



T.C. SAĞLIK BİLİMLERİ ÜNİVERSİTESİ
BAKIRKÖY DR SADİ KONUK SAĞLIK UYGULAMA VE
ARAŞTIRMA MERKEZİ
KULAK BURUN BOĞAZ HASTALIKLARI KLİNİĞİ

BENİGN PAROKSİSMAL POZİSYONEL VERTİGO SAPTANAN
HASTALARDA VİDEO HEAD İMPULSE TEST SONUÇLARI İLE
VESTİBÜLER SİNİR ANATOMİK ÖLÇÜMLERİ ARASINDAKİ İLİŞKİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ

Dr. BURAK OLGUN

TIPTA UZMANLIK TEZİ

İSTANBUL / 2018



T.C. SAĞLIK BİLİMLERİ ÜNİVERSİTESİ

BAKIRKÖY DR SADİ KONUK SAĞLIK UYGULAMA VE

ARAŞTIRMA MERKEZİ

KULAK BURUN BOĞAZ HASTALIKLARI KLİNİĞİ

**BENİGN PAROKSİSMAL POZİSYONEL VERTİGO SAPTANAN
HASTALARDA VİDEO HEAD İMPULSE TEST SONUÇLARI İLE
VESTİBÜLER SİNİR ANATOMİK ÖLÇÜMLERİ ARASINDAKİ İLİŞKİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Dr. BURAK OLGUN

TIPTA UZMANLIK TEZİ

TEZ DANIŞMANI:

Op.Dr.Selçuk GÜNEŞ

İSTANBUL / 2018

TEŞEKKÜR

Zorlu, yorucu, heyecanlı, azim ve sabır gerektiren asistanlık eğitimimin sonuna gelmiş bulunmaktayım. Bu eğitim süresince mesleki katkının yanısıra insan ilişkileri, dostluk ve hayata yön verme konularında bana sayısız katkılarda bulunan paha biçilemez hocalara, abilere, ablalara ve kardeşlere sahip olmanın onurunu taşımaktayım.

Doktorluk mesleğinin bir sanat olduğuna inanmamı sağlayan, bakış açısıyla her daim ufkumu genişleten, bana asistanlık eğitimim boyunca hocalık, abilik, babalık ve dostluk duygularını yaşatan, ömür boyu gönül bağımlı olacak sayın hocam Doç.Dr. İbrahim Sayın'a,

Kliniğe ilk başladığım gün hasta yatış dosyalarını 'namusun' olarak tanıtan, her daim desteğini arkamda hissettığım ve hissedeceğim, bilgi ve tecrübesiyle yoluma ışık tuttuğuna inandığım sayın hocam Doç.Dr. Kamil Hakan Kaya'ya,

Cerrahi asistanlığı, disiplin gibi konularda üzerimde emekleri olan, meslek hayatımda izi olacak olan sayın hocam Doç.Dr.Zahide Mine Yazıcı'ya,

Dokuya saygı, diseksiyon, hasta takibi ve belki bunlardanda önemlisi doğru doktor olmak gibi sayısız konuda idolüm olan, ömrüm boyunca emeklerine şükran duyacağım, bana cerrah olmayı sevdiren abim Op.Dr. Selçuk Güneş'e,

Güler yüzüyle, sempatikliğiyle çalıştığımız her an beni eğitirken güldüren insan, bana kattıklarını tüm meslek hayatımda kullanacağım ablam Op.Dr. Ayşe Öznur Akidil'e,

Hayatımda tanıdığım en düzgün, en omurgali, en mert insanlardan birisi olan, muntazam cerrahisi gibi harika insanlığı, abiliği ve dürüstlüğüyle hayatımda her zaman varolacak olan abim Op. Dr. Yakup Yeğ'in'e,

Refakat nöbetinden başlayan serüvenin kardeşliğe dönüştüğü, asistans yaparken elini hayranlıkla izlediğim, üzerimdeki emeklerini ödemem mümkün olmayan abim Op.Dr. Baver Maşallah Şimşek'e,

Az bir zaman çalışmamıza rağmen kalitesini, çalışkanlığını ve kardeşliğini bana hisstiren, ilerde çok iyi yerlerde göreceğime inandığım, yollarımızın kesişeceğine emin olduğum değerli kardeşim Dr. Ercan Atasoy'a,

Tüm asistanlık hayatımda her zor anımda yanımda olan, bir anasınıfi öğretmenin kalem tutmayı öğrettiği gibi bana mesleğimi ilk günümünden itibaren sonsuz özveri ile öğreten, her insanın hayatında olması gereken bir dost olan, cerrahlığıyla, adamlığıyla, bilgeliğiyle her daim hayran olduğum, can dostum ve abim Op.Dr. Mustafa Çelik'e,

Cerrahi bilgi ve becerilerimin gelişmesinde büyük emekleri olan isimlerini tek tek yazamadığım bütün uzmanlarıma,

Yillardır beraber çalıştığım asistan arkadaşlarıma,

Beraber çalışmaktan her zaman keyif duyduğum güler yüzlü odyometrist arkadaşlarıma ve hemşire arkadaşlarıma, kliniğimiz ve hastanemiz personeline,

Beni büyüten, her daim arkamda duran, her zaman en önemli şeyin aile olduğunu gösteren, hayatımın en önemli parçalarına; ANNEME, BABAMA ve ABİME,

Kabulü beni onurlandıracak teşekkürlerimi sunarım...

Dr. Burak OLGUN

İstanbul-2018

İÇİNDEKİLER

Sayfa No:

TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	iii
TABLolar LİSTESİ	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ	v
KISALTMALAR ve SİMGELER.....	vi
ÖZET	viii
ABSTRACT.....	x
1. GİRİŞ VE AMAÇ.....	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Vestibüler Sistem Anatomi ve Fizyolojisi	3
2.1.1. Vestibüler Labirentin Embriyogenezi	3
2.1.2. Vestibüler Uç Organların Anatomisi	6
2.1.3. Baş İtme Testi (Head Impulse/Head Thrust Test).....	25
3. HASTALAR VE YÖNTEM	27
4. İSTATİSTİKSEL ANALİZ.....	31
5. BULGULAR	32
6. TARTIŞMA	37
7. SONUÇ	41
8. KAYNAKLAR.....	42

TABLULAR LİSTESİ

Sayfa No:

Tablo 1. VOR kazanç değişimlerinin etkilenen kanal ve etkilenmeyen kanallara göre dağılımları	32
Tablo 2. Süperior vestibüler sinir ölçümlerinin karşılaştırılması.	32
Tablo 3. İnferior vestibüler sinir ölçümlerinin karşılaştırılması	34



ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa No:

Şekil 1.	İç kulak embriyolojik gelişim aşamaları	5
Şekil 2.	Kemik ve membranöz labirent yerleşimleri	6
Şekil 3.	Semisirküler kanalların (SSK) kafa içindeki yerleşimleri.....	7
Şekil 4.	Membranöz labirent, kristaların ve makülaların konumları	8
Şekil 5.	Tüylü hücrelerin yapısı.....	10
Şekil 6.	Krista ampullaris ve içeriğindeki kupulanın endolenf etkisi ile hareketi temsil edilmiştir	12
Şekil 7.	Kafanın hareket yönü ile ters yönde gelişen semisirküler duktus içindeki endolenfin ampullaya doğru olan hareketi (ampullopetal akım) ve kupulanın hareketi	13
Şekil 8.	Makula ve otolitlerin yerleşimi.....	15
Şekil 9.	Utrikül ve sakkülün uzaysal yerleşimleri	17
Şekil 10.	İç kulağın arteriel dolaşımı	18
Şekil 11.	Etkilenen ve sağlam tarafların Superior vestibuler sinir uzun akslarının karşılaştırılması.....	33
Şekil 12.	Etkilenen ve sağlam kanalların Superior vestibuler sinir kısa akslarının karşılaştırılması.....	33
Şekil 13.	Etkilenen ve sağlam kanalların Superior vestibuler sinir alanlarının karşılaştırılması.....	34
Şekil 14.	Etkilenen ve sağlam kanalların İinferior vestibuler sinir uzun akslarının karşılaştırılması.....	35
Şekil 15.	Etkilenen ve sağlam kanalların İinferior vestibuler sinir kısa akslarının karşılaştırılması.....	35
Şekil 16.	Etkilenen ve sağlam kanalların İinferior vestibuler sinir alanlarının karşılaştırılması.....	36

KISALTMALAR ve SİMGELER

°	: Derece (Degree)
µm	: Mikrometre (Micrometer)
a.	: Arter (Arteria, artery)
ASSK	: Anterior semisirküler kanal (Anterior semicircular channel)
BPPV	: Benign paroksizmal pozisyonel vertigo (Benign Paroxysmal Positional Vertigo)
cm	: Santimetre (Centimeter)
cVEMP	: Servikal vestibüler uyarılmış myojenik potansiyeller (<i>Cervical Vestibular Evoked Myogenic Potentials</i>)
EOG	: Elektrokülografi (Electrooculography)
gr	: Gram
HIT	: Baş itme testi (Head Impulse Test)
hVOR	: Horizontal (lateral) vestibülooküler refleks (Horizontal [lateral] vestibuloocular reflex)
Hz	: Hertz
IVS	: Inferior vesitbuler sinir
IMU	: Atalet ölçüm ünitesi (Inertial Measurement Unit)
K+	: Potasyum
l	: Litre
LA	: Sol anterior (Left Anterior)
LARP	: Sol anterior – sağ posterior semisirküler kanallar (Left Anterior – Right Posterior semicircular channels)
LED	: Işık yayan diyot (Light Emitting Diode)
LP	: Sol posterior (Left Posterior)

LSSK	: Lateral semisirküler kanal (Lateral semicircular channel)
mEq	: Milieküvalan (Milliequivalent)
mm	: Milimetre (<i>Millimeter</i>)
msec	: Millisecond (<i>Milisaniye</i>)
msn	: Milisaniye (<i>Millisecond</i>)
mV	: Milivolt (<i>Millivolt</i>)
Na+	: Sodyum
OTR	: Oküler tilt (eğilme) reaksiyonu (Ocular tilt reaction)
oVEMP	: Oküler vestibüler uyarılmış myojenik potansiyeller (Ocular Vestibular Evoked Myogenic Potentials)
PSSK	: Posterior semisirküler kanal (Posterior semicircular channel)
RA	: Sağ anterior (Right Anterior)
RALP	: Sağ anterior – sol posterior semisirküler kanallar (Right Anterior – Left Posterior semicircular channels)
RP	: Sağ posterior (Right Posterior)
Sec	: Second (Saniye)
Sn	: Saniye (Second)
SD	: Standart sapma (Standard Deviation)
SVS	: Superior vestibuler sinir
T1	: Zaman sabiti 1 (Time constant 1)
T2	: Zaman sabiti 2 (Time constant 2)
TM	: Tescilli marka, ticari marka (Trademark)
USB	: Evrensel seri veriyolu (Universal Serial Bus)
vHIT	: Video baş itme testi (Video Head Impulse Test)
VOR	: Vestibülooküler refleks (Vestibuloocular reflex)

**BENİGN PAROKSİSMAL POZİSYONEL VERTİGO SAPTANAN
HASTALARDA VİDEO HEAD İMPULSE TEST SONUÇLARI İLE
VESTİBÜLER SİNİR ANATOMİK ÖLÇÜMLERİ ARASINDAKİ İLİŞKİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

ÖZET

Amaç: Bening paroksizmal pozisyonel vertigo saptanan olguların video head impulse test bulguları ile vestibuler sinir çap değişimleri arasındaki ilişkinin değerlendirilmesi.

Yöntemler: Çalışmaya baş dönmesi şikayeti ile kliniğimize ayaktan başvuran 34 olgu (6 erkek 28 kadın; ortalama yaş 50.2 ± 14.8 yıl, yaş aralığı 18-65 yıl) dahil edildi. Tüm olgularda serebellopontin köşe tümörü ekarte etmek için kontrastlı kulak magnetik rezonans görüntüleme(MRI) istendi. Kontrastlı kulak MRI da serebellopontin köşe, internal akustik kanal, vestibuler sinirlerin uzun aks, kısa aks ve alan ölçümleri yapıldı. Tüm olgulara vHIT testi uygulandı. Her vHIT testinden elde edilen sonuçların dökümü alındı. Bu çalışmada, vHIT testi sonucu etkilenen kulaktaki vestibuler sinir uzun aksı, kısa aksı ve sinirin kapladığı alanın kulak mrı ölçümleri sağlam kulak ile karşılaştırıldı.

Bulgular: Çalışmaya alınan hastaların 10 'unda lateral semisirküler kanal, 12 'sinde anterior semisirküler kanal ve 12 'sinde posterior semisirküler kanal hipofonksiyonu saptandı. Etkilenen kanal VOR kazançları sağ lateral kanal için 0.78, sol lateral kanal için 0.67, sağ anterior kanal 0.54, sol anterior kanal 0.55, sağ posterior kanal 0.63, sol posterior kanal için 0.58 olarak kaydedildi. Etkilenmeyen kanal VOR kazançları sırasıyla 0.98, 0.88, 0.89, 0.89, 0.93 ve 0.84 olarak kaydedildi (Tablo 1). Etkilenen taraf ve sağlam tarafın superior vestibuler sinir uzun aks, kısa aks ve alan değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermemiştir (p değerleri sırasıyla 0.836, 0.626 ve 0.521).

Sonuç: Bu çalışmada, BPPV etyolojisi araştırılırken vHIT'in etkilenen kanalın saptanmasında etkin, güvenilir ve uygulaması kolay bir test olduğu görüldü. BPPV'de vestibüler sinirin uzun aksı, kısa aksı ve kapladığı alanın mrı ölçümlerinde;

sağlam taraf ile etkilenen taraf arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermediği saptandı.

Anahtar Kelimeler: Baş itme testi, Hipofonksiyon, Lateral semisirküler kanal, Vestibüler sinir, vertigo



**EVALUATION OF THE RELATIONSHIP BETWEEN VIDEO HEAD
IMPULSE TEST FINDINGS AND VESTIBULAR NERVE ANATOMICAL
MEASUREMENTS IN PATIENTS WITH BENIGN PAROXYSMAL
POSITIONAL POSITIONAL VERTIGO**

ABSTRACT

Objective: Evaluation of the relationship between video head impulse test findings and vestibular nerve changes in patients with paroxysmal positional positional vertigo.

Methods: Thirty four patients (6 males, 28 females; mean age 50.2 ± 14.8 years, age range 18-65 years) that admitted to the our ENT clinic with dizziness complaint was included the study. Contrast-enhanced magnetic resonance imaging (MRI) was revealed to exclude cerebellopontine angle tumor in all cases. Cerebellopontin corner, internal acoustic canal, vestibular nerves long axis, short axis and area measurements were evaluated with Contrasted MRI. vHIT test was applied to all cases and the results were recorded. In this study, the vHIT results obtained from the cases, vestibular nerve long axis, short axis and the effect on the area was compared with the intact side.

Results: Ten patients had lateral semicircular canal hypofunction, 12 had anterior semicircular canal hypofunction and 12 had posterior semicircular canal hypofunction. The affected sides VOR gains were 0.78 for the right lateral canal, 0.67 for the left lateral canal, 0.54 for the right anterior channel, 0.55 for the left anterior channel, 0.63 for the right posterior canal and 0.58 for the left posterior canal. Non-affected sides VOR gains were recorded as 0.98, 0.88, 0.89, 0.89, 0.93 and 0.84, respectively. There was no statistically significant difference between the affected sides superior vestibular nerve long axis, short axis and area values of the intact side (p values 0.836, 0.626 and 0.521, respectively).

Conclusions: According to the this study's results; vHIT is a effective, reliable and useful method to detect the affected canal in BPPV. There was no statistically significant difference between the intact sides vestibular nerve long axis,

short axis and area values MRI measurements and the affected sides vestibular nerve
long axis, short axis and area values MRI measurements.

Keywords: Head impulse test, Hypofunction Vestibular nerve, Lateral
semicircular canal, Vertigo



1. GİRİŞ VE AMAÇ

Denge, 'Newton' un birinci kanuna göre, uygulanan dış kuvvete karşı vücudun kendi halini korumaya çalışmasıdır. İnsanlarda dengenin sağlanması periferik ve santral sinir sisteminin koordinasyonu ile sağlanmaktadır. Dengenin sağlanmasında labirent, gözler ve proprioseptif uzaysal algılama denge sisteminin periferik komponenti olarak kabul edilir (1,2). Fizyolojik olarak denge; baş hareketleri sırasında görme alanının sabit tutulması ve yerçekimi alanında postürün kontrol edilmesi sonucu ortaya çıkan motor cevaplar ile sağlanmaktadır. Bu fizyolojik sistemdeki patoloji sonucunda vertigo meydana gelmektedir (3).

Vertigo etyolojisine göre; periferik ve santral olmak üzere ikiye ayrılır. Periferik vertigo etyolojisinde başlıca; benign paroksizmal pozisyonel vertigo (BPPV) (kupalolithiasis veya kanalolithiasis), vestibüler nörit, labirentit, superior semisürküler kanal dehissansı, geniş vestibüler aquaduct sayılabilirken, santral vertigo etyolojisinde başlıca; serebrovasküler kanama, intrakraniyal kitle, intrakraniyal basınç artışı, multipl skleroz gibi demiyelizan hastalıklar sayılabilir. Ayırıcı tanıda yer alan hastalıkların morbidite ve mortalitesi göz önüne alındığında, tanısal algoritmada her etyolojik faktörün düşünülme zorunluluk yaratır (4-6).

Vertigo etyolojisinin araştırmasında çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Vertigonun tanısal testlerine yönelik ilk çalışmalar 20. yüzyılın başlarında yapılmıştır. Modern tıptaki teknolojik gelişmeler, yapılan testlerin gelişmesine ve yaygınlaşmasına imkan sağlamıştır. Hoegyes ilk kez; baş hareketleri sırasında göz hareketlerinin baş hareketlerine uyum sağlaması için, her bir semisürküler kanalın (SSK) uygun göz kaslarıyla bağlantısı olduğunu bildirmiştir (7). Vestibuloöklüler refleks (VOR), baş hareketleri sırasında görme alanının sabit tutulmasını sağlayan önemli bir nöroanatomik refleks arkadır. Baş hareketi ile birlikte SSK'nın uyarılması sonucu oluşan veriler vestibüler sinir aracılığı ile vestibüler çekirdek kompleksine ulaşır. Bunun sonucunda görme alanının sabit tutulmasına yönelik göz hareketleri meydana gelir. VOR arkının fonksiyonunu değerlendirmek amacıyla çeşitli testler geliştirilmiştir. Halmagyi ve Cuthoys tarafından geliştirilen Head Impulse Testin (HIT), özellikle periferik ve santral patolojilerin ayırımında önemli klinik değere

sahip olmasına rağmen, niceliksel objektif değerlendirmeye imkan vermemesi nedeniyle kullanımı sınırlı kalmıştır (8). Teknolojik gelişmeler, yüksek hızlı video kayıtlarının alınabilmesini ve göz pozisyonlarının hassas şekilde belirlenmesini sağlamıştır bunun sonucunda HIT ölçümlerinin sayısal olarak ifade edilebilmesini sağlayan, video head impulse test (vHIT) geliştirilmiştir. vHIT, yatak başında ve uygulanması kolay bir yöntemdir. Ayrıca Vhit, altı SSK'yı değerlendirmeye ve VOR sonucunda meydana gelen gizli sakkadların görülebilmesine olanak sağlayan, değerlendirmede sayısal verilerin elde edilmesine imkan tanıyan önemli bir değerlendirme aracıdır (3).

Literatür değerlendirildiğinde; periferik vertigo hastalarında, etkilenen semisirküler kanalla ilişkili vestibüler sinirlerin adaptasyonu ve değişimi konusunda yapılmış bir çalışma bulunmamaktadır. Nöronların hipertrofi ve atrofi gibi fizyolojik süreçleri olduğu göz önüne alındığında, etkilenen semisirküler kanalın uyardığı sinirde fizyolojik değişim olup olmadığı bilinmemektedir. Bu çalışmada, periferik vertigo nedeniyle tarafımıza başvuran olgulara, vHIT yapılarak etkilenen kanal belirlendi ve kulak manyetik rezonans (MRI) görüntüleme ile superior ve inferior vestibüler sinirlerin ayrı ayrı uzun aks, kısa aks ve kapladığı alan verileri hesaplandı. Kontrol grubu olarak hastaların sağlam kulakları değerlendirildi. Taraflar arasındaki vestibüler sinirlerin uzun aks, kısa aks ve kapladığı alanlar karşılaştırıldı.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Vestibüler Sistem Anatomi ve Fizyolojisi

Denge; insan yaşamı için hayati önem taşıyan, vestibüler sistem başta olmak üzere birçok sistemin uyum içerisinde çalışmasını gerektiren bir yetidir(1-4).

Vestibüler sistem, vücudun tüm hareket ve konum değişikliğini algılamaya programlanmış birimlerden oluşur. Her iki kulakta yer alan vestibüler uç-organlar, konum ve hareket ile ilgili esas bilgi sağlayıcılarıdır. Ayrıca tendon, kaslar, eklemler, deri ve gözler diğer bilgi kaynaklarıdır. Farklı kaynaklardan gelen bu konum ve hareket bilgileri merkezi sinir sisteminde işlenir, birleştirilir ve postür sağlayan kaslara uygun uyarılar gönderilir. Bu şekilde vücut kas tonusu ayarlanmış olur. Aynı zamanda gözlerin bakılan noktaya sabitlenmesi gibi çeşitli mekanizmalarla entegre olarak vücut pozisyon ve dengesi sağlanır (2-7).

Vestibüler sistemin kafa hareketlerini algılamasını; ‘açısal hareketler’ ve ‘doğrusal hareketler’ olmak üzere ikiye ayırmak mümkündür. Kafanın sağa-sola çevrilmesi, öne-arkaya yada yana doğru eğilmesi; açısal (angular) veya rotasyonel hareket olarak tanımlanır. Kafanın sabit tutularak çevrilmeden, vücudun ileri-geri, sağa-sola, yukarı-aşağı yönlü hareket etmesi, doğrusal(linear) hareket olarak tanımlanır. Bu açısal ve doğrusal hareketler vestibüler sistemin iç kulakta yer alan beş adet uç-organı sayesinde tespit edilir. Bunlar ‘anterior, posterior ve lateral semisirküler kanallar’, ‘sakkül (saccule) ve utrikül (utricle)’dür. Semisirküler kanallar açısal hareketleri saptarken, “Otolit organlar” da denilen sakkül ve utrikül, yerçekimi etkisini ve doğrusal hareketleri saptarlar (2-7).

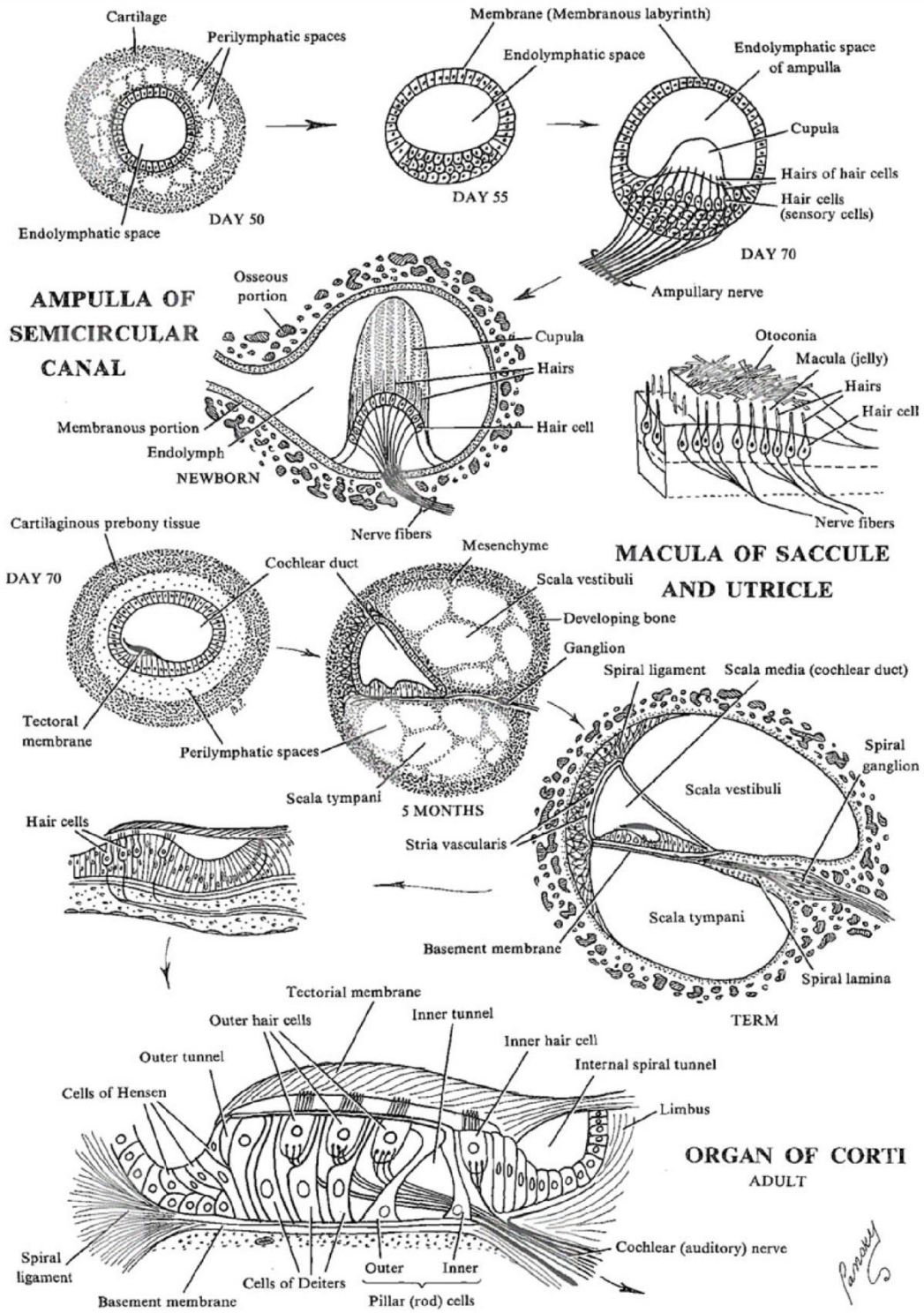
2.1.1. Vestibüler Labirentin Embriyogenezi

Vestibüler uç organlar gebeliğin 3. ile 25. haftası arasında gelişir. 3-4. haftalarda nöroektoderm ve ektodermden otik plakod belirmeye başlar. 4. haftanın sonunda otik vezikül (otokist) oluşur. Otik vezikülün yani membranöz labirentin etrafındaki mezenşimden önce kıkırdak daha sonra da kemik labirent (otik kapsül) meydana gelir. Otik vezikülden, utriküler ve sakküler odacıklar oluşur. Utriküler odacık daha sonra utrikül ve semisirküler kanalları; sakküler odacık ise sakkül ve

kokleayı oluşturacaktır. Sakkül ile koklea ilerleyen süreçte birbirlerinden ayrılır ve aralarında ductus reuniens adı verilen küçük bir bağlantı kalır (2, 6, 8-10).

Vestibüler duyu epiteli ektodermden gelişir. 14-16. haftalarda, her bir semisirküler kanal duktusun ampullasında birer adet olmak üzere üç ampuller krista gelişimi olur. Aynı zamanda biri utrikülde öteki de sakkülde olmak üzere iki maküla meydana gelir. Maküla üçüncü haftada ortak maküla olarak belirir sonra maküla ikiye bölünerek sakkül ve utriküler maküla ayrılmış olur. Onbirinci haftada maküladaki duyu epiteli ve destek hücreleri ayrılarak otolitler oluşur ve 14-16. haftalarda maküla erişkindeki boyutuna ulaşır. (Şekil 2.1.) (2, 6, 8-10).

Endolenfatik boşluk, ektoderm kökenli epitelle örtülüdür. Otik veziküle ilk ulaşan lifler efferent liflerdir. Ardından Afferent uçların nörosensöriyal epitele gelmesi ile saçlı hücre gelişimi başlar. Krista 23. haftada, korti organı ise 25. haftada erişkin şekillerine ulaşır. Labirentin geri kalan kısmı prenatal yaşamın ortasında yetişkindeki boyutuna ulaşır ancak aquaductus vestibuli ve endolenfatik kese postnatal dönemde gelişmeye devam ederler (2, 6, 8-10).



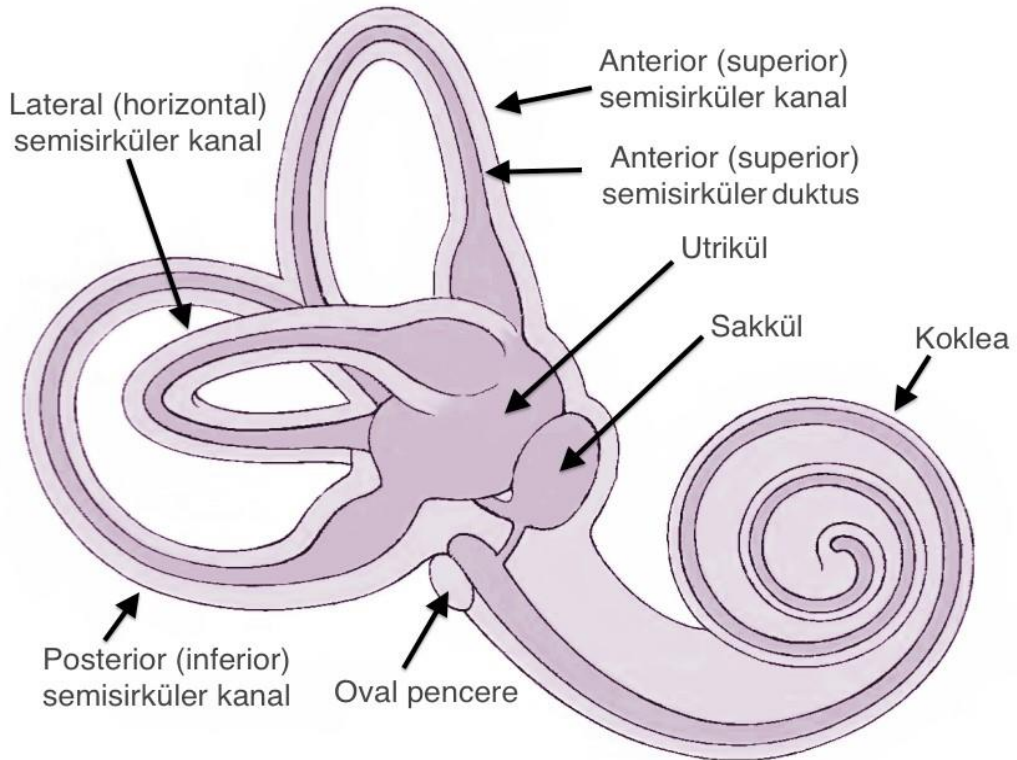
Şekil 1. İç kulak embriyolojik gelişim aşamaları. [Resim, (11) no.lu kaynaktan alınmıştır.]

2.1.2. Vestibüler Uç Organların Anatomisi

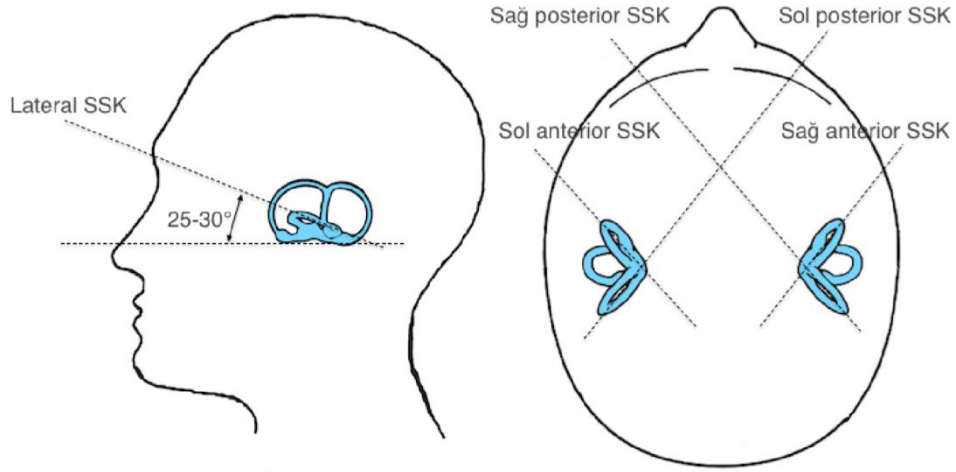
Vestibüler uç-organlar, kemik labirent içinde işitme duyusunun algılandığı koklea ile birlikte yer alır. Kemik labirent ise birbirleriyle bağlantılı kıvrımlı borular, odacık ve kanallardan oluşan, temporal kemiğin petröz parçasında yer alan yapıdır. Bu kemik yapının iç kısmında, içinden fasiyal ve vestibülokoklear sinirlerin geçtiği internal akustik kanal; dış kısmında mastoid hava hücreleri, mastoid antruma açılan açıklık ve orta kulak boşluğu yer alır.

Kemik labirent, anteriorda koklea; posteriorda semisirküler kanallar ve bu ikisinin ortasında vestibül olmak üzere 3 ayrı parça içermektedir (Şekil 2.2) (2-4, 6, 9, 12, 13).

Vestibül kemik labirentin orta kısmında bulunur. İç kulağın anterior ve posterior kısımları arasında bağlantıyı sağlarken aynı zamanda lateral duvarındaki oval pencere yoluyla orta kulak ile iç kulağın bağlantısını da sağlar. Ayrıca utrikül ve sakkül de, vestibülde yer alırlar (Şekil 2.2) (2-4, 6, 9, 12, 13).



Şekil 2. Kemik ve membranöz labirent yerleşimleri. [Resim, (2) no.lu kaynaktan alınmıştır.]

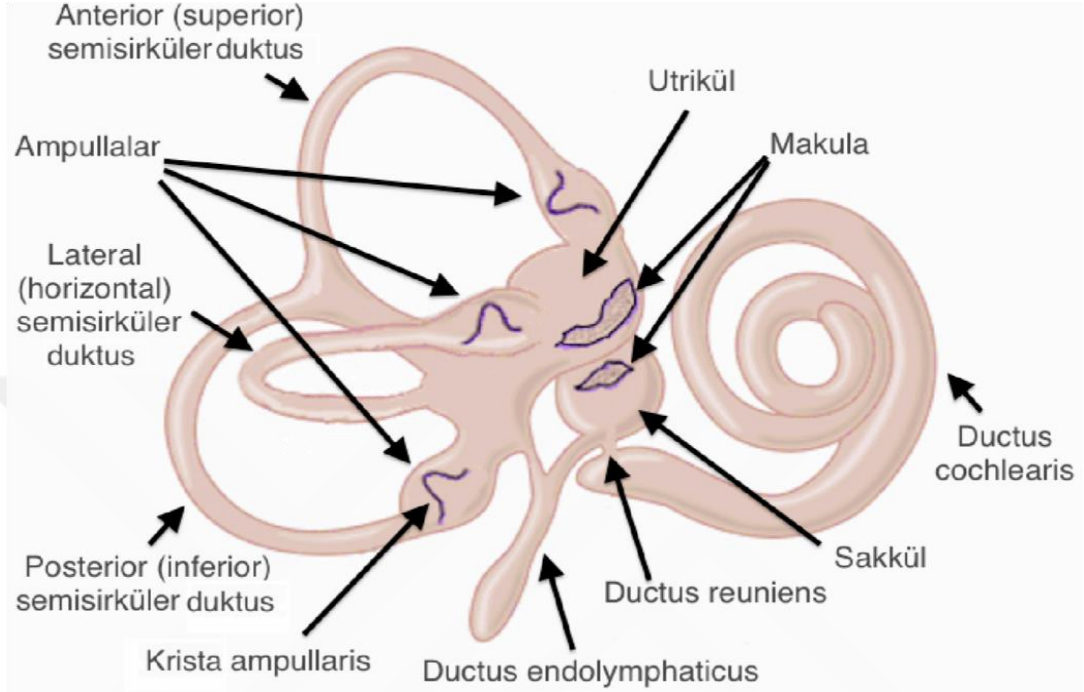


Şekil 3. Semisirküler kanalların (SSK) kafa içindeki yerleşimleri

Soldaki resimde lateral semisirküler kanalın yatay düzlemle 25-30 derece açı yapması gösterilmiştir. Sağdaki resimde sağ lateral semisirküler kanal, sol lateral semisirküler kanal ile; sağ posterior semisirküler kanal, sol anterior semisirküler kanal ile; sol posterior semisirküler kanalında da sağ anterior semisirküler kanal ile birbirine paralel düzlemlerde yerleştiği gösterilmiştir. [Resim, (2) no.lu kaynaktan alınmıştır.]

Her iki iç kulakta, vestibülün posteriorunda üçer adet kemik semisirküler kanal bulunur. Bunlar anterior (superior), posterior (inferior) ve lateral (horizontal) kanal olarak isimlendirilmiştir. Semisirküler kanalların üçü de birbirlerine yaklaşık olarak 90 derece açılarla yerleşmişlerdir. Oturur ya da ayakta iken ve kafa tam karşıya doğru bakar pozisyonda iken, lateral semisirküler kanallar yatay düzlemle yukarıya doğru 25-30 derece açı yapacak şekilde durmakta yani lateral semisirküler kanal, baş öne doğru 25-30 derece kadar eğildiğinde yatay düzlemle paralel hale gelmektedir (Şekil 2.3). Anterior semisirküler kanallar dikey düzlemde öne ve dışa doğru 45 derece açı yapacak şekilde, karşı taraftaki posterior kanala paralel konumda durmaktadır. Posterior semisirküler kanallar ise geriye ve dışa doğru 45 derece açı yapacak şekilde, karşı taraftaki anterior kanala paralel konumda yerleşmişlerdir (Şekil 2.3). Tüm semisirküler kanalların ayrı ayrı ön ve arka bacakları bulunmaktadır. Anterior ve posterior semisirküler kanalların arka bacakları birbiriyle birleşerek; lateral semisirküler kanalın arka bacağı ise bağımsız

şekilde vestibüle açılır (Şekil 2.2, 2.4). Tüm semisirküler kanalların ön ucunda ise ampulla adı verilen şişkinlikler bulunur; ampullaların bulunduğu bu ön bacaklar da vestibüle açılırlar (Şekil 2.2, 2.4) (2, 7, 9, 12, 13).



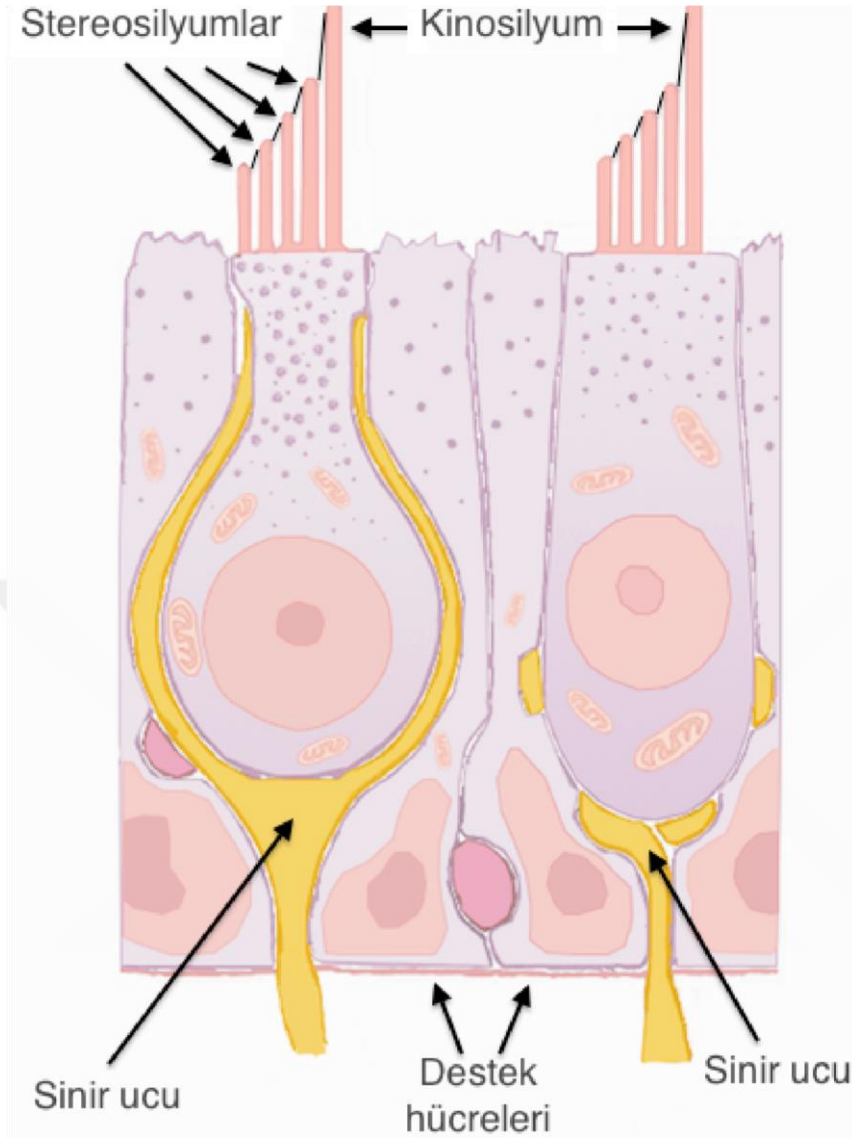
Şekil 4. Membranöz labirent, kristaların ve makülaların konumları [Resim, (21) no.lu kaynaktan alınmıştır.]

Kemik labirentin içinde membranöz labirent bulunur. Membranöz labirent ile kemik labirent arasında perilenfatik sıvı vardır. Destekleyici konnektif doku kan damarları kemik labirent periosteumu ve membranöz labirent arasındadır. Membranöz labirent endolenfatik sıvıyı içerir (Şekil 2.2, 2.4). Vestibüler uç organlar esas olarak membranöz labirentte yer alırlar. Membranöz labirentin vestibülün içindeki kısmında, birbirine bağlı iki kese şeklinde utrikül ve sakkül yerleşir. Vestibülün üst arka kısmında yerleşen utrikül sakkülden daha büyüktür (13). Membranöz labirentin kemik semisirküler kanalların içindeki kısımları da “semisirküler duktus” olarak tanımlanmıştır. Bunların şekilleri ve isimleri, içinde buldukları kemik semisirküler kanallarla aynıdır (anterior, posterior ve lateral) (Şekil 2.2., 2.4.) (2, 7, 9, 12, 13).

Membranöz labirentin dışında bulunan perilenf, sodyumdan zengindir, elektrolit bileşimi hücre dışı sıvıya ve serebrospinal sıvıya benzer ($[K^+] = 10 \text{ mEq/l}$;

[Na⁺]=140 mEq/l). Membranöz labirentin içinde bulunan endolenfin bileşimi ise hücre içi sıvıya benzer ([K⁺]=144 mEq/l; [Na⁺]=5 mEq/l). Endolenf kokleadaki stria vascularis tabakasındaki hücrelerce perilenften sentezlenir. Her iki sıvıdaki elektrolit dengesi karanlık (*dark*) hücreler tarafından aktif transport mekanizmasıyla sağlanır. Endolenf, krista ve makülalarda yer alan karanlık hücreler ve aquaductus vestibuli yoluyla endolenfatik kese tarafından emilir. Endolenfatik kese posteriorda dura materin altına doğru uzanmaktadır ve labirent ile orta kulağın lokal immünolojik yanıtlarının düzenlenmesi gibi fonksiyonları vardır (1, 2, 6, 7, 9, 12, 13).

Vestibüler reseptör hücreler (Tüylü hücreler): Vestibüler duyunun algılandığı temel üniteler tüylü hücrelerdir. Tüyler, aktin filamanları içeren reseptör hücrenin üst kısmından yukarı doğru çıkan uzantılardır. Her bir tüylü hücrede, hücrenin apikal ucunda bulunan 20-200 arası stereosilyum adı verilen küçük tüycük ve 1 adet kinosilyum adı verilen büyük tüy bulunur (Şekil 2.5) (2, 6, 7, 12, 13). Bu tüyler tüm hücrelerde özel bir dizilimle içinde bulunurlar. Kinosilyum her zaman en kenarda yer almakta ve bu kenardan diğer kenara doğru gidildikçe stereosilyumlar da uzundan kısaya doğru dizilmektedir. Stereosilyumların tepesinde bulunan çok ince ipliksi bağlantılar her bir stereosilyumun ucunu yanındaki daha uzun stereosilyuma, en uzun stereosilyumu ise kinosilyuma bağlar (Şekil 2.5). Stereosilyumlar, tepelerindeki bu küçük bağlantılar sayesinde uyum içinde hareket ederler (2, 14).



Şekil 5. Tüylü hücrelerin yapısı

Sol tarafta Tip I, sağ tarafta ise Tip II tüylü hücre ve apikal uçlarından yukarı doğru uzanan stereosilyumların kinosilyumlarla ilişki ve dizilimleri görülebilir. [Resim, (2) no.lu kaynaktan alınmıştır.]

Stereosilyumlar sadece kinosilyuma doğru yada kinosilyumdan uzağa doğru eğilebilirler. Bu eğilme hareketi stereosilyumları hücre gövdesinden dışa doğru çeker ve stereosilyumların tabanına doğru hücre zarında bulunan yüzlerce iyon kanalının açılmasını sağlar. Açılan bu kanallardan çok miktarda pozitif yüklü iyon ile hücre içi pozitif yüklü iyonlarla dolar yani reseptör hücre membranı depolarize olmuş olur. Aksine, stereosilyumlar kinosilyumun olduğu tarafın tersine doğru

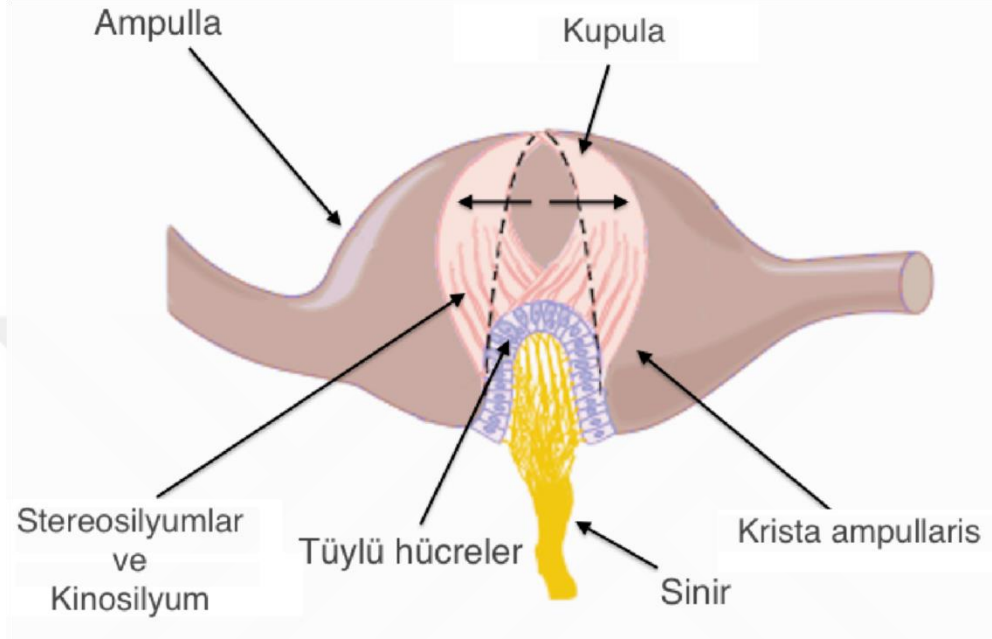
bükülecek olursa ipliksi bağlantılar gevşer, iyon kanalları kapanır yani reseptör hücre membranı hiperpolarize olmuş olur (7). Sonuç olarak stereosilyumların kinosilyuma doğru eğilmesi uyarılmayı sağlayan (eksitatör) bir sinir uyarım potansiyeli oluştururken; stereosilyumların kinosilyumdan uzağa doğru eğilmesi uyarılmayı önleyici (inhibitör) potansiyel oluşturur. Oluşan bu potansiyel, aynı zamanda stereosilyumların eğilme derecesi ile de bağlantılıdır. Uyarımın olduğu düzlemde stereosilyumların 3 derece kadar eğilmesi, maksimum uyarı oluşturur. Vestibüler reseptör hücrelerinin membran istirahat potansiyeli -40 ile -60 mV olmakla beraber hücre, eksitatör uyarıyla 5-20 mV civarına kadar depolarize; inhibitör uyarıyla ise -64 mV'a kadar hiperpolarize olur (6). Tüylü hücrelerin kenarlarında ve taban kısımlarında bulunan duysal sinir uçlarının lifleri vestibüler siniri meydana getirir. Tüylü hücrelerdeki uyarımlar bu mekanizma ile merkezi sinir sistemine iletilir (1-7, 13).

Vestibüler reseptör hücreler, istirahat koşullarında saniyede yaklaşık 100 kadar uyarı üretir. Bu hız stereosilyumların kinosilyuma yaklaşması ile artarken uzaklaşması ile azalır hatta sifıra inebilir. Kafanın boşluktaki konumu her değiştiğinde ve dolayısıyla stereosilyumlar her eğildiğinde uyarı hızında olan bu değişiklikler beyne iletilir ve konum değişikliği hissedilir (1-7, 13).

Vestibüler uç-organlarda iki tipte tüylü hücre bulunmaktadır. Kadeh şeklinde olanlar tip 1 tüylü hücre, düz ve silindirik olanlar tip 2 tüylü hücre olarak tanımlanmıştır (Şekil 2.5). Tip I tüylü hücrelerde geniş bir çanak şeklinde afferent sinir ucu bağlantısı bulunur ve bu sinir uçları daha büyük ve düzensiz ateşlenme özelliğine sahiptir. Tip II tüylü hücrelerin sinir bağlantıları ise daha basit ve düğme şeklindedir ve bu sinir uçları daha küçük, düzenli ateşlenme özelliğine sahiptir. Vestibüler reseptör hücrelerin çalışma prensipleri tüm vestibüler uç-organlarda aynı iken yerleşim özellikleri farklılıklar göstermektedir. Semisirküler kanallarda yerleşen özelleşmiş vestibüler duyu epiteline “krista ampullaris”; sakkül ve utrikülde yerleşen özelleşmiş vestibüler duyu epiteline ise “maküla” adı verilir (1-7, 12, 13).

Krista (crista) ampullaris: Tüm semisirküler duktusların ön uçlarındaki ampullaların içinde, vestibüler duyu hücreleri (tüylü hücreler) ile destek

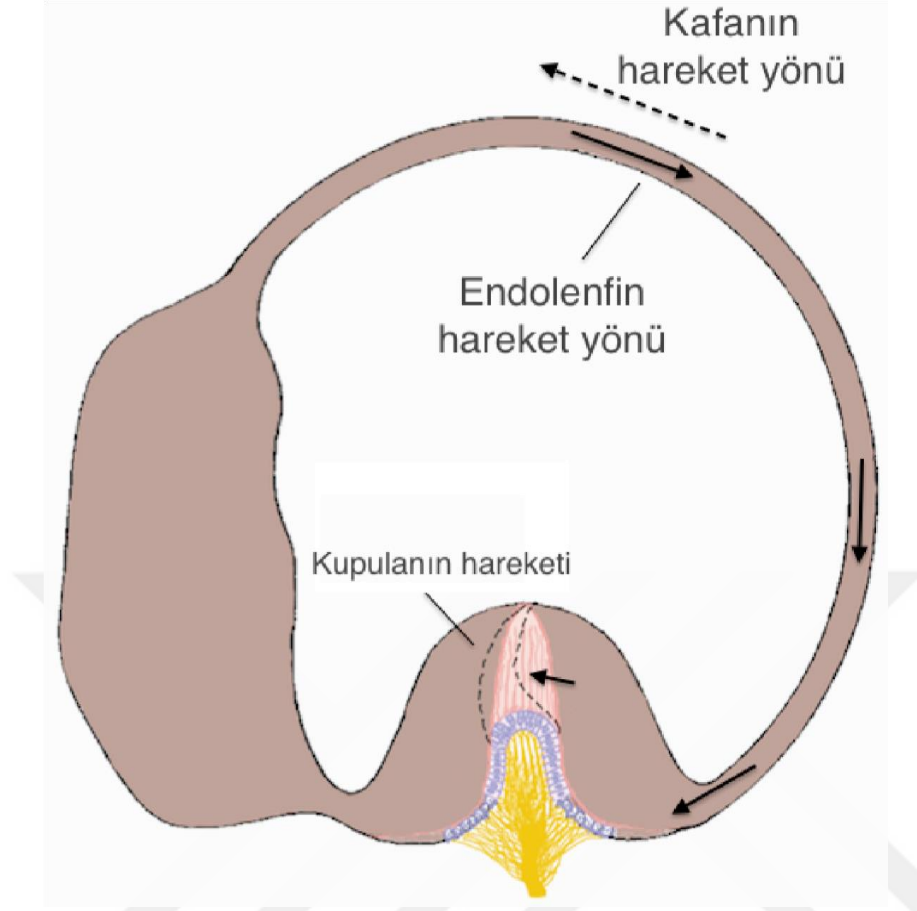
hücrelerinin yerleştiği “krista ampullaris” adı verilen kabarık bir alan bulunur (Şekil 2.4, 2.6). Kristaların tepe bölgelerinde daha çok Tip I vestibüler duyu hücreleri bulunurken; kenarlarına doğru daha çok Tip II vestibüler duyu hücreleri bulunur (2-6).



Şekil 6. Krista ampullaris ve içeriğindeki kupulanın endolenf etkisi ile hareketi temsil edilmiştir

Kesikli çizgi ile kupulanın istirahat pozisyonu belirtilmiştir. [Resim, (2) no.lu kaynaktan alınmıştır.]

Krista ampullarisin üst kısmında “kupula” adı verilen jelatinöz bir madde bulunur. Kupula, tavanda ve tabanda ampullanın duvarlarına bağlı olan ve vestibüler duyu hücrelerinin tüylerini örten bir yapıdadır (Şekil 2.7). Bu bağlamda endolenfatik sıvının semisirküler duktuslar ve ampulla içinde hareket etmesi kupulayı da hareket ettirmektedir (Şekil 2.7). Kupulanın bu hareketi de, içinde gömülü halde bulunan vestibüler reseptör hücrelerin tüylerini hareket ettirir yani vestibüler reseptör hücrelerin aktivitesi sağlanmış olur. Kupulanın etkisi ile stereosilyumların kinosilyumlara doğru eğilmesi, hücrenin depolarize olmasına neden olur iken kupulanın ve kinosilyumlardan ters tarafa doğru eğilmesi ise hiperpolarizasyona neden olur (1-7, 12, 13).



Şekil 7. Kafanın hareket yönü ile ters yönde gelişen semisirküler duktus içindeki endolenfin ampullaya doğru olan hareketi (ampullopetal akım) ve kupulanın hareketi. [Resim, (2) no.lu kaynaktan alınmıştır.]

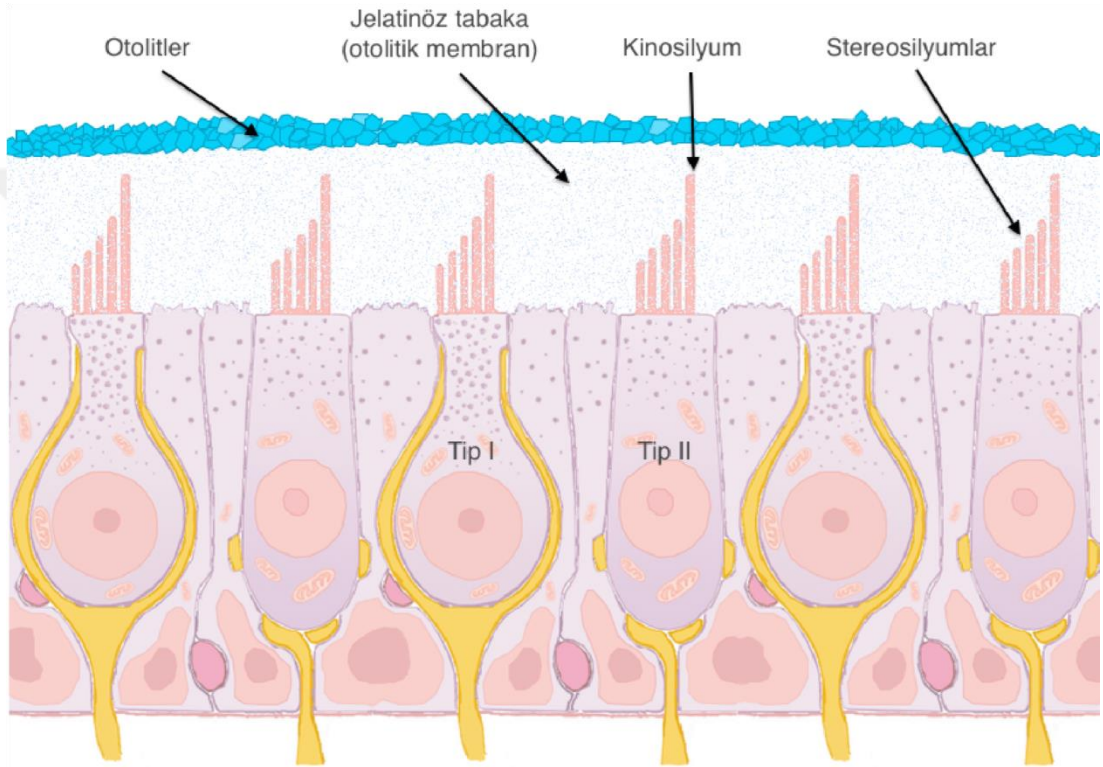
Kafa açısız hareket ile bir tarafa doğru çevrildiğinde semisirküler duktusların içindeki endolenf eylemsizlik kanunuyla hareketsiz kalma eğilimine geçer. Ancak semisirküler duktuslar kafayla beraber aynı yönde hareket ettiği, içindeki sıvı ise hareketsiz kaldığı için kafanın çevrildiği yönün tersine doğru göreceli bir sıvı hareketi oluşur (Şekil 2.7). Örneğin, kafa sola doğru çevrildiğinde, sol lateral semisirküler duktusun içindeki endolenf sağa (ampullaya) doğru hareket ediyormuş gibi olur. İstirahat durumunda iken yani hareket yok iken, tüylü hücreler saniyede yaklaşık 100 civarı uyarı üretmektedir. Kafa sola doğru çevrilmeye başladığında sol lateral semisirküler duktusta ampullaya doğru olan endolenf akımı, kupulayı ve beraberinde tüylü hücreleri, kinosilyumun olduğu tarafa doğru iter ve uyarı sıklığı artar. Kafanın dönme hareketi devam ederse, esnekliği nedeniyle kupulanın yavaşça tekrar ampullanın ortasındaki eski pozisyonuna dönmeye başlaması ile tüylü

hücrelerden çıkan artmış uyarı giderek azalır ve sonraki birkaç saniye içinde tekrar istirahat seviyesine döner. Dönme hareketi aniden dursada semisirküler kanallar içerisindeki endolenfatik sıvı hareket etmeye devam eder ve kupula bu sefer tam ters yönde eğilir yani tüylü hücrelerden çıkan uyarıların tamamen kesilmesine neden olur. Birkaç saniye sonra endolenfatik sıvı da durur ve kupula yavaşça istirahat konumuna döner. Böylelikle tüylü hücrelerden çıkan uyarılar da artarak tekrar istirahat halindeki uyarı şiddetine ulaşır. Özet olarak, semisirküler kanallar kafa çevrilmeye başladığında bir yöne doğru hareket uyarısı iletirken, kafa durduğunda bir süre daha aksi yöne hareket devam ediyormuş gibi uyarı iletirler (2, 6, 7, 13).

Semisirküler duktusların kristaları hareketin gerçekleştiği kanal düzlemindeki açıl hareketi algırlar. Her iki kulaktaki semisirküler kanallar karşı kulaktaki eşleri ile simetrik çalışırlar. Sol lateral semisirküler kanal ile sağ lateral semisirküler kanal, sol posterior semisirküler kanal ile sağ anterior semisirküler kanal, sol anterior semisirküler kanal ile sağ posterior semisirküler kanal birbirinin zıttıdır. Bir taraftaki semisirküler kanaldaki uyarım artışı varsa, karşı kulaktaki eşinde uyarımda azalma mevcuttur. Aynı şekilde, bir taraftaki semisirküler kanalda uyarımda azalma olursa, karşı kulaktaki eşinde uyarım artışı olur (1-7).

Tüylü hücrelerin kinosilyumları kupulanın içinde hep aynı yöne doğru ancak kanallara göre yönü değişecek şekilde bulunmaktadır. Lateral semisirküler duktusların kristalarındaki tüylü hücrelerin kinosilyumları, utriküle yakın pozisyonda yerleşmişlerdir. Bu nedenle örneğin kafa sola doğru çevrildiğinde sol lateral semisirküler duktus kristasında eksitasyon, aksi yönde sağ lateral semisirküler duktus kristasında ise inhibisyon meydana gelir. Bu bağlamda lateral kanallarda semisirküler duktusun içinde ampullaya doğru (ampullopetal) bir endolenf akımı olursa eksitasyon gerçekleşir. Anterior ve posterior semisirküler duktusların kristalarında ise kinosilyumlar aksine kanalların utriküler uçlarına ters yönde bulunmaktadır. Dolayısıyla anterior ve posterior kanallarda, lateral kanalın aksine ampullaya doğru (ampullopetal) olan akım inhibisyona neden olur. Bu şekilde semisirküler kanallardaki tüylü hücreler üç boyutlu eksenlerde kafanın her türlü açıl hareketlerini algılayıp santral sinir sistemine iletme fonksiyonlarını yerine getirebilirler (1-7, 13).

Maküla: Utriküller ve sakküllerin iç duvarın kalınlaşmış küçük bir bölümünde bulunan, çapı yaklaşık 2 mm kadar olan duyu alanı maküla olarak tanımlanır. Maküla, binlerce tüylü hücre, üzerlerinde jelatinöz bir tabaka ve bu tabakanın üzerinde gömülü halde bulunan çok sayıda küçük kalsiyum karbonat kristallerinden oluşur. Tüylü hücrelerin stereosilyumları ve kinosilyumları bu jelatinöz tabakanın içine doğru uzanmaktadır (Şekil 2.8) (1-7, 12, 13).



Şekil 8. Makula ve otolitlerin yerleşimi [Resim, (2) no.lu kaynaktan alınmıştır.]

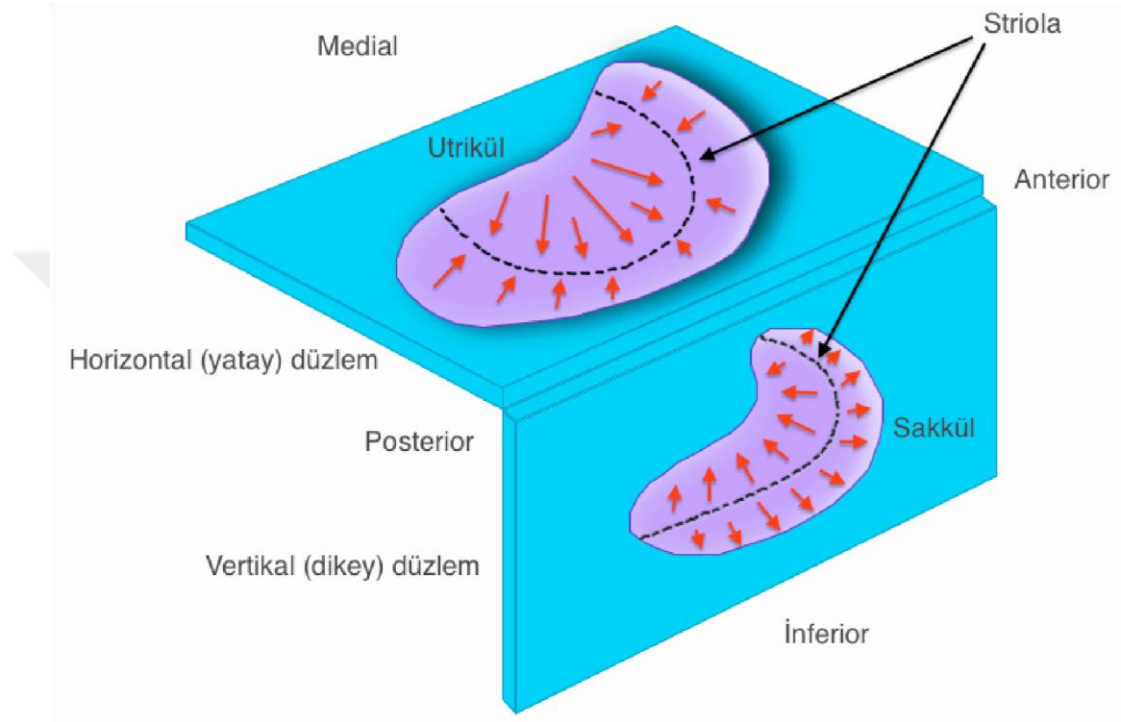
Makulada bulunan bu kalsiyum karbonat kristalleri otoconia, otolit veya statoconia olarak adlandırılabilir. Makula ve otolitlerin, sakkül ve utrikülde olmasından dolayı bu ikisi 'otolitik organlar' olarak da bilinmektedir. Otolitlerin boyutları 0.5-30 μm arasında değişmekle beraber memeli canlılarda iki yüz bin adet civarında bulunmaktadırlar. Jelatinöz tabaka içindeki otolitlerin özgül ağırlığı, etraflarındaki endolenfin ağırlığının yaklaşık 2-3 katı kadardır. Bu nedenle otolitler normalde endolenf içinde yüzmeyip jelatinöz tabakaya gömülü halde yerleşmişlerdir (Şekil 2.8). Ayrıca otolitlerin bu ağırlığı, jelatinöz tabaka içine doğru uzanan silyaların yerçekimine doğru eğilmesini sağlar (2, 6, 7, 12, 13).

Jelatinöz tabaka (otolitik membran yada statoconial membran) yapısal olarak glikoprotein ve glikozamin moleküllerinden oluşan otolitlerle temaslı olan dış yüzeyi daha yoğun, sterosilyum ve kinosilyumları örten iç yüzeyi ise daha esnek bir tabakadır. Otolitik membranın bu yapısı, üst kısımdaki otolitlerin ağırlığı ve eylemsizliği nedeniyle oluşan kuvvetin, alt kısımdaki stereosilyumlara eşit ve hassas bir biçimde aktarılabilmesine imkan tanır (7, 13).

Utrikuler ve sakkuler makülalarda her bir tüylü hücre tüyleri farklı yöne bakacak şekilde dizilmişlerdir ve ortada aynı yöne bakanlar ile diğer yöne bakanları ayıran ‘striola’ adı verilen bir eğri hat bulunur. Utriküler makülada tüylü hücrelerin kinosilyumları striolaya yakın olacak şekilde yerleşmişken sakküler makülada, tüylü hücrelerin kinosilyumları strioladan uzağa doğru bakacak şekilde yerleşmiştir (Şekil 2.9). Striola civarında daha çok Tip I, strioladan uzaklaştıkça daha çok Tip II vestibüler duyu hücreleri bulunur. Ayrıca striolaya yakın yerleşen otolitler dejenerasyona karşı daha hassastır (2, 6, 7).

Her bir maküladaki tüylü hücrelerin yerleşim yönlerinin farklı olması, yerçekimi altında başın her hareketinin başka tüylü hücreleri uyarmasını sağlamaktadır. Ayrıca, utrikül ve sakkülün yerleşimleri nedeniyle bazı hareketler utrikül, bazı hareketler ise sakkül tarafından daha kolay algılanır. Utrikülün makülası esas olarak yatay düzlemde yerleşir iken sakkülün makülası dikey düzlemde yer alır (Şekil 2.9). Yani vücut dik konumda iken, utrikül makülasındaki reseptör hücrelerin tüyleri yatay düzleme dik, sakkül makülasındaki reseptör hücrelerin tüyleri ise yatay düzleme paralel uzanırlar. Baş sabit tutularak, ileriye doğru bir harekete başlandığında otolitik membran eylemsizlik nedeniyle geride kalarak utriküldeki reseptör hücrelerin tüyleri arkaya doğru eğer. Bu durumu, bir araçta içinde giderken araç aniden hızlandığında, başımızın ve gövdemizin bir anlık arkaya doğru yatmasına benzetmek mümkündür. Benzer şekilde arkaya doğru harekete başlandığında ise bunun tersi olur ve otolitik membranın eylemsizliği nedeniyle utrikül makülasındaki reseptör hücrelerin tüyleri öne doğru eğilir yani utrikül daha çok yatay doğrusal baş hareketlerini algılama görevini üstlenir. Sakkül ise daha çok yerçekiminin ve dikey düzlemdeki doğrusal baş hareketlerinin algılanması görevini üstlenir. Bu doğrultuda yüksek bir yerden aşağı atlandığında, otolitik membranın eylemsizliği, sakküldeki reseptör hücrelerin tüylerinin yukarı

doğru eğilmesine sebebiyet verir. Aksi yönde asansörün içinde yukarı doğru çıkarken, sakküldeki reseptör hücrelerin tüyleri aşağı (yerçekimine) doğru eğilirler ve dikey algılama sağlarlar. Sonuçta maküla, şekli ve konumu sayesinde tüm yönlerdeki doğrusal hareketleri algılama yetisine sahiptir (2, 6, 7, 12, 13).



Şekil 9. Utrikül ve sakkülün uzaysal yerleşimleri

Kesikli çizgiler, striolayı göstermektedir. Alt ok sakküldeki tüylü hücrelerin strioladan uzağa doğru bakacak şekilde yerleşen kinosilyumlarını, Üst ok utriküldeki tüylü hücrelerin striolaya bakacak şekilde yerleşen kinosilyumlarını göstermektedir. [Resim, (2) no.lu kaynaktan alınmıştır.]

Vestibüler labirentin kan akımı: Vestibüler uç organlar genellikle a. cerebelli inferior anterior'un bir dalı olan a. labirinthe tarafından beslenir (Şekil 2.10).

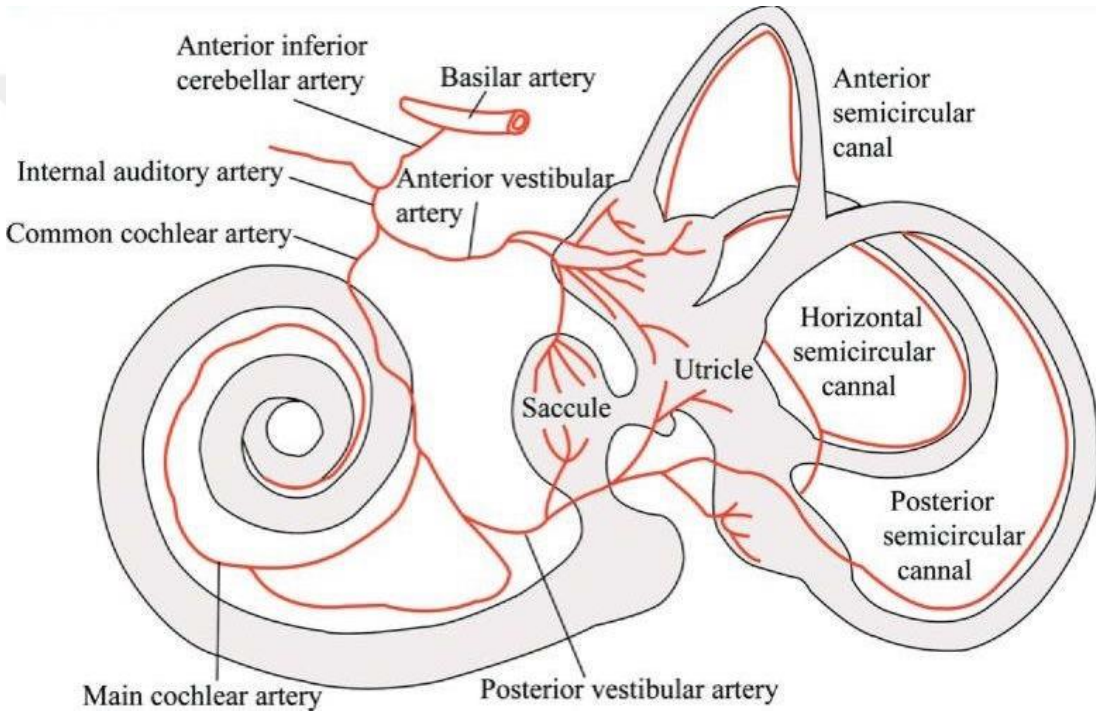
A.labirinthe bazen a. Basilaris ve nadiren de a. cerebelli superior'dan köken alabilir. A. Labirinthe iç kulak seyrinde a. vestibularis anterior ve a. cochlearis communis dallarını verir.

A. cochlearis communis ise a. vestibulocochlearis olarak seyrederek; a. vestibulocochlearis den vestibularis posterior dalı çıkar.

A. vestibularis anterior, esas olarak anterior ve lateral semisirküler kanalları ayrıca utrikülü ve sakkülün küçük bir kısmını besler.

A. vestibularis posterior ise vestibülün iç yüzü boyunca ilerleyip posterior ampullayı ve sakkülün büyük bölümünü besler.

Arteriyel dağılım çoğu insanda bu şekilde iken labirentin venöz kan dolaşımı insanlar arası değişkenlikler gösterir (2, 6, 9, 12, 15).



Şekil 10. İç kulağın arteriyel dolaşımı. [Resim, (35) no.lu kaynaktan alınmıştır.]

Vestibüler sinirler: Tüylü hücrelerden kaynaklanan veriler, bu hücrelerin etrafında bulunan sinir uçları tarafından alınır. Bu sinir uçları farklı şekillerde birleşerek sinir liflerini ve nihayetinde vestibüler sinirleri oluştururlar. Anterior ile lateral semisirküler kanal ampullaları ve utrikül makülasından kaynaklanan lifler, superior vestibüler siniri oluştururlar. Posterior semisirküler kanal ampullası ve sakkül makülasından kaynaklanan lifler de birleşerek inferior vestibüler siniri meydana getirirler. İnsanlarda sakkül kaynaklı lifler utrikül ve semisirküler kanal kaynaklı liflere göre daha az sayıdadır (6, 13).

Sonuç olarak sinir liflerinden oluşan bu superior ve inferior vestibüler sinirlerin kokleadan gelen koklear sinir ile birlikte birleşmesi ile vestibülokoklear sinir olarak seyrine devam eder. Vestibülokoklear sinir yani “VIII. kranial sinir” veya “statoakustik sinir” şeklinde tanımlanan işitme ve denge siniridir. Vestibülokoklear sinir, internal akustik kanaldan fasiyal sinirle beraber geçerek vestibüler çekirdeklere gelir. İnternal akustik kanal içinde ise bu sinirler belirli topografik seyir izlerler. Bu seyir arka-üstte superior vestibüler sinir, arka-alta inferior vestibüler sinir, ön-alta koklear sinir, ön-üstte fasiyal sinir olacak şekilde gerçekleşir. Benzer dizilim vestibüler çekirdeklere girerken de mevcuttur ki buna göre semisirküler kanallardan gelen sinir lifleri sinirin rostral yarısında iken sakkülden ve utrikülden gelen sinir lifleri ise kaudal yarısında yer alır (6, 13).

Vestibülokoklear sinir esasen sensöriyel (duyusal) afferent liflerden oluşmakla beraber bazı kaynaklarda afferent liflerle beraber olivokoklear demet olarak seyreden vestibüler efferent liflerin de olduğu belirtilmektedir. Ayrıca beyin sapından kaynaklanan bu efferent liflerin her iki labirentteki vestibüler yapılarla sinaps yaptığı belirtilmiş fakat efferent sistemin ne işe yaradığı henüz aydınlatılamamıştır (6).

Vestibüler nöronların ilk uçları tüylü hücrelerin etrafında sonlanırken ikinci sıra uçları ise vestibüler çekirdekler ve serebelluma uzanan bipolar nöronları oluşturur. Vestibüler nöronların gövdeleri ise ‘scarpa ganglionu’ olarak da bilinen vestibüler ganglionlar da bulunur. Çoğu vestibüler sinir lifleri vestibüler çekirdeklerle sinaps yapmasına rağmen bazı lifler sinaps yapmadan direkt olarak beyin sapında yer alan retiküler çekirdeklere ve serebellumun fastigial, uvular ve flocculonodular lob çekirdeklerine varırlar. Vestibüler çekirdeklerde sonlanan lifler başta retiküler çekirdekler olmak üzere serebellum, vestibülospinal traktus, medial longitudinal fasikulus gibi beynin bazı bölgelerine giden ikinci sıra nöronlarla sinaps yaparlar. Bu özellikli bölgeler ile olan bağlantılar sayesinde kas tonusu, denge, hareket esnasında görme alanı korunması gibi çok önemli yetiler sağlanmış olur (6, 7, 13).

Vestibüler çekirdekler: İki taraflı medial, lateral, inferior ve superior olmak üzere dörder adet olan vestibüler çekirdekler, beyin sapında pons ile medulla arasında yerleşirler. (6, 7, 13).

Asıl girdisi semisirküler kanal kristalarından gelen lifler olan superior vestibüler çekirdek 4. ventrikülün rostral tabanında bulunur. Efferent lifleri daha çok her iki tarafta medial longitudinal fasikulus ve oküler motor çekirdekler olmakla beraber serebelluma giden lifleride mevcuttur. Bu bağlantılar sayesinde superior vestibüler çekirdek, semisirküler kanalların kaynak sağladığı vestibülo-oküler refleks (VOR) için asıl yönlendirme çekirdeği olarak görev alır (6).

Vestibüler çekirdeklerin en büyüğü olan medial vestibüler çekirdek, semisirküler kanaldan VOR için önemli veriler alır. Ayrıca kas tonusu ayarlaması ile ilgili vestibülospinal tractusla önemli bağlantılara sahiptir. Bu özellik sayesinde ani baş hareketlerine karşı postür stabilitesi sağlamış olur. Örnek olarak, bir taraf lateral kanal kristası uyarıldığı zaman aynı taraf kas tonusu artarken karşı taraf kas tonusunda azalma sağlanarak postür koruma ve düzeltme görevi sağlanmış olur (6).

Inferior vestibüler çekirdek, komşu medial vestibüler çekirdek ile yakın anatomik yerleşim gösterir. Inferior vestibüler çekirdek, zengin afferent ve efferent bağlantılara sahiptir. Özellikle diğer vestibüler çekirdekler, serebellum ve spinal kord gibi önemli efferent ağları sayesinde vestibüler çekirdekler arası koordinatör görevi üstlenen yapıdır (6).

Lateral vestibüler çekirdek (Deiter's çekirdeği) utrikül ve serebellumdan veriler alır. Utrikülden gelen veriler ventral yüzde sonlanırken serebellumun serebellar korteks, ipsilateral anterior vermis, fastigial çekirdek, flocculustan ve paraflokkulus bölümlerinden kaynaklanan bilgiler dorsal yüzde sonlanır. Lateral vestibüler çekirdekten kaynaklanan ana efferentler, aşağı uzanıp lateral vestibülospinal traktusu meydana getirir (6).

Vestibüler kortikal algı: Primer kortikal denge merkezi parietal lobda sylvian fissürün derininde bulunmaktadır. Bu alan superior temporal gyrusun işitme alanının karşı tarafında yerleşmektedir. Bazı hayvan deneyleri serebral kortekste ki dengeyle ilgili bölgelerin, vestibüler labirentin yanısıra görsel ve somatosensör sistemlerden de bilgi aldığını göstermiştir. (6, 7).

Serebellum: Serebellum dinamik hareketlerde dengeyi sağlamada büyük önem taşımaktadır. Ayrıca serebellumun uvulası statik dengede rol almaktadır. Serebellumun dinamik denge ile ilişkili olan bölümü, semisirküler kanallardan girdiler alan flocculonodüler lobdur. Yani semisirküler kanal hasarında flocculonodüler lob hasarında olduğu gibi benzer bulgular vererek dinamik dengenin bozulması ile sonuçlanırken statik dengede bozulma beklenmez (6, 7).

Vestibülo-oküler refleks (VOR): Başın dönme hareketlerine karşılık göz hareketleri oluşturarak görüşün bozulmasını engelleyen refleks vestibülo-oküler refleks (VOR) denir. Hareket esnasında görüşün bozulmaması için görüntünün kısa bir süreliğine olsa retinada odaklı yani sabit kalması gerekir. Bu nedenle baş öne, arkaya, yanlara, sağa ya da sola doğru hareket ettirildiğinde gözlerin bakış yönünün düzeltilip görüntünün retinada sabit tutulması gerekmektedir. Kafa hareketleri ile konjuge göz hareketlerinin koordinasyonunu sağlayan bu mekanizma çok hızlı bir refleks olan VOR'dur. Bu refleks ipsilateral aktivasyon yaparken kontralateral planda relaksasyon oluşturur. Semisirküler kanallardan çıkan uyarılar sayesinde baş hareket etmeye başladığı zaman gözlerin baş hareket yönünün tersi yöne doğru baş hareket hızına eşit hızda hareket etmesi sağlanır. VOR'un dinamik kısmını semisirküler kanallar ve otolit organ üstlenirken statik kısmını otolit aktivite üstlenmektedir. Semisirküler kanallardan her biri kendi planında olacak şekilde medial longitudinal fasikulus aracılığıyla iki ekstraoküler kası innerve eder. VOR, vestibüler duyu yapılarına göre kanal-oküler ve otolit-oküler refleksler gibi alt başlıklara ayrılabilir (6, 7, 10, 12).

Kanal-oküler refleks: Kanal-oküler refleks, semisirküler kanalın ampullasının uyarılmasını ve sonucunda aynı düzlemdeki kas kontraksiyonunu sağlar. Flouren kanunu olarak da bilinen bu refleks sayesinde hangi kanal uyarılırsa gözler o kanal düzleminde hareket eder (6).

Bir taraf lateral semisirküler kanalda oluşan uyarı, aynı taraflı medial vestibüler çekirdeğe uğrayıp yine aynı taraf okulomotor çekirdeğe ve karşı taraf abducens çekirdeğine gider. Bu sayede aynı taraf medial rektus ve karşı taraf lateral rektus kaslarının kasılması ile gözlerin karşı tarafa konjuge hareketi gerçekleşir. 3-4

nörondan oluşan bu refleks arkı sayesinde görüntü stabilizasyonu sağlanmış olur (4-6, 10).

Bir taraf anterior semisirküler kanal uyarıldığında, uyarı aynı taraf superior vestibüler çekirdeğe, daha sonra karşı taraf okülomotor çekirdeğe iletilir. Bu şekilde aynı taraf superior rectus kası ve karşı taraf inferior oblik kası kasılarak gözlerin yukarı ve karşı tarafa doğru torsiyonel biçimde dönmesi sağlanır (4-6, 10).

Bir taraf posterior semisirküler kanal uyarıldığında, uyarı aynı taraf medial vestibüler çekirdeğe, daha sonra karşı taraf trochlear çekirdeğe ile karşı taraf okülomotor çekirdeğe iletilir. Bu sayede, aynı taraf superior oblik kası ve karşı taraf inferior rectus kasları kasılarak gözlerin aşağı ve karşı tarafa doğru torsiyonel biçimde dönmesi sağlanır (4-6, 10).

Zaman sabiti: Zaman sabiti (time constant) yavaş faz göz hareket hızının, başlangıç hız değerinin %37'sine düşmesine kadar geçen süre olarak tanımlanır (17). Bu doğrultuda semisirküler kanallardaki zaman sabitleri; cupulanın kafa hareketlerine karşın bükülmesi için geçen zaman T1, cupulanın istirahat haline dönmesi için geçen zaman T2 olarak tanımlanır (23). Cupula ipsilateral ve kontralateral kafa hareketlerine çok hızlı cevap verdiği için T1 süresi çok kısadır. Yine bu yüzden kalorik testte T2 daha baskındır. Kalorik testte ısı iletiminin kişiler arası faktörlere bağlı olması ve değişkenlik göstermesi sebebiyle T2'nin tanısal amaçlı kullanılması önerilmez. Horizontal semisirküler kanal cupulasının istirahat pozisyonuna dönmesi yani T2 zamanı 5-10 saniye kadardır. Ani kafa hareketlerine karşın gelişen nistagmusun (postrotatuar nistagmus) süresi ise cupulanın T2'sinin yaklaşık 3 katı yani 18-30 saniye kadardır. Bu farklılık beyin sapı ve serebellar üniteler tarafından uyarı depolanması ile oluşan 'hız depolama mekanizması' (velocity storage mechanism) tarafından sağlanır. Bu mekanizmanın santral komponenti tam aydınlatılamamış olmasına rağmen optokinetik sistemle ilişkisi üzerinde durulmaktadır. Vestibüler sistem normalde 0.003-5 Hz arasındaki frekanslara duyarlı olmakla beraber cupula 0.8 Hz'ten küçük uyarıları algılayamaz. Ancak hız depolama sistemi sayesinde vestibuler sistemin alçak frekansa duyarlılığı artırılmaktadır. Bu hareketleri daha iyi anlamak için; bir ufak postüral salınmanın yaklaşık 0.01 Hz, ani bir kafa çevirmenin 5 Hz civarında olduğunu belirtmekte fayda

vardır. Klinikte zaman sabiti periferik vestibuler ve serebellar bozukluklarda farklı etkilenmektedirler. Örneğin; bir tarafta periferik vestibüler bozukluk olduğu zaman lezyon tarafına doğru baş hareketi sonucu oluşan postrotatuar nistagmus zaman sabitinin azalarak, cupula zaman sabitine yaklaşması gözlenir. Serebellar nodulus lezyonlarında ise postrotatuar nistagmusun zaman sabitinin normal değerlerin üzerine çıktığı gözlenir (4, 17).

Ewald kanunları: Temel olarak refleks göz hareketleri, semisirküler kanalların uyarımları ve endolenf akımları ile ilgili olan 3 kanun ile açıklanır. Fluoren'in kanununa benzer şekilde Ewald'ın birinci kanununa göre: bir kanalın uyarılması sonucu ortaya çıkan göz hareketleri, o kanalın düzleminde ve endolenf akımı yönünde gerçekleşir. Ewald'ın ikinci kanunu, "Lateral semisirküler kanalda ampullopetal endolenf akımı, ampullofugal endolenf akımına kıyasla daha büyük cevap doğurur" olarak lateral kanal ile ilgilidir. Ewald'ın üçüncü kanunu ise, "Anterior ve posterior kanallarda ampullofugal endolenf akımı, ampullopetal endolenf akımına kıyasla daha büyük cevap doğurur" olarak diğer kanallar ile ilgilidir (6).

Otolit-oküler refleks: Otolit-oküler refleks çok iyi aydınlatılmış olmasına rağmen doğrusal hareketler ve yerçekimine karşı, gözlerin nesnelere üzerinde sabitlenmesinde etkisi olduğu düşünülmektedir.

Otolit organlardan kaynaklı uyarılar küçük vertikal göz hareketleri meydana getirmektedir. Bu bağlamda otolit-oküler reflekslerin gözlerin aynı yatay düzlemde hizalanmasında görevli olduğu düşünülmektedir. Patolojik oküler tilt cevabı (*ocular tilt reaction, OTR*) otolit ve vertikal kanal yolak problemlerinde görünür ve 3 bileşenden oluşur. Bu bileşenlerden ilki bir gözün yukarı, ikincisi diğer gözün aşağı doğru kayması (*vertical skew deviation*); üçüncüsü başın, altta kalan kulağa doğru yönelmesi ve altta kalan kulağa doğru olan dairesel torsiyonel göz hareketidir.

Klinik amaçlı otolit organların ses, titreşim, galvanik (elektriksel) akım gibi fizyolojik olmayan uyarılar kullanılarak uyarılması ve ortaya çıkarılan cevapların boyun veya ekstraoküler göz kaslarından ölçülmesini sağlayan yöntemler giderek artan sıklıkla kullanılmaktadır. Servikal kaslardan ölçüm yapılıyor ise, "servikal vestibüler uyarılmış miyojenik potansiyeller (*cervical vestibular evoked myogenic*

potentials, cVEMP”); ekstraoküler kaslardan ölçüm yapılıyor ise “oküler vestibüler uyarılmış miyojenik potansiyeller (*ocular vestibular myogenic potentials, oVEMP*)” olarak adlandırılmaktadır.

Vestibülospinal refleksler: Vestibüler organlardan çıkan uyarılar spinal korda doğru giderken; vestibülospinal, vestibülokolik, ve retikülospinal traktus yollarını kullanırlar. Bu reflekslerin asıl görevi vücut postür değişiklikleri esnasında dengeyi idame ettirmektir. Dengenin idamesinde yerçekimine karşı koyan kasların kasılıp gevşemeleri spinal korda giden veriler sayesinde sağlanmış olmaktadır. Bu kaslara giden eksitator uyarılar, aynı taraflı lateral vestibüler çekirdekten çıkar ve lateral vestibülospinal tractus ile taşınır. Bunun yanı sıra her bir taraftaki medial vestibüler çekirdekten köken alan bir medial vestibülospinal yol da mevcuttur.

Retiküler çekirdeklerden kaynaklanan uyarılar ise retikülospinal tractus yoluyla spinal korda ulaşır. Bu yolların patolojilerinde denge bozuklukları ile ortaya çıkabilir. Örnek olarak, bir tarafta vestibüler hasar var ise, aynı taraf kas tonusu azalır ve genellikle aynı tarafa doğru düşme eğilimi olabilir (6, 7, 13, 16).

Sakkülden çıkan geçici inhibitör uyarılar vestibülokolik refleks yolu ile aynı taraflı boyun kaslarına taşınır. Klinik olarak da bu refleks arkı ile çıkan cevap vestibüler uyarılmış miyojenik potansiyeller olarak tespit edilir.

Vestibülotalamik uzanımlar: Talamusun venral posterolateral, ventrolateral, santral lateral çekirdekleri superior ve medial vestibüler çekirdekler kaynaklı lifler almaktadır. Bu lifler talamusa ulaşırken medial longitudinal fasikulus, Deiters traktusu ve superior serebellar pedünkül yollarını kullanırlar. Ayrıca rostral dorsal medial geniculate çekirdek te inferior vestibüler çekirdekten kaynaklanan lifler almaktadır. Bu lifler superior serebellar pedünkül, medial longitudinal fasikulus ile lateral lemnisküs yollarını kullanarak ulaşırlar (6).

Proprioseptif duyu (Derin duyu): Vestibüler organlar başın diğer vücut kısımlarına göre konumunu saptamada yetersiz kalırlar. Bu organlar daha çok baş hareketleri ve konumu ile ilgili bilgi sağlamaktadır. Başın diğer vücut kısımlarına göre konumunu saptama gibi görevler proprioseptörler tarafından üstlenilmiştir. Esasen bu yapılar kas veya tendondaki gerilim değişikliklerini algılayabilen duyuusal

sinir uçlarıdır. Bu sinir uçlarının sağladığı veriye proprioseptif bilgi denir ve bu veri direkt olarak beyin sapındaki vestibüler ve retiküler çekirdeklere veya indirekt olarak serebellum üzerinden iletilebilir (7, 13).

Dengeninin sağlanmasında boyundaki proprioseptörler, ayak tabanlarındaki basınç algılayıcıları ve eksteroseptif bilgi gibi çeşitli etmenler rol oynar. Özellikle baş eğilmesi gibi durumlarda eğilen boyunda bulunan proprioseptörlerden gelen uyarılar vestibüler organların yaratmış olduğu dengesizlik hissini idame ettirirler. Yine ayak tabanlarında bulunan basınç algılayıcıları ağırlığın her iki ayak arasında eşit şekilde dağılma durumunu ve iki ayak konumlarını algırlar. Bu eksteroseptif bilgi özellikle koşarken dengenin sağlanması için gereklidir. Ayrıca hareket ederken vücuda önden gelen hava basıncı, yerçekiminden farklı kaynağa karşı hareket olduğunun algılanmasını ve buna karşın vücudun öne eğilmesini sağlar (7).

2.1.3. Baş İtme Testi (Head Impulse/Head Thrust Test)

Baş itme testi ilk olarak Halmagyi ve Curthoys tarafından 1988 yılında tanımlanmıştır. Hızlı pasif baş hareketlerinden yararlanılarak VOR'un değerlendirilmesini sağlayan uygulaması kolay bir testtir (18). Testi yapan kişi oturan hastanın önüne geçerek hastanın başını 30° kadar öne doğru eğerek bu sayede lateral semisirküler kanalları yer düzlemi ile paralel hale getirmiş olur. Hastadan, belli bir hedefe bakması ve gözünü hedefte sabit tutmaya çalışması istenir ki bu hedef testi yapanın burnu ya da alını gibi konsantre olması kolay bir alan olmalıdır. Testi uygulayan kişi hastanın başını her iki yandan kavrayarak yüksek ivmeli bir itme hareketi yaptırır. Bu hareket, tek yöne ani (>3000 derece/s²), hasta tarafından tahmin edilmeden ve 20-30 dereceden daha az açılı olarak yapılmalıdır. Test esnasında, hastanın görsel fiksasyonunun hareket süresince devamlılık durumu, hastanın hedefi kaçırmaması durumunda yeniden yakalamak için düzeltici göz hareketlerinin varlığı tespit edilir. Gözlerin hedefi yeniden yakalamak için olan bu hareketine 'sakkad' denir. Bu düzeltici yakalama sakkadları, özellikle şiddetli unilaterale yada bilateral vestibüler kaybı olan hastalarda saptamak mümkündür. Hareket esnasında kafa hasarlı labirent yönünde itildiğinde hasta gözlerini hedeften kaçırmaz ve baş itildiği sırada veya hemen sonrasında hastanın gözlerinde düzeltici bir

sakkad meydana gelecektir. Bu olay hasarlı taraf kulakta VOR'un nöral katkısının azalmış olması ve sağlam kulaktan gelen inhibitör sinyalin hareket esnasında bakış stabilitesini sağlamaya yetersiz kalmasıdır. Normal bireylerde veya çok hafif vestibüler kayıplarda VOR sağlamsa yakalama sakkadları tespit edilemeyebilir. Örnek olarak, sağ taraflı vestibüler kaybı olan bir hastada kafaya sağa itme hareketi uygulandığında görsel fiksasyonu sağlayamayacak ve hedefi gözleriyle yeniden yakalamak için sola doğru düzeltici bir sakkad hareketi yapacaktır. Semisirküler kanalları değerlendirmek için yatay düzlemde baş itme hareketleri, anterior ve posterior içinse buldukları düzleme uygun olan baş itme hareketleri ile test etmek gereklidir (19).

Baş itme testinin kamera yardımlı yapılan modifikasyonuna video Head Impulse Test (vHIT) denmekte ve daha doğru sonuçlar alınabilmektedir (20, 21). Çıplak gözle saptanamayan sakkadların yüksek çözünürlükte kayıtlar sayesinde hızlıca saptanabilmesi ve elde edilen VOR kazanç eğrilerinin rakamsal olarak bilgisayarda analiz edilmesi mümkündür. Bu testte kullanılan iki kamera sistemi mevcuttur. İlk sistemde harici bir kamera hastanın yüzüne dönük şekilde uzağa konumlandırılmış ve göz hareketlerini kaydetmektedir. Diğer sistemde ise, kamera hastanın başına takacağı bir gözlüğün üzerine konumlandırılmıştır. Bu ikinci gözlük tipi kameralı sistemin göz hareketlerini saptamada altın standart kabul edilen “*corneal/scleral search coil*” tekniğindeki benzer güvenilirlikte sonuçlar veren, geçerli ve güvenilir bir test olduğu belirtilmiştir (22). Bu çalışmada göz hareketleri gözlük tipi kamera kullanılarak vHIT yapılmış ve sonuçlar kayıt edilmiştir.

3. HASTALAR VE YÖNTEM

Bu prospektif klinik çalışma, Ekim 2017 ile Haziran 2018 tarihleri arasında Sağlık Bilimleri Üniversitesi Bakırköy Dr. Sadi Konuk Araştırma ve Uygulama Merkezi Kulak Burun Boğaz Hastalıkları Kliniği'nde gerçekleştirildi. Çalışma Helsinki Bildirgesi, İyi Klinik Uygulamalar Kılavuzu ilkelerine uygun olarak gerçekleştirildi. Çalışma Bakırköy Dr. Sadi Konuk Eğitim ve Araştırma Hastanesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu tarafından onaylandı (Etik kurul no: 2017/132). Çalışmaya katılan tüm olgular çalışma hakkında bilgilendirildi ve aydınlatılmış onam alındı.

Çalışmaya baş dönmesi şikayeti ile polikliniğimize başvuran 34 olgu (6 erkek 28 kadın; ortalama yaş 50.2 ± 14.8 yıl, yaş aralığı 18-65 yıl) dahil edildi. Çalışmaya son altı ay içerisinde baş dönmesi yakınması olan, son bir ay içerisinde herhangi bir ilaç kullanmamış olan, otolojik cerrahi ve kafa travma öyküsü olmayan, vertigoya neden olabilecek santral patolojilerin ekarte edildiği, bilinen sistemik hastalığı olmayan ve ilaç kullanım öyküsü olmayan olgular dahil edildi. Bu kriterleri karşılamayan olgular çalışma dışı bırakıldı.

Tüm olgular serebellopontin köşe tümörünü ekarte etmek için kontrastlı kulak magnetik rezonans görüntüleme(MRI) ile değerlendirildi. Kontrastlı kulak MRI da serebellopontin köşe, internal akustik kanal, vestibuler sinirlerin uzun aks, kısa aks ve alan ölçümleri yapıldı.

Tüm olgulara vHIT testi uygulandı ve sonuçlar kayıt altına alındı. vHIT ölçümleri EyeSeeCam vHIT® (Interacoustics, A/S DK-5610, Assens, Danimarka) cihazı ile yapıldı, ve OtoAccess™ bilgisayar programı ile değerlendirildi.

Hasta, düz renkli olan ve üzerine göz hizasında bir hedef yapıştırılmış duvara 1,5 metre mesafede oturtuldu. İlk olarak, gönüllünün başına gözlük yerleştirildi; gözlüğün, baş hareketleri sırasındaki olası kaymaları önleyecek kadar sıkı şekilde takılmış olmasına dikkat edildi. Daha sonra, gözlük üzerinde bulunan ve hareket edebilen kameranın konumu ayarlanarak göz, ekran üzerinde ortalanmış ve kalibrasyon aşamasına geçildi.

Kalibrasyon başlarken, gözlük üzerine yerleştirilmiş olan lazer kaynağından hastanın baktığı duvarın üzerine yansıyan, 8.5° açılarla yerleşmiş 5 adet lazer ışığı noktası oluşturuldu. Hastadan, duvara yansıyan bu noktalardan ortadakini, duvarın üstünde olan hedefin üzerine getirmesi ve başını oynatmaması istendi. Hangi noktaya bakılması gerektiği, bilgisayar ekranında uygulayıcı tarafından izlenerek sesli bir şekilde gönüllüye söylendi. Bakış sırası değişebilmekte ve rastgele olabilmekteydi. Cihazın verdiği komutlara göre 1'er saniye aralarla sağ-sol ortayukarı ve aşağıda bulunan lazer noktalarına bakılması istendi, yaklaşık 24 saniye içinde göz hareketlerinin kalibrasyonuna yönelik bu işlem tamamlandı. Standart göz kalibrasyonu bittikten sonra ise, baş hareketlerinin kalibrasyonuna geçildi. Bu amaçla aktif baş hareketleri kullanıldı, hastadan duvardaki hedefe bakarken başını "evet" der gibi yukarı aşağı ve "hayır" der gibi sağa sola beşer kez çevirmesi istendi. Yaklaşık 15 saniye içinde baş hareketlerinin kalibrasyonu aşaması da tamamlandı. Göz ve baş hareketlerinin kalibrasyonu tamamlandıktan sonra baş itme testine geçildi. Her hastada, her vHIT testi öncesinde kalibrasyon işlemi tekrarlandı.

Test edilen semisirküler kanala göre, test sırasında gönüllünün başı uygulayıcı tarafından tutularak yaklaşık 15 derece açı ile rastgele sağa, sola öne veya arkaya doğru hızlı bir şekilde itildi, bu sırada gönüllünün başını rahat bırakması, boynunu kasmaması ve bakmakta olduğu noktadan gözünü kaçırmamaya çalışması istendi. Lateral semisirküler kanal ölçümleri sırasında gönüllünün başı 30 derece kadar öne eğildi, arkada ayakta bulunan uygulayıcı tarafından mandibula kavranarak sağa ve sola rastgele hızlı baş itme hareketleri uygulandı.

Vertikal kanallar (anterior ve posterior semisirküler kanallar), hasta orta hattaki hedefe bakarken başı vertikal kanal düzlemlerinde itilerek değerlendirildi. 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 edilmektedir. Baş itme aksının test edilen kanalın bulunduğu düzleme göre daha iyi ayarlanabilmesi amacıyla, uygulayıcı gönüllünün arkasında ve sağ ya da sol tarafında durdu. Lateral kanallarda olduğu gibi vertikal kanallarda da her kanal için en az 7-10 baş itme hareketi yapılarak test sonlandırıldı.

Doğru yönde baş itme hareketinin yapıldığını teyit etmek amacıyla, kanalların yerleşim düzlemleri ile yapılan baş hareketinin bu düzlemin içinde yer alıp almadığı bilgisayar ekranından takip edildi. Test sırasında yapılan baş itme hareketinin kabul edilebilir sınırlar içinde olup olmadığı cihaz tarafından tespit edildi ve ölçüm ekranında bir yeşil onay veya kırmızı çarpı işareti ile belirtildi. Kabul edilebilir bir baş hareketi için, baş hızının tepe noktası baş hareketi başladıktan sonraki ilk 150 msn içinde ve 70 °/s'den fazla olması sağlandı. Baş ivmesi 1000 °/s²'den büyük olması sağlandı. Hareket başlangıcından 50 msn önceki baş hızı 20 °/s'yi aşmadı; baş hızının hareket sırasındaki yönü değişmedi. Baş hareketi başlamadan önce, göz ve baş hızları arasındaki maksimum fark, 20 °/s'yi aşmadı. En yüksek hızdaki baş rotasyon aksının yönü, istenen yönün ±45° içindeydi. *Inter-quartile* aralığın 1,5 katından daha hızlı baş hareketleri de hesaplama dışı bırakıldı. Baş itme hareketinin, baş hızı 20 °/s'yi geçtiği zaman başladığı kabul edilmektedir. Bu gereksinimleri karşılayan baş hareketlerine cevaben gelişen göz hareketi kayıtları, bilgisayar ekranında görülebilmekteydi. Baş hareketleri gri renkli, göz hareketleri ise siyah renkli eğrilerle gösterilmekteydi. Kullanım kılavuzunda belirtildiği üzere, her yönde en az 7-10 adet kabul edilebilir baş hareketi yapıldıktan sonra test sonlandırıldı. Bilgisayar programı, bu eğrilerin içinden gürültülü veya artefaktlı olanlarını otomatik olarak eleyerek, son değerlendirmeye almamakta ve rapora dahil etmemektedir. Bu düzeltme işlemi, istenildiği takdirde elle de yapılabilmektedir. Bazı hastaların ölçüm sonuçlarında elle düzeltme işlemine ihtiyaç duyuldu ve uygulandı.

Baş itme hareketine cevaben oluşan VOR, vHIT gözlüğünün bağlı olduğu bilgisayar tarafından ölçülerek bir grafik halinde izlenebilmekte ve VOR'a ilişkin sayısal değerler bilgisayar tarafından saptanmaktadır. Her iki tarafta yer alan toplam 6 semisirküler kanalın hepsi test edildikten sonra sonuçların toplu halde izlenebildiği bir rapor çıktısı alınabilmekteydi. Bu raporda, her kanal için baş göz hareket eğrileri, baş itme hareketi süresindeki hız değişimini gösteren bir regresyon eğrisi, kazanç değerleri (lateral kanallar için 60 msn'deki kazanç ile vertikal kanallar için ortalama regresyon eğrisi kazancı), kanal kazançlarının karşılaştırılabileceği bir dairesel kazanç grafiği ve vertikal baş hareketlerinin yönlerini gösteren bir başka grafik bulunmaktaydı. Tüm testler sırasında gerçekleşen göz hareketlerinin video

kayıtları da alınabilmektedir. Her vHIT testinde aşağıda belirtilen değişkenler hesaplanarak kayıt alındı;

- Lateral semisirküler kanallar için kazanç asimetrisi değeri
- Sağ anterior semisirküler kanal için ortalama regresyon eğrisi (kazanç) değeri
- Sol posterior semisirküler kanal için ortalama regresyon eğrisi (kazanç) değeri
- Sağ anterior ve sol posterior semisirküler kanallar için (RALP) kazanç asimetrisi değeri
- Sol anterior semisirküler kanal için ortalama regresyon eğrisi (kazanç) değeri
- Sağ posterior semisirküler kanal için ortalama regresyon eğrisi (kazanç) değeri
- Sol anterior ve sağ posterior kanallar için (LARP) kazanç asimetrisi değeri

Her vHIT testinden elde edilen sonuçların dökümü alındı. Bu çalışmada vHIT testi sonucu etkilenen kulaktaki vestibuler sinir uzun aksı, kısa aksı ve sinirin kapladığı alanın kulak mrı ölçümleri sağlam kulak ile karşılaştırıldı

4. İSTATİSTİKSEL ANALİZ

İstatistiksel analizler için NCSS® (Number Cruncher Statistical System) 2007 (Kaysville, Utah, USA) programı kullanıldı. Çalışma verileri değerlendirilirken tanımlayıcı istatistiksel metodlar (ortalama, standart sapma, medyan, frekans, oran, minimum, maksimum) kullanıldı. Değişkenlerin dağılımı Kolmogorov Simirnov test ile ölçüldü. Nicel bağımsız verilerin analizinde Mann-Whitney U test kullanıldı. Nitel bağımsız verilerin analizinde ki-kare test kullanıldı. Anlamlılık $p < 0.05$ düzeylerinde değerlendirildi.



5. BULGULAR

Çalışmaya alınan hastaların 10 'unda (%29.6) lateral semisirküler kanal, 12 'ünde (%35.2) anterior semisirküler kanal ve 12 'sinde (%35.2) posterior semisirküler kanal hipofonksiyonu saptandı.

Etkilenen kanal VOR kazançları sağ lateral kanal için 0.78, sol lateral kanal için 0.67, sağ anterior kanal 0.54, sol anterior kanal 0.55, sağ posterior kanal 0.63, sol posterior kanal için 0.58 olarak kaydedildi. Etkilenmeyen kanal VOR kazançları sırasıyla 0.98, 0.88, 0.89, 0.89, 0.93 ve 0.84 olarak kaydedildi (Tablo 1).

Tablo 1. VOR kazanç değişimlerinin etkilenen kanal ve etkilenmeyen kanallara göre dağılımları

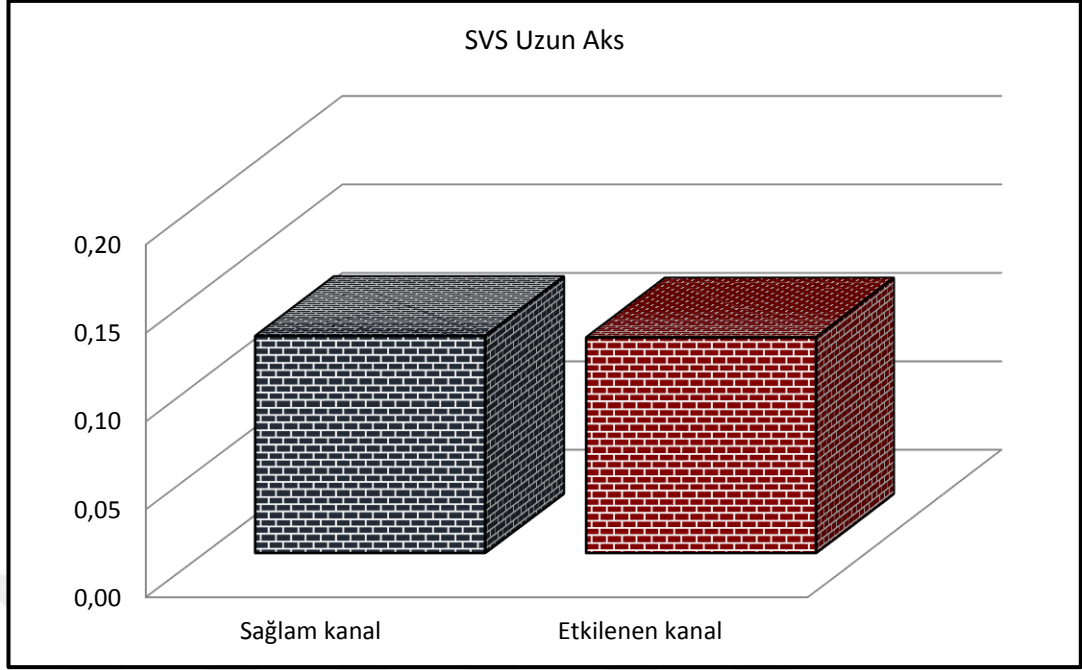
	SAĞ LATERAL KANAL	SOL LATERAL KANAL	SAĞ ANTERİÖR KANAL	SOL ANTERİÖR KANAL	SAĞ POSTERİÖR KANAL	SOL POSTERİÖR KANAL
Etkilenen Kanal VOR Kazancı	0,78 (n:1)	0,67 (n:9)	0,54 (n:9)	0,55 (n:8)	0,63 (n:5)	0,58 (n:8)
Etkilenmeyen Kanal VOR Kazancı	0,98 (n:40)	0,88 (n:32)	0,89 (n:32)	0,89 (n:33)	0,93 (n:36)	0,84 (n:33)

Etkilenen taraf ve sağlam tarafın superior vestibüler sinir uzun aks, kısa aks ve alan değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermemiştir (p değerleri sırasıyla 0.836, 0.626 ve 0.521). (Tablo 2) (Şekil 11-13)

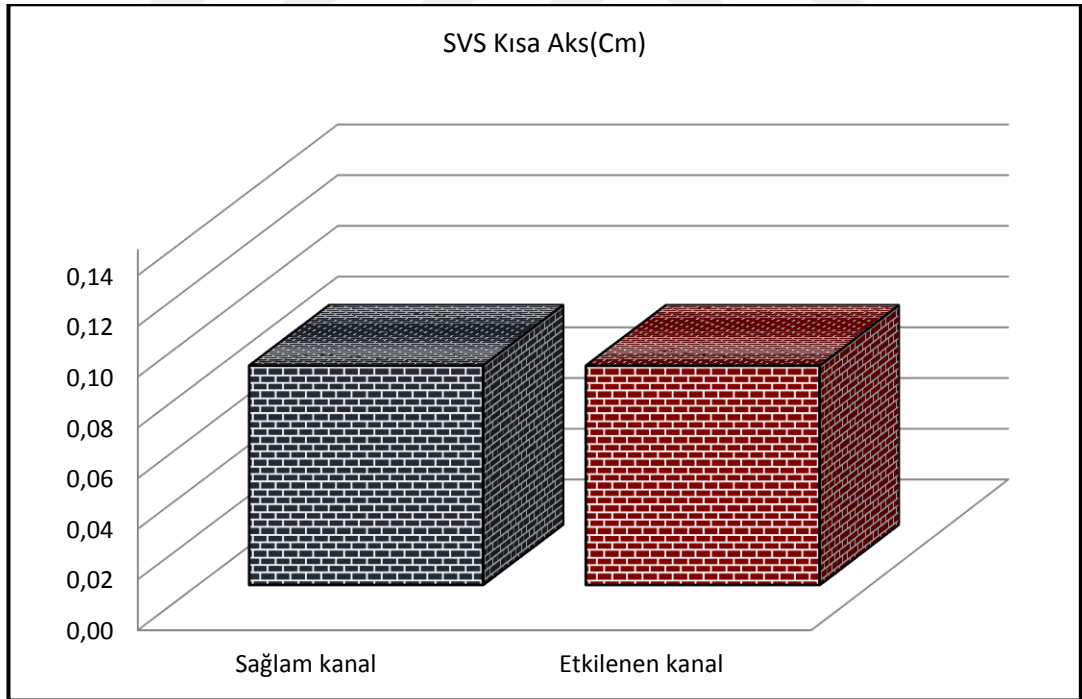
Tablo 2. Süperior vestibüler sinir ölçümlerinin karşılaştırılması.

	Sağlam kanal		Etkilenen kanal		p
	Ort.±s.s.	Medyan	Ort.±s.s.	Medyan	
SVS Uzun Aks	0,12 ± 0,02	0,12	0,12 ± 0,02	0,12	0,836 ^m
SVS Kısa Aks(Cm)	0,09 ± 0,02	0,09	0,09 ± 0,02	0,09	0,626 ^m
SVS Alan(mm ²)	0,95 ± 0,32	0,97	1,01 ± 0,30	1,03	0,521 ^m

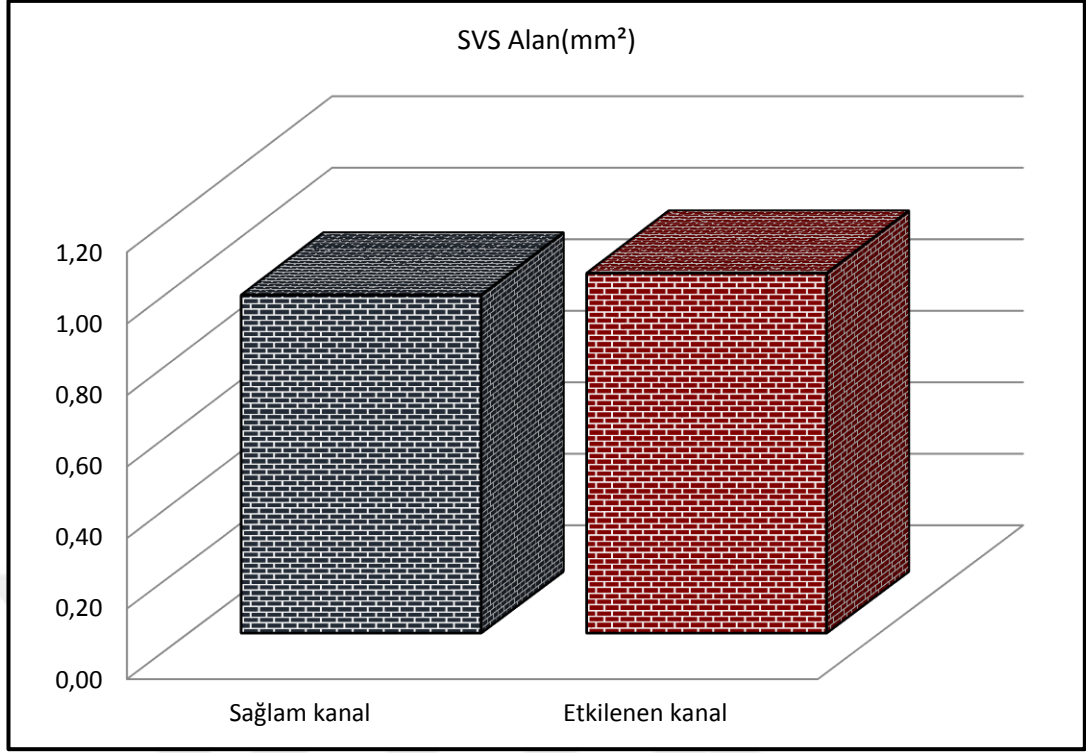
^m Mann-whitney u test



Şekil 11. Etkilenen ve sağlam tarafların Superior vestibuler sinir uzun akslarının karşılaştırılması



Şekil 12. Etkilenen ve sağlam kanalların Superior vestibuler sinir kısa akslarının karşılaştırılması



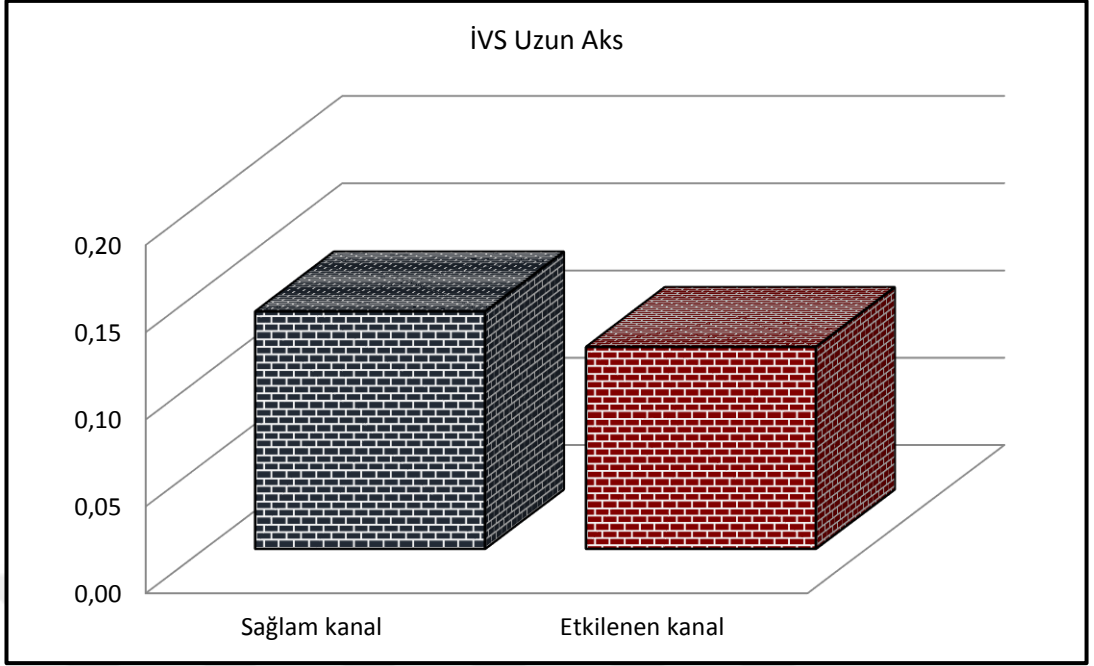
Şekil 13. Etkilenen ve sağlam kanalların Superior vestibuler sinir alanlarının karşılaştırılması

Etkilenen taraf ve sağlam tarafın inferior vestibüler sinir uzun aksı, kısa aksı ve alan değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmamıştır (p değerleri sırasıyla 0.601, 0.328 ve 0.786) (Tablo 3) (Şekil 14-16).

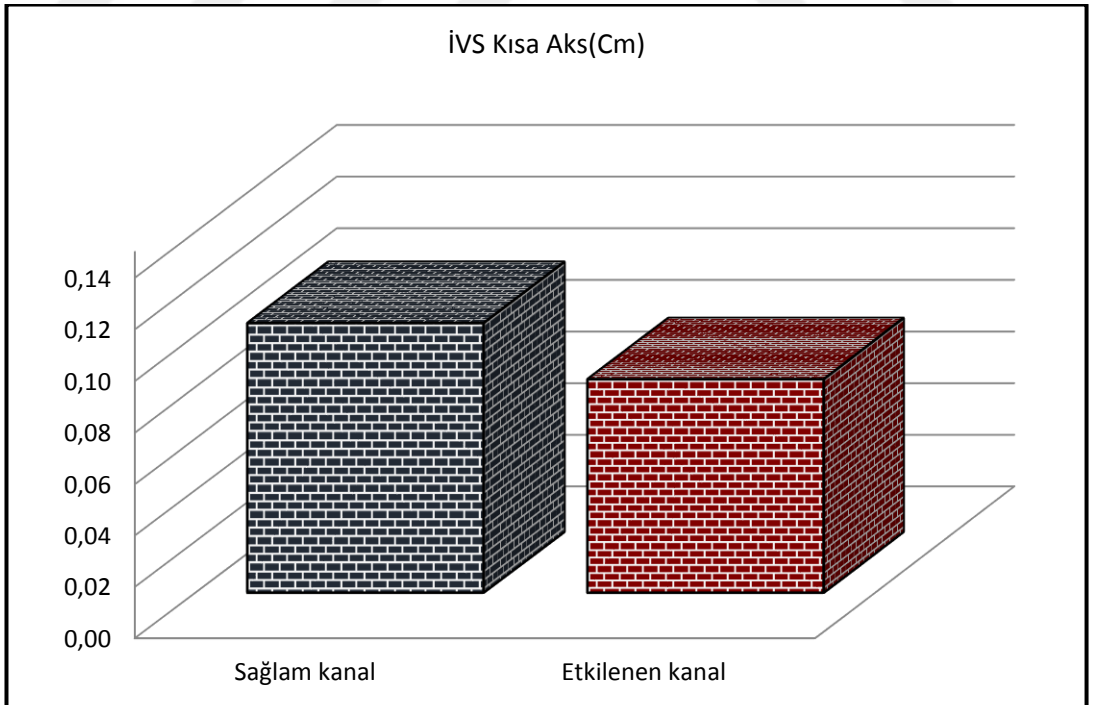
Tablo 3. İnför vestibüler sinir ölçümlerinin karşılaştırılması

	Sağlam kanal		Etkilenen kanal		p
	Ort.±s.s.	Medyan	Ort.±s.s.	Medyan	
İVS Uzun Aks	0,14 ± 0,12	0,11	0,12 ± 0,03	0,11	0,601 ^m
İVS Kısa ks(Cm)	0,10 ± 0,16	0,08	0,08 ± 0,02	0,09	0,328 ^m
İVS Alan(mm²)	0,93 ± 0,37	0,95	0,90 ± 0,31	0,90	0,786 ^m

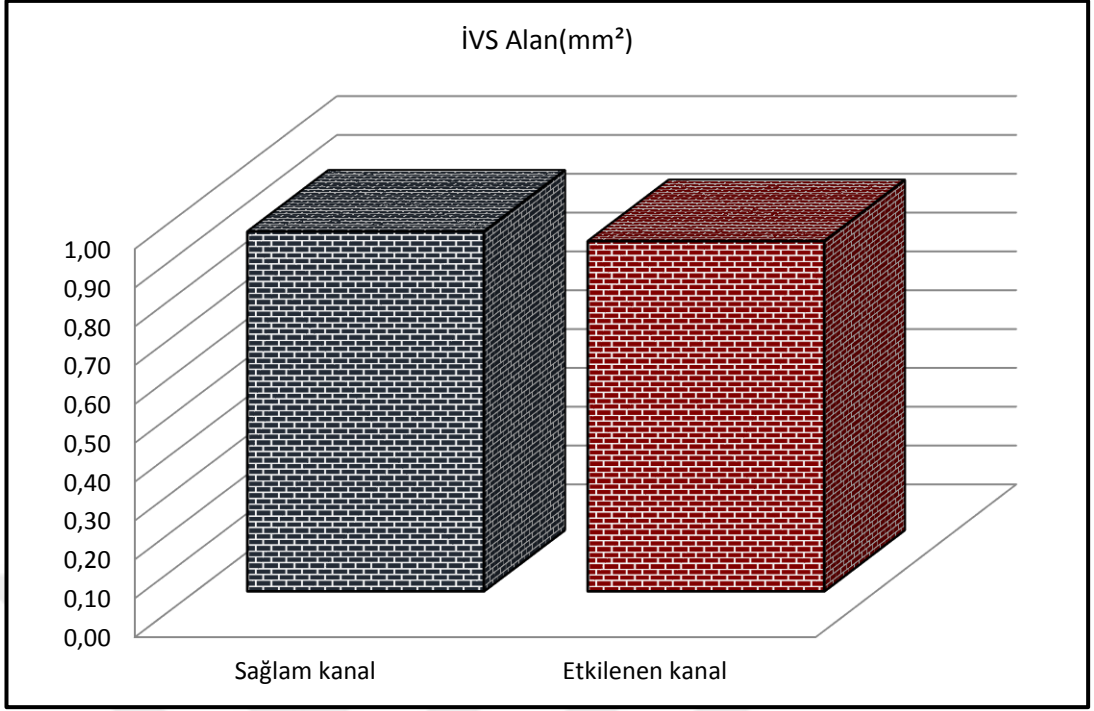
^m Mann-whitney u test



Şekil 14. Etkilenen ve sağlam kanalların İnförior vestibuler sinir uzun akslarının karşılaştırılması



Şekil 15. Etkilenen ve sağlam kanalların İnförior vestibuler sinir kısa akslarının karşılaştırılması



Şekil 16. Etkilenen ve sağlam kanalların İinferior vestibuler sinir alanlarının karşılaştırılması

6. TARTIŞMA

Bu çalışmada, BPPV düşünölen hastalarda vHIT kullanılarak etkilenen kanal saptandı. Tüm hastalara vestiböler sinirlerin topografik ölçümleri yapılarak etkilenen ve etkilenmeyen kanallar karşılaştırıldı. Etkilenen tarafta kompensatuar vestiböler sinir değışimleri olup olmadığı araştırıldı. Literatürde daha önce BPPV saptanan olgularda kompensatuar vestiböler sinir değışimleri ile ilgili bir çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışma, literatür değeriendirildiğinde etkilenen kanalın innervasyonunu sağlayan vestiböler sinir anatomik ölçümlerindeki değışimi inceleyen ilk çalışmadır.

Vestiböler sistemin değeriendirilmesinde en yaygın kullanılan testler videonistagmografi test bataryasıdır (okulomotor testler, pozisyonel testler ve kalorik test) dir (26, 31). Klinik pratikte oldukça sık kullanılan bu testlerin yanında HIT ve vHIT testleri de vertigo merkezlerinde kullanılmaya başlanmıştır.

Vertigo değeriendirilmesinde kullanılan testlerin çoğunlukla subjektif olması ve testi yapan kişiye bağlı olması nedeniyle objektif testlerin geliştirilmesine ihtiyaç duyulmuştur. Kalorik test, periferal vestiböler patolojiler için klinik kullanımı oldukça yaygın olan bir test olmasına rağmen, kalorik testin vestiböler sistemin sınırlı bir bölümünü test etmektedir. Kalorik testte, sadece lateral SSK'ları düşük frekansta (0,002-0,004 Hz) test edilebilmektedir (27, 32). Günlük yaşamda, SSK'lar üç düzlemdede daha yüksek frekanslarda uyarılmaktadırlar. Bu yüzden, periferal sistemin daha büyük bölümünü test edebilen güvenilir objektif metodların geliştirilmesinin ihtiyaçı doğmuştur.

Klinik head impulse testinde (HIT), baş kısa süreli ve hızlı itme hareketleri uygulanırken, gözden elde edilen bulgular değeriendirilmektedir. Baş itme sırasında uyarılan kanaldaki periferal bir bozukluğun sonucu olarak meydana gelen açık sakkadların (overt saccad) gözlenmesi esasına dayanmaktadır (28-30). HIT, VOR'i kalorikten daha yüksek duyarlılıkla değeriendirmektedir (33). Literatürde klinik HIT ile kalorik test performanslarını karşılaştan birçok çalışma bulunmaktadır. Perez ve Rama-Lopez 'in kalorik testi referans olarak aldığı bir çalışmada, klinik HIT' in özgülüğü %91 ve hassaslığı %45 olarak bulunmuştur (32). Schubert ve ark.'ları 79 unilateral vestiböler hipofonksiyonu olan ve 32 bilateral vestiböler hipofonksiyonu

olan hasta üzerinde yaptığı çalışmada, klinik vHIT'in %82 özgüllükle vestibüler hipofonksiyonu saptadığını, %71 hassaslıkta unilateral hipofonksiyonu ve %84 hassaslıkla bilateral hipofonksiyonu saptadığını bildirmişlerdir (34). Rohrmeier ve ark.'nın 151 vestibüler bozukluğu olan hastalar üzerinde yaptığı bir çalışmada, spontan nistagmus, head-shaking nistagmus ve klinik HIT testi kullanmışlar ve HIT testinin özgüllüğünü %85 hassaslığını ise %64 olarak bildirmişlerdir (35).

Curthoys, "scleral search coil" değerlendirmesinin refleksiyon sakkadları gibi göz hareketlerini gözlemek ve kayıt etmek için uygun bir yöntem olduğunu bildirmiştir (36). Topikal anestezi altında skleraya yerleştirilen elektrotlar ile gerçekleştirilen ve günümüzde hala altın standart olarak kabul edilen bu yöntem, göz hareketlerini oldukça hassas bir şekilde kayıt edebilmektedir. Ancak pahalı ve pratik olmayan bir methoddur. Teknolojik gelişmelerin ilerlemesiyle birlikte, Halmagyi ve Curthoys'un geliştirdiği HIT metodunun prensiplerini temel alan vHIT, göz hareketlerini kayıt etmek için video kamera kullanan daha objektif bir metod olduğu ortaya çıkmıştır (30). Vhit testinde, video kayıt sistemi içeren bir bilgisayar programı, hafif ağırlıkta bir gözlük ve gyroscope kullanılmaktadır (37).

Normal şartlar altında, uzak bir hedefe bakan bir kişinin başı bir yöne doğru itilirse gözler hedefe bakmaya devam eder. Bu durumun gerçekleşmesi, baş hareketi ile aynı hızda ve ters yönde meydana gelen göz hareketleri sayesinde sağlanır. Bu göz hareketleri; semisirküler kanalların kristallarının uyarılması sonucu oluşan VOR'un devreye girmesi ile gerçekleştirilir. Normal kişilerde VOR kazancı, baş hızı göz hızına eşit olacağı için 1 olmalıdır. Ancak, VOR kazancı 1'den düşük ise; yapılan baş hareketi ile bakışın hedef noktadan kaydığı ve bu anormalliği düzeltmek için ters yönde düzeltici sakkadlar meydana geldiği gözlenir. Bu düzeltici hareketler eğer baş hareketi sonlandıktan sonra meydana geliyor ise açık (overt) sakkad adını almaktadır. Overt sakkadlar, unilateral kanal paralizi olanlarda önemli bir klinik bulgudur. Eğer bu hareketler baş hareketi sırasında meydana geliyor ise gizli (covert) sakkad adını alırlar. Bu düzeltici hareketlerin çıplak gözle gözlemlenmesi çok zordur ve bu zorluk klinik HIT'in dezavantajı olarak karşımıza çıkmaktadır. vHIT ile birlikte bu dezavantaj aşılmakta ve baş hızına bağlı olarak meydana gelen VOR kazancı grafiksel olarak gösterilebilmektedir. VOR, yüksek kafa ivmesi ile birlikte kısa bir süre içinde ölçülebilmektedir (23,37). Ayrıca vHIT metoduyla birlikte 6 SSK

değerlendirilebilmektedir. Weber ve ark.'ı, HIT'in hata payının yüksek olmasının, gizli sakkadların çıplak gözle görülememesine ve gözden kaçmasına bağlı olduğunu bildirmektedir (38). Perez ve Rama-Lopez, çeşitli vestibüler hastalık teşhisleri bulunan 179 hastada HIT ve vHIT sonuçlarını karşılaştırmışlar ve testlerin %32,1'inde farklı sonuçlar çıktığını bildirmişlerdir (32).

vHIT 'in tanısal değeri birçok çalışmada gösterilmiştir. Bell ve ark., vHIT'in hassaslığını %29 ve özgüllüğünü %96 bildirmişlerdir (39). Blödow ve ark., Meniere ve vestibüler migren olan iki grup hastada yaptıkları çalışmada, kalorik ve vHIT sonuçlarının, Meniere olan grupta %55 korelasyon gösterdiğini, vestibüler migrende ise %40 korelasyon gösterdiğini bildirmişlerdir (40). Walther ve Blödow, akut vestibüler nörit hastalarında yaptıkları çalışmada, hastaların oVEMP ve cVEMP ve vHIT testlerini birlikte değerlendirmişler ve vHIT'in vestibüler nöritin kaynaklandığı bölge hakkında ek bilgi verdiğini bildirmişlerdir.

vHIT'te doğru ve güvenilir bir sonuç elde etmek için, hastanın teste uyum içinde katılımı önemlidir. Bu nedenle uygulayıcı hastaya neler yapması gerektiğini ayrıntılı bir şekilde anlatmalıdır. Test gözlüğünün hastanın başında kayma ihtimalini en aza indirecek şekilde sabitlenmesi gerekir. Gözlükten kaynaklanan artefaktlar yanlış ölçüm yapılmasına neden olabilmektedir (38,39). Uygulama sırasında hastanın tam olarak neresinde durulması gerektiği ve baş itme hareketlerinin hangi yöntemle yapılması gerektiği bilinmelidir. Kamera açısı ve kalibrasyon test sırasında oldukça önemlidir. Kamera ayarını yaparken pupilla görüntüsünün tam merkezde olmasına dikkat edilmelidir. Ölçümler sırasında hastanın sürekli gözlerini açık tutması sağlanmalıdır. Ölçüm sırasında, horizontal ve vertikal kanalları ölçmek için hastaya uygulanan baş itme hareketlerinin pozisyonu ve uygulayan kişinin pozisyonu koordineli olarak değişmelidir. Lateral kanallar değerlendirilirken, hastanın tam arkasında durulmalı ve iki el kullanılarak hastanın mandibula çevresi kavranmak suretiyle tutulmalıdır. Vertikal kanallar için de test edilen vertikal kanal yönünde diagonal baş itme hareketleri uygulanması gerekir. Hastanın başına sagittal yönde yapılan itme hareketleri de bir başka yöntemdir. Ancak bu yöntem sırasında hastanın hedef noktaya bakması zor olabilir ve pupilla kamera görüntüsünün dışına çıkabilir. Baş itme hareketleri hastanın beklemediği anda ve beklemediği tarafa yapılmalıdır. Ayrıca baş itme hareketleri ard arda hızlı bir şekilde yapılmamalıdır. Her itme

hareketi arasında bir zaman farkı olmalıdır ve mümkün olduğunca yavaş yapılmalıdır (23-25).

Bu çalışmada, vestibüler sistemin değerlendirilmesinde vHIT testi kullanıldı. Baş dönmesi şikayetiyle başvuran hastaların tamamında unilaterale kanal hipofonksiyonu saptandı. Vestibüler sinirlerin değerlendirilmesi için çekilen kulak MRI da superior ve inferior vestibüler sinirlerin ölçümleri yapıldı. Etkilenen taraf ile etkilenmeyen taraf karşılaştırıldı. Taraflar arasında sinirlerin ölçümlerinde farklılık saptanmadı. Vestibüler sinir anatomik boyut ölçümlerinin, BPPV hastalarındaki farkları konusunda literatürde bilgi bulunmamaktadır. Vestibüler sinir anatomik ölçümlerine etki eden faktörler bilinmemektedir. Vestibüler sinir anatomik ölçümlerine etki eden faktörlerin araştırılmasına ihtiyaç vardır.

Bu çalışma, önemli bilgiler içermesine rağmen, bazı limitasyonları mevcuttur. Hasta sayısının az olması başlıca limitasyon olarak kabul edilebilir. Hasta grubu olarak sadece BPPV'si olan hastaların dahil edilmiş olması başka bir limitasyondur. Farklı etyolojik faktörlerin vestibüler sinir anatomik ölçümleri ile olan ilişkisinin araştırılmasına ihtiyaç vardır.

7. SONUÇ

Bu çalışmada, BPPV etyolojisi araştırılırken vHIT'in etkilenen kanalın saptanmasında etkin, güvenilir ve uygulaması kolay bir test olduğu görüldü. BPPV'de vestibüler sinirin uzun aksı, kısa aksı ve kapladığı alanın mri ölçümlerinde; sağlam taraf ile etkilenen taraf arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermediği saptandı. Bundan sonra daha fazla hasta sayısı ile yapılacak farklı etyolojik faktörlerin araştırıldığı çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.



8. KAYNAKLAR

- 1- Baloh RW, Honrubia V. Vestibular physiology. In: Cummings CWea, editor. Otolaryngology Head and Neck Surgery. 3rd edition ed. St Louis, A.B.D.: Mosby Years Book; 1998. p. 2584-622.
- 2- Hızal E. Vestibüler sistemin anatomi ve fizyolojisi. In: Belgin E, editor. Temel Odyoloji. Ankara: Güneş Tıp Kitabevleri; 2015. p. 57-69.
- 3- Gacek RR. Anatomy of the central vestibular system. In: Jackler RK, Brackmann DE, editors. Neurotology. Philadelphia, USA: Elsevier Mosby; 2005. p. 75-90.
- 4- Schwarz DWF, Tomlinson RD. Physiology of the vestibular system. In: Jackler RK, Brackmann DE, editors. Neurotology. Philadelphia, USA: Elsevier Mosby; 2005. p. 91-121.
- 5- Barin K. Clinical neurophysiology of the vestibular system. In: Katz J, editor. Handbook of Clinical Audiology. Philadelphia, USA: Lippincott Williams&Wilkins; 2009. p. 431-67.
- 6- Fife TD. Overview of anatomy and physiology of the vestibular system. In: Eggers SDZ, Zee DS, editors. Vertigo and imbalance: Clinical neurophysiology of the vestibular system. Handbook of clinical neurophysiology. 9. Amsterdam: Elsevier; 2010. p. 5-17.
- 7- Guyton AC, Hall JE. Cortical and brain stem control of motor function In: Guyton AC, Hall JE, editors. Textbook of Medical Physiology. Eleventh ed. Philadelphia, USA: Elsevier Saunders; 2006. p. 685-97.
- 8- Akyıldız AN. Kulak Hastalıkları ve Mikrocerrahisi. 1. Baskı ed. İstanbul: Nobel Tıp Kitabevi; 1998. p. 103-16.
- 9- Lee KJ. Anatomy of the ear. In: Lee KJ, editor. Otolaryngology Head and Neck Surgery. 8th edition ed. New York, A.B.D.: McGraw Hill; 1989.
- 10- Erbek HS. Sağlıklı erişkin bireylerde oküler vestibüler uyarılmış miyojenik potansiyel (oVEMP) normal değerleri. Ankara: Baskent Üniversitesi; 2012.

- 11- Pansky B. The vestibulocochlear system: Histogenesis of the internal ear 2015 [26.01.2015]. Available from: <http://discovery.lifemapsc.com/library/review-ofmedical-embryology/chapter-173-the-vestibulocochlear-system-histogenesis-ofthe-internal-ear>.
- 12- Toth M, Csillag A. The organ of hearing and equilibrium. In: Csillag A, editor. Atlas of the sensory organs Functional and clinical anatomy. Totowa, New Jersey: Humana Press; 2005. p. 1-85.
- 13- Van De Graaff KM. Senses of hearing and balance. In: Van De Graaff KM, editor. Human Anatomy. Sixth ed. USA: The McGraw-Hill Companies; 2001. p. 516-30.
- 14- Assad JA, Shepherd GM, Corey DP. Tip-link integrity and mechanical transduction in vertebrate hair cells. *Neuron*. 1991;7(6):985-94.
- 15- Mazzoni A. The vascular anatomy of the vestibular labyrinth in man. *Acta otolaryngologica Supplementum*. 1990;472:1-83.
- 16- Kim JS, Lee H. Inner Ear Dysfunction Due to Vertebrobasilar Ischemic Stroke *Semin Neurol*. 2009;29(5):534-540.: Medscape; [cited 2015 26.01.2015]. Available from: http://www.medscape.com/viewarticle/714338_2.
- 17- Piker EG, Garrison DB. Clinical neurophysiology of the vestibular system. In: Katz J, editor. Handbook of Clinical Audiology. 7th edition ed. Philadelphia, USA: Wolters Kluwer; 2015. p. 381-97.
- 18- Halmagyi GM, Curthoys IS. A clinical sign of canal paresis. *Archives of neurology*. 1988;45(7):737-9.
- 19- Aw ST, Halmagyi GM, Haslwanter T, Curthoys IS, Yavor RA, Todd MJ. Threedimensional vector analysis of the human vestibuloocular reflex in response to high-acceleration head rotations. II. responses in subjects with unilateral vestibular loss and selective semicircular canal occlusion. *Journal of neurophysiology*. 1996;76(6):4021-30.

- 20- Hale T, Trahan H, Parent-Buck T. Evaluation of the patient with dizziness and balance disorders. In: Katz J, editor. Handbook of Clinical Audiology. 7th edition ed. Philadelphia, USA: Wolters Kluwer; 2015. p. 398-424.
- 21- Hızal E. Vestibüler sistem bozuklukları: Değerlendirme, tanı ve rehabilitasyon yaklaşımları. In: Belgin E, editor. Temel Odyoloji. Ankara: Güneş Tıp Kitabevleri; 2015. p. 443-67.
- 22- MacDougall HG, Weber KP, McGarvie LA, Halmagyi GM, Curthoys IS. The video head impulse test: diagnostic accuracy in peripheral vestibulopathy. *Neurology*. 2009;73(14):1134-41.
- 23- MacDougall HG, McGarvie LA, Halmagyi GM, Curthoys IS, Weber KP. Application of the video head impulse test to detect vertical semicircular canal dysfunction. *Otol Neurotol*. 2013 Aug;34(6):974-9
- 24- Alhabib SF, Saliba I. Video head impulse test: a review of the literature. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 2017 Mar;274(3):1215-1222
- 25- Halmagyi GM, Chen L, MacDougall HG, Weber KP, McGarvie LA, Curthoys IS. The Video Head Impulse Test. *Front Neurol*. 2017 Jun 9;8:258. doi: 10.3389/fneur.2017.00258. eCollection 2017.
- 26- Kim JS, Zee DS. Clinical practice. Benign paroxysmal positional vertigo. *N Engl J Med*. 2014 Mar 20;370(12):1138-47. doi: 10.1056/NEJMcp1309481.
- 27- Silva C, Amorim AM, Paiva A. Benign paroxysmal positional vertigo--a review of 101 cases. *Acta Otorrinolaringol Esp*. 2015 Jul-Aug;66(4):205-9.
- 28- Nuti D, Masini M, Mandalà M. Benign paroxysmal positional vertigo and its variants. *Handb Clin Neurol*. 2016;137:241-56.
- 29- Wiest G. The origins of vestibular science. *Ann N Y Acad Sci*. 2015 Apr;1343:1-9.
- 30- Halmagyi GM, Curthoys IS. A clinical sign of canal paresis. *Archives of Neurology*. 1988;45(7): 737-739.
- 31- Velenovsky DS. Electronystagmography and Videonystagmography (ENG/VNG). *Ear Hear*. 2015 Mar-Apr;36(2):e61.

- 32- Perez N, Rama-Lopez J. Head-impulse and caloric tests in patients with dizziness. *Otology & Neurotology*.2003; 24(6): 913-917.
- 33- Jorns-Häderli M, Straumann D, Palla A. Accuracy of the bedside head impulse test in detecting vestibular hypofunction. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*.2007; 78(10): 1113-1118.
- 34- Schubert MC, Tusa RJ, Grine LE, Herdman SJ. Optimizing the sensitivity of the head thrust test for identifying vestibular hypofunction. *Physical Therapy*.2004; 84(2): 151-158.
- 35- Rohrmeier C, Richter O, Schneider M, Wirsching K, Fiedler I, Haubner F, Kühnel TS. Triple test as predictive screen for unilateral weakness on caloric testing in routine practice. *Otology & Neurotology*.2013; 34(2): 297-303.
- 36- Curthoys IS. The interpretation of clinical tests of peripheral vestibular function. *The Laryngoscope*.2012;122(6): 1342-1352.
- 37- MacDougall HG, McGarvie LA, Halmagyi GM, Curthoys IS, Weber KP. The video Head Impulse Test (vHIT) detects vertical semicircular canal dysfunction. *PLoS One*. 2013 Apr 22;8(4):e61488.
- 38- Weber KP, MacDougall HG, Halmagyi GM, Curthoys IS. Impulsive Testing of Semicircular - Canal Function Using Video - oculography. *Annals of the New York Academy of Sciences*.2009; 1164(1): 486-491.
- 39- Bell SL, Barker F, Heselton H, MacKenzie E, Dewhurst D, Sanderson A. A study of the relationship between the video head impulse test and air calorics. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*.2014; 272(5): 1287-1294.
- 40- Blödow A, Heinze M, Bloching MB, von Brevern M, Radtke A, Lempert T. Caloric stimulation and video-head impulse testing in Ménière's disease and vestibular migraine. *Acta Oto-Laryngologica*. 2014; 134(12): 1239-1244.
- 41- Walther LE, Blödow A. Ocular vestibular evoked myogenic potential to air conducted sound stimulation and video head impulse test in acute vestibular neuritis. *Otology & Neurotology*.2013; 34(6): 1084-1089.