, perilenf olarak bilinen ve beyin omurilik sıvısına benzeyen, yüksek sodyum-potasyum konsantrasyon oranına sahip bir sıvı ile doludur (Salt, 1986). Bu sıvı perilenfatik kanal aracılığı ile komşu subaraknoid alana drene edilir (Mescher, 2010). Membranöz labirentin içi ise endolenf adı verilen, intraselüler sıvıya benzeyen ve yüksek potasyum-sodyum oranına sahip olan iç kulak sıvısıyla doludur (Hain & Helminski, 2007). Endolenf koklear kanalın duvarında yer alan stria vaskülaristeki kapillerden üretilmektedir ve endolenfatik keseden elde edilir (Mescher, 2010). Her vestibüler yapı özelleşmiş sensör tüylü hücreleri içerir. Bu tüylü hücreler baş hareketi veya yerçekimi değişimleri sonucu mekanik enerjiyi nöral aktiviteye dönüştürür. Vestibüler reseptör hücreler silya, hücre gövdesi ve sinir sonlanmalarından (afferent ve efferent) oluşur. Silyalar her bir hücre gövdesinin üstünde sert bir demet oluşturan ve nöroepitelyumun zarına gömülü çubuk şeklinde duysal mekanoreseptörlerdir. Her tüylü hücrenin apikal ucunda bir tane uzun tüy kinosilyum ve yaklaşık 70-100 tane kısa tüyler olan stereosilyalar bulunur (Oghalai & Brownell, 2012). Bu tüylü hücreler sıra halinde dizilir ve uzunluklarına göre konumlanır. En uzun stereosilya kinosilyuma en yakın kısımda konumlanır ve stereosilyalar proksimale doğru kısalarak sıralanır.



Şekil 2.1: Tip 1 ve tip 2 tüylü hücreler.

İnsanlar da dahil olmak üzere tüm memelilerde iki farklı tip tüylü hücre bulunur: tip 1 ve tip 2 (Wersall, 1954). Tip 1 tüylü hücre gövdesi yuvarlak tabanlı, orta kısmı geniş tabanlı ve apeksi daha dar bir şişe şeklindedir. Kaliks

adı verilen büyük afferent sinir sonlanması tip 1 tüylü hücre gövdesini sarar ve efferent sinir sonlanmasıyla bağlantı sağlar. Tip 2 tüylü hücreler daha sıktır ve birkaç afferent ve efferent direkt bağlantı yapan silindirik şekildedirler (Şekil 2-1). Yapısal olarak birbirlerinden farklı olsalar da tip 1 ve tip 2 tüylü hücreler önemli fonksiyonel özellikleri paylaşırlar. Her iki tüylü hücre herhangi bir uyaran olmadığında spontan nöral ateşleme oranı yaklaşık 70-90 sps (spikes per second) olan tonik yanıtlar üretirler (Fernandez & Goldberg, 1976). Her iki tip tüylü hücre de hem eksitator hem de inhibitör cevaplar üretebilir. Eksitator cevaplar sırasında stereosilyalar kinosilyuma doğru bükülür. Kinosilyum'a doğru olan bu hareket transdüksiyon kanallarının mekanik olarak açılmasına ve potasyum iyonlarının girişine neden olur. Tüylü hücredeki depolarizasyon ateşleme oranında artışa neden olarak sinapsa nörotransmitter salınımı uyarır. Bu eksitator aktivite nöral ateşleme oranını tonik seviyeden 400 sps'ye çıkarır. İnhibitör aktivite sırasında zıt durumlar gerçekleşir. Stereosilyalar kinosilyumdan uzaklaşır, kanal mekanik olarak kapanır ve ateşleme oranı düşer. Eksitator aktivite sırasında nöral ateşleme hızına kıyasla inhibitör aktivite sırasında nöral ateşleme hızı, nöral aktivite ortadan kalkana kadar tonik seviyeden önemli ölçüde azalır (Zaleski-King, Lai, & Sweeney, 2019).

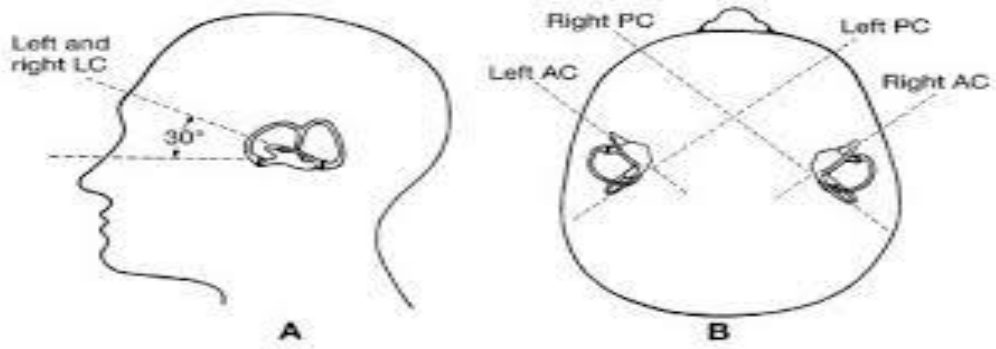


Şekil 2.2: İç kulağın yapıları(Furman, Cass, & Whitney, 2010).

Vestibüler sistem, her biri iki ayrı bölgeye ayrılabilen beş ayrı duyu organından oluşur: utrikül, sakkül ve lateral, superior ve posterior semisirküler kanallar (Şekil 2-2).

2.2.1.1 Semisirküler kanallar (SSK):

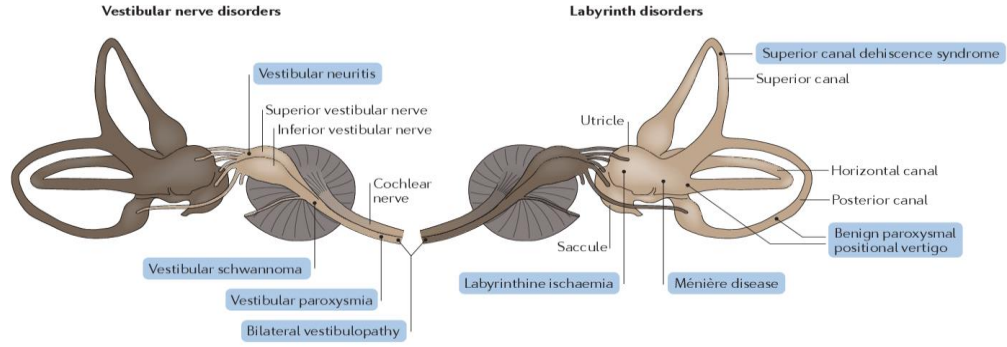
Vestibüler labirentte lateral, posterior ve anterior kanal olmak üzere üç SSK bulunmaktadır. Lateral kanalın çapı 2,3 mm (standart sapma (SS) 0,21), posterior kanalın 3,1 mm (SS 0,30) ve anterior kanalın ise 3,2 mm'dir (SS 0,24) (Pavlou ve Newham, 2013). SSK'lar, başın açısal ivmesini veya dönüşünü algılayan ve birbirlerine dik açılarla konumlandırılmış kinetik labirenti oluşturur. Anterior ve posterior kanallar, sagittal düzleme 45 derecelik bir açıyla konumlanmıştır. Lateral kanallar ise yatay düzlemde, 30 derecelik bir açıyla hizalanmıştır (Şekil 2-3).



Şekil 2.3: Semisirküler kanalların yerleşimi.

Her bir kanal belirli düzlemdeki harekete duyarlıdır. Semisirküler kanallar utrikula açılır. Kanalların her birinin sonunda ampulla adı verilen bir yapı bulunmaktadır. Ampullada bulunan tüy hücreleri, jelatinimsi bir yapı olan kupula ile kaplıdır. Kupula, endolenfin ampullaya geçmesini önleyen bir engel görevi oluşturmaktadır. Kupuladaki tüy hücrelerinin hepsi aynı polarizasyon yönüyle düzenlenmektedir (Pavlou ve Newham, 2013). Apikal ucundaki bir tüy hücresinin temel yapısında, tek büyük bir kinosilyum ve yaklaşık 70–100 stereosilya yer almaktadır. Kinosilyum gerçek bir silyumu andırır, ancak hareketsizdir ve 9+2 mikrotübül düzenine sahiptir. Bunun aksine, stereosilyalar ise çeşitli miyozin izoformları ile kaplı aktin açısından zengin filamentlerden oluşmaktadır (Oghalai ve Brownell, 2012). Lateral kanallarda yer alan kinosilyum, utrikula doğru konumlanmaktadır. Anterior ve posterior kanaldaki kinosilyum ise kanala doğru yerleşmektedir (Mescher, 2010). Başın bir rotasyonuna bağlı olarak lateral kanalların kupulasında yer alan tüy hücrelerinin polarizasyon yönü, kupuladan utrikula doğru bir hareket (ampullopedal) olacak

şekildedir. Vertikal kanalların baş rotasyonunda kupuladakitüy hücrelerinin polarizasyon yönü ise utrikuldan uzaklaşacak (ampullofugal) şekildedir.(Şekil 2-4)(Pavlou ve Newham, 2013).

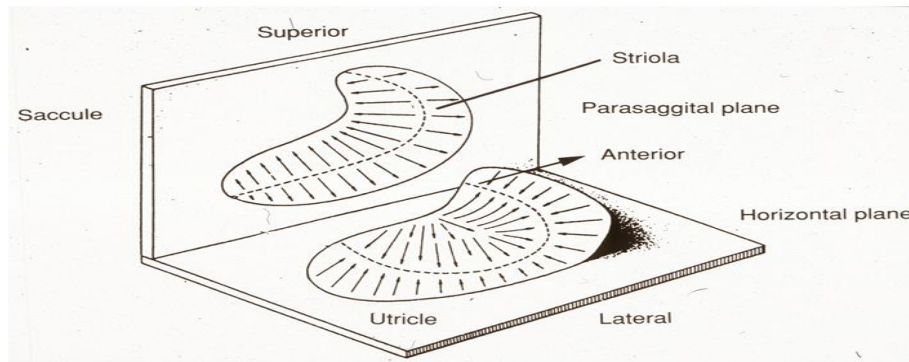


Şekil 2.4: Bilateral vestibüler sistemin görünümü.

2.2.1.2 Otolitik Organlar

Her bir labirentteki adet otolit organ bulunmaktadır, bunlar utrikul ve sakkül olarak adlandırılır. Utrikul ve sakkül, uzayda başın oryantasyonunda rol oynayan statik labirentin yapılarındandır. Otolit organlar lineer ivmeye, yerçekimsel kuvvetlere ve başın eğilmesine cevap verir. Her biri makula adı verilen duyuşal bir nöroepitel hücre içerir (Hain ve ark., 2007). Utrikul makulası, yatay düzlemdeki hareketi algılarken; sakkül makulası, dikey düzlemdeki hareketi algılamaktadır (Şekil 2-5).

Her organın tüylü hücrelerinin bulunduğu sensör epitele makula adı verilir ve elips şekildedir. Utrikülde yaklaşık 30.000 tüylü hücre bulunurken, sakkülde yaklaşık 16.000 tüylü hücre bulunur (M. E. Goldberg vd., 2013).



Şekil 2.5: Utrikül ve sakkülün yerleşimi (dizziness-and-balance.com/anatomy/physiology/compensation).

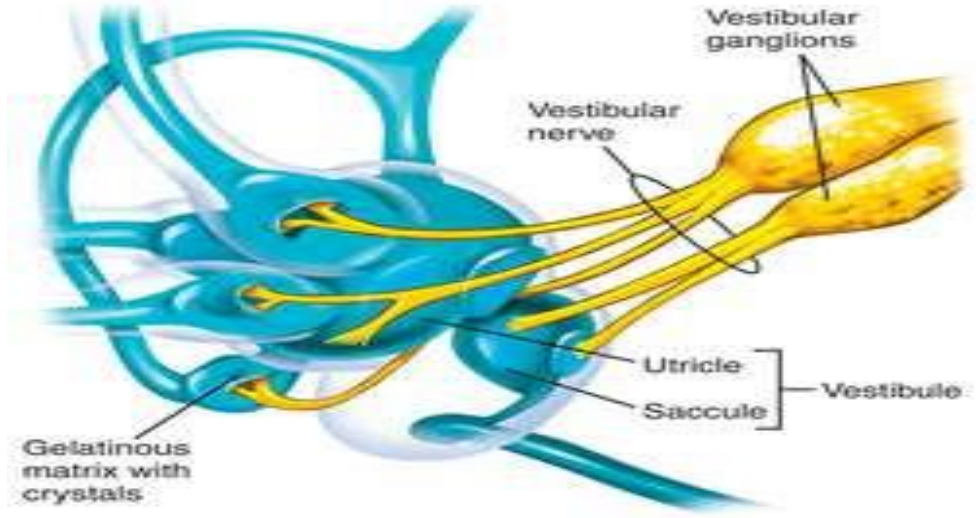
Utrikül makulası horizontal, sakkül makulası vertikal olarak konumlanır. Bu nedenle sakkül yer çekimi dahil vertikal hareketlere karşı daha hassastır ancak bazı sakküller tüylü hücreler yatay düzlemdeki özellikle ileri ve geri yöndeki ivmelere de yanıt oluştururlar. Primer yerçekimi reseptörü olan sakkül, vestibüler çekirdeklere ardından omurganın tüm seviyelerine yayılan afferent sinirler gönderir, bu nedenle postürün korunmasında büyük bir role sahiptir (Ruckenstein & Davis, 2015). Utrikül ise yatay düzlemdeki ivmelere (örn.; başın yana tilt hareketi ve lateral yer değiştirme) karşı daha hassastır (Wong, 2008). Tüylü hücrelerin demetleri, tüm makulayı kaplayan jelatinimsi bir tabaka olan otolitik membrana uzanır. Bu zarın yüzeyine gömülü olan, otolit organlara ismini veren yoğun kalsiyum karbonat kristallerine otokonia adı verilir. Otokonialar genellikle 0,5 ila 10 µm uzunluğundadır. Milyonlarca sayıda bu parçacık utrikül ve sakkülün otolitik membranına bağlanmıştır.

Farklı tüylü hücre sıralamasıyla epitelyumu iki bölüme ayıran bölgeye striola denir. SSK'ların aksine, otolit organlarda stereosilyalar farklı yönlerde kutuplaşır. Utrikülde kinosilyumlar striolaya doğruyken, sakkülde kinosilyumlar strioladan uzağa doğru konumlanır (Şekil 2-5). Bu tüylü hücre demetleri üzerinde jelatinöz membranda gömülü bulunan otokonyalar tüylü hücre demetlerinin eğilmesine neden olacak bir güç oluşturur. Membran üzerinden çıkmış tüylü hücre demetleri ile otokonia tabakası arasındaki bu sürtünme hareketi tüylü hücrelerin depolarize olması ve nörotransmitter salınımına sebep olması için stereosilyalar üzerindeki transdüksiyon kanallarını mekanik olarak açar. Nörotransmitter salınımı afferent nöral ateşleme oranında ki artışı sağlar. Ters konumlanmış tüylü hücreler için aynı sürtünme gücü ateşleme oranını azaltır veya tonik ateşleme oranında değişim yaratmaz.

2.2.1.3 Vestibüler Sinir

Vestibüler sinirin lifleri, Scarpa gangliyonunun bipolar nöronlarından alınan afferent projeksiyonlardır. Vestibüler sinir, labirentlerden gelen afferent sinyalleri internal akustik kanal (IAC) boyunca taşır. IAC; vestibüler sinire ek olarak koklear siniri, fasiyal siniri, intermedius siniri ve labirent arteri içerir. IAC, pons seviyesinde posterior fossaya açılmak için temporal kemiğin petroz kısmından geçer (Şekil 2-6) (Goldberg ve Fernandez, 1971). Vestibüler sinir, pontomedüller seviyede beyin sapına girer. Bu noktada vestibüler sinir, koklear

sinirden ayrılır. Afferent vestibüler liflerin çoğunluğu, pons seviyesinde ipsilateral vestibüler nükleer kompleksini oluşturur. Sinir liflerinin bir kısmı, serebellumun flocculo-nodüler lobuna ve komşu vermiyan korteksine uzanır (Ropper ve Samuels, 2009). Vestibüler sinir, labirent ile beyin sapı arasında yer aldığından hem periferal hem santral kısım olarak da değerlendirilebilmektedir (Goldberg ve Fernandez, 1971).



Şekil 2.6: Vestibülo koklear sinir.

2.2.2 Santral Vestibüler Anatomisi

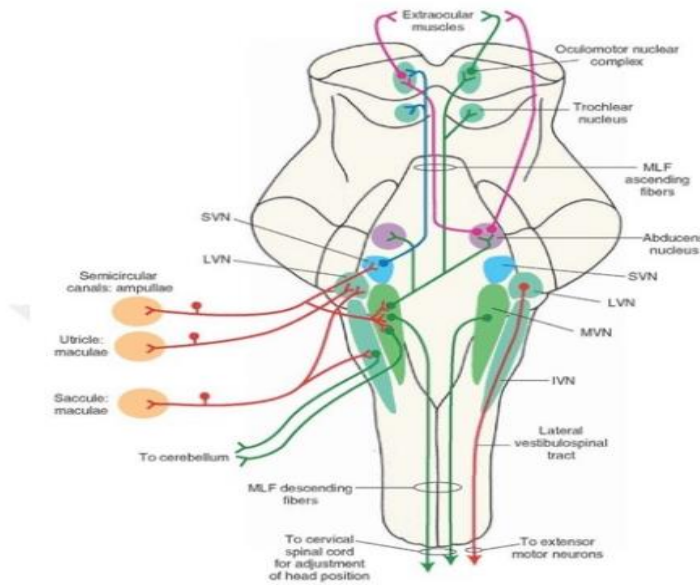
Vestibüler uyarılar için primer afferentlerden gelen iki ana hedef vardır: bunlar vestibüler nükleer kompleks ve serebellum. Vestibüler girdilerden birincisi vestibüler nükleer komplekstir. Vestibüler nükleer kompleks gelen afferent bilgiler ile motor çıkış nöronları arasında direk ve hızlı bağlantı kurar. Serebellum adaptif işlemcidir; vestibüler fonksiyonları izler ve gerektiği durumda merkezi vestibüler işleme için yeniden ayarlanmaktadır. Vestibüler duyu girdi her iki yerde de vestibüler nükleer kompleks ve serebellum-somatosensör ve görsel duyu input ile ilişkili olarak işlenmektedir. (Hain, 2001).

2.2.2.1 Vestibüler Çekirdekler

Vestibüler nükleer kompleks medial, süperior, lateral ve inferior olarak adlandırılan dört “büyük” çekirdekten ve en az yedi “küçük” çekirdekten oluşur (Şekil 2-7). Dört “büyük” çekirdek, ayrıca sırasıyla şu şekilde de bilinmektedir: Schwalbe, Bechterew, Deiter ve Descending (Brodal, 1981). Dördüncü ventrikül

tabanının altında bulunur ve iki ana kolonda rostral medulladan kaudal ponsa kadar uzanmaktadır (Lee, 2011).

Medial vestibüler çekirdek, en büyük ve medial sütunu oluşturur. SSK krista ampullasından afferent uyarıları almaktadır. Ascending aksonal lifler, vestibulooküler refleksine (VOR) aracılık etmek için medial longitudinal fasikülüs aracılığıyla ekstraoküler kasların motor çekirdeklerine doğru ilerlemektedir. Aynı zamanda baş ve boyun hareket koordinasyonunu dengelemek için vestibüler ve posterior semisirküler kanalların krista ampullasından vestibüler afferent girdi alır. Medial vestibüler nükleus gibi vestibulooküler refleksi koordine etmek için medial longitudinal fasikülüs yoluyla ekstraoküler kaslara ascending efferent lifler gönderir. Lateral vestibüler çekirdek, tüm vestibüler çekirdeklerin en büyük hücre gövdelerini içerir. Krista ampulla, makula ve vestibuloserebellumdan afferent girdi almaktadır. Bu sistem, postür ve dengeyi korumak için gövde kaslarında ve ekstremitte ekstansörlerinde refleksi koordine ederek vestibüler spinal reflekste en temel işlev alan nükleustur. İnferior vestibüler çekirdek, utrikul ve sakkül makulasından afferent bilgi alır. Bu çekirdeğin diğer üç vestibüler çekirdeğe ve serebelluma giden dalları vardır (Lee, 2011).



Şekil 2.7: Vestibüler çekirdekler

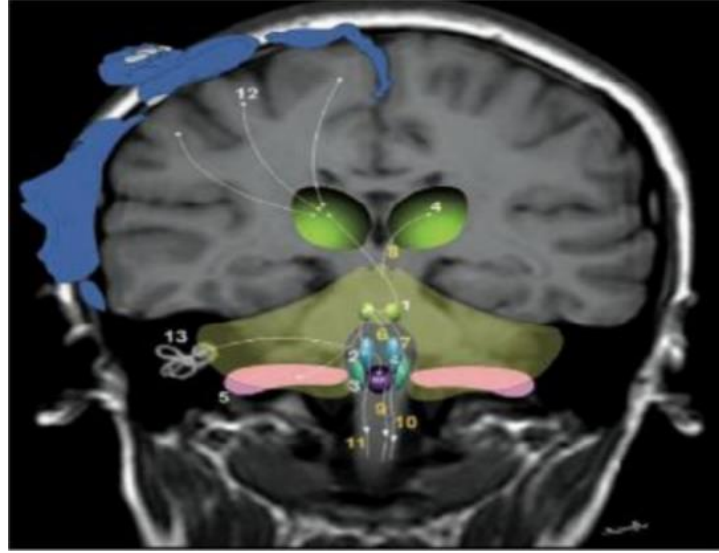
Kaynak: (<https://metokondri.com/santral-vestibuler-sistem/>).

2.2.2.2 Vestibuloserebellum

Serebellumun vestibüler sistemdeki rolü, adaptif bir işlemci olarak işlev görmesidir. Vestibüler performansı izler ve gerektiğinde inhibitör input yoluyla vestibüler inputları yeniden değerlendirir. “Vestibuloserebellum” flocculonodular lob ve vermian korteksinden oluşur (Hain, 2001). Doğrudan ipsilateral vestibüler çekirdeğe ve ipsilateral fastigial nükleusa giden projeksiyon liflerine sahiptir. Bu alan postüral reflekslerin ve motor davranışların oluşumunda önemli bir role sahiptir (Ropper ve Samuels, 2009). Serebellar flokulus, vestibulooküler refleksin kazancını ayarlamaktadır. Serebellar nodulus ise vestibulooküler refleksin süresini düzenlemesinde ve aynı zamanda makuladan gelen afferent aktivitesinin işlenmesinde de görev almaktadır (Hain, 2001).

2.2.2.3 Kompleks Kortikal Vestibül Bağlantılar

Kompleks kortikal vestibüler bağlantılara ilişkin özellikler net olarak anlaşılmamış ve vestibüler korteksin yeri ile ilgili görüş birliği sağlanmamıştır. Primat çalışmalarında, vestibüler uyaranları alan ana kortikal alanlar arasındaki parietoinsüler vestibüler korteks (PIVC), diğer vestibül kortikal bölgelerden gelen bilgilerin burada entegre olması nedeni ile ana vestibüler kortikal bölge olarak ön görülmüştür (Horak ve Jacobs, 2007). Bununla ilgili yapılan çalışmalar arttıkça, ana kortikal işlem bölgesinin pario-temporal korteks olduğu ileri sürülmektedir. Pario-temporal korteksin, göz hareketlerinden, postüral kontrolden sorumlu olduğu görülmüş ve primatlardaki PIVC'ye karşılık geldiği söylenmiştir (Bucci ve ark., 2015; Legrand ve ark., 2016). Talamus ve hipokampus bölgesinde vestibüler bağlantıların da olduğu öne sürülmüştür (Şekil 2-8). Hayvan çalışmaları çoklu talamik bölgelerinde vestibüler nöronları göstermektedir. İnsanlarda bazı ascending vestibüler liflerin kortekse ulaşmadan önce talamusun ventral posterior çekirdeğinde bağlantı kurduğu düşünülmektedir. Hipokampusun mekânsal yönelim ve bellek işlenmesinde kritik bir rol oynadığı düşünülmektedir. Bu işlev için baş ve vücut hareketine ilişkin vestibüler input gerekli olduğu varsayılmaktadır. Kompleks kortikal bağlantıların ve vestibüler sistem işlevlerinin daha iyi anlaşılabilmesi için daha ileri çalışmalar yapılması gerekmektedir (Lopez ve ark., 2012).



Şekil 2.8: Koronal MR görüntüde vestibüler sensöryel uyarım yollarının görüntülenmesi. (1) Fastigial nükleus; (2) vestibüler nükleus; (3) aksesuar olivar nükleus; (4) hipotalamus; (5) flokkül nodular nodül; (6) fastigo-vestibüler yol; (7) fastigo-olivar yol; (8) fastigo-talamik yol; (9) medial vestibülospinal yol; (10) bilateral vestibülospinal yol; (11) fastigo-spinal yol; (12) motor korteks bağlantıları; (13) vestibüler aparat; retiküler formasyon (RF) (Bulakbaşı N, Pabuşçu Y. Neuro-otologic applications of MRI. Diagn Interv Radiol 2007; 13:109–120.).

2.3 Vestibüler Sistem Fizyolojisi

Vestibüler sistemin 3 temel görevi vardır,

- 1)Başın açısal ve doğrusal hareketlerini, hızlanma ve yavaşlama hareketlerini merkezi sinir sistemine iletmek,
- 2)Baş hareketler ile görsel fiksasyona yardımcı olmak,
- 3)İskelet kaslarının postüral kontrolünü sağlamak (Guyton ve Hall, 2007).

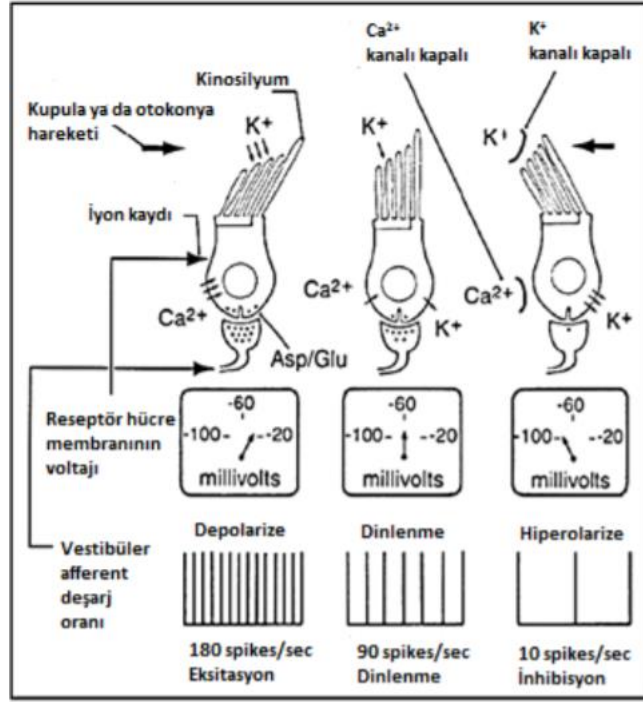
Periferik vestibüler sistem, başın oluşturduğu her hareketi santral sinir sistemine iletebilmek için biyolojik uyarılar oluşturur. Bu uyarılar periferik vestibüler sistem aracılığı ile vestibüler çekirdeklere ve serebelluma iletilir. (Akyıldız, 1998). Vestibüler sistemde baş hareketlerine duyarlı sistem şunlardan oluşur; ‘Seismic mass’ (sismik kitle), titreşim tüyler, titreşim tüylü hücreler, titreşim tüylü hücrelere bağlantılı sinir liflerinden oluşmaktadır. ‘Seismic’ kelimesi depremsel anlamına gelmektedir. Tıpkı yer sarsıntısında olduğu gibi çok değişik açısal ve doğrusal hareketlerin tümünü kapsar. Bu hareketlerden etkilenen 4 yapı, yarım daire kanallarında kupula ve otolitik organda otolitik membrandır. Otolitik membrandaki sismik yapı, otokoniaları da içerir. Sismik yapı bir

mekanoreseptördür. Sismik yapı içinde bulunan titreşim tüyleri, bu yapının hareketlerinden etkilenir. Bu hareketlerde hücrenin üst yüzeyinde ki kutiküler membrana bağlı olduklarından dolayı, bu hareketler hücreye iletilir. Titreşim tüylerinin hareketi çevresinde ki endolenf sıvısıyla beraber elektriksel bir potansiyel oluşturmaktadır. Elektriksel potansiyeller hücrenin bağlantılı olduğu sinir lifleri aracılığı ile serebelluma ve vestibüler çekirdeklere iletilmektedir. Membranöz labirent perilenf içinde bulunup, bağ dokusu lifleri ile kemik labirente asılı şekilde bulunmaktadır. Membranöz labirent içerisinde beş tane vestibüler reseptör organ bulunmaktadır, bunlar dikey ve yatay hareketlenmeyi ileten iki adet otolitik organ makulaları (utrakul ve sakkul) açısal hareketleri ileten üç adet SSK'ların krista ampullarisleri olarak sıralanabilir (Guyton ve Hall, 2007). SSK buldukları açısal konuma göre isimlendirilir (Akyıldız 1998). Semisirküler kanallar toplamda 3 adettir; anterior, posterior ve lateral semisirküler kanal olarak adlandırılır. Membranöz SSK'ların içleri endolenf ile dolu olup, birbirleri arasında dik açı oluşturacak şekilde bulunurlar ve başın açısal hareketlenmelerini algılamada görev alırlar. Yarım daire kanallarında bulunan ampullalarda krista ve kupula adı verilen iki adet sensöryel epitel bulunmaktadır (Guyton ve Hall, 2007).

2.3.1 Periferik Vestibüler Sistem Fizyolojisi

Semisirküler kanal ve otolit organında ki tüylü hücreler, baş hareketleri ile oluşan mekanik enerjiyi beyin sapına ve serebellumda ki seçili alanlara iletmek için nöral deşarjlara dönüştürür. Oryantasyonları sayesinde SSK ve otolit organlar belirli yönlerdeki baş hareketlerine seçici olarak cevap verebilmektedir. Sıvı akışkanlığındaki mekanik farklılık nedeniyle semisirküler kanallar açısal harekete, otolitler doğrusal harekete duyarlıdır (Hain, 2001). SSK'nın uzaysal konumu, üç önemli durum ile karakterizedir: Birincisi, her bir labirent içerisindeki kanal düzlemi, iki duvar ile dikdörtgen bir odanın tabanı arasındaki mekansal ilişkiye benzer şekilde diğer kanal düzlemlerine dik olmasıdır. İkincisi, kanallar arasında simetri özelliğinin bulunmasıdır. Üçüncü olarak ise kanalların düzlemleri, ekstraoküler kasların düzlemleri ile yakın doğrultuda olmasıdır; böylece duyu nöronlar ve oküler kaslar ile ilgili motor çıkış nöronları arasında doğrudan bağlantılara izin vermektedir.

İç kulağın temel duyusal reseptörleri, tüy hücreleridir. Vestibüler tüy hücreleri, morfolojik olarak kadeh şekilli, büyük bir sinir terminaline sahip tip I hücreleri ve silindir şeklinde, taban kısmında birden fazla küçük sinir terminallerine sahip Tip II hücrelerinden oluşur. Tip I tüy hücreleri, yüksek bir dinlenme deşarjı değişkenliğine sahip, düzensiz afferentler ile ilişkilidir. Tip II tüy hücreleri, genellikle düşük bir dinlenme deşarjı değişkenliğine sahip, afferentler üzerinde sinaps yaparlar. Tüy hücrelerinin çoğunluğu Tip II bir yapıya sahiptir (Mescher, 2010). Tüy hücreleri, hareketle ilişkili kinetik kuvvetleri beyne iletebilecek bir elektrik sinyaline dönüştürmekle görevli yapılardır. Tüy hücrelerinin yüzeyi boyunca uygulanan bir kuvvet, stereosilyanın kinosilyuma doğru bükülmesine neden olur ve uç bağlantılar sayesinde stereosilyada açılan kanallar vasıtasıyla tüy hücrelerine bir potasyum (K⁺) akışı gerçekleşir. K⁺ 'nın bu akışı tüy hücrelerinin depolarizasyonuna ve hücre içi kalsiyum (Ca²⁺) konsantrasyonunda bir artışa neden olur. Ca²⁺'daki artış, tüy hücrelerinin tabanından nörotransmitter (glutamat) maddenin salgılanmasını sağlar. Bu olay, tüy hücrelerini innerve eden afferent sinir liflerinin ateşleme oranında bir artış gerçekleştirir. Ters bir durumda ise stereosilyumu kinosilyumdan uzaklaştıran bir kuvvet olduğunda ateşleme hızında bir azalmaya neden olur. Bu tüy hücrelerinin aktivasyonu veya inhibisyonu, vestibüler end organlar içinde buldukları yere bağlı olarak farklı fizyolojik etkilere sahip olabilir. Afferent sinir liflerinin taban olarak “50 ile 100 spikes/sec” ateşleme oranına sahip olduğunu ve tüy hücrelerindeki aktivitenin bu başlangıç atış hızını arttıracakını veya azaltacağını bilmek önemlidir (Şekil 2-9). Akut vestibüler fonksiyon kaybının sonuçlarının anlaşılmasında bu durum çok önemli bir faktördür (Michael ve Ruckenstein, 2015).



Şekil 2.9: Vestibüler tüy hücresinin depolarizasyon ve repolarizasyonu.

Otolitik tüy hücrelerinin stereosilyası, bir mukopolisakkarit jeli içine gömülmüş ve kalsiyum karbonat kristalleri (otokonya) tabakasıyla oluşan bir otolitik zarda yer almaktadır. Bu otokonya, otolitik membrana çevresindeki perilenfatik sıvıdan daha büyük bir özgül ağırlık verir. Böylece, doğrusal bir ivme ile karşılaşıldığı zaman otolitik zar perilenfe doğru hareket edecektir. Otolitik zarın hareketi, hareket yönüne bağlı olarak tüy hücrelerinin depolarizasyonuna veya hiperpolarizasyonuna neden olacak şekilde stereosilyanın bükülme hareketini gerçekleştirmesini sağlayacaktır. Otolitler yer çekimi de dahil olmak üzere lineer ivme kuvvetlerine cevap verdikleri için makula üzerinde görülen kuvvet, yerçekimi tarafından uygulanan kuvvetin ve herhangi bir doğrusal kafa ivmelenmesinin sonucu oluşan kuvvetin toplamıdır (Michael ve Ruckenstein, 2015).

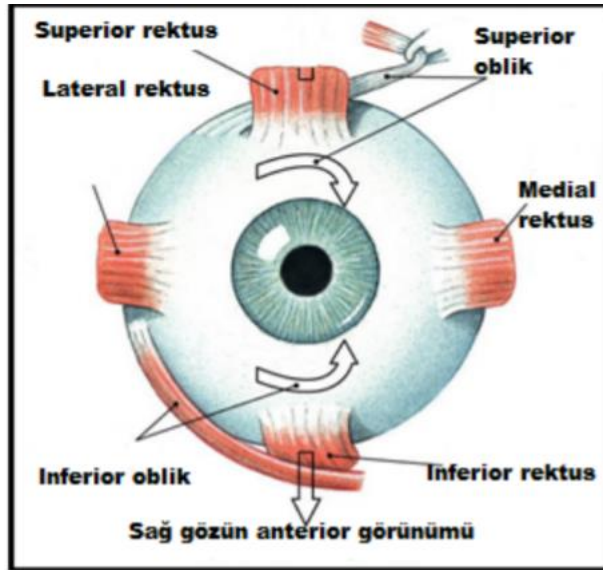
2.3.2 Santral Vestibüler Sistem Fizyolojisi

Vestibüler sistem, baş ve göz hareketini koordine eder ve vücudun dengesini korumak için baş ile vücudun uzayda doğru yönelimini sağlayan postürel kasları harekete geçirir. Vestibüler nükleer kompleks, otolitik organların ve semisirküler kanalların tüy hücrelerinden afferent vestibüler girdinin birincil işlemcisidir. Serebellum, bu vestibüler girdiyi gerektiği şekilde yeniden

düzenleyen adaptif bir işlemci olarak işlev görür. Vestibüler kortikal bağlantılar ve işlevlerle ilgili detaylar henüz tam olarak anlaşılmamıştır. Vestibüler nöronlar, serebellum ve kortekste yer alan etkili projeksiyonlar vücutta dengeyi korumak için kritik olan motor ve oküler sistemdeki yanıtları aktive eder (Khan ve Chang, 2013).

2.3.3. Vestibulo Oküler Refleks

Göz hareketlerini kontrol eden okülomotor sistem ile vestibüler sistem arasından direkt ilişki bulunmaktadır. Bu ilişki başın hareketine uygun göz hareketlerinin oluşturulmasında ve sürdürülmesinde görevlidir. Gözün lateral, medial, superior, inferior ve torsiyonel hareketleri göz küresi çevresindeki kasların aktiviteleriyle gerçekleştirilir. Lateral ve medial rektus kasları göz küresinin horizontal hareketlerini, süperior ve inferior rektus kasları göz küresinin vertikal hareketlerini, superior ve inferior oblik kaslar ise torsiyonel hareketlerini gerçekleştirir (Şekil 2-10). Bu kasların innervasyonu III. IV. ve VI. kranial sinirler tarafından sağlanır.



Şekil 2.10: Sağ göz hareketinden sorumlu kaslar

Kaynak: ([http://www.improveeyesighthq.com/eye muscles.html](http://www.improveeyesighthq.com/eye%20muscles.html)).

Vestibülo-oküler afferentler, ipsilateral okülomotor çekirdeğe, kısmen beyin sapında medial longitudinal fasikulus lateralinden geçerek uzanırlar. Sekonder vestibüler nöron, okulomotor çekirdekler ve vestibüler çekirdekler arasında ilişkiyi sağlayan liflerden oluşmaktadır. VOR'un iki bileşeni vardır: SSK

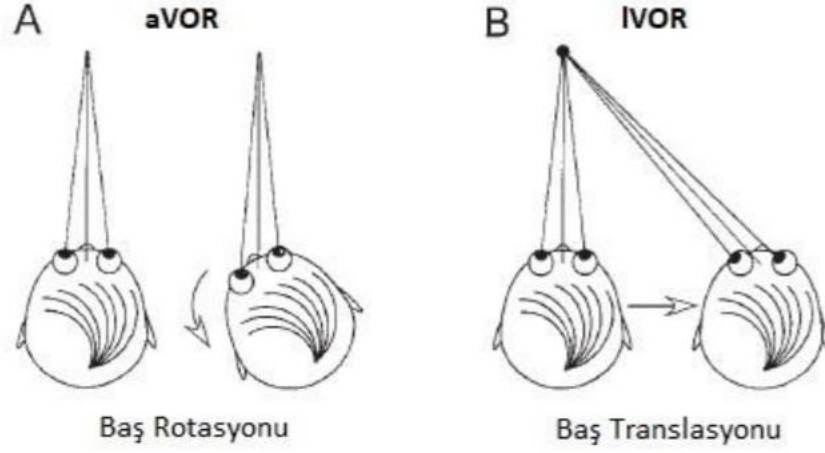
tarafından aracılık edilen açısız VOR ve otolitler tarafından aracılık edilen doğrusal VOR. Hedefi odakta tutmak için örneğin, kafa 20 derece sağa döndüğünde gözler aynı zamanda 20 derece sola ve aynı zamanda net görüş sağlamak için neredeyse aynı hızla hareket etmelidir. Çevremizdeki nesnelere baş hareketlerine rağmen, sabit olarak görmekteyiz. Bunun nedeni VOR'dur; vestibüler sistemimizin, başın açısız ve doğrusal hareketleri esnasında ilgili harekete özel okülomotor sisteme uyarı göndererek gözlerimizi başımızın ters yönünde hareket ettirmesi ve nesnelere odaklamasıdır (Wiest G). Yarım dairesel kanallardan vestibüler çekirdeğe doğru VOR'a eşlik eden üç nöron refleksi arka il olarak 1933'te Lorente de No tarafından tanımlanmıştır. Birincisi, periferik vestibüler organlardan vestibüler çekirdeğe, lateral, medial, superior ve inferior yan sıra az bilinen işlevleri olan 7 küçük çekirdeğe; ikincisi oradan okülomotor çekirdeğe; üçüncüsü ekstra-oküler kaslara ulaşır (Pompeiano O,1998).

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

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 kontraksiyon gözlerin yukarıya doğru çekilmesine ve kontra tarafa doğru dönme hareketi oluşmasını sağlamaktadır.

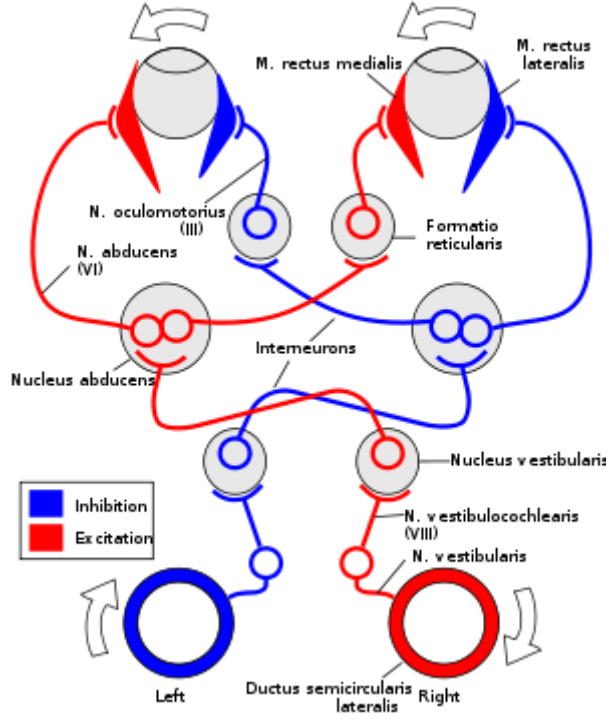
Posterior VOR: Posterior SSK'nın uyarılması ipsilateral superior oblik ve kontralateral inferior rektusun kontraksiyonuna neden olur. Bu da gözlerin aşağıya ve karşı tarafa doğru dönmesine sebep olur.



Şekil 2.11:aVOR (A) ve IVOR (B) kompensatör bakış mekanizmaları.

Kaynak: Cohen & Raphan, 2003

Örneğin; başın sola doğru dönmesiyle sol horizontal semisirküler kanalda oluşan aktivasyon, sol vestibüler çekirdeklerdeki nöronları uyarır ve sağa doğru refleksif göz hareketlerini oluşturur (Şekil 2-11). Vestibüler çekirdekten çıkan uyarıcı projeksiyonlar kontralateral hem abduzens hem de okülomotor çekirdeğe ulaşır (Purves vd., 2001). Abduzens ve okülomotor çekirdeklere ulaşan uyarıcı fibriller gerekli göz kaslarını uyararak refleksif göz hareketlerini oluştururlar. Horizontal kanallar için aktive eden fibriller ipsilateral medial rektus kası ve kontralateral lateral rektus kasını uyarırken, inhibe eden fibriller ipsilateral lateral rektus kası ve kontralateral medial rektus kasına ulaşır. Anterior semisirküler kanalların aktivasyonunda ipsilateral superior rektus ve kontralateral inferior oblik kası uyarılır. İnférieur semisirküler kanalların aktivasyonunda ise ipsilateral superior oblik ve kontralateral inferior rektus kası uyarılmaktadır (M. E. Goldberg vd., 2013). VOR'un nöral bağlantıları şekil 2-12'de gösterilmiştir.



Şekil 2.12: Vor'un nöral bağlantıları.

Vestibülokolik refleks (VKR) vestibüler sistemin bir diğer refleksidir. Bu refleks medial vestibülospinal yol tarafından oluşturulmaktadır. Baş serbest olarak bir yöne doğru çevrilirse bu refleks başın pozisyonunu korumak ister. Vestibüler sistem SSK'lardan giden ve ense kaslarına kadar uzanan refleksle başı eski pozisyonuna geri getirir. Burada ki amaç VOR'a benzemektedir, yanığözün pozisyonunun sabit kalmasını sağlamaktır. Utriküler ve sakküler sinirin seçici stimülasyonu ile boyun kaslarından EMG kayıtları yapılarak vestibülokolik refleksin yanıtları ölçülmüştür. Bu bağlantılarda sakküler sinirin boyun rotatuar kaslarına ipsilateral inhibitör etki yaparken, kontralateral etkisinin olmayışı dikkat çekmiştir (Kushiro K,1999).

VKR, boyun hareketleriyle uzayda başı stabilize etmeyi sağlar. Başın uzaydaki stabilizasyonu, sadece ayakta dururken veya yürürken dengenin sağlanması gibi yeterli motor performans için değil, aynı zamanda görsel ve işitsel girdiler gibi baş üzerinde yer alan duyuşsal bilgilerin yeterli algılanması için de gereklidir (Wilson vd., 1995). VKR, boyun kaslarının vestibüler labirent reseptörlerine verdiği otomatik tepkidir ve kısa latanslıdır (100 ms'den az). Medial vestibulospinal tract(MVST) ve lateral vestibulospinal tract (LVST), boyun motor nöronlara direkt bağlantıların yanı sıra indirekt bağlantılar da sağlar.

2.4 Vestibüler Sistemin Değerlendirilmesi

İç kulağın vestibüler organları, ilgili sinirler ve beyin merkezleri, birçok fonksiyona hizmet eden ve birçok dış sistemden etkilenebilen karmaşık bir sistemi oluşturur. Vestibüler sistemin ayrıntılı bir şekilde değerlendirilmesi birkaç farklı test bataryalarının bir arada kullanılmasını gerektirebilir. Vestibüler sistem değerlendirilirken ilk yapılması gereken detaylı anamnezin alınmasıdır. Çünkü anamnez, uygulanacak testlerin seçimi ve doğru tanı için oldukça önemlidir. Anamnez sonrasında hastanın odyolojik ve vestibüler değerlendirmesi yapılmalıdır. Vestibüler değerlendirme için kullanılan belli başlı testler; videonistagmografi (VNG), rotasyonel sandalye, video head impulse test (vHIT), vestibüler uyarılmış miyojenik potansiyeller (VEMP) ve bilgisayarlı dinamik postürografidir (BDP). VNG, vestibüler disfonksiyonların veya nörolojik problemlerin belirtilerini değerlendirmek için göz hareketlerini ölçer. Genel olarak bu testler karanlık veya az ışıklı bir odada yapılır. VNG test bataryasında belli görsel hedefleri takip etme, başın farklı pozisyonlarında göz hareketlerini gözleme (Dix-hallpike testi, Roll testi vb.) ve kalorik test yer almaktadır. Kalorik testte vestibüler sistemi uarmak için dış kulak yolundan hastaya farklı sıcaklıklarda su veya hava gönderilerek vestibüler end organın uyarana verdiği cevap değerlendirilir. vHIT göz hareketleri ile vestibüler end organın birlikte ne kadar iyi çalıştığı değerlendirir. vHIT, rotasyonel sandalyedekine benzer bir mantıkla VOR'u uyarma prensibine dayanmaktadır. Ancak rotasyonel sandalyedeki yavaş ve orta hızın aksine, başın çok küçük ve hızlı hareketleriyle refleks fonksiyonlarını değerlendirmek için kullanılmaktadır.

2.4.1 Video Head Impulse Test (vHIT)

Baş itme testi ilk olarak 1988 yılında Curthoys ve Halmagyi tarafından vestibüler hipofonksiyonun klinik bir bulgusu 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 belirlenmiştir (Alhabib S 2017). İlk yıllarda baş itme

testi, manuel klinik bir yöntem olarak kullanılmaktaydı. Kliniklerde subjektif baş itme test cevaplarının objektif ölçümü yapılamamaktaydı. 1994 yılında baş itme testinin bir video kamera aracılığıyla kayıt altına alınarak daha objektif sonuçlara ulaşılmaya başlanmıştır. Böylece baş itme testi, video head impulse test adını almıştır. Magnusson ve ark. (2002), videonistagmografi (VNG) kullanarak testin güvenilirliğini ve duyarlılığını arttırmanın mümkün olduğunu göstermiştir.

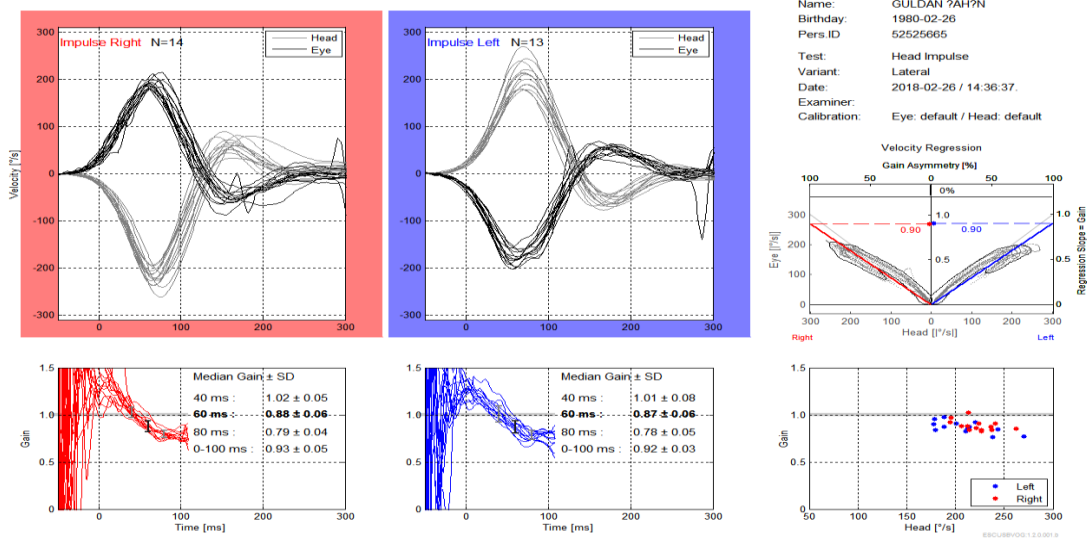
vHIT, açık ve gizli sakkadları tanımlayabilen ve her bir yarı dairesel kanalın VOR kazanımını araştıran bir testtir (Kabiş B,2015). Göz ve baş hareketleri arasındaki oran kazanç olarak bilinir. Hesaplandığında, normal VOR fonksiyonu olan hastalarda kazanç değeri 1'e çok yakın olmalıdır (Şekil 2-13). Bir VOR patolojisi olduğunda, göz hareketi baş hareketiyle orantılı olmayacaktır (Şekil 2.14). Sonuç olarak, gözlerin tekrar hedefe sabitlenmesi için sakkad olarak bilinen düzeltici bir göz hareketi yapılmalıdır.

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 eş değer hareket ediyorsa bu sağlıklı bir VOR yanıtının göstergesidir. Semisirküler kanal fonksiyonu bozukluğunda VOR yetersizdir. Baş itmesinin sonunda, hasta bakışlarını odaklamak için bir düzeltme sakkadı yapar. Bu düzeltici sakkad, baş dönüş hareketi 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 sakkadıyken, overt sakkadlar VOR'un geç dönem sakkadıdır (Kim C.H,2018).

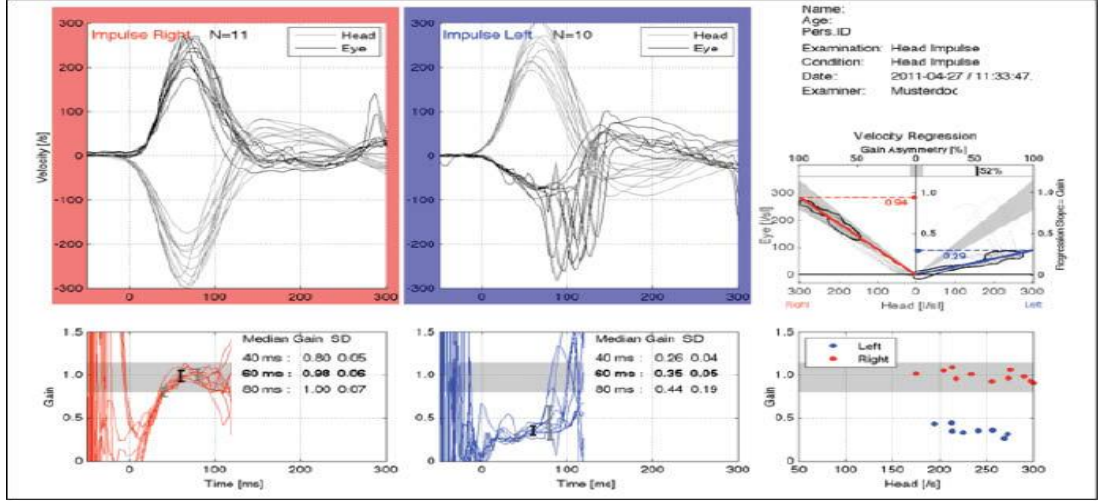
Çoğu vHIT sistemi, yüksek kare hızları (göz hareketlerini yakalamak için) ve bir ivmeölçer/jiroskop (kafa hareketini yakalamak için) ile donatılmış aynalı, ultra hafif gözlüklerden ve yüksek frekanslı (250 Hz) bir video kameradan oluşur. Kızılötesi ışık ile aydınlatılan gözlerin görüntüsü bir ayna yardımıyla

kameraya yansıtılmaktadır. Gözlük hastanın gözüne baş hareketleri esnasında kaymayı önleyecek şekilde sıkıca giydirilmelidir. Baş itmelere 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 (Kabiş B, Kim C.H, Lee S.H).

Hastanın kafası 15-20 derece açıyla ani, hızlı (100-250°/sn) ve düzensiz bir şekilde sağa, sola, öne veya arkaya doğru itilir. Düzenli yönlerde 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 10-20 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.



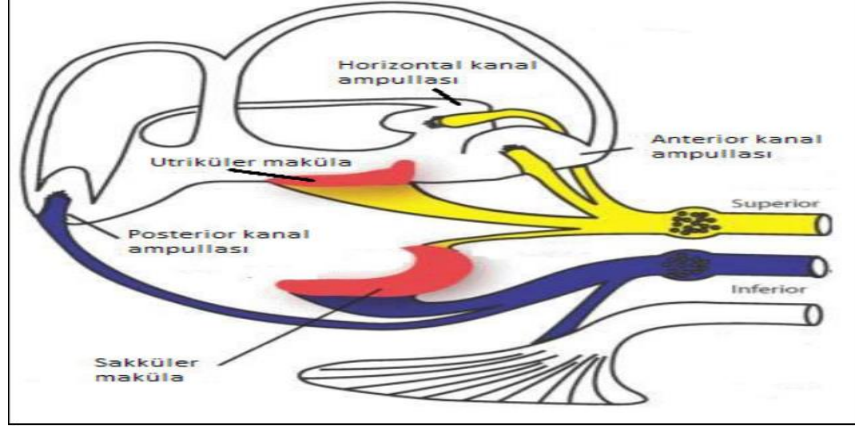
Şekil 2.13: Normal vHIT sonucu.



Şekil 2.14: Anormal vHIT sonucu (sol lateral SSK hipofonksiyon).

2.5 Vestibüler Nörit

Vestibüler nörit (VN), vestibüler sinirin izole, akut veya subakut inflamasyonudur. Genellikle vestibüler sinirin süperior dalı etkilenmektedir ve bu sinir liflerine ait disfonksiyon oluşturmaktadır. VN, bulgularında genellikle vestibüler yakınma ile karakterizedir ve bu sürede işitme kaybı ya da tinnitus gibi koklearseptomlar ve bulgular olmaz. VN, periferik vestibüler hastalıklardan; BPPV ve Meniere hastalığından sonra ki 3. sıklıkla görülen hastalıktır (J.S., Kim, 2018). Tüm periferik baş dönmesi hastalıklarının yaklaşık olarak % 7-10'unu oluşturmaktadır. Yıllık insidans olarak ise 3-5/100.000 olarak bildirilmektedir. Yaşla birlikte insidans artmaktadır ve en sık 40 ile 50 yaşları civarında görülür. VN tipik klinik tablosu, genellikle geçirilmiş bir ÜSYE'yi takiben birkaç gün içinde gelişen ve ilerleyen rotatuvar baş dönmesi, bulantı ve kusma görülmektedir. İşitme kaybı ya da tinnitus gibi akustik semptomatoloji hiç görülmez. Hastaların yakınmalarında osilopsi ve dengesizlik de bulunabilir. Yakınmalar 1-2 gün içinde artış yapar ve birkaç haftaya kadardüzelir. Hastalık çoğunlukla bir ÜSYE sonrasında gelişse de, hastalığın etkisinde mevsimsel değişimler ile farklılık göstermediği bildirilmiştir (Goudakos JK, 2010).



Şekil 2.15: Vestibüler sinirin süperior (anterior ve horizontal kanallar, utrikulus) ve inferior (posterior kanal ve sakkulus) dallarının inerve ettiği alanlar.

VN, genellikle süperior vestibüler sinirin etkilenmesi ile oluşmaktadır (%90). Anterior ve horizontal SSK'lar süperior vestibüler sinir lifleri tarafından inerve edildiği için bu sinirde ki inflamasyondan fonksiyonları etkilenir (Şekil 2-15). Klinik bulgularda sadece etki ettiği alanlarda disfonksiyon olmaktadır, inferior vestibüler sinirin inerve ettiği posterior SSK ve sakkulus işlevleri korunur. Süperior vestibüler nöritte, nörolojik muayenede; lezyon tarafının karşı kulağına vuran horizontorotatuvar spontan nistagmus görülmektedir ve bu nistagmus görsel fiksasyon ile azalır veya baskılanma gösterir. Bu özellik periferik vestibüler hastalıkları ayırmak için tipiktir. Head thrust test (baş çevirme testi) pozitif olarak bulunmaktadır ve oldukça değerli bir bulgudur. Kalorik uyarımda genellikle unilateral kanal parezisi görülür ve hasta taraftaki kulağın uyarılması ile yanıt alınan o-VEMP potansiyellerde anormallik görülür. Nadir olarak bazı olgularda inferior vestibüler sinir lifleri tutulumu görülebilir. İnférieur vestibüler sinir tutulumunda klinik bulgular süperior vestibüler nöritten farklı olur. İnférieur vestibüler nörit bulguları aşağıda Tablo 1'de gösterilmiştir. Tabloda da görüldüğü gibi, inferior vestibüler nöritte, muayenede downbeat nistagmus görülür. Ayrıca horizontal ve anterior kanal uyarımı yapılan head thrust test normaldir. Kalorik testte sadece horizontal kanal uyarılıyor olması sebebi ile bu olgularda kalorik uyarım da normal bulunur ve bu durumu santral vestibüler hastalıklardan ayırt etmeden zorluk yaratmaktadır. Posterior kanal head thrust test ve servikal VEMP'de ki anormal cevaplar tanıda çok önemli ölçüde yol göstermektedir.

Çizelge 2.1: İnförior vestibüler nörit tanı kriterleri;

1. Akut baş dönmesi, bulantı/kusma, dengesizlik
2. Spontane torsiyonel downbeat nystagmus
3. Anormal head thrust test (posterior kanal için)
4. Normal head thrust test (anterior and horizontal kanallar için)
5. Anormal servikal vestibüler-evoked miyojenik potansiyel (cVEMP)
6. Normal kalorik test
7. Nörolojik muayene ve MRG ile diğer santral süreçleri ekarte et!

VN nedenin de herpes simplex virus type 1 (HSV-1) infeksiyonu suçlanır ve özellikle bu virüsün reaktivasyonu olduğu ileri sürülmektedir. Otopsi çalışmalarında, olguların 2/3'ünde vestibüler ganglionda PCR ile HSV-1, ayrıca CD8 (+) Tlenfositler, sitokinler ve kemokinlerin varlığı kanıtlanmıştır. Bu bulgularla, vestibüler ganglionda latent olarak HSV-1'in bulunduğu ve uygun şartlarda reaktif olarak klinik tablonun geliştiği öne sürülmektedir. Öte yandan son zamanlarda yapılan hayvan çalışmalarında da (rat vestibular ganlionunda) latent ve litik HSV-1 infeksiyonu ve reaktivasyonu gösterilmiştir. Ayrıca fare modellerinde, HSV inokülasyonu ile infekte vestibüler ganglion hücrelerinde fonksiyon bozukluğu geliştiği gösterilmiştir. VN tedavisinde 3 temel prensip vardır;

1. Semptomatik tedavi: Baş dönmesi, bulantı ve kusmanın baskılanması,
2. Nedene yönelik tedavi
3. Vestibüler rehabilitasyon: Santral kompanzasyon düzenlenmesi, VN akut tedavisi semptomatiktir ve ilk üç günde sıklıkla bulantı, kusma ve baş dönmesi şiddetli ise antiemetikler ve vestibülosupresanlar uygulanır. Bu ilaçlar santral kompanzasyonu uzattıklarından dolayı uzun süre kullanılmaları genellikle tavsiye edilmez.

VN tedavisinde; 1990'larda kortizonun vertigo üzerinde olumlu etkilediğini ve santral kompanzasyonu kolaylaştırdığı ileri sürülmüştür(Strupp M, 2014). 141

olgudan oluşan, prospektif, randomize, placebo-kontrollü bir çalışmada metilprednizolon monoterapisinin, periferik vestibüler fonksiyonlar üzerinde olumlu etkisi gösterildi (Strupp M, 2014). Ancak valacyclovir monoterapisi ya da kortizonla kombine edilmesinin tedaviye ilave katkısının olmadığı görüldü (Akyıldız, 2015). Bir başka çalışmada ve meta analizlerinde de kortizonun VN’de yararı olduğu gösterildi (Karlberg ML, 2011, Goudakos JK, 2010). Ancak Cochrane analizi çalışmaları halen tartışmalıdır, genel yöntem olarak VN tedavisinde ilk aylarında kortizon uygulamaktadır(Fishman JM, 2011). Bu amaçla 80-100 mg/gün dozunda metilprednisolonun başlanması ve 3-4 haftalık periyotta azaltılarak kesilmesi önerilmektedir (Fishman JM,2011,Strupp M,2013). Bir başka yöntem ise vestibüler rehabilitasyondur, santral kompanzasyonda vestibüler rehabilitasyonun olumlu yönde etkisi olduğu görülmüştür. VN tedavisi almamış kişilerde, periferik vestibüler hipofonksiyonlar kendiliğinden düzelmemektedir. Belirli dönemlerde denge ile ilgili problemler yaşamaktadırlar. Bu sebeple kortizon ve rehabilitasyon önerilmektedir. Öte yandan hastaların %2-11’inde tekrarlayan şikayetler görülebilir ve bazı hastalarda ilk birkaç haftada hasta kulak tarafında BPPV (%10-15) görülmektedir. Bu hastalarda BPPV görülmektedir, nedeni olarak vestibüler siniri etkileyen inflamasyonla birlikte labirent inflamasyonunun da olduğu bu inflamasyondan dolayıda otokoniye yerinden oynatıp BPPV’ye neden olduğu ileri sürülmektedir. Vakalarda, vestibüler ganglionun dışında labirentte de HSV-1 DNA görülmüştür. VN geçiren vakalarda başka bir yakınma da fobik postural vertigodur.

2.6 Galvanik Akım

2.6.1 Galvani Akımı (Doğru Akım)

Proff. Luigi GALVANI'nin 1778’de kurbağa bacakları üzerinde deney yaparken, bir tel üstüne astığı kurbağa adale sinir preparatlarının rüzgarla sallandığında balkonun demir parmaklıklarına değince kurbağa adalelerinde bir kasılma meydana geldiğini tesadüfen görmesi elektrofizyolojinin başlangıç noktası olarak alınabilir. Bu gibi deneylerden kurbağa organizmasının elektrik akımı ürettiği ve madenlerin bu elektrigi ilettiği kanısına vardı. 15 sene sonra Volta biri bakır ve biri çinko olan iki levhayı sirke içine batırarak yaptığı ilk

pille elektrik akımını elde etmiştir. Bu akımla adalelerin kasıldıklarını göstererek, Galvaninin gözlemindeki kurbağa organizmasının elektrik akımı ürettiği düşüncesinin aksini ispata çalışmıştır. Ancak kasların içerisinde meydana gelen elektrik akımlarının elektromyografi ile kaydedilebilmesi Galvani'nin düşüncesini desteklemektedir (Britton, T. C).

Galvani akımı tedavi ve tetkik maksadıyla insan organizmasına tatbik edilmiş olan ilk akım şekillerinden olduğu için etkileri de etraflıca tetkik edilmiştir. Galvani akımı insan organizmasına devamlı ve kesikli olmak üzere iki şekilde tatbik edilir.

2.6.2 Devamlı Geçirilen Galvani Akımı:

Galvani akımı insan organizmasına cilt yolu ile tatbik edilen bir akım şeklidir. Galvani üreticinin pozitif ve negatif kutuplarına bağlanmış iletken kordonların uçlarına lehimlenen iletken levhalar çeşme suyu veya tuzlu su ile ıslatılmış keçe, havlu, pamuk gibi maddelerden yapılmış elektrodların üzerine konulmak suretiyle cilt üzerinden sürekli akım geçirilir. Genellikle cm 2 ye 1-2 mA olarak 5-20 mA lik düşük dozda kullanılır. Galvani akımı geçirilmeye başlayınca (-) kutbun altında ciltte hafif bir iğnelenme duyulur. Bu his kısa bir süre sonra kaybolur ve yerini sıcaklık hissi alır. İnsan organizmasına galvani akımı tatbik edildiğinde 1 organizmada mevcut pozitif ve negatif yüklü iyonlar, yüklerinin cinsine göre negatif ve pozitif kutuplara doğru yönelerek harekete geçerler. Negatif yüklü iyonlar (anyonlar) anoda (+) ve pozitif yüklü iyonlar (katyonlar) da katoda (-) doğru giderler. Galvani kutupları arasında meydana gelen bu olaya interpoler tesir denir. İyonlar yanında ihtiva ettikleri iyonlar dolayısıyla elektrik yükü yüklenen kan hücreleri bakteriler, diğer hücreler ile, kısmen iyonize olabilen ve bir suretle elektrik yükü bulunan proteinler gibi büyük moleküllerde kutuplar arasındaki etkiye tabi olarak yükleri ve kitleleri ile uygun bir şekilde az veya çok bir hareket gösterirler.

2.6.3 Vestibüler Galvanik Stimülasyon

Mastoid kemik üzerinden uygulanan GVS, direkt olarak vestibüler çekirdeklerin ve vestibüler sinirin distal kısmındaki primer afferentlerde deşarja neden olmaktadır (Goldberg, Fernandez, & Smith, 1982). Binaural ve bipolar konfigürasyonda negatif (katodal) taraftaki afferentler aktive ve pozitif (anodal)

taraftaki afferentler ise inhibe olmaktadır. Yani katodal akım spontan ateşleme oranını arttırırken, anodal akım azaltmaktadır (Goldberg, Fernandez, & Smith, 1982). Galvanik uyarının bu etkisi vestibüler çekirdeklere ve inen vestibülospinal ve retikülospinal yollarla motor nöronlara ulaşmaktadır. Vestibüler çekirdeklerdeki istirahat potansiyelindeki değişim, gövde ve ekstremitelerdeki aktivitenin karşılıklı değişimine neden olmaktadır. Bu durum da anodal tarafa doğru vücut deviasyonuyla ve deviasyonu takiben düzeltme hareketiyle sonuçlanır. GVS'ye verilen bu kas yanıtları beklenmeyen vestibüler uyarı sonrası postüral kontrolü sağlamak amacıyla oluşturulmuş koruyucu refleks olarak yorumlanmaktadır (Britton vd., 1993). GVS yalnızca dengeyi sağlayan kaslarda EMG kaydı üretebilmektedir ve literatürde SKM, paraspinal, triseps, tibialis anterior ve soleus kaslarından alınan EMG kayıtları mevcuttur (Cunha vd., 2014). Ayrıca galvanik VEMP yanıtlarının masseter kasından da elde edildiği gözlenmiştir (Deriu, Tolu, & Rothwell, 2003).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1 Çalışma İzni ve Etik Kurul Onayı

Bu çalışma İstanbul Aydın Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Odyoloji Yüksek Lisans tezi olarak yapılmıştır. Çalışma, Yenyüzyıl Üniversitesi Gaziosmanpaşa Hastanesi Kulak Burun Boğaz Hastalıkları Anabilim Dalı, Odyoloji Bilim Dalı, denge ünitesinde gerçekleştirilmiş ve İstanbul Yeni Yüzyıl Üniversitesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu Başkanlığının 06.12.2018 tarihli ve 07.12.2018/037 sayılı kararı ile etik kurul açısından uygun bulunmuştur.

Çalışmaya dahil edilen bütün olgulara etik kurul izni alınırken uygulaması belirlenen gönüllü olur formu imzalatılmıştır.

3.2 Çalışma Grubu

18-50 yaş aralığında, izole süperior vestibüler nörit tanısı almış ve vestibüler hipofonksiyonları olan 40 vaka çalışmaya dahil edilmiştir. Akut vestibüler nörit tanısı anemnez ve VNG testi ile teşhis edilmiş, ve vestibüler hipofonksiyon tanısı ise vHIT ile değerlendirilmiştir. Çalışmaya dahil edilen 20 olguya önce GVS ile her iki kulağa ölçüm yapılmış, kulaklar arası tonik deşarj farkı mA olarak ölçülmüştür. Ayrıca galvanik akım ile rehabilitasyon uygulanmış ve çalışma grubu olarak tanımlanmıştır. Diğer 20 olgu kontrol grubu olarak belirlenmiş ve GVS ile rehabilitasyon uygulanmamıştır. GVS uygulanması için akut vestibüler nörit geçiren hastaların ilk atağı takiben 7-15 gün arasında VNG ile spontan nistagmusun görülmemesi kriter alınmıştır. Prerehabilitasyon ve postrehabilitasyon dönemlerinde galvanik akımın vestibüler hipofonksiyona etkisini göstermek için objektif testlerden biri olan vHIT parametreleri ile istatistiksel analizler yapılmıştır.

3.3 Araştırma Yeri ve Zamanı

Çalışma Yenyüzyıl Üniversitesi Gaziosmanpaşa Hastanesi Kulak Burun Boğaz Hastalıkları Anabilim Dalı, Odyoloji Bilim Dalı, Denge Ünitesi'nde gerçekleştirilmiş. Aralık 2018 tarihinde literatür tarama ile başlanmıştır ve Kasım 2019 tarihinde sonlandırılmıştır.

3.4 Olguların Seçimi

Bu çalışmaya alınan izole süperior vestibüler nörinit hastası olan ve nörin dışında periferik vestibüler vertigosu bulunmayan vakalar, Yenyüzyıl Üniversitesi Gop Hastanesi KBB Anabilim Dalı Odyoloji Bilim Dalı uygulama merkezine gelen hastalardan olmuştur. Vakalar araştırmacı tarafından telefonla aranmıştır ve randevu verilerek davet edilmiştir. Bu çalışma 40 vaka üzerinde gerçekeşmiştir. Vestibüler nörin tanısı Video Head Impulse Test (vHIT) ile konulmuştur. Çalışmamız, hastanemize gelen izole süperior vestibüler nörin tanısı almış başka KBB rahatsızlığı saptanmayan vakalar arasından, kendilerine araştırma konusu izah edilerek ve izin alınarak toplam 40 vaka dahil edildi. Bu 40 vaka, 20 kontrol grubu ve 20 çalışma grubu olarak rastgele ikiye ayrılmıştır.

Yukarıda belirtilen özelliklere uygun olan olgulara vHIT yapıldıktan 7-15 gün sonra randevu verilmiştir. Bu kontrol randevusunda hastalarına spontan nistagmus araştırılmıştır ve spontan nistagmusu durduktan sonra çalışmaya başlanmıştır. Yenyüzyıl Üniversitesi Gop Hastanesi İlac Dışı Calışmalar İcin Bilgilendirilmiş Gonullu Olur Formu'nu (Form-1) imzalatılarak çalışmaya başlanmıştır.

3.5 Katılımcılar

- Çalışmaya 18-50 yaş arasında izole süperior vestibüler nörin tanısı almış 40 kişi dahil edilmiştir. Katılımcılar 2 gruba ayrıldı ve her gruba 20 kişi dahil edilmiştir.

3.6 Çalışmaya Dahil Edilme Kriterleri

Superior vestibüler nörit tanısı almış başka komorbite hastalığı bulunmayan vakalar çalışmaya dahil edilmiştir.

3.7 Çalışma Dışı Bırakılma Kriterleri

- Migreni olan hastalar
- Periferik başka hastalığı bulunanlar
- Dış kulak, orta kulakta anatomik problemlili olan kişiler,
- Otokleroz hikayesi olan olgular,
- Kronik otitis media hikayesi olan olgular,
- Aktif kulak akıntısı bulunan olgular,
- Gecirilmiş kulak ameliyatı hikayesi olan olgular,
- Norootolojik müdahale yapılan olgular,
- Noropsikiyatrik sorunu olan olgular,
- Genel fiziksel kondisyon bozukluğu olan olgular,
- Boyun problemi olan olgular
- Çalışmada kullanılan odyolojik testlerin tamamı yapılamayan olgular,
- Saf ses odyogramda hava–kemik aralığı saptanan olgular,
- Yazılı izin alınamayan olgular.
- Total VN olan vakalar
- İzole süperior vestibüler nörit olan vakalar

3.8 Video Head Impulse Test (vHIT) Uygulaması

Mantokoudis ve ark. (2015) vHIT için VN tanısında %88 duyarlılık ve %92 özgüllükte olduğunu bildirmiştir. Çalışmada vestibüler hipofonksiyon tanısı ve galvanik akımın rehabilitasyon etkisini değerlendirmek için, vHIT cihazı (Interacoustics marka EyeSeeCam model) kullanılmıştır. EyeSeeCam vHIT ile 6 semisirküler kanalın testi yapıлып, gerçek zamanlı olarak baş ve göz hareketleri

görüntülenmiştir, göz hareketleri kaydedilmiştir. Üzerinde monoküler kameranın bulunduğu 60 gr ağırlığındaki özel video gözlükten alınan veriler monitöre aktarılmıştır. Bireyler, duvardan yaklaşık 1 metre uzaklıktaki sandalyeye oturtulmuştur. Bireylerin karşısındaki duvara, göz seviyesinde ve görebileceği büyüklükte bir işaret yapıştırılmıştır. Cihazın gözlüğü bireylere sıkıca takılmıştır ve gözlüğün hareket etmemesi sağlanmıştır. Bireylere önceden tahmin edemeyecekleri şekilde düzensiz bir şekilde baş itme hareketleri uygulanmıştır.

Kalibrasyon standart (göz) kalibrasyon ve baş kalibrasyonu olarak iki aşamalı yapılmaktadır. Kalibrasyon işlemi gözlüklerin merkezine yerleştirilmiş ve merkezden 8.5 derece açılarla konumlandırılmış 5 adet lazer ışığı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Hastalardan başlarını hareket ettirmeden duvardaki her noktaya bakması istenmiştir. Hastanın hangi noktaya bakacağı gözlemci tarafından sesli olarak söylenmiştir. 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 tekrarla hareket ettirmesi istenmiştir. Toplamda 15 saniye süren baş kalibrasyonu da gerçekleştirilmiş olur. Kalibrasyon bittikten sonra teste başlanmıştır.

Lateral SSK uyarımında, bireyden düz bir şekilde karşı duvardaki objeye bakması istenmiştir, her iki elle başı kavranarak düzensiz ve tahmin edemeyeceği şekilde sola ve sağa küçük açılarla baş itme hareketleri uygulanmıştır. Hareket açısının ve yeterliliğinin kontrolü cihaz aracılığı ile yapılmıştır.

Vertikal kanallar (anterior ve posterior semisirküler kanallar) değerlendirilirken hasta (gönüllü) orta hattaki hedefe bakarken başı vertikal kanal düzlemlerinde itilmiştir. Aynı düzlemde yer aldıkları için sağ anterior (RA) ve sol posterior (LP) semisirküler kanallar (RALP) ile sol anterior(LA) ve sağ posterior (RP) semisirküler kanallar (LARP) birlikte test edilmiştir. Baş itme aksının test edilen kanalın bulunduğu düzleme göre daha iyi ayarlanabilmesi amacıyla, uygulayıcı gönüllünün arkasında ve sağ ya da sol tarafında durmuştur.

3.9 VNG

VNG testi ile spontan nistagmus araştırılmıştır. Spontan nistagmus araştırılırken VNG gözlüğü ile fiksasyonlu ve fiksasyonsuz kayıt alınır. Gaze nistagmus araştırılırken hastadan 20 derecelik sola, sağa ve aşağı, yukarı bakması istenir. Bu bakışlar esnasından nistagmus varlığı araştırılır. Spontan nistagmus hem periferik hemde santral patolojilerde görülebilir. Ancak nistagmusun karakteristik özellikleri santral veya periferik olarak ayırmamıza yardımcı olmaktadır. Hastalar rehabilitasyona alınmadan önce VNG ile spontan nistagmus değerlendirilmiş. Karanlıkta 0 derece/sn nistagmus olması GVS ile rehabilitasyona başlangıç kriteri olarak alınmıştır. Galvanik akım ile oluşan nistagmus derecesi VNG ile ölçülmüştür.

3.10 Veri Toplama

3.10.1 vHIT

vHIT ile vestibülooküler refleks kazancı göz hızının kafa hızına oranıdır ve sabit bakışta kafa dönmesi sırasında ideal olarak yaklaşık 1.0 olmalıdır. VOR kazanç ve hız regresyon analizleri yapılarak sonuçlar şekil 3-1 de görüldüğü gibi grafikler halinde ekranda gösterilir. Kazancın düşmesi, gizli (covert) ve/veya açık (overt) sakkadların varlığı, periferik vestibüler zayıflığı göstermektedir. Hastalarımızın vHIT ile 6 SSK'lar test edilmiştir. Testte en az iki kulak için ayrı ayrı 5 trase kaydı yapılmıştır. Kazanç değeri horizontal kanal için 0.8 ile 1 arası; vertikal kanallar için ise 0.7 ile 1 arası normal olarak kabul edilmiştir (McGarvie ve ark., 2015).



Şekil 3.1:vHIT cihazı genel görünümü

Kaynak:(<https://www.erisci.com/eyeseecam-vhit>).

3.11 Galvanik Vestibüler Stimülasyon Cihazı

Galvanik vestibüler stimülasyon için PETAŞ-PETGAL 250 cihazı ile iğne uçlu elektrot ve tens kullanılmıştır. (şekil 3-2).



Şekil 3.2: PETAŞ-PETGAL 250 Cihazı.

GVS verilmeden önce elektrotlar su ile ıslatılmıştır. Katod taraf uyaran verilecek kulağa anod taraf ise karşı kulağa uygulanacak şekilde ayarlanmıştır. Uyarının gönderildiği elektrotlar ve diğer elektrotlar ipsilateral olarak yerleştirilmiştir (Şekil 3-3). Uyarın elektrotlarının impedans değerlerinin 0-5 mA aralığında olmasına dikkat edilmiştir.



Şekil 3.3: GVS elektrotlarının yerleşimi.

3.12 Çalışma Planı

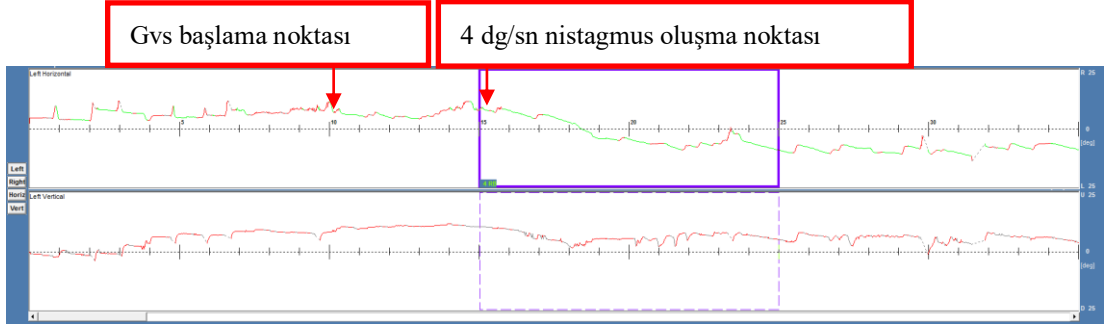
18-50 yaş aralığında, dekompanse izole süperior vestibüler nörit tanısı almış ve vestibüler hipofonksiyonları olan 40 vaka çalışmaya dahil edilmiştir. Akut vestibüler nörit tanısı anemnez ve VNG testi ile teşhis edilmiş, ve vestibüler hipofonksiyon tanısı ise vHIT ile değerlendirilmiştir. Çalışma grubunda yer alan vakalara elektrot bilateral bipolar şekilde yerleştirilmiştir. GVS uyarımının verileceği kulak tarafınakatod elektrot karşı kulağa anod elektrot yerleştirilmiştir. Kulak değiştirildiğinde elektrotlarında yeri değiştirilmiştir. Çalışmaya dahil edilen 20 vaka önce GVS ile her iki kulağa ölçüm yapılmış, kulaklar arası tonik deşarj farkı mA olarak ölçülmüştür. Ayrıca galvanik akım ile rehabilitasyon uygulanmış ve çalışma grubu olarak tanımlanmıştır. Diğer 20 olgu kontrol grubu olarak belirlenmiş ve GVS ile rehabilitasyon uygulanmamıştır ve 2 ay sonunda vHIT ile değerlendirilmiştir. GVS uygulanması için akut vestibüler nörit geçiren hastaların ilk atağı takiben 7-15

gün arasında VNG ile spontan nistagmusun görülmemesi kriter alınmıştır. Prerehabilitasyon ve postrehabilitasyon dönemlerinde galvanik akımın vestibüler hipofonksiyona etkisini göstermek için objektif testlerden biri olan vHIT parametreleri ile istatistiksel analizler yapılmıştır.

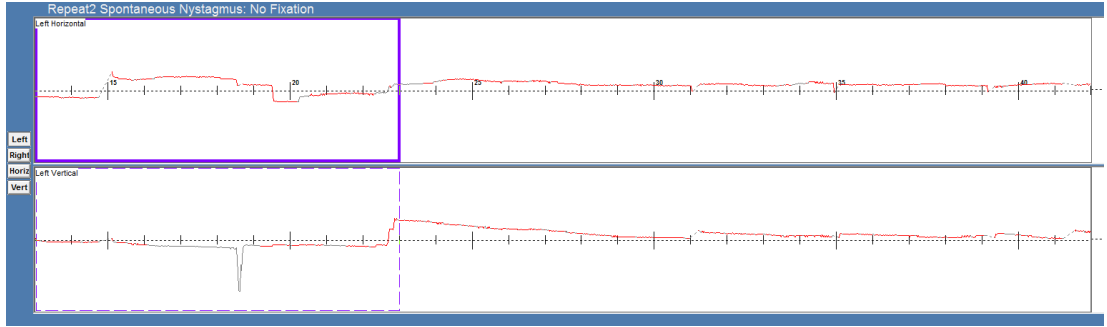
Katılımcılar çalışma hakkında bilgilendirildikten sonra bilgilendirilmiş onam formu (Form-1) imzalatılarak izin alınmıştır. vHIT yapılmıştır ve spontan nistagmus VNG sistemi ile araştırılmıştır. İşitmesi normal olan ve çalışma kriterlerine uyan çalışma grubunda ki katılımcıların iki kulağına da randomize olarak galvanik stimülasyon uygulanmıştır.

Mastoid kemik üzerinden uygulanan GVS, direkt olarak vestibüler çekirdeklerin ve vestibüler sinirin distal kısmındaki primer afferentlerde deşarja neden olmaktadır (Goldberg, Fernandez, & Smith, 1982). Binaural ve bipolar konfigürasyonda negatif (katodal) taraftaki afferentler aktive ve pozitif (anodal) taraftaki afferentler ise inhibe olmuştur. Yani katodal akım spontan ateşleme oranını arttırırken, anodal akım azaltmaktadır (Goldberg, Fernandez, & Smith, 1982). Galvanik uyarının bu etkisi vestibüler çekirdeklere ve inen vestibülospinal ve retikülospinal yollarla motor nöronlara ulaşmaktadır. Bu bağlamda GVS hastalarımızda vestibüler sistemi aktive edecek şekilde katodal yöntem kullanılmıştır.

Hastalarımıza rehabilitasyona başlamadan önce vHIT tekrarlanmıştır. Hasta sedye üzerinde başı 30 derece yüksek olacak şekilde yatırılmıştır. Nistagmus araştırmak için VNG cihazının gözlüğü hastalara takılmıştır (Şekil 3-5). GVS cihazının elektrotları su ile ıslatıldı ve ardından stimülasyon uygulanmaya başlanmıştır. Öncelikle tonik dengeyi test etmek için sağlam kulakta 4 derece/sn nistagmus oluşana kadar 0-5 mA arasından düşükten yükseğe doğru akım verilmeye başlanmıştır. Sağlam kulakta 4 derece/sn nistagmusun oluştuğu akım şiddetinde stimülasyon verilmesi durdurulmuştur. Ardından hasta kulak tarafından mastoidden stimülasyon düşük şiddetten yükseltilerek 4 derece/sn nistagmus oluşana kadar akım verilmeye başlanmıştır (Şekil 3-4). 4 derece/sn nistagmusun oluştuğu nokta eşik noktası kabul edilmiştir ve akım sabit tutularak 5 dk boyunca 1 sn akım 1 sn dinleme şeklinde uygulanmıştır. 5 dk akım 10 dk mola şeklinde stimülasyon uygulamaya devam edilmiştir. Hastalarımızın 2 ay sonunda vHIT'leri tekrarlanmıştır.



Şekil 3.4:Fiksasyonsuz GVS ile oluşturulmuş 4 dg/sn nistagmus örneği.



Şekil 3.5:Fiksasyonsuz spontan 0 dg/sn nistagmus örneği.

GVS cihazı parametreleri: Literatürde farklı VOR 'u uyaracak farklı galvanik akım parametreleri(frekansları, stimülasyon paternleri, petlerin farklı yerleşimleri, voltajı) olmakla birlikte frekans aralıkları 0-10 KHz, voltajı 0-±35 V çift kanallı pozitif ve negatif akım aralığı 0-±10 mA, süre aralığı 1msn- 20 dk.olan cihaz kullanılmıştır.

Ölçüm methodu: GVS verildiğinde VOR yolağında oluşacak nistagmus dg/sn olarak yavaş faz hızı ile değerlendirilecektir. Jangees formülü (gerekirse normalize Jangees formülü) ile sağ-sol VOR defisiti VNG ile dg/sn olarak değerlendirilirken belli bir nistagmus değeri 4 dg/sn, sağ-sol mA değerleri yine jangees formülü ile mA değerinden vestibüler hipofonksiyon yüzdesi elde edilmiştir. mA cinsinden vestibüler hipofonksiyon yüzdesi literatürde ve vestibüler tanı testlerinde ilk kez gerçekleştirilmiştir. Sağlıklı kulak ile hasta kulak arasında standart değerler elde edilip bu iki kulak arasında ki fark değerlendirilmiştir. Aynı zamanda minumum 4 dg/sn nistagmus oluşturacak mA eşik belirlenip elektroterapi için rehabilitasyon aralığı belirlenmesi için kullanılmıştır.

- Vestibüler nörin tanısı almış hastaların, haftada 2 kez 0-5 mA GVS ile rehabilitasyonu 2 ay planlanmıştır. GVS 5 dak. verilecektir. 10 dakika aralıklarla 5 kez terapi yapılacaktır. Günlük terapi süresi 75 dakikadır. İki ay sonrasında vestibüler hipofonksiyonunda gelişme yoksa rehabilitasyonun sonlandırılması veya iyileşme tam olmamışsa rehabilitasyon süresinin 1 ay uzatılması planlanmıştır. İyileşme kriteri olarak sağ-sol vestibüler hipofonksiyonunun vHIT ile değerlendirilerek kazanç değerlerinin normal sınırlara ulaşması olarak belirlenmiştir.

3.13 İstatistiksel İncelemeler

Çalışmada elde edilen bulgular değerlendirilirken, istatistiksel analizler için IBM SPSS Statistics 22 (IBM SPSS, Türkiye) programı kullanıldı. Çalışma verileri değerlendirilirken parametrelerin normal dağılıma uygunluğu Shapiro Wilks testi ile değerlendirilmiş ve parametrelerin normal dağılıma uygun olduğu saptanmıştır. Çalışma verileri değerlendirilirken parametrelerin iki grup arası karşılaştırmalarında Student t test, grup içi karşılaştırmalarında ise eşleştirilmiş örneklerde t testi (paired samples t test) kullanıldı. Hipofonksiyon tanısında kulaklar arasındaki ilişki için *Pearson* Korelasyon analizi kullanıldı. Anlamlılık $p<0.05$ düzeyinde değerlendirildi.

4. BULGULAR

Çalışma 20'si kadın, 20'si erkek olmak üzere toplam 40 olgu üzerinde yapılmıştır. Olgular “Çalışma” (n=20) ve “Kontrol” (n=20) olmak üzere iki grup altında değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.1:Çalışma grubunun; yaş, cinsiyet, tanı, hasta kulak yönü, hasta kulak prerehabilitasyon ve postrehabilitasyon vHIT kazanç değerleri, GVS prerehabilitasyon değerleri

<i>Çalışma Grubu</i>	<i>Yaş</i>	<i>Cinsiyet</i>	<i>Tanı</i>	<i>Hasta Kulak</i>	<i>Hasta Kulak Prerehabilitasyon Kazanç Değeri (vHIT)</i>	<i>Hasta Kulak Postrehabilitasyon Kazanç Değeri (vHIT)</i>	<i>G.V.S. hasta kulak mA</i>	<i>G.V.S. sağlam kulak mA</i>
Hasta 1	23	E	SVN	Sağ	0,53	0,75	3,8	3,2
Hasta 2	35	E	SVN	Sağ	0,33	0,74	3,5	3,3
Hasta 3	42	E	SVN	Sol	0,03	0,89	3,8	2,7
Hasta 4	33	E	SVN	Sağ	0,14	0,76	3,3	3,4
Hasta 5	25	E	SVN	Sağ	0,42	0,82	3	2,4
Hasta 6	23	E	SVN	Sol	0,46	0,94	3,3	3,1
Hasta 7	28	E	SVN	Sol	0,35	0,81	3,8	3,5
Hasta 8	39	E	SVN	Sol	0,37	0,98	3,9	3,7
Hasta 9	44	E	SVN	Sol	0,47	0,7	3,2	2,4
Hasta 10	21	E	SVN	Sağ	0,47	0,81	3,8	3
Hasta 11	22	K	SVN	Sağ	0,14	0,84	3,5	3,4
Hasta 12	43	K	SVN	Sol	0,44	0,83	3,4	3,2
Hasta 13	25	K	SVN	Sağ	0,28	0,79	3,5	2,8
Hasta 14	32	K	SVN	Sağ	0,2	0,82	3,2	2,2
Hasta 15	30	K	SVN	Sağ	0,44	0,9	4,4	3,7
Hasta 16	26	K	SVN	Sol	0,24	0,84	3,9	3,1
Hasta 17	33	K	SVN	Sol	0,14	0,87	3,5	2,2
Hasta 18	39	K	SVN	Sağ	0,23	0,71	4,1	3,2
Hasta 19	47	K	SVN	Sağ	0,29	0,91	3,7	2,1
Hasta 20	22	K	SVN	Sol	0,33	0,85	4,1	2,3

SVN: süperior vestibüler nörit, E:erkek, K:kadın

Çizelge 4.2: Kontrol grubunun yaş, cinsiyet, tanı, hasta kulak yönü, hasta kulak prerehabilitasyon ve postrehabilitasyon vHIT kazanç değerleri

<i>Kontrol Grubu</i>	<i>Yaş</i>	<i>Cinsiyet</i>	<i>Tanı</i>	<i>Hasta Kulak</i>	<i>HastaKulak Prerehabilitasyon Kazanç Değeri (vHIT)</i>	<i>Hasta Kulak Postrehabilitasyon Kazanç Değeri (vHIT)</i>
Hasta 1	32	E	SVN	Sol	0,16	0,16
Hasta 2	24	E	SVN	Sağ	0,22	0,26
Hasta 3	41	E	SVN	Sağ	0,55	0,67
Hasta 4	49	E	SVN	Sağ	0,24	0,46
Hasta 5	22	E	SVN	Sol	0,37	0,38
Hasta 6	43	E	SVN	Sağ	0,16	0,2
Hasta 7	31	E	SVN	Sol	0,21	0,21
Hasta 8	26	E	SVN	Sağ	0,37	0,43
Hasta 9	29	E	SVN	Sağ	0,35	0,44
Hasta 10	33	E	SVN	Sağ	0,25	0,39
Hasta 11	35	K	SVN	Sol	0,23	0,27
Hasta 12	21	K	SVN	Sağ	0,32	0,35
Hasta 13	43	K	SVN	Sol	0,33	0,45
Hasta 14	34	K	SVN	Sağ	0,2	0,5
Hasta 15	37	K	SVN	Sağ	0,38	0,45
Hasta 16	21	K	SVN	Sol	0,27	0,44
Hasta 17	45	K	SVN	Sağ	0,24	0,31
Hasta 18	31	K	SVN	Sol	0,33	0,34
Hasta 19	26	K	SVN	Sol	0,42	0,45
Hasta 20	19	K	SVN	Sağ	0,37	0,39

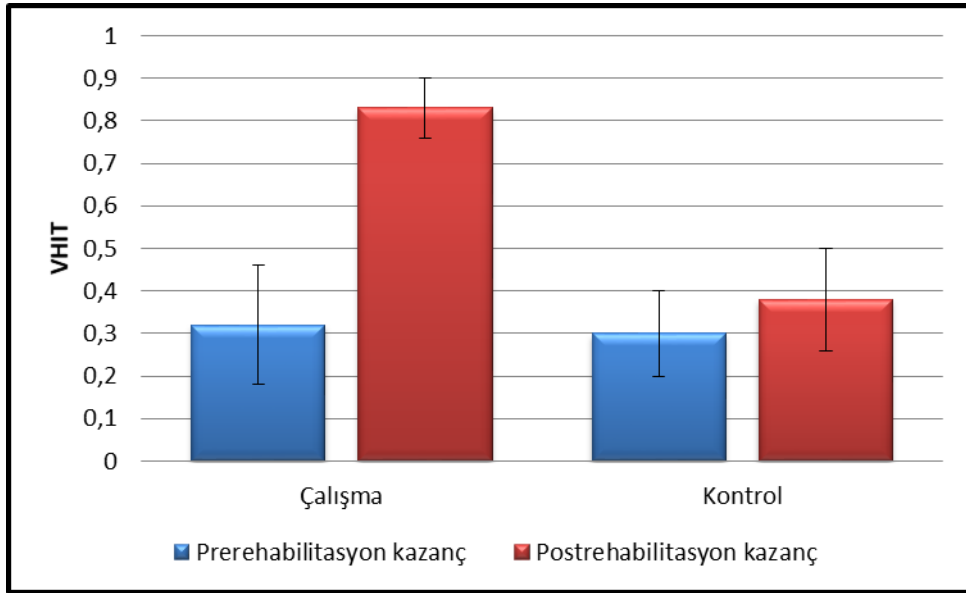
SVN: süperior vestibüler nörit, E:erkek, K:kadın

Çalışma grubunun; yaş, cinsiyet, tanı, hasta kulak yönü, hasta kulak prerehabilitasyon ve postrehabilitasyon vHIT kazanç değerleri, GVS prerehabilitasyon değerleri çizelge 4.1’de gösterilmiştir. Kontrol grubunun; yaş, cinsiyet, tanı, hasta kulak yönü, hasta kulak prerehabilitasyon ve postrehabilitasyon vHIT kazanç değerleri çizelge 4.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.3: Grupların vHIT kazanç değerleri açısından değerlendirilmesi

vHIT	Çalışma	Kontrol	¹ p
	Ort±SS	Ort±SS	
İlk kazanç	0,32±0,14	0,30±0,10	0,666
Son kazanç	0,83±0,07	0,38±0,12	0,000*
² p	0,000*	0,000*	

¹Student t testi²Eşleştirilmiş örneklerde t testi* $p<0.05$



Şekil 4.1: Vakaların prerehabilitasyon ve postrehabilitasyon vHIT kazanç değerleri.

Gruplar arasında vHIT prerehabilitasyon kazanç ortalamaları açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmazken ($p>0.05$); postrehabilitasyon çalışma grubunun vHIT kazanç ortalaması, kontrol grubundan istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur (Şekil 4.1) (Çizelge 4.3) ($p:0.000$; $p<0.05$).

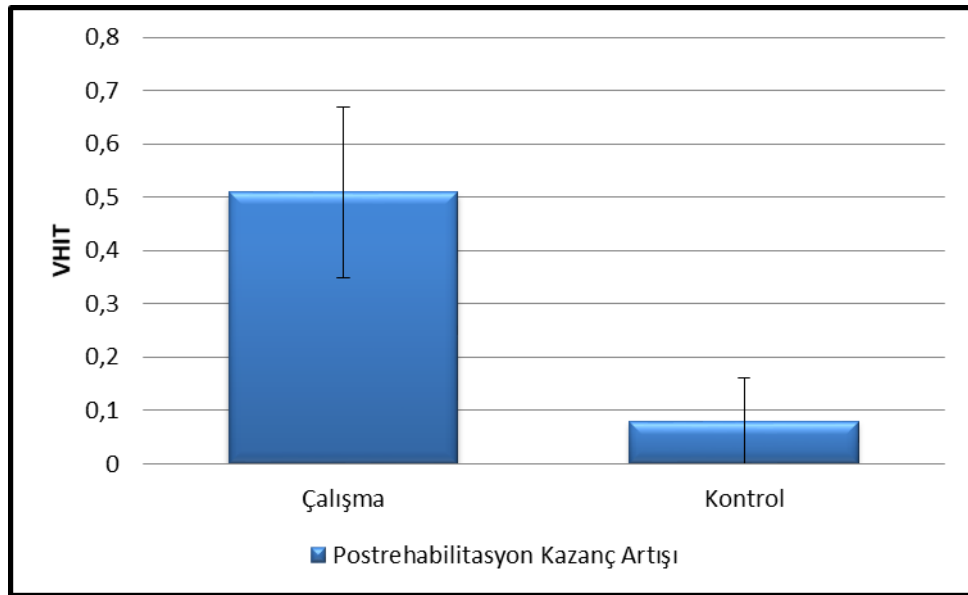
Çalışma Grubunda; vHIT prerehabilitasyon kazanç ortalamalarına göre postrehabilitasyon kazanç ortalamalarında görülen artış istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0.05$).

Kontrol Grubunda; vHIT preresabilitasyon kazanç ortalamalarına göre postreabilitasyon kazanç ortalamalarında görülen artış istatistiksel olarak anlamlıdır (Çizelge 4.4) (Şekil 4.2) ($p<0.05$).

Çizelge 4.4: Grupların vHIT kazanç değerlerinin postreabilitasyon sonrası değerlendirilmesi

vHIT Kazanç Artışı Miktarı	
Ort±SS	
Çalışma	0,51±0,16
Kontrol	0,08±0,08
P	0,000*

Studentt test $p<0.05$*



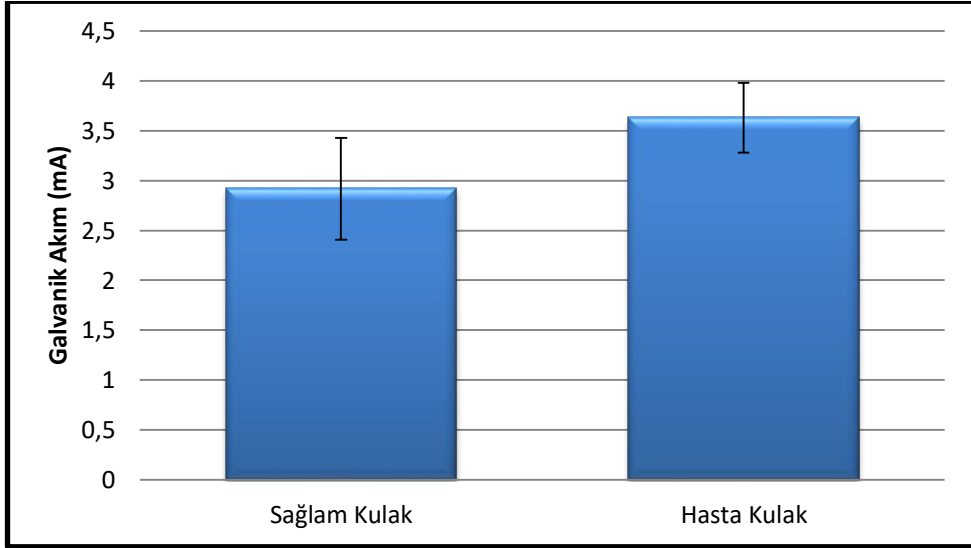
Şekil 4.2: Postreabilitasyon kazanç artışlarının değerlendirilmesi.

Çalışma grubunda vHIT preresabilitasyon kazanç miktarına göre postreabilitasyon kazanç miktarında görülen artış düzeyi, kontrol grubundan istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksektir (Çizelge 4.4) (Şekil 4.2) ($p<0.05$).

Çizelge 4.5: Kulaklar arası GVS mA değerleri açısından değerlendirilmesi

Çalışma Grubu	Galvanik Akım (mA)
	Ort±SS
Sağlam Kulak	2,92±0,51
Hasta Kulak	3,63±0,35
p	0,000*

Eşleştirilmiş örneklerde t testi $p < 0.05$*



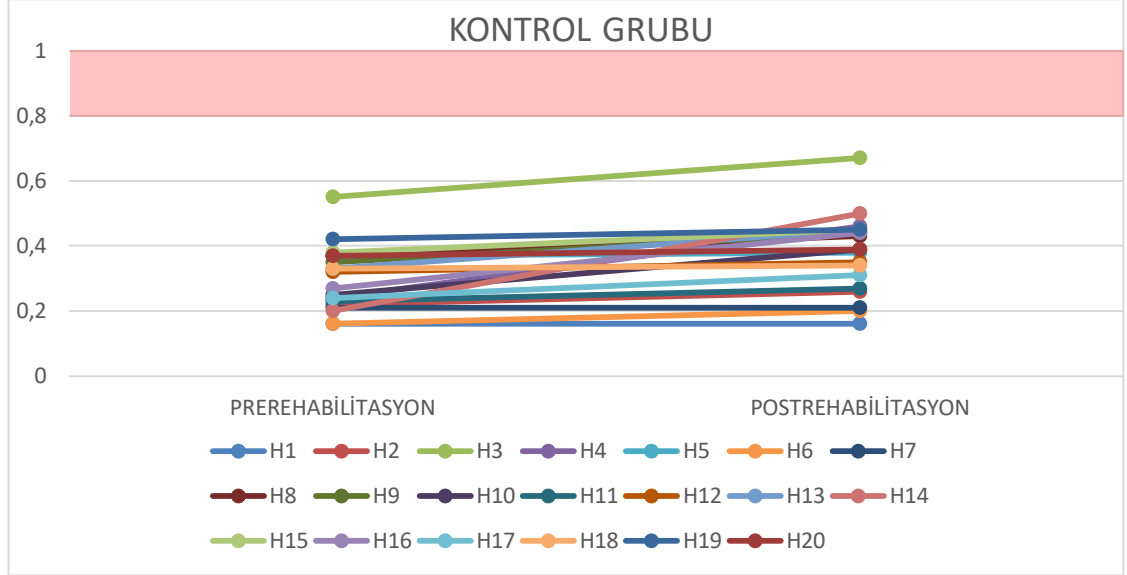
Şekil 4.3: Çalışma grubunda sağlam ve hasta kulak galvanik akım değerlerinin karşılaştırılması.

Çalışma grubunda hasta kulağın galvanik akım mA ortalaması, sağlam kulaktan istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur (Şekil 4.3) (Çizelge 4.5) ($p < 0.05$).

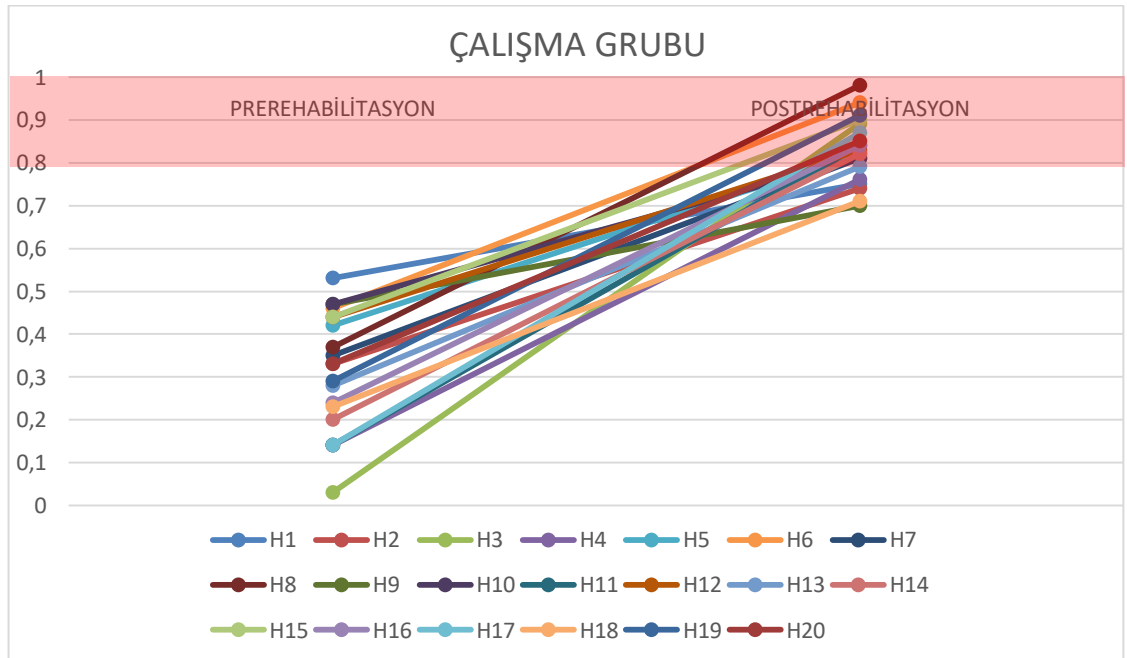
Hipofonksiyon tanısında kulaklar arasındaki ilişki Pearson korelasyon analizi ile değerlendirilmiştir. Çalışma grubunda patolojik kulak vHIT kazanç değeri ile mA değeri istatistiksel olarak zayıf negatif korelasyon gözlenmiştir ($p < 0,01$). Yani vHIT kazanç değeri düştükçe GVS ile nistagmus oluşturabilmek için mA değeri artmaktadır. Bu da vestibüler hipofonksiyon tanısında kulaklar arası mA farkının anlamlı olduğunu göstermektedir. Zayıf korelasyon

görülmesinin nedeni ise hasta sayının az olmasından kaynaklandığı düşünülmüştür.

Şekil 4-4'de ve şekil 4-5'de çalışma grubunun ve kontrol grubunun postrehabilitasyon ve prerehabilitasyon vHIT kazanç değişiklikleri grafik şeklinde gösterilmiştir.



Şekil 4.4: Kontrol grubunun prerehabilitasyon ve postrehabilitasyon vHIT kazanç değişikliği.



Şekil 4.5: Çalışma grubunun prerehabilitasyon ve postrehabilitasyon vHIT kazanç değişimi.

5. TARTIŞMA

Çalışmamızda GVS ile, VOR yolağı VNG eşliğinde test edilmiştir, sağ-sol vestibüler VOR fonksiyonunu ölçerek var olan vestibüler hipofonksiyon belirlenmiş ve aynı ölçüm birimi üzerinden VOR eksikliği galvanik akımla rehabilite edilmiştir. Rehabilite edilirken GVS ile nöral elektroterapi yöntemi kullanılmıştır. GVS uygulanan çalışma grubunda postrehabilitasyon vHIT kazanç değerlerinde anlamlı olarak fark görülürken, GVS uygulanmayan kontrol grubunda vHIT kazanç değerlerinde ki düzelme çalışma grubuna kıyasla anlamlı olarak düşüktür. Bu çalışma ile galvanik akımın, vestibüler sistem tanı ve tedavi protokolüne yenilikçi bir yaklaşım olarak test, muayene ve terapi yöntemi şeklinde kazandırılabilceği görülmüştür. Nöral terapi yöntemi olması sebebiyle tedavi ve iyileşme süresinin 2 ay de oldukça kısalttığı görülmüştür.

Karan ve ark. (2017), periferik vertigo tanısı almış 34 bireyi dahil ettikleri çalışmada, kontrol grubuna (17 birey) sadece betahistin hidroklorür, çalışma grubuna ise betahistin hidroklorür ve vestibüler elektrik stimülasyonu birlikte uygulamıştır. Şiddetli baş dönmesi ve sosyal sebeplerden dolayı çalışma grubunda 10 birey, kontrol grubunda ise 9 birey çalışmanın sonuna kadar takip edilebilmiştir. Her iki grupta medikal tedaviyi aynı dozda almıştır. Vestibüler elektriksel stimülasyon olarak kas kasılmasına sebep olmayacak 80 Hz frekansta, uyaran genişlik zamanı 100 mikrosaniye olan bifazik asimetrik modüle edilmiş kare dalga kullanmışlardır. Günde iki kez 30 dakika olmak üzere haftada üç defa toplamda 12 seans olarak VES uygulanmıştır. Çalışma öncesi ve sonrasında her iki grubun tedavi etkinliğini değerlendirmek amacıyla Görsel Analog Skala (VAS), Baş Dönmesi Handikap Envanteri (DHI) ve gözler açık ve kapalı olarak tek ayakta durma süresi (Single Leg Stance Time) kullanılmıştır. Her iki grupta da tedavi sonucunda istatistiksel olarak anlamlı derecede iyileşme gözlenmiştir. VES uygulanan grup diğer gruba göre daha yüksek iyileşme gösterse de istatistiksel olarak anlamlı bir fark elde edilememiştir. Bunun sebebi olarak çalışmaya dahil edilen periferik vertigoya

sahip bireylerin randomize olarak gruplara ayrılması ve periferik vertigonun kategorize edilmemesi verilebilir. Çalışmamızda ise vestibüler stimülasyonun etkiliği olacağı düşünülen vestibüler nörit grubu dahil edilerek çalışma spesifik hale getirilmiş ve rehabilitasyon sonucunda anlamlı veriler elde edilmiştir.

Arnold ve ark. (2015) 7 farklı çalışmayı dahil ettikleri sistematik derlemede, tek taraflı periferik vestibüler hipofonksiyona sahip bireylerde uygulanan vestibüler rehabilitasyon çalışmalarını karşılaştırmıştır. Bu çalışmaların ortak yanı BPPV ve Meniere hastalığına sahip bireylerin çalışma dışı bırakılmalarıdır. Bu çalışmalarda rehabilitasyon yaklaşımları adaptasyon, habitüasyon ve substitüsyon kombinasyonları içermektedir. Sonuçlar, dinamik yürüyüş indeksi veya DHI kullanılarak değerlendirilmiştir. Her rehabilitasyon yönteminin tek taraflı periferik vestibüler hipofonksiyon için vestibüler rehabilitasyonun etkili olduğunu, ancak müdahalelerin hiçbirinin daha üstün olmadığını göstermiştir. Sadece 2 rehabilitasyon yaklaşımı sonucunda dinamik yürüyüş indeksi ve DHI' da daha anlamlı iyileşmeler elde edilmiştir. İleri araştırmalar, bilgisayarlı posturografi gibi daha objektif ölçümlerden daha somut sonuçlar elde edilmesi gerektiğini bildirmiştir. Çalışmamızda geleneksel rehabilitasyon yöntemlerinden farklı olarak kullanılan GVS yöntemi, vestibüler nörit sonrası kalıcı olan hipofonksiyonu, erken dönemde normal değerlere taşımıştır. Sistematik derlemede kullanılan subjektif değerlendirme yöntemleri yerine çalışmamızda objektif değerlendirme yöntemi olan vHIT kullanılması çalışmamızın objektifliğini ortaya koymaktadır.

Claudio Krstulovic Roa (2018), toplam 195 baş dönmesi hastası prospektif olarak almıştır, çalışma için ardışık bir dizi oluşturmuştur. Spontan nistagmus olan veya vestibüler sedatif kullanan kişileri dışlamışlardır. Standart 4 mA galvanik bir uyarıcı tarafından oluşturulan nistagmus, referans olarak kalorik test ile karşılaştırılmıştır. GVS yüzey elektrodu ile mastoid bölgeden uygulanmıştır. GVS uyarımı sırasında 20 saniyelik bir kayıt yapılmıştır. İki uygulama yöntemi; katot sol anot sağ (CLAR) ve anot sol katot sağ (ALCR) kullanılmıştır. Oküler yanıtlar kaydedilmiştir, horizontal yavaş faz hızı (SPV) otomatik olarak ölçülmüş ve her göz hareketi için kaydedilmiştir. CLAR veya ALCR koşullarında nistagmusu 1 derece / sn'den yüksek ve beşten fazla hızlı ve yavaş faz göz hareketinden oluşan bir göz hareketi olarak tanımlamışlardır. Bu

çalışmanın sonuçları kalorik test sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Kalorik test periferik vestibüler hipofonksiyonu tanımlamak için en yaygın kullanılan testtir ve alternatif testler (rotasyonel sandalye, vHIT) çoğu vestibüler muayene merkezinde bulunmamaktadır. Tek taraflı periferik vestibüler hipofonksiyon, Proctor ve arkadaşları tarafından tanımlandığı gibi kalorik testte % 24'den fazla asimetri olarak tanımlanmıştır. GVS, Kim ve Curthoys'un nörofizyolojik çalışmalarla açıkladığı gibi, sadece lateral SSK'ı daha fazla uyardığı için, bu çalışma GVS'nin klinik kullanımını amaçlamıştır. GVS kalorik stimülasyonun yerini alabilir hipotezi ile çalışmaya başlamıştır. Bu nedenle, kalorik test gibi GVS testi oluşturularak vestibüler hipofonksiyon tanısı koyabilecek bir test oluşturmak hedeflenmiştir. GVS'nin ayırt edici özelliği olarak nistagmus oluşmasını kabul etmiştir. GVS ile test edilen 195 olgunun 115'i, tek taraflı periferik vestibüler hipofonksiyon, bunlardan 104'ü testte pozitif sonuçla doğru olarak tespit edildi (doğru pozitif) ve 11'i negatif test sonucu (yanlış negatif) almıştır. Bu 11 negatif sonuç için, 5'i tek taraflı meniere, 2'sinde iki taraflı meniere, 2'si vestibüler nörit ve 2'si de vestibüler schwannoma hastalarından oluşmuştur. Hipofonksiyonu olmayan 80 denekten 7'si testte negatif sonuç ile doğrulanmıştır ve 73 kişi pozitif sonuç almıştır (yanlış pozitif). Çalışma grubu ve kontrol grubu karşılaştırıldığında GVS'nin neden olduğu nistagmusun tek taraflı periferik vestibüler hipofonksiyon için bir teşhis aracı olarak kullanışlı olmadığı sonucuna varmıştır. Çalışmamızda hasta kulak ve sağlam kulak mastoid bölgeden verilen uyaran ile 4 derece/sn olacak şekilde nistagmus oluşturulmuştur. Hasta kulak ve sağlam kulak uyarım eşikleri karşılaştırıldığında kulaklar arası mA farkı istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Claudio Krstulovic Roa, çalışmasında anlamlı sonuç elde edememesinin nedeni eşik kabul ettiği nistagmus derecesini 1 derece/sn olmasından kaynaklandığı düşünülmüştür. Çünkü 4 mA şiddetinde ki GVS fizyolojik uyarım olarak yüksek bir doz olduğu düşünülmektedir. GVS'nin uyarım şiddeti ile oluşan nistagmus seviyesi arasında literatürde standardizasyon bulunmamaktadır.

GVS sadece vestibulospinal sistemin nöroadaptif davranışlarını analiz etmede değil, aynı zamanda vertigo ile ilişkili çeşitli rahatsızlıkların rehabilitasyonunda da kullanılmıştır. Rizzo-Sierra ve ark. (2013) GVS'nin hareket hastalığı ve

boşluk adaptasyon sendromunu kontrol edebileceğini ileri sürmüştür. Galvanik uyarımı, 1 mA seviyelerinde 10 dk deri altına verilmiştir. Anot ve katot kutuplarının sağ ve sol mastoid bölgeye yerleştirilerek yapılan bilateral bipolar uyarımda vestibüler sistem iki taraflı stimülasyondan etkilenmektedir. Bu yerleşim sonucunda katodik tarafa doğru roll düzleminde büyük, yaw düzleminde küçük sapma gözleneceği bildirilmiştir. Bilateral monopolar uyarımlarda ise roll komponenti olmayan pitch düzleminde geriye doğru küçük sapma gözlenmektedir. Bilateral monopolar uyarımda sağ ve sol uyarım ayrımı olmaksızın katot kullanıldığı zaman ileri yönde, anot kullanıldığında geriye doğru sallanma gözlenmektedir. Başka bir stimülasyon modu, tek taraflı GVS modu olarak adlandırılır. Bu örnekte, uyarıcı elektrot bir mastoid içine yerleştirilir ve uyarıcı olmayan elektrot alnın üzerine veya kol gibi daha uzak bölgelere yerleştirilir. Bu GVS modu, oblik bir yörünge ile salınım tepkileri oluşturmaktadır. Tek taraflı GVS modu tarafından üretilen eğik salmanın lateral bileşeni anot elektrotu yönündedir veya katot elektrodundan uzaktadır. Bununla birlikte, salınım açısı diğer yöntemler ile benzerdir. Sonuçta modüle eden afferent propriyoseptif yayılımların, hareket hastalığına bağlı düzensiz yürüyüşe, dengesizliğe ve uzaysal düzensizliğe olumlu yönde etkisi olduğu görülmüştür. Çalışmamızda GVS yöntemi olarak anodal uyarım test edilen kulağa uygulanmış, her bir kulak ayrı ayrı test edilerek sağ-sol tonik denge farkı değerlendirilmiştir. Ayrıca bu yöntem ile vestibüler sistemin yanıtı olan nistagmus oluşturularak rehabilitasyon başlangıç seviyesi belirlenmiştir. Gelecek çalışmalarda GVS ile farklı yöntemler uygulanarak, elde edilecek verilerle hangi yöntemin daha efektif olacağı belirlenebilir.

Carmona ve ark. (2011), galvanik vestibüler stimülasyonun vestibüler rehabilitasyon sonuçlarını iyileştirdiğini çalışmaları ile açıklamıştır. GVS, 12 ila 60 yaşları arasında, bilinen bir nörolojik hastalık öyküsü ve vestibüler lezyon öyküsü olmayan 10 kişiye uygun GVS uygulama yöntemini belirlemek için, ise beş erkek ve beş kadına uygulanmış ve tekniğin standartlaştırılması amacıyla ön çalışma uygulanmıştır. GVS stimülasyonunu gerçekleştirmek için renklerle ayrıştırılmış iki elektrotlu (pozitif veya anot için kırmızı ve negatif veya katot için siyah) galvanik akım jeneratörü kullanmışlardır. Vücut salınımını derece olarak ölçmek için ise bir eğimölçer kullanmışlardır. Elektrotları mastoid

üzerine eğimölçeri de kafa bandına yerleştirmişlerdir. Bu çalışmada galvanik akım ile vücut salınımının derecesi ölçülmüştür. Bir dakikalık 2 mA galvanik vestibüler stimülasyondan sonra 10 normal katılımcıda vücut salınımını incelemişlerdir. Teorik bilgiye uygun olarak, vücut ekseninde anot tarafına doğru sapma görülmüştür. Bireylerin çoğu, stimülasyon uygulanmasından birkaç dakika ila bir saat süren kalıcı dengesizlik yaşamışlardır. Bu nedenle, GVS uyarımı sonrasında oluşan postüraletkilerin, vestibüler kompanzasyonu desteklemek amacıyla vestibüler rehabilitasyonda da kullanılabilecek, merkezi sinir sistemi düzeyinde bir uyarım meydana getirdiği sonucuna varılmıştır. Ön çalışma sonrasında ise tek taraflı periferik vestibüler bozukluğu olan geleneksel vestibüler rehabilitasyon uygulanan 40 bireye GVS haftada 1 kez, 5 hafta ve 30 dk boyunca uygulanmış ve vücut salınımları normal bireylerle kıyaslanmıştır. GVS sağlam kulak tarafından mastoid bölgeden anodal yöntem uygulanmıştır yani, hastada sağ vestibüler bozukluk varsa, vücudu sola doğru düzeltmek için vücut salınımı üretmeye yönelik sol taraftan anodal akım kullanılmıştır. Rehabilitasyon sonucunda bireylerin tekrardan GVS sonucu salınım dereceleri ölçülmüştür. Geleneksel vestibüler rehabilitasyona kıyasla, vestibüler rehabilitasyon ve galvanik vestibüler stimülasyonu kombinasyon şeklinde alan 40 çalışma grubunda, 10 bireyden oluşan sağlam grupla kıyaslandığında salınım açılarında anlamlı düzeyde yakınlık görülmüştür. Çalışmamız sonucunda elde ettiğimiz bulgular da GVS yönteminin etkinliğini desteklemiştir. Literatürde yer alan çalışmalara kıyasla çalışmamızda olduğu gibi rehabilitasyon yöntemi olarak GVS tek başına kullanıldığı vestibüler rehabilitasyon yöntemi bulunmamaktadır.

Literatürde vestibüler rehabilitasyon dışında GVS'nin yöntem olarak kullanıldığı birçok çalışma bulunmaktadır. Örneğin Paul F ve ark. (2010) yaptıkları çalışmada insanlarda hafızayı geliştirmek için düşük genlikli, gürültülü GVS'nin kullanılabilceğini öne sürmüştür. Başka bir çalışmada, kalorik vestibüler stimülasyonun (CVS) ve gürültülü GVS'nin, nevralsi gibi çeşitli nörolojik hastalıklarda tedavi amaçlı kullanıldığı, insanlar üzerinde yapılan ilginç çalışmalarda mevcuttur (Wilkinson ve diğerleri, 2005). En eski çalışmalardan birinde, Rorsman ve ark. (1999) GVS'nin felçli hastalarda vizuo-mekansal kaygıyı azaltabileceğini göstermiştir. Galvanik akım birçok alanda

uzun süredir kullanım alanı bulmasına rağmen vestibüler rehabilitasyon için rutinde kullanılan bir prosedür bulunmamaktadır. Çalışmamızın yöntemi vestibüler hipofonksiyon tanı ve rehabilitasyonu için galvanik akımın kullanılabiliceği konusunda literatüre katkı sağlamıştır.

Bugüne kadar insanlarda yapılan çalışmalarda vestibüler bozuklukların neden olduğu bilişsel bozulma ile ilişkilendirilen çalışmalar, vestibüler sistemin bilişsel bozukluklara ve en önemlisi bilateral vestibüler bozukluğun mekânsal bellekte (yönlenim, yön ve mesafe bilgileri) problemlere neden olduğu gösterilmiştir (Brandt et ve ark., 2005). Öte yandan, belirli alt eşik, gürültülü GVS türlerinin belki de stokastik rezonans mekanizmaları yoluyla bazı hafıza türlerini geliştirebileceğini öne süren çalışmalar ortaya çıkmaktadır (Wilkinson ve ark. 2008). Vestibüler hasarın, hipokampal yer hücresi ateşlemesinin bozulması konusunda mekansal bellek eksikliğine yol açtığı mekanizmaların anlaşılması konusunda bazı ilerlemeler kaydedilmiştir (Stackman ve diğerleri, 2002; Russell ve diğerleri, 2003). GVS'nin neden belleği zenginleştirebileceği hakkında çok az şey bilinmektedir. Beynin bellekte yer aldığı alanlarda belirli etkileri olup olmadığı henüz belirleyen bir çalışma bulunmamaktadır. GVS uyarımı ile limbik ve neokortikal bölgelerden gelen yanıtların nöronal kayıt kullanarak hayvan araştırmalarının yapılması literatüre önemli düzeyde katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Bununla birlikte güncel literatür, hafıza, vestibüler lezyonlar ve gürültülü GVS'nin hafıza ve vestibüler sistem ile bir şekilde bağlantılı olduğu görüşü desteklenmektedir (Rizzo-Sierra, 2014). Çalışmamızda vestibüler hipofonksiyonun kalıcı olarak seyrettiği hastalık grubu olan vestibüler nörit hastalarında, kalıcı VOR hipofonksiyonlarında 2 aylık bir süreçte normal değerler aralığında düzelme olduğu görülmüştür.

Galvanik vestibüler stimülasyon (GVS), vestibüler sistemin, sıklıkla mastoid proseslerden vestibüler sisteme deri altından veya üzerinden verilen küçük galvanik akımlar vasıtasıyla uyarılmasını içerir (Goldberg ve diğerleri, 1984; Kim ve Curthoys, 2004). al., Vestibüler sinire ait tek nöron kayıtlarını içeren nörofizyolojik çalışmalar GVS'nin Scarpa'nın ganglion nöronlarının vestibüler sinirdeki deşarjını doğrudan etkilediğini doğrulamıştır (Goldberg ve diğerleri, 1984; Courjon ve diğerleri, 1987; Kim ve Curthoys, 2004; Kim, 2009).). GVS, vestibüler afferentlerin kendiliğinden ateşlenmesini, afferentlerin ateşleme

frekansını arttıracak (anot uyarımı) veya azaltacak (katot uyarımı) şekilde modüle etmektedir (Lowenstein, 1955; Goldberg ve diğerleri, 1984; Courjon ve diğerleri, 1987; Kim ve Curthoys, 2004; Kim, 2009). Genelde katodal GVS'nin vestibüler sinirin distal bölgesini aktive ederek çalıştığına inanılıyor olsa da (Goldberg ve ark., 1984), vestibüler-oküler refleks ortaya çıkardığı görülmüştür. Çünkü tüylü hücreleri hasarlı ve vestibüler siniri sağlam olan vestibulootoksik hastalarda yapılan bir çalışmada, GVS uyarımı ile nistagmus oluşması vestibüler sinirin uyarıldığını düşündürmüştür. (Aw ve ark. 2008). Bu teoriden yola çıkarak çalışmamızda vestibüler afferent sinirlerin fonksiyonları vHIT ile test edilmiştir, ve çalışma grubundaki postrehabilitasyon dönemdeki vHIT sonuçlarında ki iyileşme vestibüler afferent sinirlerdeki tonik düzelmeyi göstermiştir.

Kim ve Curthoys (2004) GVS'nin scarpa ganglionundaki vestibüler afferentleri nasıl aktive ettiği sorusunu ele almak için deneyler yapmıştır. GVS'yi, gine domuzlarına uygulayarak vestibüler sistemin çevrede neyin aktive ettiğini ve nöronların aktivasyonu için eşik değerinin belirlenmesi amacıyla GVS uygulamışlardır. Bu çalışmada, GVS'nin iletilmesi için uyarıcı elektrotlar, vestibüler labirentteki reseptörlere çok yakın olan tensör timpani kasına yerleştirilen şırınga iğneleri kullanılmıştır. Eşik düzeyde vestibüler afferentleri bu elektrotlar ile aktive etmek için gerekli akımlar 5 mA kadar düşük tutulmuştur (Kim ve Curthoys, 2004). Gine domuzu GVS çalışmalarında, bazı deneklerde iğne elektrotları bazılarında ise mastoid bölgeden yüzey elektrotları kullanılmıştır. İğne elektrotları ile yüzey elektrotları kıyaslandığında nöronları aktive etmek için yüzey elektrotları ile çok daha yüksek akımlara ihtiyaç duyulmuştur. Her iki stimülasyon paradigmasında da önemli olarak, galvanik stimülasyonun, tüm vestibüler endorganlardan gelen afferent nöronları eşit oranda aktive ettiği bulunmuştur. Bu sonuçlar Goldberg ve ark. tüm periferik vestibüler afferentlerin eş zamanlı uyarılmasının sonucunu, beklendiği gibi karmaşık bulmuşlardır. Uygulanan GVS insan deneklerin mastoidleri, karmaşık okülomotor, algısal ve postural yanıtlar üretilmiştir. Ancak tam olarak tepkilerin oluşumunu, uyarıcı, elektrotlar, oküler yanıt ve postüral cevapların nasıl ölçüleceği gibi birçok soru işareti vardır. Her bir vestibüler endorgandan gelen katkılar gibi böyle karmaşık bir uyarana verilen karmaşık tepkileri

yorumlamaya çalışmak büyük bir zorluktur; kısmen literatür bilgisine göre, kanal ve otolith stimülasyonunu eşitlemenin bir yolu yoktur. GVS'nin vestibüler incelemelerde yararlı bir rolü olduğu ileri sürülmüştür. GVS'ye bir cevabın varlığı, mevcut vestibüler reseptörlerden farklı liflerin olması gerektiğini göstermektedir (MacDougall ve ark., 2005). Bu, literatür için değerli bir bilgi olabilir. Çalışmamızda GVS uygulanması sonucunda vestibülooküler yanıtlar değerlendirilmiştir. Daha ileri çalışmalar ile vestibülooküler yanıt dışında diğer sistematik yanıtlarında değerlendirilmesi gerekmektedir.

Çalışmamızda GVS ile oluşan nistagmus, VNG gözlüğü kullanılarak kaydedilmiştir. Vakalar primer oturma pozisyonunda, gözler kapalı fiksasyonsuz spontan nistagmus kaydedilmiştir ve spontan nistagmus 0 derece/sn olduğu zaman rehabilitasyona başlanmıştır. Vakalarda GVS, 0-5 mA aralığındada artış konfigürasyon modeli şeklinde 4 derece/sn nistagmus oluşturana kadar GVS ile her iki kulak ayrı ayrı test edilmiş, bulunan mA değeri eşik kabul edilmiştir. Goldberg ve ark. (2013) çalışmasında sol gözün yatay hareketleri, hastalar tarafından giyilen gözlüklere bağlı video-ENG (SMI, SensoMotoric Instrument, Almanya) kullanılarak kaydedilmiştir. Hastalar oturma pozisyonundayken, gözler açıkken 30 saniye boyunca spontan nistagmus kaydedilmiştir. Spontan nistagmusu, 5 derece/saniyeden daha yüksek bir hızda ardışık üç hızlı ve yavaş fazdan oluşan göz hareketi olarak tanımlanmıştır. Normal deneklerde GSN (Galvanik Stimülasyon Nistagmusu), 0.75 mA, 1 mA, 2 mA ve 3 mA'da rampa konfigürasyon modeli kullanılarak verilen 30 saniyelik elektrostimülasyon sırasında kaydedilmiştir. Stimülasyon durdurulduktan ve ENG ile analiz edildikten sonra PGSN'nin boyutu ve yönü 30 saniye boyunca kaydedilmiştir. Olumlu cevap için kriter, art arda 1.5 derece/saniyeden daha yüksek bir hızda meydana gelen üçten fazla hızlı ve yavaş fazlı oluşan nistagmuslardır. Goldberg ve ark.'nın çalışmalarındaki deney grubu, vestibüler sinirin distal kısmının çıkarıldığı ve vestibüler sinirin sadece proksimal kısmının korunduğu vestibüler nörektomi geçirmiş olan hastaları içermiştir. Bulgularına göre, negatif elektrot lezyon tarafına konulmuş, vestibüler kaybı olan hastalarda GSN 'nin gözlenmediği ve negatif elektrot sağlam tarafa takıldığında da PGSN'nin gözlenmediği görülmüştür. Bu sonuca dayanarak, galvanik akım sonrasında vestibüler sinirin distal kısmının çıkarıldığı hasta

grubunda galvanik stimölasyon sonrası göz hareketinin oluşmamasılabirentin vestibüler sinirin en azından distal kısmının, GVS'nin uyarılma birincil bölgesi olduğu kanaatine varmışlardır. GVS'nin, yaygın olarak kullanılan diğer vestibüler fonksiyon testlerinden farklı olarak, tüm vestibüler fonksiyonun kapsamlı bir değerlendirmesini sağladığı ileri sürülmüştür. Çalışmamızda rehabilitasyona başlangıç için spontan nistagmusun 0 derece/sn olması beklenmiştir. Bunun nedeni GVS ile oluşan oküler yanıtların net olarak görülmesini sağlamaktır. Uygun uyarım derecesini mA olarak belirlemede GVS ile oluşan nistagmusun en az 4 derece olacak şekilde eşik aranmıştır. Oluşan nistagmus GVS'nin vestibüler afferent sinir uyarımı yaptığı düşüncesine varılmıştır.

Vücut denge kontrolüne, duysal sistemler (vestibüler, görsel ve somatosensoriyel), merkezi sinir sistemi ve efektör sistem (kas-iskelet sistemi) arasındaki entegrasyon aracılık etmektedir. Vestibüler duysal sistemde yaşlanma ile birlikte özellikle semisirküler kanallarda olmak üzere saçlı hücre kaybı, vestibüler nöron sayılarında azalma, mikrovasküler değişiklikler ve VOR kazancında azalma ortaya çıkar. Aynı şekilde proprioseptif sistemde vibrasyon ve taktil duylarda, eklem pozisyon hissi ve boyun proprioseptif bilgide azalma görülür. Görsel sistemde ise yaşlanma ile görme keskinliğinde azalma, derinlik algısında bozulma, akomodasyonda, kontrast hassasiyetinde ve karanlık adaptasyonunda azalma görülür. Kas gücünde azalma ve kasılma hızında yavaşlama vardır. Benzer değişiklikler ekstraoküler kaslarda da görülür ve sakkadik göz hareketlerinin latansı artar ve özellikle hızlı hareketli hedeflerde smooth pursuit kazanç azalır. Ayrıca yaşlanma ile optokinetik refleks kazancında da azalma görülür. Beyin sapı, serebellum, kortikal merkezi sinir sistemi yapılarındaki yaşla ilişkili dejeneratif değişiklikler, farklı duysal girdilerin entegrasyonunu etkileyerek oryantasyon ve hareket algısını bozabilir (Judge JO, 2003-. Harris MS ve diğerleri,2018). Galvanik akım özellikle yaşlılarda vestibüler sistemin geliştirilmesinde de kullanılmasının faydalı olacağı düşünülmüştür.

Krebs ve ark. (1993) bilateral vestibüler kaybı olan 16 hastayı kontrol ve çalışma grubu olarak 2 gruba ayırmışlardır. Çalışma grubundaki hastalara vestibüler rehabilitasyon egzersizleri 8 haftalık ev egzersiz programı şeklinde

uygulanmıştır. Kontrol grubuna sadece izometrik egzersizler verilmiştir. Yapılan istatistiksel ölçümlerin sonucunda egzersiz grubunun yürüme hızı, yürüme dengesi ve merdiven çıkma dengesinde belirgin artış saptamışlardır. Benecke H., çalışmasında sanal gerçeklik sistemi ile klasik vestibüler rehabilitasyon yöntemlerini kullanarak vestibüler rehabilitasyon planlamıştır. Vestibüler rehabilitasyon egzersizleri ile baş hareketleri sırasında vestibülo-öküler kazancı arttırmak ve zıt duyuşsal bilgi üreten durumlarda statik ve dinamik postüral stabiliteyi arttırmak amaçlanmıştır. Vestibüler rehabilitasyon statik ve dinamik denge, yürüyüş, kendine güven, yaşam kalitesi ve baş dönmesi, anksiyete ve depresyon belirtilerini azaltmada olumlu bir etkiye sahip olduğu görülmüştür (Benecke H,2013-Gazzola JM ve diğerleri 2005). Literatürde yer alan vestibüler rehabilitasyon yöntemleri, vestibüler sistemdeki hasarı düzeltmeye yönelik değil, diğer denge sistemleri güçlendirmeyi amaçlamaktadır. Çalışmamızda kullandığımız rehabilitasyon yönteminde vestibüler sistemdeki hipofonksiyonu düzeltmek planlanmıştır ve planlandığı gibi vestibüler hipofonksiyonun düzeldiği postrehabilitasyon vHIT sonuçlarında istatistiksel olarak anlamlı olduğubulunmuştur.

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. Vestibüler nörit tanısı için vHIT yeterli olduğunu bildirmiştir. . Çalışmamızda hastalar vestibüler nörit tanılarında 2 ay sonra vHIT ile değerlendirilmiştir. vHIT kalorik teste göre uygulaması, güvenilirliği ve hasta konforu kalorik teste göre daha yüksek olan bir test olduğu için tercih edilmiştir. vHIT'de 6 SSK ayrı ayrı değerlendirilebilmektedir. Kalorik testte sadece lateral SSK fonksiyonu değerlendirilebilmektedir. Çalışmamızda inferior vestibüler nörit tanısı vHIT ile çok rahatlıkla konulmuştur. Lateral SSK vHIT'de en kolay ve artefaktsız olarak ölçülen kanaldır. Bu nedenle postrehabilitasyon değerlendirilmelerinde hastaların lateral kazanç değerleri kullanılmıştır.

Igarashi ve Peppard (1978), vestibüler bozukluğu olan hastaların bilinçsiz olarak geliştirdiği hareketten kaçınma stratejileri, uzun süreli vestibüler sistemi

baskılayıcı ilaç kullanımı ve bilemediğimiz başka mekanizmalar sonucunda bir kısım hastada bu adaptasyon oluşmadığını belirtmişlerdir. Ayrıca bilateral periferik vestibüler patolojilerde, santral vestibüler kayıplarda ve sık tekrarlayan periferik patolojilerde de adaptasyon mekanizması, hastanın klinik bulgularını normale döndürmekte başarılı olunamadığı fikrini savunmuşlardır (Katsarkas, 1999). Tek taraflı stabil vestibüler kayıplardan sonra adaptasyonun gelişmemesinin en önemli sebeplerinden biri, hareketten kaçınarak hastanın adaptasyona izin vermemesidir demişlerdir (Szturm ve ark., 1994). Çalışmamızda GVS rehabilitasyonunun en büyük avantajlarından birisi hastanın rehabilitasyon yöntemine müdahale edememesidir. Yani uygun rehabilitasyon şiddetini ve yöntemini belirlemede fizyolojik yanıtlar kullanılmıştır. Çalışmamızın bir diğer avantajı, hastaların geleneksel ev egzersizlerindeki gibi hareketten kaçınma gibi bir olasılığının olmamasıdır.

Çalışmamızda elde edilen bulgulara göre GVS'nin vestibüler rehabilitasyon yöntemi olarak kullanılabiliceğine ve mA farkının vestibüler hipofonksiyon tanısında değerli olduğu görülmüştür.

6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

- Literatür araştırmalarımıza göre geleneksel vestibüler rehabilitasyon yöntemleri ile GVS kombine olarak kullanılmıştır. Çalışmamız da ise vestibüler rehabilitasyon yöntemi olarak GVS tek başına kullanılmıştır. Bu bağlamda yapılan ilk çalışmadır.
- Çalışmamız da elde ettiğimiz bulgular vestibüler nörit tanısı almış bireylere GVS'nin tek başına vestibüler rehabilitasyon olarak uygulanabileceğini göstermiştir. Ayrıca vestibüler hipofonksiyon tanısına gidilirken GVS'nin kullanılacağı görölmüştür.
- Rehabilitasyon sonrasında hastalardaki kalıcı olan hipofonksiyonun düzeltilebildiği, vHIT'de prerenabilitasyon ve postrehabilitasyon kazanç artışlarında vestibüler hipofonksiyonun GVS ile düzeltilebileceği görölmüştür.
- Vestibüler nörit sonrasında hastalarda en sık görölen şikayet, dizziness hissidir. Bunun nedeni iki kulak arasındaki VOR kazancı olarak ölçtüğümüz, kulaklar arası kazanç farkıdır. Bu kazanç farkının normale döndürölmesi için kullanılan rehabilitasyon yöntemi bulunmamaktadır. Sonuç vrya öneri değil senin kendi sonucun yazılmalı
- GVS ile rehabilitasyonda hastalarda karıncalanma ve yanma hissi dışında yakınma olmamıştır. Bu yüzden uygulaması kolay bir yöntemdir. GVS yönteminin uygulanacak akım şiddetini ve süresini standardize edecek çalışmaları gerekmektedir. Gelecekte GVS ile yapılacak çalışmalarda uygulanan yöntem standardize edilmeli, yan etkileri daha fazla ortaya konulmalı , GVS rehabilitasyonu, geleneksel rehabilitasyon yöntemleri ile karşılaştırılmalı ve bu stratejilerin ekonomik maliyetleri, faydaları ve yan etkileri daha fazla çalışılmalıdır.

KAYNAKLAR

- Akyıldız N.** Kulak hastalıkları ve mikrocerrahisi I. 1. Baskı. Ankara: Bilimsel Tıp Yayınevi;1998. 62-75.
- 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.
- Arnold, S. A., Stewart, A. M., Moor, H. M., Karl, R. C., & Reneker, J. C.** (2017). The effectiveness of vestibular rehabilitation interventions in treating unilateral peripheral vestibular disorders: a systematic review. *Physiotherapy Research International*, 22(3), e1635.
- Aw ST, Aw GE, Todd MJ, Halmagyi GM.**Enhanced vestibulo-ocular reflex to electrical vestibular stimulation. basım yeri bilinmiyor : *J Assoc Res Otolaryngol*, 2013;14:49-59.
- Brain Research.**,252(1), 156–160.
- Britton, T. C., Day, B. L., Brown, P., Rothwell, J. C., Thompson, P. D., & Marsden, C. D.** (1993). Postural electromyographic responses in the arm and leg following galvanic vestibular stimulation in man. *Experimental Brain Research*, 94(1), 143– 151.
- Brodal, A.** (1981). *Neurological Anatomy in Relation to Clinical Medicine*. (3 ed.). Oxford Press: New York.
- Bucci, M. P., Ajrezo, L., & Wiener-Vacher, S.** (2015). Oculomotor tasks affect differently postural control in healthy children. *International Journal of Developmental Neuroscience*, 46, 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.ijdevneu.2015.05.008>
- Casale J., Agarwal A.** *Anatomy, Head and Neck, Ear Endolymph*. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2018.
- Carmona, S., Ferrero, A., Pianetti, G., Escolá, N., Arteaga, M. V., & Frankel, L.** (2011). Galvanic vestibular stimulation improves the results of vestibular rehabilitation. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1233(1), E1-E7.
- 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.
- Cunha, L. C. M., Labanca, L., Tavares, M. C., & Gonçalves, D. U.** (2014). Vestibular evoked myogenic potential (VEMP) with galvanic stimulation in normal subjects ☆ ☆ Please cite this article as: Cunha LC, Labanca L, Tavares MC, Gonçalves DU. Vestibular evoked myogenic potential (VEMP) with galvanic stimulation in normal subjects. *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology*, 80(1), 48–53. <https://doi.org/10.5935/1808-8694.20140011>
- Curthoys, I. S., & MacDougall, H. G.** (2012). What galvanic vestibular stimulation actually activates. *Frontiers in neurology*, 3, 117.
- Deriu, F., Tolu, E., & Rothwell, J. C.** (2003). A short latency vestibulomasseteric reflex evoked by electrical stimulation over the

- mastoid in healthy humans. *Journal of Physiology*, 553(1), 267–279.
<https://doi.org/10.1113/jphysiol.2003.047274>
- Desai, S. S., & Dua, A.** (2014). History of Research in the Vestibular System: A 400-Year-Old Story. *Anat Physiol*, 4(2), 138-43.
- 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.
- Fernandez L, Breinbauer HA, Delano PH.** Vertigo and dizziness in the elderly. *Front Neurol* 2015; 6: 144.
- Fernandez, C., & Goldberg, J. M.** (1976). Physiology of peripheral neurons innervating otolith organs of the squirrel monkey. I. Response to static tilts and to long-duration centrifugal force. *Journal of Neurophysiology*, 39(5), 970–984.
- Fitzpatrick RC, Day BL.** Probing the human vestibular system with galvanic stimulation. *J Appl Physiol* 2004; 96:2301–2316.
- Gazzola JM, Ganança FF, Perracini MR, Aratani MC, Dorigueto RS, Gomes CMC,** O envelhecimento e o sistema vestibular. *Fisioter Mov* 2005;18(5):39- 48.
- Goldberg, J. M., Fernandez, C., & Smith, C. E.** (1982). Responses of vestibular-nerve afferents in the squirrel monkey to externally applied galvanic currents.
- Goldberg, J. M., & Fernandez, C.** (1971). Physiology of peripheral neurons innervating semicircular canals of the squirrel monkey. I. Resting discharge and response to constant angular accelerations. *Journal of Neurophysiology*, 34(4), 635–660.
- Goudakos JK, Markou KD, Franco-Vidal V, et al.** Corticosteroids in the treatment of vestibular neuritis: a systematic review and meta-analysis. *Otol Neurotol* 2010; 31:183–189.
- 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
- Hain, T., Timothy, C., & Helminski, J.O.** (2007). Anatomy and Physiology of the Normal Vestibular System. In *Vestibular Rehabilitation* 3rd ed, (pp. 2–18). F. A. Davis Company.
- Hain, T.C., Ramaswamy, T.S. & Hillman, M.A.** (2000). Anatomy and Physiology of the Normal Vestibular System. In Herdman, J.S. (eds): *Vestibular Rehabilitation*. CPR. p. 3-23.
- Hansson EE,** Vestibular rehabilitation: for whom and how? A systematic review. *Adv Physiother* 2007;9:106-16.
- Harris MS, Barin K, Dodson EE.** Dizziness in the Elderly. Chapter 17. Eds. Kesser BW, Gleason AT. *Dizziness and Vertigo Across the Lifespan*. Elsevier Health Sciences, 2018.
- Holstein, G. R.** (2012). The Vestibular System. İçinde J. K. Mai & G. Paxinos (Ed.), *The Human Nervous System* (ss. 1239–1269). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374236-0.10035-5>
- Igarashi M., Ishikawa M., Yamane H.** (1978). Physical Exercise and Balance Compensation After total Ablation of Vestibular Organs. *Prog Brain Res*:76-395

- 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. *Otology&Neurotology*, 2018, 39(4):e263-e268.
- Judge JO:** Balance training to maintain mobility and prevent disability, *Am J Prev Med* 2003;25:150Y6.
- 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.
- Katsarkas A.**(1999). Benign Paroxysmal Vertigo (BPPV), Idiopathic Versus Posttraumatic. *Acta Otolaryngol*;119:745-49
- Karan, A., Alptekin, H. K., Çapan, N., Dıraçoğlu, D., Saral, İ., Aydın, S., & Aksoy, C.** (2017). The efficacy of vestibular electrical stimulation on patients with unilateral vestibular pathologies. *Turkish Journal of Physical Medicine & Rehabilitation (2587-0823)*, 63(2).
- Karlberg ML, Magnusson M.** Treatment of acute vestibular neuronitis with glucocorticoids. *Otol Neurotol* 2011; 32:1140–1143.
- Khan, S.,& Chang, R.** (2013). Anatomy of the vestibular system. A review. *NeuroRehabilitation*, 32(3), 437–443. <https://doi.org/10.3233/NRE-130866>.
- 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.
- Krebs DE, Gill-Body KM, Riley PO, et al.** Doubleblind, placebo-controlled trial of rehabilitation for bilateral vestibular hypofunction.: preliminary report. *Otolaryngol Head Neck Surg* 1993; 109: 735-41.
- Kushiro K, Zakir M.**(1999), Saccular and utricular inputs to sternocleidomastoid motoneurons of decerebrate cats. *Exp Brain Res*; 126: 410-6.
- Krstulovic Roa, C.** (2018). Usefulness of galvanically induced nystagmus as a diagnostic test of peripheral vestibular hypofunction. *Journal of Vestibular Research*, (Preprint), 1-8.
- Lenggenhager, B., Lopez, C., & Blanke, O.** (2008). Influence of galvanic vestibular stimulation on egocentric and object-based mental transformations. *Experimental Brain Research*, 184(2), 211-221.
- 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.
- Lee, H., Kim, B.K., Park, H.J., Koo, J.W., & Kim, J.S.** (2009). Prodromal dizziness in vestibular neuritis: frequency and clinical implication. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 80, 355–6.
- Lopez, C., Blanke O., & Mast, F.W.** (2012). The human vestibular cortex revealed by coordinate-based activation likelihood estimation meta-analysis. *Neuroscience*, 14(212), 159–79
- Lo AX, Harada CN.** Geriatric Dizziness Evolving Diagnostic and Therapeutic Approaches for the Emergency Department *Clin Geriatr Med* 2013; 29 :181– 204.

- 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.
- Mantokoudis, G., Tehrani, A. S. S., Wozniak, A., Eibenberger, K., Kattah, J. C., Guede, C. I., Newman-Toker, D. E.** (2015). VOR gain by head impulse video-oculography differentiates acute vestibular neuritis from stroke. *Otology & neurotology*, 36(3), 457-465.
- McGarvie, L. A., MacDougall, H. G., Halmagyi, G. M., Burgess, A. M., Weber, K. P., & Curthoys, I. S.** (2015). The video head impulse test (vHIT) of semicircular canal function—age-dependent normative values of VOR gain in healthy subjects. *Frontiers in neurology*, 6, 154.
- Mescher, A.L.** (2010). The Eye and Ear: Special Sense Organs. In A.L. Mescher (Ed), *Junqueira's Basic Histology: Text ve Atlas*, 12e, Chapter 23. Retrieved August 23, 2012 from <http://www.accessmedicine.com.libproxy2.umdnj.edu/content.aspx?aID=6183263>.
- Michael, J.,& Ruckenstein, S.D.** (2015). Vestibular Physiology. In *Rapid Interpretation of Balance Function Tests* (pp. 1–15).
- Oghalai, J.S.,& Brownell, W.E.** (2012). Anatomy ve Physiology of the Ear. *CURRENT Diagnosis ve Treatment in Otolaryngology—Head ve Neck Surgery*, 3e.,Chapter 44.
- Paul F. Smith*, Lisa H. Geddes, Jean-Ha Baek, Cynthia L. Darlington and Yiwon Zheng,**(2010) *Modulation of memory by vestibular lesions and galvanic vestibular stimulation*. s.l. : 17 November.
- Pavlou, M.,& Newham, D.** (2013). The Principles of Balance Treatment and Rehabilitation. In *Oxford Textbook of Vertigo and Imbalance* (pp. 2–18). <https://doi.org/10.1093/med/9780199608997.001.0001>
- Pompeiano O., Allum J.H.J.**(1988)(Eds.). *Vestibulospinal control of posture and locomotion*. Amsterdam, the Netherlands, Elsevier.
- 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.
- Rahko T., Karma P.**(1986) New Clinical Finding In Vestibular Neuritis: Highfrequency Audiometry Hearing Loss In The Affected Ear. *Laryngoscope*.;96(2):198-199.
- Richard C.** Fitzpatrick Daniel L. Wardman Janet L. Taylor, 08 September 2004.*Effects of galvanic vestibular stimulation during human walking*. s.l. :
- Rizzo-Sierra, C. V., Gonzalez-Castaño, A., & Leon-Sarmiento, F. E.** (2014). Galvanic vestibular stimulation: a novel modulatory countermeasure for vestibular-associated movement disorders. *Arquivos de neuro-psiquiatria*, 72(1), 72-77.
- Ropper, A.H.,& Samuels, M.A.** (2009). Deafness, Dizziness, and Disorders of Equilibrium. In M. A. S. (Eds) In A.H. Ropper (Ed.). *Adams and Victor's Principles of Neurology*, 9e.
- Ryu J.H.** Vestibular Neuritis: An Overview Using a Classical Case. *Acta Otolaryngol (Stockh)*. 1993;503:25-30.

- Salt, A. N.** (1986). The cochlear fluids: perilymph and endolymph. İçinde R. A. Altschuler, R. P. Bobbin, & D. W. Hoffman (Ed.), *Neurobiology of Hearing: the Cochlea* (ss. 109–122). Raven press. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/syn.890010613>
- Salles N, Kressig RW, Michel JP.** Management of chronic dizziness in elderly people. *Z Gerontol Geriat* 2003; 36: 10–5. 3.
- Scarpa, A.** (1789). *Anatomicae Disquisitiones de Auditu et Olfactu.*
- Shepard NT., Solomon D.** Functional Operation of the Balance System in Daily Activities. *Otolaryngologic Clinics of North America*, 33(3):455-468, 2012.
- Strupp M, Brandt T.** Peripheral vestibular disorders. *Curr Opin Neurol.* 2013 Feb;26(1):81-9
- Strupp M, Zingler VC, Arbusow V, et al.** Methylprednisolone, valacyclovir, or the combination for vestibular neuritis. *N Engl J Med* 2004; 351:354–361
- Szturm T., Ireland DJ., Lessing-Turner M.** (1994). Comparison of Different Exercise Programs in the Rehabilitation of Patients with Chronic **Peripheral Vestibular Dysfunction. J Vestib Res; 4(6):461-79**
- Tascioglu, A. B.** (2005). Brief Review of Vestibular Anatomy and Its Higher Order Projections. *Neuroanatomy*
- Wackym P.A.** *Neurotology.* Youmans & Winn Neurological Surgery (Winn H.R, ed.). Sevent edition. Philadelphia, Elsevier, 2017.
- Welgampola M.S. Colebatch J.G.** Characteristics of tone burst evoked myogenic potentials in the sternocleidomastoid muscles. *Otology Neurotology*, 2001;22:796
- Wersall, J.** (1954). The minute structure of the crista ampullaris in the guinea pigs as revealed by the electron microscope. *Acta Oto-Laryngologica*, 44(4), 359–369. <https://doi.org/https://doi.org/10.3109/00016485409128719>
- Wiest G.** The origins of vestibular science. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1343 (2015) 1-9.
- Wilkinson, D., Ko, P., Kilduff, P., McGlinchey, R., & Milberg, W.** (2005). Improvement of a face perception deficit via subsensory galvanic vestibular stimulation. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 11(7), 925-929.
- Zaleski-King, A. C., Lai, W., & Sweeney, A. D.** (2019). Anatomy and Physiology of the Vestibular System. İçinde S. Babu, C. A. Schutt, & D. I. Bojrab (Ed.), *Diagnosis and Treatment of Vestibular Disorders* (ss. 3–16). Springer. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-319-97858-1>

EKLER

Ek a: Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formu

Ek a: Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formu

Form 1:

BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU

Bu katıldığınız çalışma bilimsel bir araştırma olup, araştırmanın adı "**Galvanik akım ile vestibüler hipofonksiyon tanısı ve rehabilitasyonu**"dur.

Galvanik akım ile fizik tedavide kas ve sinirleri uyararak rehabilitasyon yapılmaktadır. Bu araştırmanın amacı, Galvanik akım ile, videonistagmografi eşliğinde sağ-sol vestibüler sinirlerin fonksiyonunu ölçerek denge tonik şarjlarını kıyaslamak ve var olan vestibüler zayıflığı, aynı ölçüm üzerinden yine galvanik akımla tedavi edebilecek tanı ve tedavi amaçlı klinik bir yeni yöntem oluşturmak.

"Bu araştırmada denge sisteminiz muayane edilecektir. Denge sisteminizi test edecek fonksiyonel testler ise videonistagmografi ve vHIT dediğimiz aletler ile yapılacaktır. Bu aletler bir bilgisayar ve gözlük içermektedir. Gözlük gözünüze yerleştirildikten sonra gözlerinizin takip hareketleri bilgisayardan izlenecektir. Daha sonra baş hareketleri ve vücut pozisyonel hareketleri ile oluşan göz hareketleriniz incelenecektir. Bu testler denge sistemimiz için rutin yapılan testlerdir.

Bu araştırma için, sağ ve sol kulağınızın arkasına 5-10 sn yapıştırılan ıslak petlerle galvanik akım verilir ve göz hareketleriniz 30-90 sn izlenir . Bu test 5 dakika sürecektir. Bu sürede teninizde ufak bir karıncalanma hissedebilirsiniz, önemli değildir, akım verildikten sonra bu his hemen geçecektir.

Eğer denge sisteminizde bir patoloji tanısı konursa dengenizin zayıf olduğu tarafa yine aynı akım karıncalanma hissettirmeyecek şiddette 1-5 dak.verilir 10 dakika aralıklarla 5 kez bu terapi yapılır. Günlük terapi süreniz 75 dakikadır. Rehabilitasyon süreniz 2 ay süresince haftada 3 kez olacaktır.

Bu araştırmada yer almanız öngörülen süre 40-60 dak. olup, araştırmada yer alacak gönüllülerin sayısı 20 'dir.

Bu araştırma ile ilgili olarak test öncesinde rahat kıyafetler giymek ve makyajsız olmanız istenir. Mide bulantısı olasılığı nedeniyle test öncesi hafif ve az miktar yemek tercih edilmelidir.

Bu araştırmada sizin için karıncalanma ve mide bulantısı gibi riskler ve rahatsızlıklar söz konusu olabilir; ancak sizin için beklenen yararlar denge sisteminizin muayanesi yapılması ve kontrol edilmesidir. Patoloji var ise var olan bu bulgunun iyileşmesi söz konusu olabilir. Zaten bu çalışmanın amacında denge sisteminizdeki patolojiyi belirleyip galvanik akım ile tedavi etmeyi hedeflemiştir.

Bu araştırmanın olası yararları tedavi olmanız, dengesizlik şikayetlerinizin azalması ve en önemlisi düşme riskinizin azalmış olmasıdır. Riskleri ise mide bulantısı veya karıncalanma hisleri olabilir.

Araştırmaya bağlı bir zarar söz konusu olduğunda, bu durumun tedavisi sorumlu araştırıcı tarafından yapılacak, ortaya çıkan masraflar araştırmacılar tarafından karşılanacaktır. Araştırma sırasında sizi ilgilendirebilecek herhangi bir gelişme olduğunda, bu durum size veya yasal temsilcinize derhal bildirilecektir. Araştırma hakkında ek bilgiler almak için ya da çalışma ile ilgili herhangi bir sorun, istenmeyen etki ya da diğer rahatsızlıklarınız için **0(542) 688 0229 no.lu telefondan Ody. Hüsnu KAYIKCI**'ya başvurabilirsiniz.

Bu araştırmada yer almanız nedeniyle size hiçbir ödeme yapılmayacaktır; ayrıca, bu araştırma kapsamındaki bütün muayene, tetkik, testler ve tıbbi bakım hizmetleri için sizden veya bağlı bulunduğunuz sosyal güvenlik kuruluşundan hiçbir ücret istenmeyecektir.

Bu araştırmada yer almak tamamen sizin isteğinize bağlıdır. Araştırmada yer almayı reddedebilirsiniz ya da herhangi bir aşamada araştırmadan ayrılabilirsiniz; bu durum herhangi bir cezaya ya da sizin yararlarınıza engel duruma yol açmayacaktır. Araştırıcı bilginiz dâhilinde veya isteğiniz dışında, uygulanan gerekleri yerine getirmemeniz, çalışma programını aksatmanız nedeni ile sizi araştırmadan çıkarabilir. Araştırmanın sonuçları bilimsel amaçla kullanılacaktır; çalışmadan çekilmeniz ya da araştırıcı tarafından çıkarılmanız durumunda, sizle ilgili tıbbi veriler de gerekirse bilimsel amaçla kullanılabilir.

Size ait tüm tıbbi ve kimlik bilgileriniz gizli tutulacaktır ve araştırma yayınlansa bile kimlik bilgileriniz verilmeyecektir, ancak araştırmanın izleyicileri, yoklama yapanlar, etik kurullar ve resmi makamlar gerektiğinde tıbbi bilgilerinize ulaşabilir. Siz de istediğinizde kendinize ait tıbbi bilgilere ulaşabilirsiniz (tedavinin gizli olması durumunda, gönüllüye kendine ait tıbbi bilgilere ancak verilerin analizinden sonra ulaşabileceği bildirilmelidir).

Çalışmaya Katılma Onayı:

Yukarıda yer alan ve araştırmaya başlanmadan önce gönüllüye verilmesi gereken bilgileri okudum ve sözlü olarak dinledim. Aklıma gelen tüm soruları araştırmacıya sordum, yazılı ve sözlü olarak bana yapılan tüm açıklamaları ayrıntılarıyla anlamış bulunmaktayım. Çalışmaya katılmayı isteyip istemediğime karar vermem için bana yeterli zaman tanındı. Bu koşullar altında, bana ait tıbbi bilgilerin gözden geçirilmesi, transfer edilmesi ve işlenmesi konusunda araştırma yürütücüsüne yetki veriyorum ve söz konusu araştırmaya ilişkin bana yapılan katılım davetini hiçbir zorlama ve baskı olmaksızın büyük bir gönüllülük içerisinde kabul ediyorum.

Bu formun imzalı bir kopyası bana verilecektir.

Gönüllünün,

Adı-Soyadı:

Adresi:

Tel.-Faks:

Tarih ve İmza:

Velayet veya vesayet altında bulunanlar için veli veya vasinin,

Adı-Soyadı:

Adresi:

Tel.-Faks:

Tarih ve İmza:

Açıklamaları yapan araştırmacının,

Adı-Soyadı:Hüsnü KAYIKCI

Görevi:Ody.

Adresi: Y.Y.Ü. Gaziosmanpaşa Hastanesi Odyoloji Bölümü

Tel.-Faks: 0542 688 0229

Tarih ve İmza:

Olur alma işlemine başından sonuna kadar tanıklık eden kuruluş görevlisinin/görüşme tanığının,

Adı-Soyadı:

Görevi:

Adresi:

Tel.-Faks:

Tarih ve İmza:

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

AD-SOYAD: Hüsnü KAYIKCI

Doğum Tarihi: 18.12.1994

Adres: Beşyol, İnönü Cd. No:38, Küçükçekmece/İstanbul

Telefon: 0542 688 0229

Eğitim Bilgileri

İSTANBUL AYDIN
ÜNİVERSİTESİ

SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ (2017-
HALEN)

ODYOLOJİ YÜKSEK
LİSANS

İSTANBUL AYDIN
ÜNİVERSİTESİ

SAĞLIK BİLİMLERİ FAKÜLTESİ (2013-2017) ODYOLOJİ LİSANS

2009-2013

OTAKÇILAR LİSESİ

Staj Bilgileri

Staj 20.09.2015 07.01.2016

ÖZEL MEDICAL PARK BAHÇELİEVLER
HASTANESİ

Staj 01.02.2016 08.06.2016

İSTANBUL MEDENİYET ÜNİVERSİTESİ
GÖZTEPE EĞİTİM VE ARAŞTIRMA HASTANESİ

Staj 20.06.2016 16.05.2017

YENİYÜZYIL ÜNİVERSİTESİ ÖZEL
GAZİOSMANPAŞA HASTANESİ

İş Bilgileri

02.10.17-Halen

YENİYÜZYIL ÜNİVERSİTESİ ÖZEL GAZİOSMANPAŞA
HASTANESİ

Seminer ve Kurs Bilgileri

Kurs	3. İşitme Cihazları Sempozyumu	İstanbul Askeri Müze	30.11.2019	01.12.2019
Kurs	Tinnitus Activities Treatment	İstanbul Askeri Müze	30.11.2019	01.12.2019
Seminer	41. Türk Ulusal KBB ve BBC Kongresi	Antalya	13.11.2019	17.11.2019

Seminer	9. Uluslararası İşitme Cihazları ve İmplantlar Sempozyumu	Edirne	14.10.2019	16.10.2019
Seminer	Vertigo Forum	İstanbul Aydın Üniversitesi	16.04.2019	17.04.2019
Seminer	7. Vertigo	Anadolu Sağlık Merkezi	18.03.2017	18.03.2017
Seminer	2. Uluslararası Katılımlı Öğrenci Kongresi	Hacettepe Üniversitesi	14.05.2016	15.05.2016
Seminer	1. İstanbul Disiplinlerarası Sağlık Bilimleri Öğrenci Araştırmaları Kongres	İstanbul Aydın Üniversitesi	12.05.2016	13.05.2016
Seminer	KOKLEAR İMPLANT	İstanbul Aydın Üniversitesi	18.05.2015	18.05.2015
Seminer	ODYOLOJİ'YE DAİR	Bezmialem Üniversitesi	09.01.2016	09.01.2016
Seminer	ULUSAL ODYOLOJİ KONGRESİ	Cerrahpaşa Tıp Fakültesi	05.05.2016	07.05.2016
Kurs	İŞARET DİLİ	MİLLİ EĞİTİM BAKANLIĞI	27.10.2014	17.02.2015
Kurs	VIDEO HEAD IMPULSE TESTING and VESTIBULAR EVOKED MYGENIC POTENTIALS	OTOMETRICS	04.12.2014	04.12.2014