



YAŞLANMANIN VESTİBÜLER SİSTEM ÜZERİNE ETKİSİ

Sümeyye DEMİREL

**KULAK BURUN BOĞAZ HASTALIKLARI ANABİLİM DALI
Odyoloji Programı**

**Tez Danışmanı
Doç. Dr. Mehmet TAN**

Yüksek Lisans Tezi – 2022

**T.C.
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YAŞLANMANIN VESTİBÜLER SİSTEM ÜZERİNE ETKİSİ

Sümeyye DEMİREL

**Kulak Burun Boğaz Hastalıkları Anabilim Dalı
Odyoloji Programı
Yüksek Lisans Tezi**

**Tez Danışmanı
Doç. Dr. Mehmet TAN**

**MALATYA
2022**

T.C.
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ

Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne

ETİK BEYANI

İnönü Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak “Doç. Dr. Mehmet TAN” danışmanlığında hazırlayıp sunduğum “Yaşlanmanın Vestibüler Sistem Üzerine Etkisi” başlıklı Yüksek Lisans tezim içinde elde ettiğim verileri, bilgileri, belgeleri akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tezimde yararlandığım eserlere bilimsel kurallara uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, tezimin özgün olduğunu, tezimin çalışma ve yazımında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

...../...../20...

Sümeyye DEMİREL

İmza



Bana her daim inanan canım dedeme...

İÇİNDEKİLER

ÖZET	viii
ABSTRACT.....	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
TABLolar DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Vestibüler Sistem.....	3
2.1.1. Periferik Vestibüler Sistemin Anatomisi ve Fizyolojisi	3
2.1.2. Santral Vestibüler Sistemin Anatomisi ve Fizyolojisi	7
2.1.3. Vestibüler Sistemin Kanlanması.....	10
2.1.4. Vestibüler Refleksler	11
2.2. Vestibüler Sistemin Değerlendirilmesi	13
2.2.1. Videonistagmografi	13
2.2.2. Video Head Impulse Test	16
2.2.3. Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyeller	18
2.3. Yaşlanmanın Vestibüler Sistem Üzerine Etkileri	21
2.3.1. Yaşlanmaya Bağlı Yapısal Değişiklikler	21
2.3.2. Yaşlanmaya Bağlı Fonksiyonel Değişiklikler	23
3. MATERYAL VE METOT	26
3.1. Araştırmanın Türü.....	26
3.2. Araştırmanın Yapıldığı Yer ve Zaman	26
3.3. Araştırmanın İzni ve Etik Kurul Onayı.....	26
3.4. Araştırmanın Evren ve Örneklemi	26
3.5. Araştırmanın Değişkenleri	27
3.6. Veri Toplama Araçları	27
3.6.1. Videonistagmografi	27
3.6.2. Video Head Impulse Test	28
3.6.3. Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyeller	29
3.6.4. Berg Denge Ölçeği.....	30
3.7. Verilerin Toplanması	30

3.8. İstatistiksel Analiz.....	30
4. BULGULAR.....	32
5. TARTIŞMA	40
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	52
KAYNAKLAR	54
EKLER.....	70
EK-1. Kurum İzni	70
EK-2. Etik Kurul Onayı	71
EK-3. Gönüllü Onam Formu	72
EK-4. Tanıtıcı Bilgi Formu.....	75
EK-5. Berg Denge Ölçeği	76
EK-6. Özgeçmiş.....	80

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim süresince akademik bilgi ve deneyimlerini paylaşan, bana yol gösteren, tezimin her aşamasında desteklerini ve katkılarını sunan, akademik gelişimimi destekleyen değerli danışman hocam Doç. Dr. Mehmet TAN'a,

Yüksek lisans eğitimim süresince akademik bilgi ve deneyimlerini esirgemeyen, akademik gelişimim konusunda beni destekleyen, fikirleriyle daima yol gösteren değerli hocam Prof. Dr. Tuba BAYINDIR'a,

Lisans ve yüksek lisans eğitimim süresince tüm bilgi ve deneyimlerini paylaşan, karşılaştığım tüm zorlu süreçlerde beni destekleyen, verdiği tüm emekler için minnettar olduğum değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Deniz Uğur CENGİZ'e,

Yüksek lisans eğitimim süresince fikirleriyle yol gösteren ve zorlandığım her konuda destek vermekten çekinmeyen değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi İsmail DEMİR'e,

Yüksek lisans eğitimim itibariyle tanımaya fırsat bulduğum, en karamsar olduğum zamanlarda bile hayata umutla bakmam ve sabretmem konusunda desteğini hissettiğim, hayatıma kattığı tüm güzellikler için minnettar olduğum canım dostum Sanem Can ÇOLAK'a,

Tanıştığım an itibariyle her anlamda hayatıma dokunan, beni her konuda destekleyen, her an yanımda olduğunu hissettiren, zorlandığım tüm süreçlerde sabırla ve anlayışla beni dinleyen ruh eşim, sevgili nişanlım Ertuğrul BİRİŞİK'e,

Hayatım boyunca güler yüzünü eksik etmeyen, bana her zaman inanan, üzüldüğümde benden daha çok üzülen, sevindiğimde benden daha çok sevinen rahmetli canım dedem Nurettin TİMOÇİN'e,

Tüm hayatım boyunca bana destek olan, karşılaştığım zorluklara karşı mücadelede her an yanımda olduklarını hissettiren, bana inanmaktan hiçbir zaman vazgeçmeyen canım aileme sonsuz teşekkürler...

ÖZET

Yaşlanmanın Vestibüler Sistem Üzerine Etkisi

Amaç: Araştırma, yaşlanmanın vestibüler sistem fonksiyonları üzerindeki etkilerinin incelenmesi amacıyla yapılmıştır.

Materyal ve Metot: Araştırmaya 18 yaş ve üzerinde dâhil edilme kriterlerine uyan sağlıklı bireyler alındı. Araştırmanın örneklemini, yapılan güç analizi sonucunda 18-40 yaş (1. Grup), 41-60 yaş (2. Grup) ve 61 yaş ve üzeri (3. Grup) olmak üzere her üç yaş grubu için 28 olarak belirlendi. Araştırmaya dâhil edilen tüm bireylere VNG, vHIT, c-VEMP, o-VEMP ve Berg Denge Ölçeği uygulandı.

Bulgular: Berg Denge Ölçeği puanları açısından yaş grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptandı ($p<0.05$). VNG test sonuçlarının tümü, 1. ve 2. Grupta normal saptandı. 3. Gruptaki bireylerin 8'inde sakkad testi, 9'unda optokinetik testi patolojik saptandı. Sakkad testinde doğruluk parametresi açısından yaş grupları arasında farklılık saptanmadı ($p>0.05$). Sakkad testinin diğer parametreleri ile smooth pursuit ve optokinetik testlerinin değerlendirme parametreleri açısından 3. Grup, 1. ve 2. Gruba göre anlamlı farklılık gösterdi ($p<0.05$). vHIT'te lateral kanalların ortalama kazanç asimetrisi açısından yaş grupları arasında farklılık saptanmadı ($p>0.05$). vHIT'in diğer değerlendirme parametreleri açısından yaş grupları arasında anlamlı farklılık saptandı ($p<0.05$). Lateral kanal değerlendirmesinde 1. Grupta sakkad gözlenmezken, 2. Gruptaki bireylerin 1'inde overt, 1'inde covert-overt sakkadlar; 3. Gruptaki bireylerin ise 2'sinde covert, 11'inde overt, 1'inde covert-overt sakkadlar gözlemlendi. c-VEMP'te P1-N1 interlatans ve asimetri oranı açısından yaş grupları arasında farklılık saptanmadı ($p>0.05$). c-VEMP'in diğer parametreleri ile o-VEMP'in değerlendirme parametreleri açısından yaş grupları arasında anlamlı farklılık saptandı ($p<0.05$).

Sonuç: Yaşın artışıyla birlikte test parametrelerinde gözlemlenen değişikliklerin kliniklerde uygulanan değerlendirmelerde dikkate alınması önemlidir. Ayrıca araştırmanın bulguları, etkilenen vestibüler fonksiyonlara özgü rehabilitatif yaklaşımların uygulanması için yol gösterici olabilir.

Anahtar Kelimeler: Denge, Vestibüler Fonksiyon, Vestibüler Sistem, Yaşlanma

ABSTRACT

The Effect of Aging on the Vestibular System

Aim: To examine the effects of aging on vestibular system functions.

Material and Method: Healthy individuals aged 18 years and older who met the inclusion criteria were included in the study. As a result of the power analysis, the sample size of the study was determined as 28 for each age groups, namely, 18-40 years (Group 1), 41-60 years (Group 2), and 61 years and over (Group 3). VNG, vHIT, c-VEMP, o-VEMP, and the Berg Balance Scale were administered in all individuals included in the study.

Results: There was a statistically significant difference between age groups in terms of Berg Balance Scale scores ($p < 0.05$). VNG test results were normal in Groups 1 and 2. Saccade test and optokinetic test were found pathological in 8 of the individuals in Group 3. There was no difference between age groups in terms of accuracy parameter in the saccade test ($p > 0.05$). In terms of other parameters of the saccade test and evaluation parameters of the smooth pursuit and optokinetic tests, Group 3 differed significantly from Groups 1 and 2 ($p < 0.05$). There was no difference between age groups in terms of mean gain asymmetry of the lateral channels in vHIT ($p > 0.05$). There was a significant difference between age groups in terms of other evaluation parameters of vHIT ($p < 0.05$). In the lateral canal evaluation, saccades were not observed in Group 1, while 1 overt and 1 covert-overt saccades were observed in Group 2. In Group 3, covert saccades were observed in 2 individuals, overt in 11 individuals, and covert-overt saccades in 1 individual. In c-VEMP, there was no difference between age groups in terms of P1-N1 interlatency and asymmetry rate ($p > 0.05$). There was a significant difference between groups in terms of the other parameters of the c-VEMP and evaluation parameters of o-VEMP ($p < 0.05$).

Conclusion: It is important to consider the changes observed in test parameters with increasing age in clinical evaluations. In addition, the findings of the study may guide the application of rehabilitative approaches specific to the affected vestibular functions.

Keywords: Balance, Vestibular Function, Vestibular System, Aging

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

°	: Derece
%	: Yüzde
kΩ	: Kiloohm
μV	: Mikrovolt
AICA	: Anterior Inferior Serebellar Arter
c-VEMP	: Servikal Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyeller
dB	: Desibel
ENG	: Elektronistagmografi
HL	: İşitme Seviyesi
Hz	: Hertz
LARP	: Sol Anterior Sağ Posterior
MLF	: Medial Longitudinal Fasikulus
o-VEMP	: Oküler Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyeller
PICA	: Posterior Inferior Serebellar Arter
RALP	: Sağ Anterior Sol Posterior
SHIMP	: Suppression Head Impulse Paradigm
SKM	: Sternokleidomastoid
SSK	: Semisirküler Kanallar
VEMP	: Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyeller
vHIT	: Video Head Impulse Test
VKR	: Vestibülokolik Refleks
VNG	: Videonistagmografi
VOR	: Vestibülooküler Refleks
VSR	: Vestibülospinal Refleks

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil No	Sayfa No
Şekil 2.1. Kemik ve membranöz labirent	4
Şekil 2.2. Tip I ve tip II tüylü hücreler	4
Şekil 2.3. Semisirküler kanalların anatomik yerleşimi.....	5
Şekil 2.4. Utrikül ve sakküldeki tüylü hücrelerin striolaya göre yerleşimi	7
Şekil 2.5. Vestibüler nükleuslar.....	8
Şekil 2.6. Vestibüler sistemin arterial kanlanması	10
Şekil 2.7. VOR arkının şematik gösterimi.....	11
Şekil 2.8. VOR arkı	12
Şekil 2.9. VNG ile vestibüler sistemin değerlendirilmesi	13
Şekil 2.10. vHIT ile vestibüler sistemin değerlendirilmesi	17
Şekil 2.11. c-VEMP testi ile vestibüler sistemin değerlendirilmesi	19
Şekil 2.12. o-VEMP testi ile vestibüler sistemin değerlendirilmesi.....	20

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo No	Sayfa No
Tablo 4.1. Yaş gruplarının temel tanımlayıcı özelliklerinin dağılımı	33
Tablo 4.2. Yaş gruplarının Berg Denge Ölçeği puanlarının dağılımı	33
Tablo 4.3. Yaş gruplarında VNG sonuçları	34
Tablo 4.4. Sakkad, smooth pursuit ve optokinetik test sonuçlarının yaş grupları arasında karşılaştırılması.....	36
Tablo 4.5. vHIT kazanç sonuçlarının yaş grupları arasında karşılaştırılması	36
Tablo 4.6. vHIT kazanç asimetrisi sonuçlarının yaş grupları arasında karşılaştırılması.....	37
Tablo 4.7. Yaş gruplarında sakkad görülme oranları	38
Tablo 4.8. Yaş gruplarında c-VEMP ve o-VEMP dalga cevap oranlarının dağılımı	38
Tablo 4.9. Yaş gruplarında c-VEMP ve o-VEMP cevaplarının dağılımı	39

1. GİRİŞ

Yaşlanmaya kas gücündeki azalma, tepki verme süresi, denge ve duyu sistemlerindeki değişiklikler gibi vücut sistemlerindeki fizyolojik değişiklikler eşlik etmektedir (1). Yaşlanma süreci, aşamalı bir şekilde dengeyi etkilemektedir. Bu durum, periferik ve santral vestibüler sistemdeki sinir hücrelerinin dejenerasyonu ve progresif kaybından kaynaklanmaktadır (2, 3).

Vestibüler disfonksiyon, fizyolojik yaşlanma süreciyle ilişkilidir (2). Yaşlanmada progresyon gösteren dengesizlik, vestibüler disfonksiyon ile instabiliteye ve düşme riskinin artmasına neden olan karmaşık ve çok faktörlü bir durumdur (4, 5). Yaşlanmayla meydana gelen vestibüler disfonksiyon, yaşlılardaki periferik vestibüler sinyalizasyonun fonksiyonundaki değişikliklerden kaynaklanmaktadır (6). Diğer bir faktör ise genç bireylerle karşılaştırıldığında yaşlıların postüral motor kontrolü için vizüel ve vestibüler ipuçlarından ziyade proprioseptif kullanımını tercih etmesi sonucunda duyuusal bilginin santral sistemde işlenme biçimindeki değişikliklerdir (7).

Vestibüler bozukluk prevalansı yaşla birlikte artmaktadır ve düşme, düşme korkusu, özgüven kaybı, anksiyete ve depresyon ile sonuçlanabilmektedir (8). Vestibüler bozuklukların prevalansı 70 yaşın üzerindeki bireylerde %29-45 arasındadır (9, 10).

Doğal yaşlanma süreciyle, tüylü hücrelerin kaybı, vestibüler sinir hücrelerinin sayısında azalma ve vestibüler nükleus nöronlarının kaybı dâhil olmak üzere, vestibüler sistem ve afferent nöral yollarda morfolojik değişiklikler meydana gelmektedir (11-14).

Artan yaşla birlikte vestibüler fonksiyon ile ilgili tüm yapılar dejenere olmaktadır ancak başlangıç yaşı ve zamanı değişiklik göstermektedir. Sensör vestibüler tüylü hücrelerin sayısı, doğumdan yaşlılığa kadar her on yılda yaklaşık %6 oranında azalmaktadır (15, 16). Semisirküler kanalların kristasındaki tüylü hücreler, otolitik organların makulasındaki tüylü hücrelerden daha erken ve daha büyük ölçüde dejenere olmaktadır (17). Otolit organlar olan sakkül ve utrikülün lineer ivmelenmeyi ve yerçekimini algılamasını sağlayan otokonyalar yaşlanmayla birlikte sayısal ve hacimsel olarak azalmaktadır, ayrıca şekil açısından değişiklik göstermektedir (18-20). Bununla birlikte sakküldeki otokonyalar, utriküle göre daha büyük oranda dejenere olmaktadır (18). 70 yaş üzeri yetişkinlerde tüylü hücre yoğunluğundaki azalma sakkülde %24 ve

utrık lde %21 olmasına karşın, semisirküler kanalların kristasında %40 oranındadır (15). Kayba uğramayan hücrelerde ise morfolojik ve fonksiyonel değişiklikler meydana gelmektedir (21, 22). Vestibüler sistem üzerinde yaşın artışıyla meydana gelen dejenerasyon ve yapısal değişiklikler, fonksiyonel değişikliklere neden olabilmektedir (23-29).

Çalışmamızda, yaşlanmanın vestibüler sistem fonksiyonları üzerindeki etkilerinin farklı yaş gruplarında değerlendirilmesi ve karşılaştırılması amaçlanmıştır.

Çalışmamızdaki hipotezlerimiz,

H_{0a}: Yaşlanma, vestibüler sistem fonksiyonları üzerinde değişiklik oluşturmaz.

H_{1a}: Yaşlanma, vestibüler sistem fonksiyonları üzerinde değişiklik oluşturur.

H_{0b}: Yaşlanma, okülomotor fonksiyonları etkilemez.

H_{1b}: Yaşlanma, okülomotor fonksiyonları etkiler.

H_{0c}: Yaşlanma, VOR fonksiyonlarını etkilemez.

H_{1c}: Yaşlanma, VOR fonksiyonlarını etkiler.

H_{0d}: Yaşlanma, otolit fonksiyonu etkilemez.

H_{1d}: Yaşlanma, otolit fonksiyonu etkiler.

2. GENEL BİLGİLER

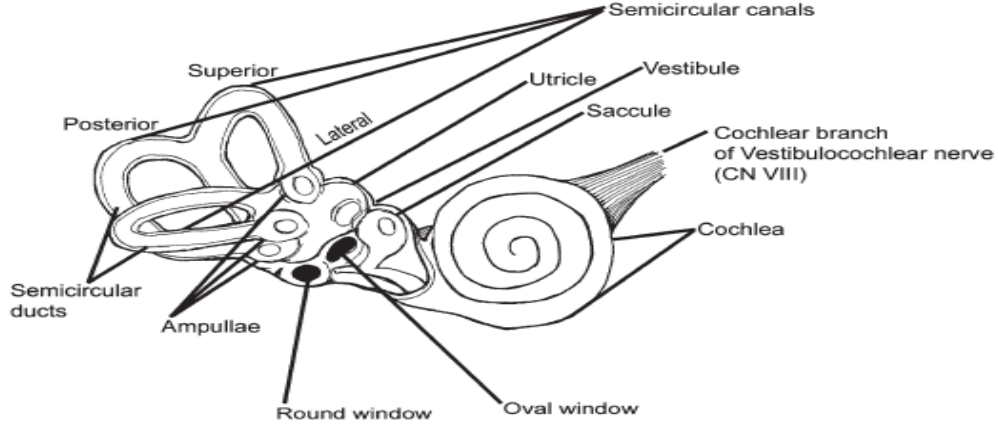
2.1. Vestibüler Sistem

Vestibüler sistem, periferik vestibüler sistem ve santral vestibüler sistem yapıları arasındaki bağlantıyı içeren karmaşık duyuusal bir organizasyondur. Periferik ve santral kısımlar, birbirleriyle koordinasyon halinde işlev görerek baş hareketlerinin algılanmasında, postüral kontrolün sağlanmasında, hareket halindeki görüntülerin stabilitesini sağlamakta görev alırlar. Periferik vestibüler sistem, vestibüler uç organları ve vestibüler siniri; santral vestibüler sistem ise vestibüler nükleusları, serebellumu ve vestibüler kortikal alanları içerir (30).

Periferik vestibüler sistem, başın açısal ve doğrusal akselerasyonunu algılayan vestibüler uç organlar ile aldığı bilgiyi vestibüler sinir aracılığıyla santral bölgelere taşır (31-33). Santral vestibüler sistem, periferik vestibüler sistemden gelen afferent girdiye yanıt veren ve vestibüler reflekslerin efferent sinyallerini sağlayan nöral yolları içerir (34). Vestibüler sistemden gelen bilgiler, vizüel ve proprioseptif sistemlerden gelen bilgilerle bütünleşerek dengenin ve uzaysal oryantasyonun korunmasına katkıda bulunur (31, 32).

2.1.1. Periferik Vestibüler Sistemin Anatomisi ve Fizyolojisi

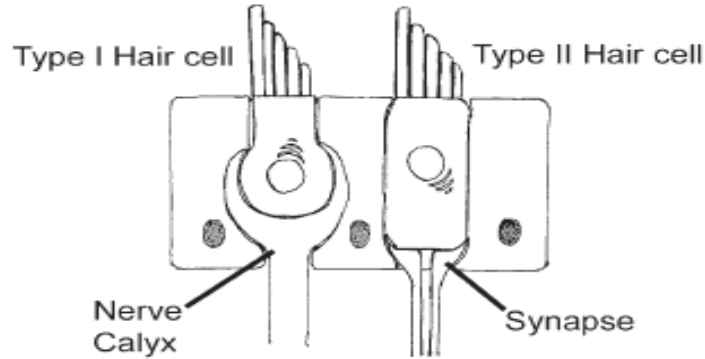
İç kulakta bulunan periferik vestibüler sistem, kemik labirent ve membranöz labirentten meydana gelmektedir (Şekil 2.1). Bu sistem, temporal kemiğin petröz kısmındaki otik kapsül içerisinde yer alır. Kemik labirent, koklea, vestibül ve semisirküler kanallardan (SSK) oluşur. Bu yapı, beyin-omurilik sıvısı ile benzer yapıdaki perilenf adı verilen bir sıvı ile doludur. Perilenf, perilenfatik kanal ile subaraknoid boşluğa boşaltılır. Membranöz labirent ise vestibüler duyu organlarını barındırır ve kemik labirent içinde asılı halde bulunur. Membranöz labirentin içi, intrasellüler sıvıya benzer yapıdaki endolenf ile doludur. Endolenf, stria vaskularis içindeki kılcal damarlar tarafından üretilir ve endolenfatik kese tarafından emilir. Membranöz labirent, utrikül ve sakkül olmak üzere iki otolit organıdır; anterior (superior), posterior (inferior) ve lateral (horizontal) olmak üzere üç SSK'dan meydana gelir. Utrikül ve sakkül vestibülde yer alırken, SSK kemik labirentte bulunan SSK içinde yer alır (30, 35-37).



Şekil 2.1. Kemik ve membranöz labirent (30)

Tüylü Hücreler

Periferik vestibüler sistemde, tip I ve tip II olmak üzere iki tip tüylü hücre bulunmaktadır (Şekil 2.2). Her iki hücre tipi de vestibüler uç organların (üç SSK, iki otolit organ) hem periferinde hem de merkezinde yer almaktadır (38). Tip I tüylü hücreler, kadeh benzeri bir yapıya sahiptir. Kaliks şeklindeki sinir uçları, afferent sinirlerle sinaps yapar. Tip II tüylü hücreler ise silindir benzeri bir yapıdadır. Buton şeklindeki sinir uçları, çoklu afferent sinir sinapslarına sahiptir. Tip I tüylü hücreler, düzensiz ateşlemeli vestibüler afferentlerle ilişkiliyken; tip II tüylü hücreler, düzenli ateşlemeli vestibüler afferentlerle ilişkilidir. Düzenli afferentler, periyodik bir dinlenme ateşleme hızına sahip olmasına karşın, düzensiz afferentlerin periyodik bir ateşleme modeli yoktur. Sonuç olarak düzensiz ve düzenli afferentler tarafından taşınan bilgi, doğal baş hareketlerini kapsayan spektral frekans ve ivme aralığında değişir. Genel olarak düzensiz afferentler, hızlı (yüksek frekanslı) baş ivmelerine; düzenli afferentler ise yavaş (düşük frekanslı) baş ivmelerine daha duyarlıdır (30, 39, 40).

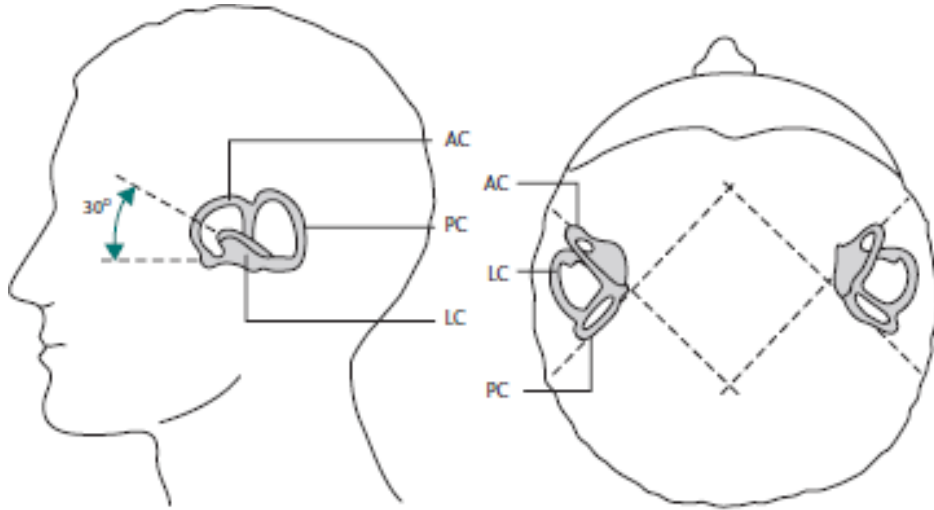


Şekil 2.2. Tip I ve tip II tüylü hücreler (30)

Tip I tüylü hücreler, kristanın tepe bölgelerinde ve makulanın striolasına yakın bölgelerde yoğun olarak bulunmaktadır. Tip II tüylü hücreler ise kristanın kenarlarına doğru ve makulanın striolasından uzak bölgelerde mevcuttur. Her iki tüylü hücre tipi de duyarlılıklarını modüle eden ve vestibüler nükleuslardan kaynaklanan efferent bağlantılara sahiptir. Vestibüler uç organlarda bulunan tip I tüylü hücrelerin %90'ı, tip II tüylü hücrelerin ise %10'u afferent bağlantılara sahiptir (30, 38-41).

Semisirküler Kanallar

Semisirküler kanallar (SSK), anterior, posterior ve lateral olmak üzere üç adettir. Başın üç boyutlu düzlemdeki açısal hareketlerinin algılanması SSK aracılığıyla gerçekleşir. Her bir SSK, diğer iki SSK ile yaklaşık 90° açı yapacak şekilde ortogonal olarak yerleşmiştir. Bununla birlikte anterior ve posterior SSK, sagittal düzleme 45° ; lateral SSK ise horizontal düzleme 30° açı yapacak şekilde yerleşmiştir (Şekil 2.3). SSK'ın her biri, bulunduğu düzlemde meydana gelen açısal hareketlere karşı duyarlıdır. Her iki iç kulakta yer alan SSK, birbirleriyle (sağ anterior kanal ile sol posterior kanal, sağ posterior kanal ile sol anterior kanal, sağ lateral kanal ile sol lateral kanal) simetrik olarak yerleşmişlerdir. Bu simetrik yerleşim sonucunda bir SSK'da eksitasyona neden olan baş hareketi, simetriği olarak yerleşen diğer SSK'da inhibisyona neden olur. Böylece uyarılan SSK düzlemindeki açısal baş hareketi spesifik olarak algılanır (37).



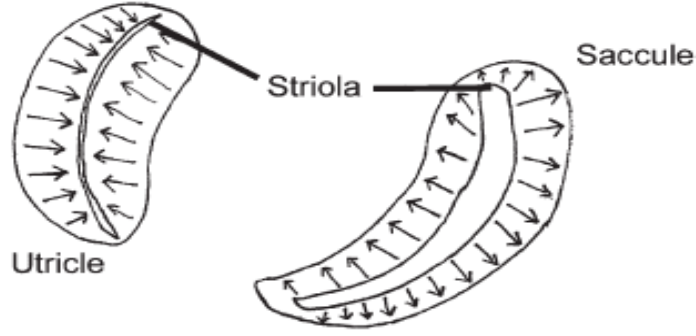
Şekil 2.3. Semisirküler kanalların anatomik yerleşimi (42)

SSK'ın uçları utriküle açılmaktadır. Anterior ve posterior SSK'ın arka bacakları birleşerek ortak bir kanal ağzı ile utriküle açılırken, ön bacakların her biri ayrı ayrı utriküle açılır. Lateral SSK ise hem ön hem arka bacakları ile iki ayrı kanal ağzı şeklinde utriküle açılmaktadır (43). SSK'ın her birinin ucunda ampulla adı verilen bir

genişleme mevcuttur. Ampullanın içinde, başın açısal hareketlerine duyarlı tüylü hücreleri (stereosilya ve kinosilyum) içeren krista ampullaris yer almaktadır. Lateral SSK'da yer alan tüylü hücrelerin kinosilyumları utriküle doğru yerleşim gösterirken, anterior ve posterior SSK'daki tüylü hücrelerin kinosilyumları utrikülden uzağa doğru yerleşmiştir. Kinosilyumların yerleşimindeki farklılık nedeniyle, ampullopedal akım lateral SSK'da eksitator etki yaratırken, ampullofugal akım anterior ve posterior SSK'da eksitator etki yaratmaktadır. Kristaya gömülü olarak yerleşmiş tüylü hücreler, jelatinöz yapıdaki kupula ile çevrilidir (30, 35). Kupula, SSK'ı vestibülden ayıran bir bariyer görevi üstlenir. Kupulanın endolenf ile eşit özgül ağırlığa sahip olması, yerçekimi alanındaki başın statik konum değişikliklerine yanıt vermesini engellerken açısal hareketlerine karşı duyarlı hale getirir (39).

Otolit Organlar

Otolit organlar, utrikül ve sakkül olmak üzere iki adettir. Utrikül, toplam beş adet açıklık ile (SSK uçları) SSK'a bağlanır. Sakkül ise duktus reuniens ile duktus koklearise, utrikülosakküler kanal ile utriküle ve endolenfatik kanala bağlanır (37). Utrikül ve sakkül, yerçekiminin ve lineer akselerasyonun algılanmasını sağlayan, makula adı verilen duyu reseptörlerini içerir (32). Makula tüylü hücreleri (stereosilya ve kinosilyum), otokonya (otolit) adı verilen kalsiyum karbonat (CaCO_3) kristallerinin gömülü olduğu ve otolit organlara eylemsizlik kütlesi sağlayan jelatinöz yapıdaki bir zar ile kaplıdır. Otokonyaların varlığı, makulanın özgül ağırlığının endolenfe göre daha fazla olmasını sağlar. Böylece makula, yerçekimi kuvveti de dâhil olmak üzere lineer hareketlere karşı duyarlı hale gelir (39). Otolit organların makulası, striola adı verilen bir hat ile iki eşit parçaya ayrılmıştır. Makula tüylü hücreleri, striolaya göre organize edilmiştir. Utriküldeki tüylü hücreler striolaya doğru yerleşim gösterirken, sakküldeki tüylü hücreler strioladan uzağa doğru yerleşmiştir (Şekil 2.4). Bu yerleşim şeklinden dolayı, lineer bir hareket sonucunda striolanın bir tarafındaki tüylü hücreler eksitator girdiler alırken, diğer tarafındaki hücreler inhibe edilerek akselerasyonun yönü algılanır (37, 44). Utrikül makulasında yer alan tüylü hücreler, horizontal düzlemdeki lineer hareketlere duyarlıyken; sakkül makulasındaki tüylü hücreler, vertikal düzlemdeki lineer hareketlere duyarlıdır (30).



Şekil 2.4. Utrikül ve sakküldeki tüylü hücrelerin striolaya göre yerleşimi (30)

Vestibüler Ganglion ve Vestibüler Sinir

Scarpa ganglion olarak da adlandırılan vestibüler ganglion, internal akustik kanalın lateralinde bulunmaktadır. Vestibüler ganglion, uç organların duyu reseptörleri olan krista ampullarisin ve makulanın tüylü hücrelerinden afferent uyarılar alan yaklaşık 20.000 adet bipolar hücre gövdesinden meydana gelmiştir (45). Vestibüler ganglion, bir isthmus ile birbirine bağlanan superior ve inferior olmak üzere iki bölüme ayrılır. Superior bölümün periferik dalları, anterior ve lateral SSK'nın krista ampullarisinde ve utrikülün makulasında sonlanırken; inferior bölümün periferik dalları, posterior SSK'nın krista ampullarisinde ve sakkülün makulasında sonlanmaktadır (46).

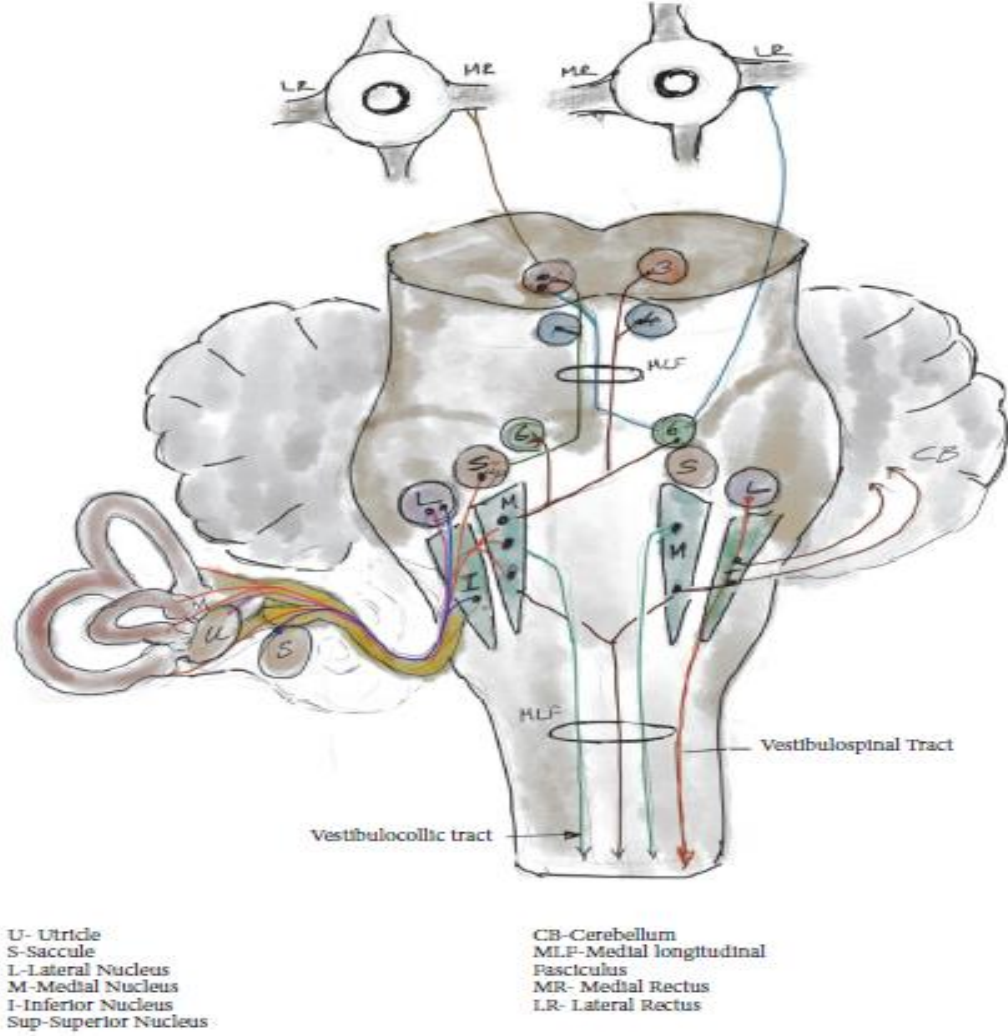
Vestibüler ganglionun superior ve inferior bölümlerinden gelen aksonların birleşmesi sonucunda vestibüler sinir meydana gelir. Vestibüler sinir, koklear sinir ile birleşerek vestibülokoklear siniri oluşturur. Vestibülokoklear sinir, internal akustik kanalda fasiyal sinir ile birlikte serebellopontin köşeden geçerek pontomedüller bileşkeden beyinsapına girer ve burada vestibüler sinir, koklear sinirden ayrılır. Afferent vestibüler liflerin çoğu, pontaki ipsilateral vestibüler nükleer komplekste sonlanırken; sinir liflerinin çok az bir kısmı ise serebellumun flokülodüler lobuna uzanır (44, 47).

2.1.2. Santral Vestibüler Sistemin Anatomisi ve Fizyolojisi

Santral vestibüler sistem, periferik vestibüler sistemden gelen afferent girdilere cevap olarak vestibüler reflekslerin efferent sinyallerini sağlar (31-34). Santral vestibüler sistem, vestibüler nükleusları, serebellumu ve vestibüler kortikal alanları içerir (30). Periferik afferent sinyaller, vestibüler nükleer komplekse ve serebelluma ulaşarak bu bölgelerde işlenir (47).

Vestibüler Nükleer Kompleks

Vestibüler nükleer kompleks, vestibüler girdilerin primer işlemcisidir ve medial (Schwalbe), superior (Bechterew), lateral (Deiter) ve inferior (descending) olmak üzere dört ana nükleusu içerir (Şekil 2.5). Dördüncü ventrikül tabanında bulunan vestibüler nükleuslar, rostral medulladan kaudal ponsa kadar uzanırlar (30, 47, 48).



Şekil 2.5. Vestibüler nükleuslar (49)

Lateral ve superior vestibüler nükleuslar ponsa yer alırken, medial ve inferior nükleuslar genellikle rostral medullada birbirine yakın yerleşim gösterirler. Vestibüler nükleuslar, serebellum, spinal kord, ekstraoküler nükleuslar, parietal korteks, vagal nükleus ve retiküler formasyon dâhil olmak üzere birçok anatomik yapıya projekte olurlar (37).

Medial vestibüler nükleus, nükleusların en büyüğü olarak sınıflandırılmıştır. Medial vestibüler nükleus, lateral SSK'nın krista ampullarisinden afferent girdileri alır.

Ascending sinir lifleri, medial longitudinal fasikulus (MLF) aracılığıyla ekstraoküler kasların motor nükleuslarına giderek vestibulo-oküler reflekse (VOR) aracılık eder. Superior vestibüler nükleus, anterior ve posterior SSK'nın krista ampullarisinden vestibüler afferent girdi alır. VOR'u koordine etmek için MLF aracılığıyla ekstraoküler kaslara ascending efferent sinyalleri gönderir. Lateral vestibüler nükleus, krista ampullaris, makula ve vestibüloserebellumdan afferent girdileri alır. Lateral vestibüler nükleustan gelen efferent lifler, postürü ve dengeyi korumak için vestibülospinal refleksin (VSR) koordine edilmesinde işlev görür. Inferior vestibüler nükleus ise utrikül ve sakkül makulalarından afferent girdileri alarak VSR için önemli bir rol oynar. Inferior vestibüler sinir, diğer üç ana nükleusa ve serebelluma projekte olur (30, 47).

Serebellum

Serebellum, vestibüler sistemde, adaptif bir işlemci olarak görev almaktadır. Vestibüler performansı monitörize eder ve gerekli durumlarda inhibitör girdiler aracılığıyla vestibüler girdiyi yeniden düzenler (35).

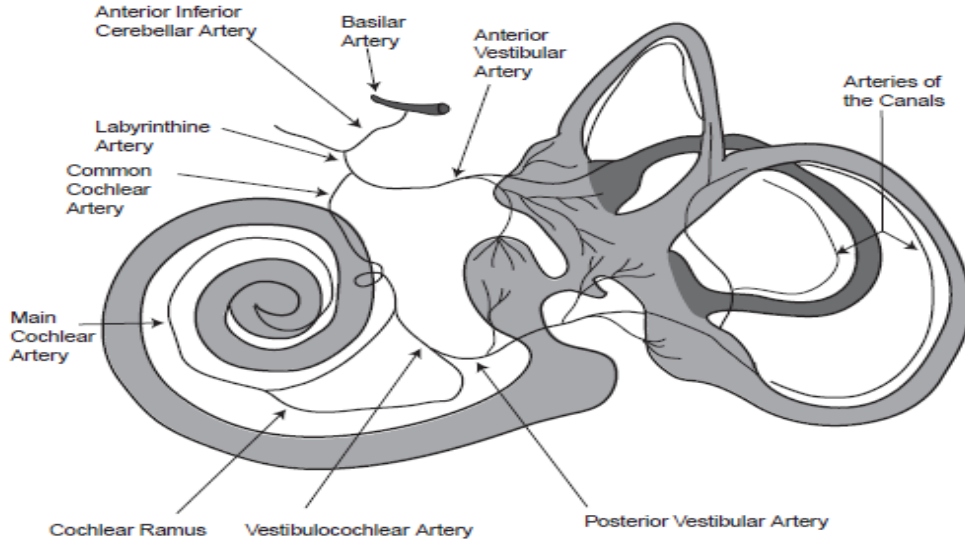
Serebellum, işlevleri ve bağlantıları açısından vestibüloserebellum, spinoserebellum ve serebrocerebellum olmak üzere üç ana bölgeye ayrılır. Vestibüler sisteme bağlı olan vestibüloserebellum, flokülönodüler lob (flokulus ve nodulus) ve anterior vermis içerir (50, 51). Flokülönodüler lobun afferent ve efferent bağlantıları esas olarak vestibüler nükleuslardır. Vestibüloserebellum, postür ve denge mekanizmalarının düzenlenmesinden sorumludur (52). Serebellar flokulus, VOR kazancını ayarlar. Serebellar nodulus, VOR süresinin ayarlamasından sorumludur ve makuladaki afferent girdinin işlenmesinde rol oynamaktadır. Anterior vermis ise proprioseptif girdilerle birlikte vestibüler sinyalleri kodlayarak VSR'nin düzenlenmesinde rol oynar (30). Spinoserebellum, vermis ve paravermis (pars intermedia) bölgeyi içerir ve esas olarak hem sensörimotor sistemlere hem de serebral kortekse bağlıdır. Serebrocerebellum ise lateral hemisferleri içerir ve esas olarak serebral kortekse bağlıdır (50, 51).

Vestibüler sistemin kortikal bağlantılarına ilişkin bilgiler net olarak belirlenememiştir ve vestibüler korteksin yeri konusunda bir fikir birliği henüz mevcut değildir (30). Bunlara ek olarak talamus ve hipokampusun vestibüler bağlantılarının var olduğu düşünülmektedir. Ascending vestibüler liflerin kortekse ulaşmadan önce talamusun ventral posterior nükleusu ile bağlantı kurduğu düşünülmektedir. Hipokampusun ise uzaysal oryantasyon ve uzaysal hafızanın işlenmesinde kritik bir rol

üstlendiği belirtilmektedir. Başın ve vücudun hareketine ilişkin vestibüler girdinin bu işlev için gerekli olduğuna inanılmaktadır (53).

2.1.3. Vestibüler Sistemin Kanlanması

Anterior inferior serebellar arter (AICA) ve posterior inferior serebellar arter (PICA), vestibüler sistemi besleyen ana arterlerdir. AICA, serebellar flokulusu; vertebral arterlerden kaynaklanan PICA ise serebellar nodulusu besler (54, 55). Vestibüler uç organların kanlanması, genellikle AICA'dan çıkan ancak anterior serebellar arter veya baziler arterden de kaynaklanabilen labirentin arter yoluyla sağlanır. Labirentin arter, genellikle AICA'dan ayrılırken bazen baziler arterden ayrılarak vestibülokoklear siniri ve fasiyal siniri besler. Labirentin arter, vestibülokoklear sinir ve fasiyal sinir ile birlikte internal akustik kanaldan geçerek anterior vestibüler arter ve ortak koklear arter olmak üzere iki dala ayrılır. Anterior vestibüler arter utrikülü, sakkülün küçük bir bölümünü, anterior ve lateral SSK'ı besler. Ortak koklear arter ise koklear arter ve vestibülokoklear arter olmak üzere iki dala ayrılır. Koklear arter, kokleanın ana damar sistemidir. Vestibülokoklear arter ise posterior vestibüler arter dalını verir. Posterior vestibüler arter, sakkülün büyük bir bölümünü ve posterior SSK'ı besler (39, 54, 55) (Şekil 2.6).



Şekil 2.6. Vestibüler sistemin arterial kanlanması (35)

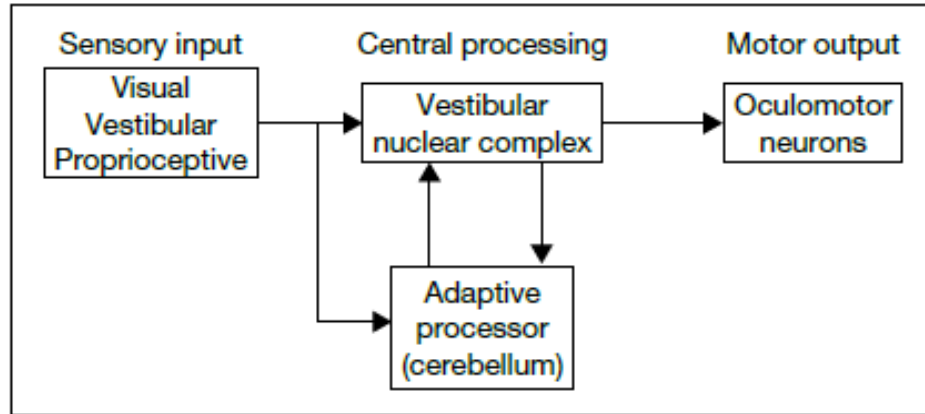
Venöz drenaj, arteriyel kanlanmaya benzer bir yol izler. Anterior vestibüler ven, utrikül, anterior ve lateral SSK'ı; posterior vestibüler ven ise sakkül, posterior SSK ve kokleanın büyük bir bölümünü drene etmekle görevlidir (39).

2.1.4. Vestibüler Refleksler

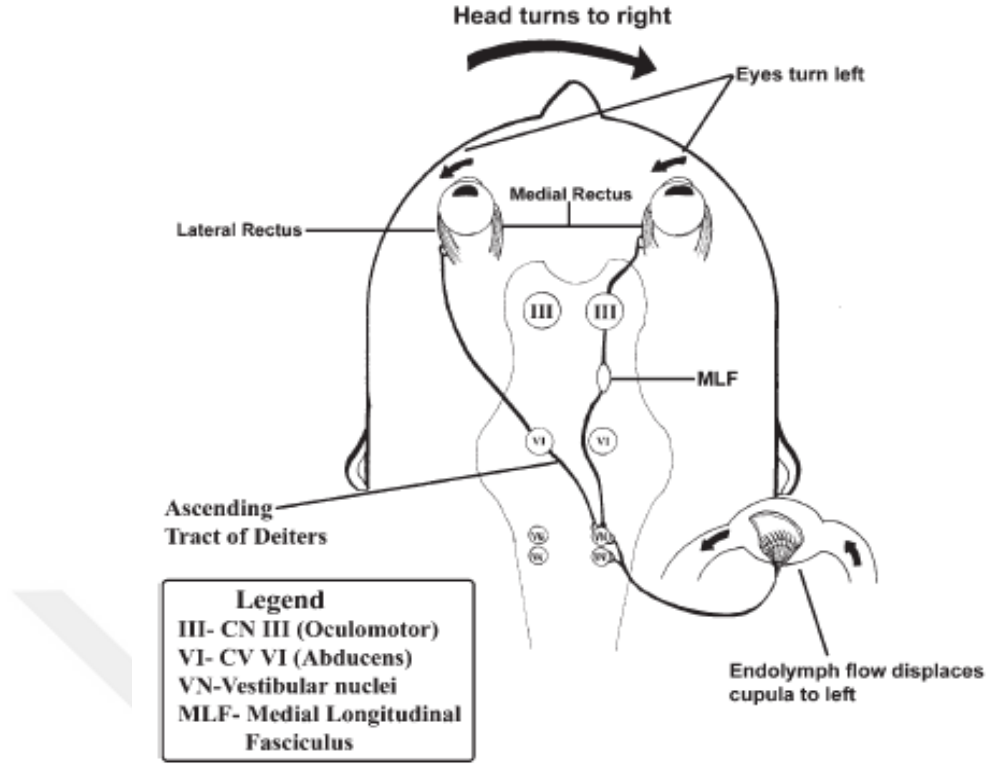
Postüral stabilazasyonun ve dengenin sağlanması için önemli refleks mekanizmaları mevcuttur. Vestibüler, vizüel ve proprioseptif sistemlerden gelen bilgilerin bir bütün olarak işlenmesinin yanında, periferik vestibüler sistemin afferent girdilerinin santral vestibüler sistemde işlenmesi ve vestibüler refleks cevaplarının oluşması gerekir. Vestibüler refleksler temel olarak üçe ayrılır: Vestibülooküler refleks (VOR), vestibülospinal refleks (VSR) ve vestibülokolik refleks (VKR) (56).

Vestibülooküler Refleks

Vestibülooküler refleks (VOR), baş hareketleri esnasında retinadaki görüntünün stabilizasyonunu sağlayarak göz hareketlerini koordine eder. VOR, SSK'dan vestibüler nükleuslara ve ardından ekstraoküler kaslara ulaşan bir refleks arkını içerir (Şekil 2.7). VOR, baş hareketinin tersi yönde oluşan konjuge göz hareketlerinin meydana gelmesini ve görüntünün retinanın merkezinde sabitlenmesini sağlar (37, 57) (Şekil 2.8). Retinanın küçük bir bölgesini kapsayan fovea, en yoğun fotoreseptörlere sahip alandır ve bu kısım yüksek görme keskinliği sağlar. Bu anatomik özelliğin en iyi şekilde kullanılması için nesnelerden yansıyan ışığın doğru algılanması ve fovea üzerinde sabit kalması gerekir. Bu görevi VOR üstlenmiştir (58, 59).



Şekil 2.7. VOR arkının şematik gösterimi (57)



Şekil 2.8. VOR arkı (30)

Vestibülospinal Refleks

Vestibülospinal refleks (VSR), postüral stabilizasyonun ve dengenin korunması amacıyla makula, krista ampullaris, vizüel sistem ve proprioseptif sistemden gelen girdilerin işlenmesini sağlayan vestibüler reflekstir. Lateral vestibülospinal trakt, lateral vestibüler nükleustan kaynaklanır. Otolit organların makulasından lateral vestibüler nükleusa ulaşan girdiye cevaben ortaya çıkan efferent vestibüler sinyaller, spinal kordda ipsilateral olarak tüm spinal seviyelerdeki nöronlara yansıyan bu yolda taşınır. SSK tarafından algılanan başın açısal rotasyonu, VSR'nin medial bölümünün başladığı medial vestibüler nükleusa iletilir. Medial vestibülospinal trakt, servikal spinal korddaki motor nöronlara bilateral olarak projekte olur. Baş ve boyun hareketlerini koordine eden servikal kasların harekete geçirilmesini sağlar (30, 60).

Vestibülokolik Refleks

Vestibülokolik refleks (VKR), başın stabilizasyonunu sağlamak ve uzaysal oryantasyonu sağlamak amacıyla işlev gören boyun kaslarının harekete geçirilmesini sağlayan bir refleks arkını içerir (30, 61, 62).

2.2. Vestibüler Sistemin Değerlendirilmesi

Periferik ve santral vestibüler sistemin değerlendirilmesi farklı vestibüler yapıların spesifik olarak incelenmesi açısından oldukça önemlidir. Videonistagmografi (VNG), video head impulse test (vHIT) ve vestibüler uyarılmış miyojenik potansiyeller (VEMP) standart olarak kullanılan vestibüler değerlendirme cihazları arasında yer almaktadır (34).

2.2.1. Videonistagmografi

Vestibüler sistemin değerlendirilmesi sırasında ortaya çıkan nistagmusun ve diğer göz hareketlerinin kaydedilmesi ve analiz edilmesi büyük bir öneme sahiptir (63). Bununla ilgili olarak elektronistagmografi (ENG), gözlere yerleştirilen elektrotların kullanımıyla korneoretinal potansiyellerin ölçümüne dayanan bir inceleme imkânı tanımıştır (63, 64). İlerleyen teknoloji ile birlikte videonistagmografi (VNG) cihazı geliştirilmiştir. VNG’de göz hareketleri, kızılötesi kameraların yer aldığı yüksek teknoloji video gözlükleri ile kaydedilir ve bilgisayarlı izleme sistemi ile analiz ve raporlama gerçekleştirilir (63-65) (Şekil 2.9).



Şekil 2.9. VNG ile vestibüler sistemin değerlendirilmesi

VNG, spontan nistagmus ve gaze değerlendirmesine, sakkad, smooth pursuit ve optokinetik testlerinin gerçekleştirildiği okülomotor değerlendirmelere imkân tanıyan, meydana gelen göz hareketlerini kontrol eden santral yapılar ve yollar hakkında önemli bilgiler sağlayan, pozisyonel testlerde ve head shake testinde ortaya çıkan nistagmusların karakteristik özelliklerinin belirlenmesine yardımcı olan bir vestibüler

değerlendirme yöntemidir (63, 65-68). VNG kaydı, nistagmusun vertikal ve horizontal düzlemdeki yavaş faz hızı, sakkad testinin latans, doğruluk ve hız parametreleri, smooth pursuit ve optokinetik testlerinin kazanç parametreleri gibi nicel parametreleri ölçmeyi mümkün kılar (63). VNG, vestibüler sisteme bağlı patolojilerin periferik ve santral ayrımının yapılmasına, patolojinin lateralizasyonu hakkında yorum yapılmasına, tedavi/rehabilitasyon sonrası klinik takibin yapılmasına imkân tanır (69, 70).

VNG’de test aşamasına geçmeden önce test uygulanacak kişiye gerekli bilgiler verilir ve ardından gözlük yerleştirilir. Göz hareketlerinin kalibrasyonu tamamlandıktan sonra değerlendirme aşamasına geçilir (65, 68).

Spontan Nistagmus Testi

Spontan nistagmus testi, hasta oturur pozisyondayken herhangi bir uyarı olmaksızın nistagmus varlığının araştırıldığı değerlendirme yöntemidir. Test, fiksasyonlu (ışıklı) ve fiksasyonsuz (ışıksız) evrede, düz bakış sırasında gerçekleştirilir (65, 66, 71).

Periferik patoloji kaynaklı bir spontan nistagmus horizontal düzlemde veya torsiyonel olarak gözlenebilir. Ayrıca fiksasyonlu evrede kaydedilen nistagmusun şiddeti, fiksasyonsuz evrede kaydedilen nistagmusa göre belirgin şekilde azalır veya tamamen kaybolur. Santral kaynaklı patolojilerde ise fikse olmayan ve yön değiştiren vertikal nistagmuslar kaydedilir. Vertikal nistagmuslar, serebellumun orta hat yapılarında ortaya çıkan disfonksiyonlardan kaynaklanabilir (49, 72).

Gaze Testi

Gaze testi, bakış sırasında ortaya çıkan nistagmus varlığını değerlendirir. Test sırasında birey, vertikal düzlemde (aşağı ve yukarı bakış) ve horizontal düzlemde (sola ve sağa bakış) ışık barındaki hedefe bakar ve göz hareketleri kaydedilir (65, 66). Gaze testinde amaç, bakış sırasında ortaya çıkan nistagmusun varlığını tespit etmektir. Gaze testinde ortaya çıkan nistagmus gaze-evoked nistagmus olarak adlandırılır ve serebellar flokulus kaynaklı bir patolojiye işaret edebilir. Bununla birlikte sedatif ilaçlar da gaze-evoked nistagmusa yol açabilir (72).

Sakkad Testi

Sakkad, görme alanı içindeki nesnenin görüntüsünün sabitlenmesi için ortaya çıkan hızlı göz hareketleridir. Sakkad testi, gözü hızla hareket ettirme ve bakışı hedefe yeniden sabitleme yeteneğini değerlendirir (65). Sakkad testi sırasında birey, ışık barında rastgele yanan hedefleri başını hareket ettirmeden gözleriyle takip eder ve göz hareketleri kaydedilir (72). Sakkadik yol serebral korteks, serebellum ve beyin sapının

birçok bölgesini içermektedir. Sakkad testinde latans, doğruluk ve hız parametreleri değerlendirilir (70).

Latans, hedefin ortaya çıkışından, gözün hedefe doğru hareketinin başladığı ana kadar geçen süreyi ifade etmektedir. Sakkad testinde gecikmiş latanslar, frontal/frontoparietal korteks veya bazal ganglionlarda santral bir lezyona işaret edebilir. Bununla birlikte dikkatsizlik, görme kaybı, ilaç kullanımı ve yaşlanma gibi etkenler de gecikmiş latansların ortaya çıkmasına neden olabilir (65, 72).

Doğruluk, gözün hedefi doğru konumda yakalama yeteneğini tespit eden parametredir. Sakkadik dismetri, doğruluk parametresinde gözlenen patolojik bulguları (hipometrik sakkad, hipermetrik sakkad) kapsamaktadır. Hipometrik sakkadlar, gözün hedefin daha gerisinde konumlanıp tekrar hedef üzerine gelmesi durumunda ortaya çıkar. Hipermetrik sakkadlar ise gözün hedefin daha ilerisinde konumlanıp tekrar hedef üzerine gelmesi olarak tanımlanır. Hipometrik sakkadlar, serebellar flokulüs; hipermetrik sakkadlar ise serebellar vermis kaynaklı santral lezyonların bir bulgusu olabilir. Bununla birlikte uykusuzluk, dikkatsizlik ve ilaçlar da sakkadik dismetriye neden olabilir (65, 72).

Hız, gözün bir hedeften diğer hedefe geçiş hızını ifade etmektedir. Sakkadik hız parametresinde görülen yavaşlamalar, bazal ganglionlar, beyin sapı ve serebellum kaynaklı santral bir lezyonun varlığına; okulomotor sinirlerin veya kasların bağlı olduğu santral yollarda ortaya çıkan patolojilere işaret edebilir. Ayrıca yaşlanma, dikkatsizlik, yorgunluk ve ilaç kullanımına bağlı olarak da ortaya çıkabilir (65, 72).

Smooth Pursuit Testi

Vestibüloserebellum tarafından kontrol edilen smooth pursuit, sinüzoidal olarak kesintisiz şekilde hareket eden hedefin takip edilmesi temeline dayanmaktadır (65). Birey başını hareket ettirmeden sabit bir şekilde, ışıık barında sağa-sola salınım hareketi yapan hedefi takip eder. Test 0.1 Hz, 0.2 Hz ve 0.4 Hz frekanslarında farklı hızlarda gerçekleştirilir. Tüm frekans değerlerinde kaydedilen kazanç ve asimetri parametreleri değerlendirilir (70).

Unilateral bozulmuş pursuit, santral bir lezyonun varlığını gösterir. Simetrik bozulmalar, kortikal, serebellar ve bazal ganglion kaynaklı santral lezyonlara işaret edebilir. Asimetrik bozulmalar ise ipsilateral serebellar hemisfer, beyin sapı ve parieto-okspital bölgeyi kapsayan fokal lezyonların varlığına dair bir bulgu olabilir. Bunların yanı sıra, yaşlanma, dikkatsizlik, uykusuzluk, görme kayıpları, intoksikasyon gibi etkenler bozulmuş pursuit sonuçlarına neden olabilir (65, 66, 72).

Optokinetik Testi

Optokinetik sistem, görme alanının stabilizasyonundan sorumludur. Test, ışık barında sağdan sola ve soldan sağa hızla geçen hedeflerin optokinetik takibinin yapılması temeline dayanmaktadır. Test sırasında ortaya çıkan göz hareketleri optokinetik nistagmus olarak adlandırılır. Optokinetik nistagmus, hem smooth pursuit sistemi hem de optokinetik sistem ile uyarılmaktadır. Optokinetik testinde kazanç parametresi değerlendirilir (65, 73).

Pozisyonel Testler

Pozisyonel testler, başın belirli pozisyonlarında ortaya çıkan nistagmusun varlığını tespit etmek için uygulanmaktadır (65, 74). Statik pozisyonel testler, statik pozisyonlarda belli baş hareketleri sırasında göz hareketlerinin incelenmesi temeline dayanmaktadır. Statik pozisyonel nistagmuslar genellikle periferik vestibüler patolojilerde görülmesine karşın, bulguların periferik veya santral olduğu yönünde kesin olarak bilgi vermez (72, 74). Dinamik pozisyonel testler ise benign paroksizmal pozisyonel vertigo tanısında uygulanan testleri içermektedir. Tanıda posterior ve anterior SSK için Dix-Hallpike testi, lateral SSK için ise head roll testi kullanılarak etkilenen kanala spesifik olarak değerlendirme yapılmaktadır (66, 71, 75).

Head Shake Testi

Head shake testi, vestibüler disfonksiyon varlığını tespit etmek ve yönünü saptamak amacıyla uygulanan bir testtir (65). Head shake testinde, lateral SSK'ın yere paralel olması için baş 30° fleksiyona getirilir ve yaklaşık 2°/saniye (2 Hz) hızla 20 saniye boyunca sağa-sola sallanır (72). Bu aşamada gözler kapalıdır. Baş sallama aşaması bittikten sonra gözler açılır ve ortaya çıkan göz hareketleri kaydedilir. Sağlıklı bireylerde nistagmus gözlenmez veya anlam ifade etmeyen 1-2 vuruş görülebilir. Unilateral periferik vestibüler patolojilerde yavaş fazın lezyon yönünde olduğu horizontal nistagmuslar gözlenebilir. Vertikal nistagmuslar ise santral bir lezyonun varlığına işaret eder (66, 76).

2.2.2. Video Head Impulse Test

İlk kez Halmagyi ve Curthoys (1988) tarafından tanımlanan head impulse test (HIT), VOR fonksiyonunun değerlendirilmesi amacıyla yatak başı testler arasında yerini almıştır (77). HIT ile değerlendirme çıplak gözle gerçekleştirildiği için VOR ile ilgili nicel verilerin kaydedilmesi mümkün değildir. Teknolojik gelişmelerle birlikte video head impulse test (vHIT) geliştirilmiştir. vHIT, VOR'u, altı SSK'ın tümünü ve

bunlara bağı vestibüler sinirleri (inferior vestibüler sinir, superior vestibüler sinir) değerlendirmek için kullanılan objektif bir ölçüm yöntemidir (78). SSK işlevi, yaklaşık 1 metre uzaklıkta belirlenen hedefe bakış sırasında, 150-300°/s'lik baş hareketleri sonucunda elde edilen VOR kazancı ve sakkad varlığı incelenerek belirlenir (Şekil 2.10). vHIT'te yüksek frekans aralığında vestibüler işlev test edilir (78, 79).



Şekil 2.10. vHIT ile vestibüler sistemin değerlendirilmesi

vHIT'te VOR kazancının değerlendirilmesi, ölçülmesi, asimetri değerinin saptanması ve sakkad varlığının tespit edilmesi için kızılötesi kamera sistemiyle donatılmış video gözlüklerden ve gözlüğe yerleştirilmiş olan jiroskop sisteminden yararlanılmaktadır (80, 81). Bu sayede baş ve göz hızının oranı analiz edilerek, SSK kazancı nicel olarak değerlendirilmektedir (37). vHIT, hızlı göz hareketlerinin kaydına imkân tanıdığı için covert ve overt sakkadların gözlemlenmesini de mümkün kılar. Bununla birlikte ilgili SSK düzleminde gerçekleştirilen baş impulsu, kanala özgü değerlendirmelerin yapılmasını sağlar. vHIT'te, sağ ve sol lateral SSK, sol anterior ve sağ posterior (LARP) SSK, sağ anterior ve sol posterior (RALP) SSK fonksiyonları birlikte değerlendirilmektedir (80-85). Normal VOR fonksiyonunda, baş impulsunun ardından bakış sabit tutularak başın dönüşüne zıt yönde ve eşit bir genlikle telafi edici bir göz hareketi oluşur. Patoloji varlığında ise bakış sabitlenemez ve yeterli afferent bilgi iletimi gerçekleşemediği için VOR kazancında düşme ve düzeltici sakkadlar ortaya çıkar (82, 86).

vHIT'in değerlendirilmesinde kazanç, asimetri oranı ve sakkad (overt, covert) parametreleri kullanılmaktadır (79).

Kazanç, baş impulsu sırasında ortaya çıkan göz hareketinin hızının kafa hızına oranıdır (37, 87). VOR kazancının normal değeri yaklaşık 1 olarak belirlenmiştir. Periferik vestibüler patoloji varlığında VOR kazancı azalır ve genellikle 0.7'nin altında elde edilir (87). Kazanç asimetri oranı ise birlikte değerlendirilen SSK'nın (lateral, LARP, RALP) kazanç oranlarını ifade eder (79, 84).

VOR fonksiyonlarının etkilendiği vestibüler patolojilerde baş impulsu sırasında bakış hedefte sabitlenemez ve göz başla aynı yönde hareket eder. Bu durumda göz hedefe yeniden sabitlenmek için düzeltici sakkadlar meydana getirir (87). Baş impulsu sırasında ortaya çıkan düzeltici sakkadlara covert sakkad denir. Baş impulsu sona erdikten sonra ortaya çıkan düzeltici sakkadlar ise overt sakkad olarak adlandırılır (81, 88).

2.2.3. Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyeller

İlk kez Colebatch ve Halmagyi (1992) tarafından tanımlanan vestibüler uyarılmış miyojenik potansiyeller (VEMP), ses uyararı, titreşim uyararı veya galvanik (elektrik) uyararı ile stimüle edilen otolit organlardan kaynaklanan elektromiyografik bir yanıttır (89, 90). VEMP, utrikül ve sakkül fonksiyonlarının değerlendirilmesine imkân tanır. VEMP, kulağa verilen uyararı sonucunda ortaya çıkan refleksif yanıtların, sternokleidomastoid (SKM) kasına ve inferior oblik kasa yerleştirilen elektrotlarla kaydedilmesi temeline dayanmaktadır (79, 91).

VEMP yanıtlarının değerlendirilmesinde temel olarak dalga varlığı/yokluğu, latans, interpeak amplitüd, amplitüd asimetri oranı ve eşik şiddeti parametreleri kullanılmaktadır (79).

Latans, uyararı verildikten sonra dalga tepelerinin (P1, N1) oluştuğu ana kadar geçen süreyi ifade etmektedir. Latans değerinin uzaması patolojilerin tanınmasında yol gösterici bir bulgudur. Retrolabirentin veya santral kaynaklı bozukluklar VEMP dalgalarının latanslarında uzamaya neden olabilir (41, 91).

Amplitüd, pozitif ve negatif dalga tepeleri arasındaki mesafeyi ifade etmektedir. (92). Amplitüd asimetri oranı ise her iki kulaktan elde edilen dalgaların tepe amplitüdlarının karşılaştırılması temeline dayanmaktadır. Ar, sağ kulaktan elde edilen dalga amplitüdü; Al ise sol kulaktan elde edilen dalga amplitüdü olmak üzere, amplitüd asimetri oranı, $(Ar - Al) / (Ar + Al) \times 100$ formülü ile hesaplanmaktadır (41, 90-92).

Uyarının şiddet, frekans, durasyon gibi özellikleri dalgaların latans ve amplitüd değerleri üzerinde etkilidir (92). Yaşlanmaya bağlı olarak dalgaların bilateral olarak alınmaması, dalga varlığında ise latansların uzaması ve amplitüd değerinin düşük elde edilmesi gibi sonuçlar elde edilebilir (37, 78, 91).

Eşik şiddeti, VEMP dalga yanıtının ölçülebildiği ve yeniden üretilebildiği en düşük şiddet seviyesi olarak tanımlanır (41). Eşik şiddetin 70 dB nHL'in altında elde edilmesi, ayırıcı tanı için önemli bir bulgu olarak kabul edilmektedir (72). Yaşlanmaya bağlı olarak eşik şiddeti değerinde artış meydana gelebilir (78).

Dalgaların elde edilememesi, asimetri oranının yüksek olması, latansların uzaması ve eşik şiddetin düşük elde edilmesi gibi bulgular patolojik olarak kabul edilmektedir (90). Bununla birlikte dalga yokluğu veya yüksek asimetri oranı elde edilmesi durumunda, iletim tipi işitme kaybının ekarte edilmiş olması gerekir. Aksi durumda elde edilen sonuçların, ayırıcı tanıdaki rolü işlevini yitirebilir. Sensörinöral işitme kayıpları ise VEMP yanıtları üzerinde etkili değildir (79, 91, 93).

Servikal VEMP

Servikal VEMP (c-VEMP), sternokleidomastoid (SKM) kası üzerinden kaydedilir ve inferior vestibüler sinirdeki sakküler afferentlerin fonksiyonunu değerlendirir (78, 90, 92). c-VEMP yanıtları, miyojenik potansiyellerden kaynaklandığı için kas aktivitesinden, kullanılan uyarın çeşidinden (ses uyarını, titreşim uyarını, galvanik uyarım) ve uyarın şiddetinden etkilenmektedir (79, 91, 92). c-VEMP, yüksek şiddetteki uyarın ile ipsilateral SKM kasından elde edilen dalga yanıtlarıdır (Şekil 2.11). Önce p13 (P1) olarak adlandırılan pozitif tepeli dalga bileşeni, ardından n23 (N1) olarak adlandırılan negatif tepeli dalga bileşeni ortaya çıkar (90-92).

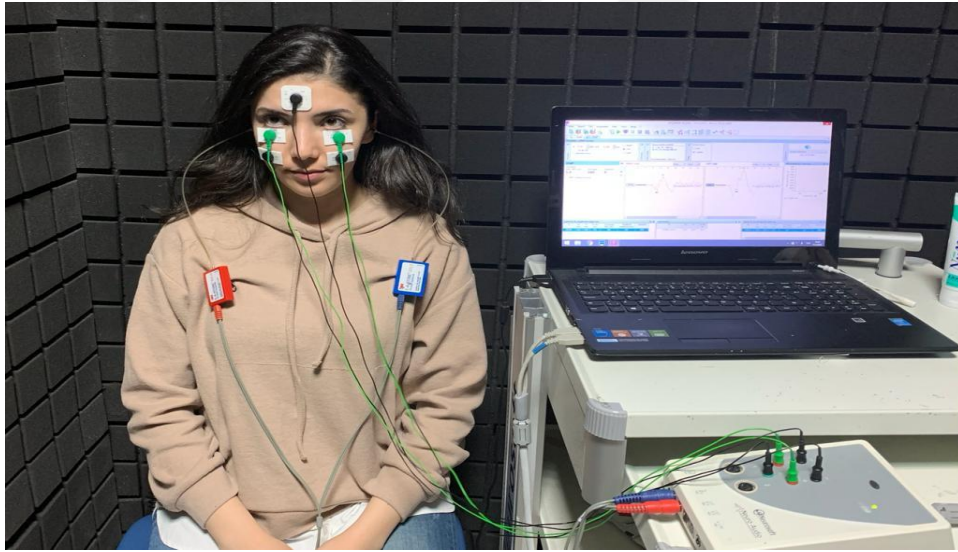


Şekil 2.11. c-VEMP testi ile vestibüler sistemin değerlendirilmesi

c-VEMP yanıtları, SKM'ye yerleştirilen yüzeyel elektrotlar ile kaydedilir. c-VEMP, esas olarak vestibülokolik refleksi (VKR) yansıtır (90). c-VEMP stimülasyonunun ardından sakkül makulası uyarılır. Vestibüler gangliondan ayrılan sakküler afferentler, inferior vestibüler sinir yoluyla lateral/inferior vestibüler nükleusa uzanır. Vestibüler nükleustaki nöronlar, medial/lateral vestibülospinal traktus yoluyla ipsilateral aksesuar sinir nükleusundaki motonöronlara projekte olur. SKM kasının uyarılması sonucunda c-VEMP yanıtları elde edilir (94, 95).

Oküler VEMP

Oküler VEMP (o-VEMP), inferior oblik kas üzerinden kaydedilir ve superior vestibüler sinirdeki utriküler afferentlerin fonksiyonunu değerlendirir (78, 90, 92). o-VEMP, yüksek şiddetteki uyarın ile kontralateral olarak elde edilen dalga yanıtlarıdır (Şekil 2.12). c-VEMP'in tersine o-VEMP'te, önce N1 olarak adlandırılan negatif tepeli dalga bileşeni, ardından P1 olarak adlandırılan pozitif tepeli dalga bileşeni ortaya çıkar (90).



Şekil 2.12. o-VEMP testi ile vestibüler sistemin değerlendirilmesi

o-VEMP yanıtları, gözün altına yerleştirilen yüzeyel elektrotlar ile kaydedilir. o-VEMP, esas olarak utriküler fonksiyonu yansıtır (90). o-VEMP stimülasyonunun ardından, utrikül makulası uyarılır. Vestibüler gangliondan ayrılan utriküler afferentler, superior vestibüler sinir yoluyla vestibüler nükleusa uzanır. Vestibüler nükleustaki nöronlar, kontralateral medial longitudinal fasikulus (MLF) yoluyla kontralateral okülomotor nükleusa projekte olur (96). o-VEMP yanıtları inferior oblik kastan elde edilir (97).

2.3. Yaşlanmanın Vestibüler Sistem Üzerine Etkileri

Vizüel ve proprioseptif sistemler ile birlikte vestibüler sistemin denge sürecindeki rolü büyük bir öneme sahiptir. Yaşlanma, vestibüler sistem dâhil olmak üzere vücuttaki her duyu sistemini etkileyen fizyolojik bir süreçtir. Bununla birlikte yaşlanma, denge faktörlerini olumsuz yönde etkileyerek dengesizlik ve baş dönmesi gibi duyumların artışına; buna bağlı olarak düşme ve düşmeye bağlı ölümlere neden olabilmektedir (34).

Dewane, dengesizlik ve düşmelerin yaşlı popülasyonda en sık yaşanan problemler arasında olduğunu bildirmiştir (98). Cutson, denge bozukluğu insidansının 65-69 yaşları arasında %22, 80-84 yaşları arasında ise %40'ın üzerinde orana sahip olduğunu belirtmiştir (99). Hobeika, 60 yaşın üzerindeki bireylerin %65'inde dengesizlik şikâyetlerinin görüldüğünü bildirmiştir (100). Dillon ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada ise Amerika Birleşik Devletleri'ndeki denge bozukluğu prevalansının 70 yaşın üzerindeki bireylerde %75.3 olduğu bildirilmiştir (101). Yaşlı popülasyonda düşmeye bağlı ölümler %20'ye yakın bir oranla önde gelen ölüm nedenleri arasında yer almaktadır. 2050 yılına kadar 65 yaş üstü popülasyondaki %115'lik artışın, vestibüler sisteme bağlı duysal azalmanın bir sonucu olarak yaşlanmaya bağlı dengesizlik şikâyetlerinde artışa neden olacağı öngörülmektedir (102-104). Bununla ilgili olarak yaşlanmanın vestibüler sistem üzerine olan etkileri yapısal ve fonksiyonel açıdan incelenerek bu sürecin takip edilmesi ve alınan sonuçlar doğrultusunda rehabilitatif yaklaşımların uygulanması duysal yaşlanmanın etkilerini en aza indirmek için önem arz etmektedir. Vestibüler sistemin yaşlanmasına bağlı dejenerasyon artışının ve duysal azalmanın sonuçları, her zaman dengesizlik ve baş dönmesi gibi duyumlarla kendini göstermese de yapılan vestibüler değerlendirmeler yaşın artışıyla birlikte fonksiyonel değişikliklerin varlığını ortaya çıkarabilir (21, 34, 37, 105).

2.3.1. Yaşlanmaya Bağlı Yapısal Değişiklikler

Vestibüler uç organların tüylü hücreleri, sinir lifleri, vestibüler ganglion ve vestibüler nükleus nöronları yaşlanmaya bağlı olarak yapısal değişikliklerin görüldüğü yapılar arasında yer almaktadır (15, 18, 106-119). Yaşlanma sürecinde, vestibüler sistemin duysal bileşenlerinin çoğunu kapsayan bir dejenerasyonun meydana geldiği, yapılan histolojik çalışmalarla ortaya konmuştur (34). Bununla birlikte yapılan histolojik çalışmalar, vestibüler sistemde yer alan yapıların farklı anatomik düzlemlerde

ve sert yapıdaki temporal kemik içinde yer alması nedeniyle genellikle bir vestibüler yapıyı veya vestibüler sistemin küçük bir bölümünü kapsamıştır. Ayrıca destek hücrelerinin tip I ve tip II tüylü hücrelerinden ayırt edilmesindeki zorluk duyuşal yapılardaki değışikliklere yönelik nicel verilerin elde edilmesini sınırlandırmıştır (37).

Yaşlanma sürecinde meydana gelen yapısal değışikliklerin başında otolit organların ve SSK'ın nöronlarında ve tüylü hücrelerindeki dejenerasyon gelmektedir (106). Yapılan bir çalışmada, vestibüler uç organların tüylü hücre sayılarının 70 yaşından sonra kademeli şekilde düştüğü; bununla birlikte dejenerasyon oranı ve dejenerasyonun başlangıç yaşının vestibüler uç organlar, tüylü hücreler ve nöronların yapısına göre farklılık gösterebileceğı bildirilmiştir (107). Merchant ve arkadaşlarının, 0-100 yaş aralığındaki 67 bireyin vestibüler uç organları üzerinde yaptığı bir çalışmada, toplam tüylü hücre sayısının tüm SSK'ın kristasında ve otolit organların makulasında yaşın artışıyla birlikte azaldığı saptanmıştır (108). Aynı çalışmada, kristadaki tip I tüylü hücre kaybının, makuladaki tip I tüylü hücre kaybına göre daha yoğun olduğu; tip II tüylü hücrelerin ise tüm vestibüler uç organlarda yaklaşık olarak eşit şekilde kayba uğradığı bildirilmiştir. Ayrıca kristadaki tip I tüylü hücrelerin, tip II tüylü hücrelere göre daha hızlı şekilde kayba uğradığı belirtilmiştir. Kristadaki tip I tüylü hücrelerin, tip II tüylü hücrelere oranının doğumda 2.4:1 iken 80 yaşında 2:1 olarak saptanmıştır. Bununla birlikte kristanın periferindeki tip I tüylü hücrelerin, kristanın merkezi bölgelerine göre daha yoğun olarak bulunduğu, tip II tüylü hücrelerin ise kristanın periferinde ve merkezinde daha eşit bir dağılıma sahip olduğu belirtilmiştir (108). Yapılan başka bir çalışmada, yaşlanma ile birlikte vestibüler tüylü hücrelerin sayısındaki azalmanın kristada makulaya göre daha fazla olduğu bildirilmiştir (109). Aynı çalışmada, tüm vestibüler uç organlardaki tip I tüylü hücre kaybının tip II tüylü hücrelere göre daha yoğun olduğu, ayrıca kristadaki tip I tüylü hücrelerin makulaya göre daha hızlı dejenere olduğu tanımlanmıştır (109). Rosenhall, vestibüler uç organların tüylü hücrelerindeki kaybın 40 yaş itibariyle başladığını belirtmiştir (15). Aynı çalışmada, 70 ila 95 yaş aralığında makuladaki tüylü hücrelerde meydana gelen azalmanın 0 ila 40 yaş aralığını kapsayan kontrol grubuna göre utrikülde yaklaşık %21, sakkülde ise yaklaşık %24 kayba; tüm SSK kristalarındaki tüylü hücrelerde meydana gelen azalmanın ise yaklaşık %40 kayba uğradığı bildirilmiştir (15). Anniko, yaşlanma sonucunda vestibüler uç organlardaki tip I tüylü hücre kaybının tip II tüylü hücrelere göre daha yoğun olduğunu bildirmiştir (110). Aynı çalışmada, tip I tüylü hücrelerdeki daha yoğun azalmanın filogenez ile açıklanabileceğı öne sürülmüştür. Tip I tüylü

hücrelerin daha genç oluşum göstermesi sonucunda daha yüksek derecede özelleşmiş ve farklılaşmış olmasından kaynaklandığı belirtilmiştir (110).

Jang ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, sakküler otokonya yapılarındaki dejenerasyonun 50 yaşından sonra hızla arttığına dikkat çekilmiştir (113). Igarashi ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada ise utriküler ve sakküler makuladaki otokonya hacimleri oranının kontrol grubunda 100:70, yaşlı bireylerde ise 100:35 olduğu bildirilmiştir (18). Elde edilen sonuçlar, sakküler otokonyanın utriküler otokonyaya göre daha fazla azaldığını göstermiştir (18). Bunun nedeni tam olarak bilinmemesine karşın Johnsson ve Hawkins tarafından yapılan bir çalışmada, sakküldeki tüylü hücre diziliminin vertikal yönelimli olmasının otokonya kaybına karşı daha duyarlı olmasına neden olduğu öne sürülmüştür (111). Thalmann ve arkadaşları ise sakküldeki dark hücre sayısındaki yetersizliğin otokonya kaybında etkili olduğu hipotezini savunmuştur (112).

Velázquez-Villaseñor ve arkadaşlarının 0-100 yaş aralığındaki 75 bireyin vestibüler ganglion sayıları üzerinde yaptığı bir çalışmada, yaşın artışıyla birlikte lineer bir azalmanın meydana geldiği bildirilmiştir (114). Richert ise vestibüler ganglion hücrelerinin sayısında yaklaşık 60 yaş itibarıyla ani ve hızlı bir azalma tespit etmiştir (115). Yapılan başka çalışmalarda, yaşamın beşinci dekadında vestibüler sinir liflerinde önemli bir azalmanın olduğu; 75-80 yaşları arasında ise bu kaybın %40'a ulaştığı bildirilmiştir (116, 117).

Lopez ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, yaklaşık 40 yaşında başlayan vestibüler nükleuslardaki nöronal kaybın her on yılda %3'lük bir artış gösterdiği bildirilmiştir (118). Alvarez ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada ise 89 yaşındaki bir bireyin medial vestibüler nükleusundaki nöron sayısının 35 yaşındaki bireye göre %40 oranında düşük olduğu saptanmıştır (119).

2.3.2. Yaşlanmaya Bağlı Fonksiyonel Değişiklikler

Dengenin sağlanmasında görev alan periferik ve santral vestibüler sistem yapılarının koordinasyon halinde işlev görmesi sonucunda baş hareketlerinin algılanması, postüral kontrolün ve bakış stabilitesinin sağlanması gerçekleştirilir. Vestibüler sistem aracılığıyla işlemlenen sinyallerin vizüel ve proprioseptif sistemlerden gelen sinyallerle bütünleşmesi ile birlikte denge ve uzaysal oryantasyon korunur (30-32). Dengenin ve uzaysal oryantasyonun korunmasını sağlayan sistemsel yapılar yaşa bağlı olarak etkilenir (34). Yaşlanma ile ilişkili olarak vestibüler sistemde meydana

gelen fizyolojik dejenerasyonun vestibüler sistem üzerindeki fonksiyonel etkilerini ortaya koyan çalışmalar literatürde yer almaktadır (23-29).

Okülomotor test bulgularının VNG ile değerlendirildiği bir çalışmada, sakkad, smooth pursuit ve optokinetik işlevlerinin yaşlanmaya bağlı olarak bozulduğu bildirilmiştir (23). Bununla birlikte sakkad testi doğruluk değerinin ve smooth pursuit testi kazanç ve asimetri değerinin 65 yaşından sonra, optokinetik test kazanç değerinin ise 45 yaşından sonra azaldığı belirtilmiştir. Aynı çalışmada, sakkad testi latans değerinin ise yaşlanmayla birlikte anlamlı olarak uzadığı rapor edilmiştir. Yaşlanma sonucunda reflekslerde meydana gelen yavaşlama, sakkad fonksiyonlarının etkilenmesine yol açabilmektedir. Ayrıca yaşın artışıyla birlikte günlük aktivitelerdeki azalma, sıklıkla karşılaşılan frekanslardaki hedef hareketlerinin takip edilmesini etkileyerek smooth pursuit fonksiyonunun azalmasına neden olabilmektedir. Optokinetik testinde elde edilen sonuçların ise sakkad ve smooth pursuit fonksiyonlarındaki azalma ile bağlantılı olabileceği belirtilmektedir (23). Yaşlanmanın vHIT parametreleri üzerine etkilerinin incelendiği bir çalışmaya göre, 70 yaşın üzerindeki bireylerde vHIT kazanç değerlerinin azaldığı bildirilmiştir (24). Yapılan diğer bir çalışmada ise vHIT kazanç değerlerinin özellikle 80 yaşın üzerindeki bireylerde azaldığı rapor edilmiştir (25). vHIT kazanç değerlerinde görülen bu azalmanın yaşlanma ile birlikte tüylü hücrelerde ve vestibüler sinir liflerinde meydana gelen kayıptan kaynaklandığı düşünülmektedir (106, 114, 120). Yaşlanmanın VEMP dalga latansları üzerindeki etkilerini inceleyen çalışmaların derlendiği bir meta-analiz çalışmasında, c-VEMP ve o-VEMP dalga latanslarının artan yaşla birlikte artış gösterdiği rapor edilmiştir (26). Yapılan başka bir çalışmada ise yaşlanmayla birlikte o-VEMP testinde yanıt alma oranının azaldığı, dalga latanslarının uzadığı ve amplitüd değerlerinin azalma gösterdiği bildirilmiştir (27). Yaşlı bireylerde c-VEMP'in değerlendirildiği bir çalışmada, yaşlanma sonucunda dalga eşik şiddetinin, P1 dalga latansının ve asimetri oranının arttığı bildirilmiştir (28). Yapılan diğer bir çalışmada ise yaşlanma sonucunda c-VEMP testinde yanıt alma oranının azaldığı, dalga eşik şiddetinin ve P1 dalga latansının arttığı, amplitüd değerinin azalma gösterdiği rapor edilmiştir (29). Yaşlı bireylerde VEMP testinin değerlendirme parametrelerinde görülen değişikliklerin ilerleyen yaşla birlikte vestibüler nöronların sayısındaki azalma ile ilişkili olabileceği belirtilmektedir. Nöronlardaki kaybın vestibüler nükleus fonksiyonlarını etkilemesinin yanı sıra otolit organlarda meydana gelen yapısal değişiklikler, vestibüler reflekslerin yaşa bağlı nöronal dejenerasyonu ve kas

elektromiyogram seviyesindeki yaşı bağılı değişiklikler gibi çeşitli faktörler VEMP yanıtlarının etkilenmesine neden olabilmektedir (26-28). Artan yaşla birlikte ortaya çıkan dejenerasyonun vestibüler reflekslere aracılık eden yolları çeşitli düzeylerde etkilediğı sonucuna varılabilir. Çalışmalardan elde edilen sonuçlar, yaşlanmanın vestibüler sistem yapıları üzerindeki dejeneratif etkilerinin duyuşal azalmaya yol açmakla birlikte meydana gelen değişikliklerin vestibüler sistemi fonksiyonel açıdan etkilediğini ortaya koymaktadır.



3. MATERYAL VE METOT

3.1. Araştırmanın Türü

Araştırma, prospektif klinik bir çalışmadır.

3.2. Araştırmanın Yapıldığı Yer ve Zaman

Araştırma, İnönü Üniversitesi Turgut Özal Tıp Merkezi Kulak Burun Boğaz Hastalıkları Anabilim Dalı Odyoloji Ünitesi'nde Ocak 2021-Kasım 2021 tarihleri arasında yapılmıştır.

3.3. Araştırmanın İzni ve Etik Kurul Onayı

Araştırmanın yapılabilmesi için İnönü Üniversitesi Turgut Özal Tıp Merkezi Kulak Burun Boğaz Hastalıkları Anabilim Dalı Başkanlığından kurum izni alınmıştır (EK-1). Araştırma, İnönü Üniversitesi Sağlık Bilimleri Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu tarafından onaylanmıştır (2020/1080) (EK-2).

3.4. Araştırmanın Evren ve Örneklemi

Araştırmaya 18 yaş ve üzerindeki sağlıklı gönüllü bireyler dâhil edilmiştir. Araştırmanın örneklemi power analizi ile belirlenmiştir. Power analizine göre, 0.40 etki büyüklüğü, 0.05 yanılma payı, 0.95 güven düzeyi ve 0.90 evreni temsil gücü ile örneklem büyüklüğü 84 olarak hesaplanmıştır. 18-40 yaş (1. Grup), 41-60 yaş (2. Grup) ve 61 yaş ve üzeri (3. Grup) olmak üzere, araştırmaya alınan her gruptaki birey sayısı 28 olarak belirlenmiştir. Araştırmaya alınan bireylere rutin fizikî muayene yapılarak araştırmaya dâhil edilme kriterlerini karşılayan bireyler araştırma kapsamına alınmıştır. Dâhil edilme kriterlerini karşılamayan bireyler ise araştırmadan dışlanmışlardır. Araştırmaya dâhil edilen tüm bireylere, Bilgilendirilmiş Gönüllü Onam Formu (EK-3) imzalatılmış ve Tanıtıcı Bilgi Formu (EK-4) doldurulmuştur. Araştırmaya alınan her bireye VNG, vHIT, c-VEMP, o-VEMP ve Berg Denge Ölçeği (EK-5) uygulanmıştır.

Araştırmaya dâhil edilme kriterleri,

- 18 yaş ve üzerinde olması,
- İletişim engeli ve bilişsel problemi olmaması,
- Göz ve görme problemi olmaması,
- Baş ve boyun problemi olmaması,

- Kafa travması öyküsü olmaması,
- Vestibüler sistemi etkileyebilecek sistemik, metabolik ve nörolojik hastalığı olmaması,
- İletim tipi işitme kaybı olmaması,
- İmmittansmetrik bulguların normal olması,
- Otolojik ve nöro-otolojik incelemelerin normal olması,
- Daha önce tanılanmış vestibüler sistem kaynaklı hastalığın olmaması,
- Baş dönmesi şikâyetinin olmaması,
- Araştırmaya gönüllü olarak katılıp onam formunun imzalanmasıdır.

3.5. Araştırmanın Değişkenleri

Bağımlı değişkenler, araştırmaya alınan bireylere ait vestibüler sistem değerlendirme sonuçları ve ölçek puanıdır. VNG, vHIT, c-VEMP, o-VEMP değerlendirme sonuçları ve Berg Denge Ölçeği puanı araştırmanın bağımlı değişkenlerini oluşturmaktadır.

Bağımsız değişkenler, araştırmaya alınan bireylere ait yaş, cinsiyet, beden-kitle indeksi bilgilerini kapsamaktadır.

3.6. Veri Toplama Araçları

3.6.1. Videonistagmografi

Videonistagmografi (VNG) cihazı (VisualEyes 4-channel, Micromedical Technologies, Chatham/USA) kullanılarak spontan nistagmus testi, gaze testi, okülomotor testler, pozisyonel testler ve head shake testi, araştırmaya dâhil edilen tüm bireylere uygulanmıştır.

Spontan Nistagmus Testi: Birey sedyede oturur pozisyondayken bireyin gözüne yerleştirilen VNG gözlüğünün kapağı kapatıldı. Test, gözlük kapalıyken gözlüğün içinde ışığın yandığı fiksasyonlu evre ve ışığın kapatıldığı fiksasyonsuz evre olmak üzere iki aşamada gerçekleştirildi. Fiksasyonlu evrede, bireyden gözlerini kırpmadan sabit bir şekilde ışığa bakması istendi. Fiksasyonsuz evrede ise bireyden yine gözlerini kırpmadan sabit bir noktaya bakması istendi. Her iki aşamada bireyin göz hareketleri kaydedildi.

Gaze Testi: Birey sedyede oturur pozisyonunda ve VNG gözlüğü takılıyken bireyden yaklaşık 1 metre uzaklıktaki ışık barının boyu göz hizasında ayarlandı.

Bireyden, ışık barında aşağıda ve yukarıda merkezden 15° açıyla, sağda ve solda ise merkezden 20° açıyla yanan ışığa, başını hareket ettirmeden sabit bir şekilde bakması istendi. Sabit bakış sırasında göz hareketleri kaydedildi.

Sakkad Testi: Bireyden, ışık barında merkezden farklı açılarla rastgele yanan ışıkları başını hareket ettirmeden gözleriyle takip etmesi istendi. Test sırasında, bireyin hedef üzerindeki göz hareketleri kaydedildi.

Smooth Pursuit Testi: Bireyden, ışık barında sinüzoidal olarak kesintisiz şekilde, sağa-sola salınım hareketi yapan ışığı, başını hareket ettirmeden gözleriyle takip etmesi istendi. Test 0.1 Hz, 0.2 Hz ve 0.4 Hz olmak üzere üç farklı frekansta gerçekleştirildi. Test sırasında bireyin hedef üzerindeki göz hareketleri kaydedildi.

Optokinetik Testi: Bireyden, ışık barında sağdan sola ve soldan sağa hızla geçen hedefleri başını hareket ettirmeden gözleriyle takip etmesi istendi. Bireyin hedefi takibi sırasında göz hareketleri kaydedildi.

Pozisyonel Testler: Bireye uygulanacak testlerle ilgili bilgilendirme yapıldı. Vertikal SSK'nın değerlendirilmesi için Dix-Hallpike testi, lateral SSK'nın değerlendirilmesi için ise head roll testi uygulandı. Dix-Hallpike testinde, birey bacaklarını sedyeye uzatarak oturduktan sonra bireyin başı değerlendirilecek yöne göre sağa veya sola 45° döndürüldü. Ardından birey hızlıca geriye doğru yatırıldı. Bu sırada bireyin başı 30° ekstansiyona getirildi. Birey, bu pozisyonda bir dakika süreyle bekletildikten sonra 45°'lik baş açısı korunarak hızla yeniden oturur pozisyona getirildi. Head roll testinde ise birey, başı 30° fleksiyonda olacak şekilde sırt üstü yatırıldı. Bu pozisyonda bireyin başı önce sağa 90° açıyla, ardından orta hatta ve son olarak sola 90° açıyla çevrildi. Birey, her pozisyonda bir dakika süreyle bekletildi. Test aşamaları sırasında göz hareketleri kaydedildi.

Head Shake Testi: Birey oturur pozisyondayken VNG gözlüğünün kapağı kapatılarak gözlerin fiksasyonu engellendi. Lateral SSK'nın yere paralel olması amacıyla, bireyin başı 30° fleksiyona getirilerek yaklaşık 2°/saniye (2 Hz) hızla 20 saniye boyunca sağa-sola sallandı. Baş sallama aşamasında bireyin gözleri kapalıyken bu aşama bittikten sonra bireyden gözlerini açıp sabit bir şekilde bakması istenerek göz hareketleri kaydedildi.

3.6.2. Video Head Impulse Test

Video Head Impulse Test (vHIT) cihazı (Micromedical Technologies, Interacoustics, EyeSeeCam vHIT 1.3) kullanılarak lateral, sağ anterior-sol posterior

(RALP) ve sol anterior-sağ posterior (LARP) SSK fonksiyonları değerlendirildi. Bireyden, oturur pozisyondayken yaklaşık 1 metre uzaklıktaki hedefe sabit bir şekilde bakması istendi. vHIT gözlüğü, bireyin gözüne yerleştirildi. Gözlüğün test sırasındaki hareketini engellemek amacıyla gözlük bandı sıkılaştırıldı. Gözlük kamerası göz hareketlerinin doğru kaydedilmesini sağlayacak şekilde ayarlandı. Göz ve baş kalibrasyonu yapıldıktan sonra testin uygulama aşamasına geçildi. Bireyden test sırasında boynunu kasmaması, kendini serbest bırakması ve karşısındaki hedefe gözlerini kırpmadan sabit bir şekilde bakması istendi. Bireyin başına, test edilen SSK düzleminde yaklaşık 15°'lik atımlar uygulandı. Sırasıyla lateral, RALP ve LARP SSK değerlendirmeleri yapıldı. Gözlüğe yerleştirilmiş olan jiroskop sistemi ile baş ve göz hızı kaydedilerek kazanç değeri, asimetri değeri ve sakkad varlığı analiz edildi.

3.6.3. Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyeller

Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyeller (VEMP) cihazı (Neuro-Audio, Version 2010; Neurosoft, Ivanovo, Russia) kullanılarak servikal VEMP (c-VEMP) ve oküler VEMP (o-VEMP) testleri gerçekleştirildi.

c-VEMP testinde, yüzeysel elektrotların yerleştirileceği bölgeler temizlenerek aktif elektrotlar, sternokleidomastoid kasının 1/3'lük kısmına; referans elektrotlar, sternokleidomastoid kasının sternuma yakın kısmına; toprak elektrot ise alnın orta kısmına yerleştirildi. Elektrot impedanslarının 5 k Ω 'un altında olmasına dikkat edildi. Test sırasında, 110 dB nHL şiddetinde 500 Hz frekansta tone-burst uyaran kullanıldı. Bireyden, başını uyaran verilen kulağın tersi yöne çevirmesi ve sternokleidomastoid kasını olabildiğince kasma istendi. Test sonucunda elde edilen P1 ve N1 dalgaları işaretlendi. P1 ve N1 dalga latansları, P1-N1 interlatansı, P1-N1 amplitüdü ve asimetri oranı değerleri analiz edildi.

o-VEMP testinde, yüzeysel elektrotların yerleştirileceği bölgeler temizlenerek aktif elektrotlar, her iki taraftaki alt göz kapağına; referans elektrotlar, aktif elektrotların yaklaşık 10-20 milimetre altına; toprak elektrot ise alnın orta kısmına yerleştirildi. Elektrot impedans değerlerinin 5 k Ω 'un altında olmasına dikkat edildi. Test sırasında, 110 dB nHL şiddetinde 500 Hz frekansta tone-burst uyaran kullanıldı. Bireyden, horizontal düzlemden yaklaşık 30°'lik bir açı ile yukarıda belirlenen hedefe başını kaldırmadan bakması istendi. Test sonucunda elde edilen N1 ve P1 dalgaları işaretlendi. N1 ve P1 dalga latansları, N1-P1 interlatansı, N1-P1 amplitüdü ve asimetri oranı değerleri analiz edildi.

3.6.4. Berg Denge Ölçeği

Berg Denge Ölçeği, denge fonksiyonunun değerlendirilmesine imkân tanıyan bir testtir. Ölçek, Berg ve arkadaşları tarafından geliştirilmiştir (121). Berg Denge Ölçeği'nin Türkçe güvenilirlik ve geçerliliği Şahin ve arkadaşları tarafından yapılmıştır (122). Berg Denge Ölçeği, desteksiz oturmak, ayağa kalkmak, desteksiz ayakta durmak, yerden bir şey almak, 360° dönmek gibi günlük yaşam aktivitelerini içeren 14 farklı yönergeden oluşmaktadır. Berg Denge Ölçeği'nde bireyin aktiviteleri bağımsız olarak veya belirli bir süre içinde veya belli bir mesafeden yapma yeteneği değerlendirilmektedir. Puanlama 0-4 arasında yapılmakta ve ölçek uygulaması ortalama 15-20 dakika sürmektedir. 0 puan, bireyin ilgili yönergedeki aktiviteyi gerçekleştiremediğini; 4 puan ise aktiviteyi eksiksiz bir şekilde tamamladığını ifade etmektedir. Test için maksimum puan 56'dır. 41-56 arasında alınan puanlar dengeyi iyi olduğuna, 21-40 arasında alınan puanlar ortalama düzeydeki bir denge varlığına, 0-20 arasında alınan puanlar ise bozulmuş dengeye işaret etmektedir (121, 122).

3.7. Verilerin Toplanması

Araştırmanın verileri, İnönü Üniversitesi Turgut Özal Tıp Merkezi Kulak Burun Boğaz Anabilim Dalı Odyoloji Ünitesi'nde Eylül 2020-Eylül 2021 tarihleri arasında toplandı. Verilerin toplanması, araştırmaya dâhil edilen bireyler ile yüz yüze görüşülüp bireye gerekli açıklamalar yapıldıktan sonra gerçekleştirildi. Araştırmaya dâhil edilen tüm bireylere, Bilgilendirilmiş Gönüllü Onam Formu imzalatıldı ve Tanıtıcı Bilgi Formu dolduruldu. Araştırmaya dâhil edilen her bireye, VNG, vHIT, c-VEMP, o-VEMP ve Berg Denge Ölçeği uygulandı. Yapılan testler, uygulanmaya başlamadan önce bireylere tanıtıldı. Her birey için değerlendirme yaklaşık 90 dakika sürdü.

3.8. İstatistiksel Analiz

Araştırmaya alınan verilerin analizleri SPSS (Statistical Program in Social Sciences) 26 programı ile yapılmıştır. Araştırmaya alınan verilerin normal dağılıma uygunluğu Kolmogorov-Smirnov testi ile kontrol edilmiştir.

Karşılaştırma testleri için anlamlılık düzeyi (p) 0.05 olarak alınmıştır. Veriler normal dağılım göstermediği için gruplar arası karşılaştırmalar Kruskal-Wallis testi ile yapılmıştır. Fark bulunan (p<0.05) gruplarda istatistiksel farkın hangi gruplardan kaynaklandığını tespit etmek için ikili karşılaştırmalar Mann-Whitney U testi ile yapılmıştır. Analizin bu aşamasında karşılaştırma sayısının artmasına bağlı olarak p

değeri artacağından Bonferroni düzeltmeli p değeri kullanılmıştır ve 0.05/ikili karşılaştırma ile hesaplanmıştır.

Araştırmaya dâhil edilen üç grup (18-40 yaş, 41-60 yaş, 61 yaş ve üzeri) olduğu için Kruskal-Wallis testi sonrası Mann-Whitney U testi ile yapılacak ikili karşılaştırmalarda kullanılacak yeni anlamlılık düzeyi (p) $\binom{3}{2} = 3$ ve $0.05/3=0.017$ olarak hesaplanmıştır. Mann-Whitney U testi ile yapılan ikili karşılaştırma testlerinin anlamlılık düzeyi (p) 0.017 olarak alınmıştır.

Kategorik verilerin analizinde çapraz tablolar oluşturularak yapılacak karşılaştırmalarda Ki-Kare (χ^2) testi ile analiz yapılmıştır.



4. BULGULAR

Araştırmaya, 18-40 yaş (1. Grup, n=28), 41-60 yaş (2. Grup, n=28), 61 yaş ve üzeri (3. Grup, n=28) olmak üzere üç yaş grubu dâhil edilmiştir. Gruplara ait tanımlayıcı özelliklerin dağılımı Tablo 4.1’de gösterilmiştir.

Araştırmaya, 1. Gruptan 28 (%33.3), 2. Gruptan 28 (%33.3) ve 3. Gruptan 28 (%33.3) olmak üzere toplam 84 birey dâhil edilmiştir. 1. Grupta alınan bireylerin 19’u (%67.9) kadın, 9’u (%32.1) erkek; 2. Grupta alınan bireylerin 12’si (%42.9) kadın, 16’sı (%57.1) erkek; 3. Grupta alınan bireylerin 12’si (%42.9) kadın, 16’sı (%57.1) erkektir. Araştırmaya alınan bireylerde, cinsiyet değişkenine göre yaş grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmamıştır ($p>0.05$). Araştırmaya alınan bireyler, cinsiyet değişkenine göre homojen dağılım göstermektedir.

Araştırmaya dâhil edilen bireylerin total yaş ortalaması 47.19 ± 17.10 olmak üzere, bireyler 18 ila 77 yaş aralığında yer almaktadır. 1. Gruptaki bireylerin yaş ortalaması 27.14 ± 7.51 , 2. Gruptaki bireylerin yaş ortalaması 48.35 ± 6.33 , 3. Gruptaki bireylerin yaş ortalaması ise 66.07 ± 3.72 ’dir.

Araştırmaya alınan katılımcılarda, beden kitle indeksi (BKİ) değişkenine göre yaş grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmuştur ($p<0.05$). Araştırmaya alınan bireyler, BKİ değişkenine göre homojen dağılım göstermemektedir. 1. Grup ile 2. Grup ve 3. Grup arasında; 2. Grup ile 3. Grup arasında BKİ değişkenine göre istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmuştur ($p<0.017$). 3. Grubun BKİ ortalaması, 1. Grup ve 2. Gruba göre (sırasıyla, 28.37 ± 5.14 ; 24.26 ± 4.2 ; 26.41 ± 3.57); 2. Grubun BKİ ortalaması ise 1. Gruba göre (sırasıyla, 26.41 ± 3.57 ; 24.26 ± 4.2) anlamlı olarak yüksektir ($p<0.017$).

Tablo 4.1. Yaş gruplarının temel tanımlayıcı özelliklerinin dağılımı

	1. Grup	2. Grup	3. Grup	
	Ortalama $\pm$ SS (min.-max.)	Ortalama $\pm$ SS (min.-max.)	Ortalama $\pm$ SS (min.-max.)	Total
Yaş Ortalaması	27.14 $\pm$ 7.51 (18-40)	48.35 $\pm$ 6.33 (41-59)	66.07 $\pm$ 3.72 (61-77)	47.19 $\pm$ 17.10 (18-77)
	n (%)	n (%)	n (%)	Test Değeri
Cinsiyet				
Kadın	19 (67.9)	12 (42.9)	12 (42.9)	0.109 ^a
Erkek	9 (32.1)	16 (57.1)	16 (57.1)	p=0.742
	Ortalama $\pm$ SS [ortanca (min.-max.)]	Ortalama $\pm$ SS [ortanca (min.-max.)]	Ortalama $\pm$ SS [ortanca (min.-max.)]	Test Değeri
BKİ	24.26 $\pm$ 4.2 [23.08 (17.26-33.3)]	26.41 $\pm$ 3.57 [26.26 (19.72-36.51)]	28.37 $\pm$ 5.14 [27.96 (20.68- 42.81)]	10.168^b p=0.006*

^aKi-Kare testi değeri (χ^2); ^bKruskal-Wallis testi değeri; n, sayı; SS, standart sapma; min, en küçük değer; max, en büyük değer; p, istatistiksel anlamlılık; *p<0.05

Tablo 4.2’de, yaş gruplarının Berg Denge Ölçeği’nde aldıkları puanlara ilişkin sonuçlar gösterilmektedir. Araştırmaya alınan bireylerin Berg Denge Ölçeği’nde aldıkları toplam puanlara göre, yaş grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmuştur (p<0.05). Araştırmaya alınan katılımcılar, ölçek puanlarına göre homojen dağılım göstermemektedir. Ölçek puanları açısından, 1. Grup ile 2. Grup ve 3. Grup arasında; 2. Grup ile 3. Grup arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmuştur (p<0.017). 3. Grubun ölçek puanı ortalaması, 1. Grup ve 2. Gruba göre (sırasıyla, 52.04 $\pm$ 3.25; 56 $\pm$ 0; 55.75 $\pm$ 0.52); 2. Grubun ölçek puanı ortalaması ise 1. Gruba göre (sırasıyla, 55.75 $\pm$ 0.52; 56 $\pm$ 0) anlamlı olarak düşüktür (p<0.017).

Tablo 4.2. Yaş gruplarının Berg Denge Ölçeği puanlarının dağılımı

	1. Grup	2. Grup	3. Grup	
	Ortalama $\pm$ SS [ortanca (min.-max.)]	Ortalama $\pm$ SS [ortanca (min.-max.)]	Ortalama $\pm$ SS [ortanca (min.-max.)]	p ^b
Toplam	56 $\pm$ 0	55.75 $\pm$ 0.52	52.04 $\pm$ 3.25	0.001*
Puan	[56 (56-56)]	[56 (54-56)]	[52.5 (45-56)]	

^bKruskal-Wallis testi; p, istatistiksel anlamlılık; SS, standart sapma; min, en küçük değer; max, en büyük değer; *p<0.05

Tablo 4.3’te, yaş gruplarının VNG test sonuçları analizi gösterilmektedir. Araştırmaya alınan bireylerin, sakkad ve optokinetik testlerinden elde edilen sonuçlara

göre yaş grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmuştur ($p<0.05$). 1. ve 2. Grupta, tüm VNG test sonuçları normaldir. 3. Grupta sakkad testi 8 bireyde (%28.6) ve optokinetik testi 9 bireyde (%32.1) patolojiktir. Yapılan ikili karşılaştırmalar sonucunda, sakkad ve optokinetik test sonuçlarına göre, 3. Grup ile 1. Grup ve 2. Grup arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmuştur ($p<0.017$). Yapılan diğer ikili karşılaştırmalarda ise yaş grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmamıştır ($p>0.05$).

Araştırmaya alınan bireylerin, spontan nistagmus, gaze vertikal, gaze horizontal, smooth pursuit, head shake ve pozisyonel test sonuçları, tüm yaş gruplarında %100 oranında normal olarak gözlenmiştir.

Tablo 4.3. Yaş gruplarında VNG sonuçları

	1. Grup	2. Grup	3. Grup	p^a
	n (%)	n (%)	n (%)	
Spontan Nistagmus				
Normal	28 (100)	28 (100)	28 (100)	-
Patolojik	-	-	-	
Gaze Vertikal				
Normal	28 (100)	28 (100)	28 (100)	-
Patolojik	-	-	-	
Gaze Horizontal				
Normal	28 (100)	28 (100)	28 (100)	-
Patolojik	-	-	-	
Sakkad				
Normal	28 (100)	28 (100)	20 (71.4)	0.001*
Patolojik	-	-	8 (28.6)	
Smooth Pursuit				
Normal	28 (100)	28 (100)	28 (100)	-
Patolojik	-	-	-	
Optokinetik				
Normal	28 (100)	28 (100)	19 (67.9)	0.001*
Patolojik	-	-	9 (32.1)	
Dix-Hallpike				
Normal	28 (100)	28 (100)	28 (100)	-
Patolojik	-	-	-	
Head Roll				
Normal	28 (100)	28 (100)	28 (100)	-
Patolojik	-	-	-	
Head Shake				
Normal	28 (100)	28 (100)	28 (100)	-
Patolojik	-	-	-	

^aKi-Kare testi (χ^2); n, sayı; p, istatistiksel anlamlılık; * $p<0.05$

Tablo 4.4'te, sakkad, smooth pursuit ve optokinetik test sonuçlarının yaş gruplarına göre karşılaştırılması gösterilmektedir. Araştırmaya alınan bireylerde, sakkad testinin latans değeri, smooth pursuit testinin kazanç ve asimetri değerleri, optokinetik testinin kazanç değeri, yaş grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermiştir ($p<0.05$).

Yapılan ikili karşılaştırmalarda 3. Grubun sakkad testi latans değeri 1. Grup ve 2. Gruba göre anlamlı olarak daha yüksektir ($p<0.017$). Yapılan diğer ikili karşılaştırmalarda ise yaş grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmamıştır ($p>0.05$). Sakkad testinin latans değeri ortalaması 1. Grupta 186.81 ± 15.44 , 2. Grupta 209.23 ± 15.57 ve 3. Grupta 231.73 ± 31.87 'dir. Sakkad testinin doğruluk değeri, yaş grupları arasında anlamlı farklılık göstermemiştir ($p>0.05$).

Yapılan ikili karşılaştırmalarda 3. Grubun smooth pursuit testi kazanç değeri 1. Grup ve 2. Gruba göre anlamlı olarak daha düşüktür ($p<0.017$). Yapılan diğer ikili karşılaştırmalarda ise yaş grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmamıştır ($p>0.05$). Smooth pursuit testinin kazanç değeri ortalaması 1. Grupta 0.93 ± 0.94 , 2. Grupta 0.95 ± 0.97 ve 3. Grupta 0.86 ± 0.89 'dur.

Yapılan ikili karşılaştırmalarda 3. Grubun smooth pursuit testi asimetri değeri 1. Grup ve 2. Gruba göre anlamlı olarak daha yüksektir ($p<0.017$). Yapılan diğer ikili karşılaştırmalarda ise yaş grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmamıştır ($p>0.05$). Smooth pursuit testinin asimetri değeri ortalaması 1. Grupta 1.58 ± 1.58 , 2. Grupta 1.83 ± 1.83 ve 3. Grupta 7.37 ± 6.08 'dir.

Yapılan ikili karşılaştırmalarda 3. Grubun optokinetik testi kazanç değeri 1. Grup ve 2. Gruba göre anlamlı olarak daha düşüktür ($p<0.017$). Yapılan diğer ikili karşılaştırmalarda ise yaş grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmamıştır ($p>0.05$). Optokinetik testinin kazanç değeri ortalaması 1. Grupta 0.91 ± 0.06 , 2. Grupta 0.88 ± 0.06 ve 3. Grupta 0.69 ± 0.12 'dir. Yapılan ikili karşılaştırmalarda 3. Grubun optokinetik testi kazanç değeri 1. Grup ve 2. Gruba göre anlamlı olarak daha düşüktür ($p<0.017$). Optokinetik testinin kazanç değeri ortalaması 1. Grupta 0.91 ± 0.06 , 2. Grupta 0.88 ± 0.06 ve 3. Grupta 0.69 ± 0.12 'dir.

Tablo 4.4. Sakkad, smooth pursuit ve optokinetik test sonuçlarının yaş grupları arasında karşılaştırılması

	1. Grup	2. Grup	3. Grup	p ^b
	Ortalama ± SS	Ortalama ± SS	Ortalama ± SS	
Sakkad				
Doğruluk	96.06 ± 3.43	96.49 ± 3.57	96.29 ± 4.2	0.990
Latans	186.81 ± 15.44	209.23 ± 15.57	231.73 ± 31.87	0.001*
Smooth Pursuit				
Kazanç	0.93 ± 0.94	0.95 ± 0.97	0.86 ± 0.89	0.001*
Asimetri	1.58 ± 1.58	1.83 ± 1.83	7.37 ± 6.08	0.001*
Optokinetik				
Kazanç	0.91 ± 0.06	0.88 ± 0.06	0.69 ± 0.12	0.001*

^bKruskal-Wallis testi; p, istatistiksel anlamlılık; SS, standart sapma; *p<0.05

Tablo 4.5'te, vHIT kazanç sonuçlarının yaş grupları arasında karşılaştırılması gösterilmektedir. Araştırmaya alınan bireylerde, lateral SSK, anterior SSK ve posterior SSK VOR kazanç ortalamalarına göre yaş grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmuştur (p<0.05). 2. Grup ve 3. Grup SSK VOR kazançları, 1. Gruba göre anlamlı olarak daha düşük bulunmuştur (p<0.017). 3. Grup SSK VOR kazançları ise 2. Gruba göre anlamlı olarak daha düşük bulunmuştur (p<0.017). Lateral SSK VOR kazanç ortalama değerleri 1. Grupta 0.92 ± 0.05, 2. Grupta 0.87 ± 0.05 ve 3. Grupta 0.82 ± 0.09'dur. Anterior SSK VOR kazanç ortalama değerleri 1. Grupta 0.88 ± 0.05, 2. Grupta 0.8 ± 0.04 ve 3. Grupta 0.75 ± 0.09'dur. Posterior SSK VOR kazanç ortalama değerleri ise 1. Grupta 0.88 ± 0.05, 2. Grupta 0.79 ± 0.04 ve 3. Grupta 0.72 ± 0.1'dir.

Tablo 4.5. vHIT kazanç sonuçlarının yaş grupları arasında karşılaştırılması

	1. Grup	2. Grup	3. Grup	p ^b
	Ortalama ± SS	Ortalama ± SS	Ortalama ± SS	
Lateral SSK VOR Kazancı	0.92 ± 0.05	0.87 ± 0.05	0.82 ± 0.09	0.001*
Anterior SSK VOR Kazancı	0.88 ± 0.05	0.8 ± 0.04	0.75 ± 0.09	0.001*
Posterior SSK VOR Kazancı	0.88 ± 0.05	0.79 ± 0.04	0.72 ± 0.1	0.001*

^bKruskal-Wallis testi; p, istatistiksel anlamlılık; SS, standart sapma; *p<0.05

Tablo 4.6’da, vHIT kazanç asimetrisi sonuçlarının yaş grupları arasında karşılaştırılması gösterilmektedir. Araştırmaya alınan bireylerde, lateral SSK kazanç asimetrisi ortalaması yaş grupları arasında anlamlı farklılık göstermemiştir ($p>0.05$). LARP kazanç asimetrisi ortalaması ve RALP kazanç asimetrisi ortalaması ise yaş grupları arasında anlamlı farklılık göstermiştir ($p<0.05$). 2. Grup ve 3. Grup LARP kazanç asimetrisi ortalaması, 1. Gruba göre daha yüksek bulunmuştur ($p<0.017$). 3. Grup LARP kazanç asimetrisi ortalaması ise 2. Gruba göre anlamlı olarak daha yüksek bulunmuştur ($p<0.017$). LARP kazanç asimetrisi ortalamaları 1. Grupta 1.73 ± 1.89 , 2. Grupta 2.05 ± 1.62 ve 3. Grupta 3.99 ± 3.86 ’dır. 2. Grup ve 3. Grup RALP kazanç asimetrisi ortalaması, 1. Gruba göre anlamlı olarak daha yüksek bulunmuştur ($p<0.017$). 3. Grup RALP kazanç asimetrisi ortalaması ise 2. Gruba göre anlamlı olarak daha yüksek bulunmuştur ($p<0.017$). RALP kazanç asimetrisi ortalamaları 1. Grupta 0.86 ± 1.3 , 2. Grupta 2.03 ± 1.44 ve 3. Grupta 4.39 ± 4.55 ’dir.

Tablo 4.6. vHIT kazanç asimetrisi sonuçlarının yaş grupları arasında karşılaştırılması

	1. Grup	2. Grup	3. Grup	
	Ortalama $\pm$ SS	Ortalama $\pm$ SS	Ortalama $\pm$ SS	p^b
Lateral SSK Kazanç Asimetrisi	2.01 ± 1.42	2.52 ± 1.38	3.37 ± 3.35	0.180
LARP SSK Kazanç Asimetrisi	1.73 ± 1.89	2.05 ± 1.62	3.99 ± 3.86	0.010*
RALP SSK Kazanç Asimetrisi	0.86 ± 1.3	2.03 ± 1.44	4.39 ± 4.55	0.001*

^bKruskal-Wallis testi; p, istatistiksel anlamlılık; SS, standart sapma; * $p<0.05$

Tablo 4.7’de, yaş gruplarında sakkad görülme oranları gösterilmektedir. Araştırmaya alınan bireylerde, vHIT lateral SSK değerlendirmesinde görülen sakkad sonuçlarına göre yaş grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmuştur ($p<0.05$). Yapılan ikili karşılaştırmalar sonucunda, 3. Grup ile 1. Grup ve 2. Grup arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık gözlenmiştir ($p<0.017$). 1. Grupta sakkad gözlenmezken, 2. Grupta 1 bireyde (%3.6) overt ve 1 bireyde (%3.6) covert-overt sakkadlar gözlenmiştir. 3. Grupta ise 2 bireyde (%7.1) covert, 11 bireyde (%39.3) overt ve 1 bireyde (%3.6) covert-overt sakkadlar gözlenmiştir. Yapılan diğer ikili karşılaştırmalarda ise yaş grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmamıştır ($p>0.05$).

Tablo 4.7. Yaş gruplarında sakkad görülme oranları

Sakkad	1. Grup	2. Grup	3. Grup
	n (%)	n (%)	n (%)
Yok	28 (100)	26 (92.9)	14 (50)
Covert	-	-	2 (7.1)
Overt	-	1 (3.6)	11 (39.3)
Covert-Overt	-	1 (3.6)	1 (3.6)
			0,580^a
			0.001*

^aKi-Kare Testi değeri (χ^2); n, sayı; p, istatistiksel anlamlılık; *p<0.05

Tablo 4.8’de, yaş gruplarında c-VEMP ve o-VEMP dalgalarının cevap oranları gösterilmektedir. Bireylerde elde edilen cevap oranları, kulak sayısı üzerinden değerlendirilmiştir. Araştırmaya alınan bireylerde, c-VEMP ve o-VEMP dalga cevap oranlarına göre, yaş grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmuştur (p<0.05). Yapılan ikili karşılaştırmalar sonucunda, 3. Grupta cevap alınamama oranı, 1. Grup ve 2. Gruba göre anlamlı olarak yüksektir (p<0.017). Yapılan diğer ikili karşılaştırmalarda ise istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmamıştır (p>0.05). c-VEMP’te ve o-VEMP’te dalga cevabı alınamama oranı 1. Grupta %0, 2. Grupta %0 ve 3. Grupta %23.2’dir.

Tablo 4.8. Yaş gruplarında c-VEMP ve o-VEMP dalga cevap oranlarının dağılımı

	1. Grup	2. Grup	3. Grup	p ^a
	n (%)	n (%)	n (%)	
c-VEMP				
Cevap +	56 (100)	56 (100)	43 (76.8)	0.001*
Cevap –	-	-	13 (23.2)	
o-VEMP				
Cevap +	56 (100)	56 (100)	43 (76.8)	0.001*
Cevap –	-	-	13 (23.2)	

^aKi-Kare testi (χ^2); n, sayı; p, istatistiksel anlamlılık; *p<0.05

Tablo 4.9’da, yaş gruplarında c-VEMP ve o-VEMP cevaplarının dağılımı görülmektedir. Latans, interlatans ve amplitüd için değerlendirmeler dalga varlığı

gösteren kulak sayısı üzerinden yapılırken, asimetri oranı için değerlendirmeler ise her iki kulakta dalga varlığı gösteren birey sayısı üzerinden yapılmıştır.

Araştırmaya alınan bireylerde, c-VEMP'te P1 latans, N1 latans ve P1-N1 amplitüd değerlerinde, yaş grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmuştur ($p<0.05$). 3. Grubun P1 latansı ve N1 latansı, 1. Gruba göre anlamlı olarak uzamıştır ($p<0.017$). 3. Grubun P1-N1 amplitüd değeri, 1. Grup ve 2. Gruba göre, 2. Grubun P1-N1 amplitüd değeri ise 1. Gruba göre anlamlı olarak daha düşüktür ($p<0.017$). P1-N1 interlatans ve asimetri oranı açısından ise yaş grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmamıştır ($p>0.05$).

Araştırmaya alınan bireylerde, o-VEMP'te N1 latans, P1 latans, N1-P1 interlatans, N1-P1 amplitüd ve asimetri değerlerinde, yaş grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmuştur ($p<0.05$). 3. Grup ve 2. Grubun N1 ve P1 latansı, 1. Gruba göre anlamlı olarak uzamıştır ($p<0.017$). 3. Grubun N1-P1 interlatans değeri, 1. Gruba göre anlamlı olarak daha yüksektir ($p<0.017$). 3. Grubun N1-P1 amplitüd değeri, 1. Grup ve 2. Gruba göre, 2. Grubun N1-P1 amplitüd değeri ise 1. Gruba göre anlamlı olarak daha düşüktür ($p<0.017$). 3. Grup ve 2. Grubun asimetri değeri, 1. Gruba göre anlamlı olarak daha yüksektir ($p<0.017$).

Tablo 4.9. Yaş gruplarında c-VEMP ve o-VEMP cevaplarının dağılımı

	1. Grup		2. Grup		3. Grup		p ^b
	<i>n</i>	Ortalama ± SS	<i>n</i>	Ortalama ± SS	<i>N</i>	Ortalama ± SS	
c-VEMP							
P1 Latans	56	13.11 ± 0.79	56	13.13 ± 0.69	43	13.55 ± 0.79	0.022*
N1 Latans	56	20.86 ± 1.39	56	20.51 ± 1.05	43	21.4 ± 1.15	0.001*
P1N1 İnterlatans	56	7.75 ± 1.28	56	7.4 ± 1	43	7.83 ± 1.28	0.234
P1N1 Amplitüd	56	110.93 ± 29.27	56	88.59 ± 29.94	43	71.13 ± 22.93	0.001*
Asimetri Oranı	28	7.46 ± 5.05	28	8.22 ± 5.54	19	11.03 ± 5.7	0.086
o-VEMP							
N1 Latans	56	9.85 ± 0.53	56	10.33 ± 0.77	43	10.42 ± 0.76	0.001*
P1 Latans	56	15.12 ± 0.61	56	15.79 ± 0.87	43	16.07 ± 0.72	0.001*
N1P1 İnterlatans	56	5.29 ± 0.56	56	5.45 ± 0.74	43	5.65 ± 0.84	0.040*
N1P1 Amplitüd	56	12.12 ± 2.19	56	9.19 ± 3.58	43	5.3 ± 1.93	0.001*
Asimetri Oranı	28	4.4 ± 2.5	28	7.24 ± 4.37	19	11.85 ± 8.32	0.001*

^bKruskal-Wallis testi; n, sayı; p, istatistiksel anlamlılık; SS, standart sapma; * $p<0.05$

5. TARTIŞMA

Yaşlanma, vücuttaki her duyu sistemini etkileyen vestibüler sistemin de dâhil olduğu fizyolojik bir süreçtir. Yaşlanma ile birlikte denge mekanizmalarında meydana gelen yapısal değişiklikler, denge faktörlerini olumsuz yönde etkileyerek dengesizlik ve baş dönmesi gibi semptomların artışına neden olabilmektedir (34). Yapılan çalışmalara göre dengesizlik ve baş dönmesi şikâyetlerinin yaşa bağlı olarak artış gösterdiği bildirilmiştir (98-101). Ayrıca subklinik durumlarda bile yapılan değerlendirmelerde vestibüler sistemin yaşlanmasına bağlı dejenerasyon artışı, yaşlanma ile birlikte meydana gelen yapısal değişikliklerle ilişkili olarak fonksiyonel değişikliklerin varlığını ortaya koyabilir (21, 34, 37, 105).

Denge fonksiyonunun tam olarak yerine getirilebilmesi için, vestibüler sistem ile birlikte vizüel ve proprioseptif sistemlerden gelen bilgilerin bir bütün halinde işlenmesi gerekmektedir. Bununla birlikte yaşlanmanın vestibüler sistem dâhil olmak üzere vücuttaki her duyu sistemini etkilemesi, yaşlı bireylerdeki dengesizlik, baş dönmesi gibi semptomların artışına ve bu semptomlara bağlı düşme riskinin ortaya çıkmasına neden olabilmektedir (34).

Berg Denge Ölçeği, fonksiyonel dengeyi değerlendirmek amacıyla kullanılan bir değerlendirme aracıdır. Ölçek, subjektif olarak denge bozukluğu derecesinin ve düşme riskinin belirlenmesine yardımcı olmaktadır. Ölçekte yer alan maddeler, değerlendirilen bireyin statik ve dinamik denge yeteneğinin ölçülmesine imkân sağladığı için yaşlanmaya bağlı ortaya çıkan yapısal değişikliklerin fonksiyonel etkilerinin saptanmasında yol gösterici bir araç olarak kullanılabilir (123). Çalışmamızın sonuçlarına göre, ölçek puanları tüm yaş gruplarında normal sınırlarda gözlemlenmesine rağmen, ölçek puanları açısından 1. Grup ile 2. Grup ve 3. Grup arasında, 2. Grup ile 3. Grup arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmuştur. 3. Grubun ölçek puanı ortalaması, 1. Grup ve 2. Gruba göre (sırasıyla, 52.04 ± 3.25 ; 56 ± 0 ; 55.75 ± 0.52); 2. Grubun ölçek puanı ortalaması ise 1. Gruba göre (sırasıyla, 55.75 ± 0.52 ; 56 ± 0) anlamlı olarak düşük saptanmıştır. Çalışmamızın sonuçları, yaşla birlikte Berg Denge Ölçeği'nden alınan puanların anlamlı olarak düştüğünü göstermiştir. Literatür incelendiğinde de yaşla denge arasındaki ilişkinin çalışmamızı destekler nitelikte olduğu görülmektedir (124-127). Simila ve arkadaşları ile Steffen ve arkadaşlarının yaptığı çalışmalarda, yaşın artışıyla birlikte denge puanlarının düşüş

gösterdiği bildirilmiştir (124, 125). Başka bir çalışmada da yaşla birlikte dengede meydana gelen değişikliklerin Berg Denge Ölçeği ile belirlenebileceği, denge puanlarının yaşla birlikte düşüş gösterdiği ve değişken hale geldiği belirtilmiştir (126). Aynı zamanda Spagnoulo ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada da ölçek puanları normal puan aralığında belirlenmiş olsa da yaşın artışıyla birlikte ölçek puanlarında anlamlı bir düşüş olduğu bildirilmiştir (127). Yaşlanmaya bağlı olarak vestibüler, vizüel ve proprioseptif sistemlerde meydana gelen dejenerasyonlar, statik ve dinamik dengeyi olumsuz yönde etkilemektedir. Bu etkilenim sonucunda, medial ve lateral vestibülospinal traktların ve parietoinsular vestibüler kortekse giden projeksiyon yolağının trakt hacimlerindeki azalma sonucunda üst düzey denge yeteneklerinin etkilendiği düşünülmektedir. Denge sistemindeki bu etkilenim, ölçek puanlarına yansiyarak düşüşe neden olabilir (128, 129). Bununla birlikte, yaşlanmanın artan reaksiyon süresi gibi nörolojik faktörleri ve kas zayıflığı gibi biyomekanik faktörleri etkilemesi sonucunda denge faktörlerini de etkilediği belirtilmiştir (130, 131). Yapılan bazı çalışmalarda ise çalışmamızdan elde edilen bulguların aksine, yaşlanma ve Berg Denge Ölçeği puanları arasında herhangi bir ilişki olmadığı bildirilmiştir (129, 132). Yeo ve arkadaşlarının yaşlı yetişkin bireyler ile genç yetişkin bireyleri karşılaştırdıkları çalışmada, Berg Denge Ölçeği skorlarının gruplar arasında anlamlı farklılık göstermediği, üst düzey denge yeteneği gerektiren maddelerdeki görevlerde ise puanlamada düşüş gözlemlendiği bildirilmiştir (129). Bogle-Thorbahn ve Newton ise yaş ile ölçek puanları arasında herhangi bir ilişki olmadığını belirtmişlerdir (132). Bu çalışmalardan elde edilen bulgular, Berg Denge Ölçeği'nin sağlıklı genç, orta ve yaşlı bireylerde tavan etkisine sahip olduğu ve yaşın artışıyla birlikte ortaya çıkan ince denge eksikliklerini saptamada yetersiz olduğu temeline dayandırılmıştır (133-135).

VNG, göz hareketlerinin kızılötesi kameralar ile izlenmesine imkân tanıyan bir test cihazıdır. VNG ile vestibüler sistemin periferik ve santral yapıları hakkında bilgi sağlanmaktadır (63-68). Çalışmamızdan elde edilen bulgulara göre spontan nistagmus testi, gaze testi, pozisyonel testler ve head shake testi sonuçları yaş grupları arasında anlamlı farklılık göstermemiştir. Bu testlerin aksine okülomotor testler arasında yer alan sakkad testi, smooth pursuit testi ve optokinetik testi ise değerlendirildikleri parametreler açısından yaş grupları arasında anlamlı farklılık göstermiştir. Yaşlanma ile birlikte nöron kaybı, dendrit kaybı, serebral metabolizmanın bozulması, serebral perfüzyonun azalması gibi santral sinir sisteminde meydana gelen değişiklikler, duyuşal girdideki yaşa bağlı bozuklukları telafi edici fonksiyonları azaltabilir. Bilgi işlemedeki

genel bir yavaşlama ve sinir iletimindeki azalma, okülomotor fonksiyonlarında gözlenen yaşa bağlı farklılıkları açıklayabilir (136, 137).

Sakkad testi, gözün hedefte sabitlenme yeteneğinin ölçülmesine imkân tanımaktadır (65). Çalışmamızdan elde edilen bulgulara göre sakkad testi 3. Grupta yer alan bireylerin 8'inde (%28.6) patolojik elde edilmiştir. Sakkad testi, değerlendirme parametreleri arasında yer alan doğruluk ve latans değerleri açısından incelendiğinde ise doğruluk değerinin yaş grupları arasında farklılık göstermediği, latans değerinin ise 3. Grupta diğer gruplara göre uzadığı görülmüştür. Literatür incelendiğinde, Yılmaz ve arkadaşları ile Seferlis ve arkadaşlarının yaptığı çalışmalarda, latans değerinin yaşa bağlı olarak uzadığı belirtilmiştir (23, 138). Fakat bu çalışmalarda, çalışmamızın aksine doğruluk değerinin de etkilendiği ve yaşla beraber azaldığı bildirilmiştir (23, 138). Kerber ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada da diğer çalışmalara benzer olarak yaşın artışıyla birlikte latans parametresinin artış gösterdiği rapor edilmiştir (139). Çalışmamızdan elde edilen bulgular literatürle uyumluluk göstermektedir. Latans parametresindeki artışın, yaşın artışıyla birlikte reaksiyon süresinde meydana gelen artışla ilişkili olduğu düşünülmüştür (139). Ayrıca sakkad latansında görülen uzamalar, normal yaşlanma sırasında serebral korteksteki beyaz ve gri cevherde meydana gelen atrofi nedeniyle serebral korteksin göz hareketi alanındaki nöronal dejenerasyon sonucunda ortaya çıkabilir (140, 141).

Smooth pursuit testi, farklı frekanslarda hareket eden cismin retina üzerinde sabitlenme yeteneğinin ölçülmesine imkân tanımaktadır (65, 70). Çalışmamızdan elde edilen bulgular smooth pursuit testinin değerlendirme parametreleri arasında yer alan kazanç ve asimetri değerleri açısından incelendiğinde, 3. Grupta diğer gruplara kıyasla kazanç değerinin düştüğü, asimetri değerinin ise arttığı görülmüştür. Literatür incelendiğinde de Yılmaz ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, 65 yaş ve üzerindeki bireylerde kazanç değerinin azaldığı, asimetri değerinin ise yaş ile birlikte artış gösterdiği bildirilmiştir (23). Benzer olarak Seferlis ve arkadaşları, Ross ve arkadaşları ile Sharpe ve Sylvester'in yaptığı çalışmalarda, yaşlanma ile birlikte kazanç değerinin düştüğü bildirilmiştir (138, 142, 143). Yakın zamanda Maruta ve arkadaşlarının 7 ila 82 yaşları arasındaki sağlıklı bireyler üzerinde yaptığı çalışmada, görsel izlemenin konumsal kesinliği ve smooth pursuit kazancı 20 ila 50 yaşları arasında en iyi performansa sahip olmakla birlikte yaşam boyu U şeklinde bir eğriyi izlediği bildirilmiştir (144). Smooth pursuit performansının, beyin yapıları ve işlevsel kapasitedeki artış ile gelişme ve yaşlanma sırasında meydana gelen bölgeler arası

bağlantılardaki değişikliklere bağlı olarak 20'li yaşlara kadar artış gösterdiği, 50'li yaşlardan itibaren ise düşüş göstermeye başladığı rapor edilmiştir (144). Benzer şekilde Sharpe ve Sylvester'in yaptığı çalışmada, yaşlı bireylerde bildirilen düşük smooth pursuit kazancı, yaşla birlikte artan sinir sistemi dejenerasyonuna bağlanmıştır (143). Aksine Kerber ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, 9 yıllık takip sonucunda smooth pursuit testinde kazanç parametresinde yaşa bağlı anlamlı bir düşüş gözlenmemiştir (139). Elde edilen bu sonuç, telafi edici mekanizmalara dayandırılmıştır (145). Serebral kortikal atrofi, serebellar Purkinje hücrelerinin kaybı ve ekstraoküler kasların dejenerasyonu smooth pursuit kazancındaki azalmanın nedenleri arasında düşünülebilir (143, 146). Yaşlanmaya bağlı olarak meydana gelen hücre kaybı ve okülomotor sistemlerdeki değişiklikler nedeniyle ilerleyen yaşın smooth pursuit sistemini etkilediği düşünülmüştür (145).

Optokinetik testi, görme alanının stabilizasyonundan sorumlu optokinetik sistemin değerlendirilmesine imkân tanımaktadır. Test sırasında göz hareketlerinin ortaya çıkardığı optokinetik nistagmus, smooth pursuit ve sakkad sistemleri ile yakından ilişkilidir (65, 70). Çalışmamızdan elde edilen bulgulara göre optokinetik testi, 3. Grupta yer alan bireylerin 9'unda (%32.1) patolojik elde edilmiştir. Optokinetik testi, değerlendirme parametreleri arasında yer alan kazanç değeri açısından incelendiğinde ise 3. Grupta diğer gruplara kıyasla kazanç değerinin düştüğü görülmüştür. Literatür incelendiğinde de Yılmaz ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, 45 yaş ve üzerindeki bireylerde yaşın artışıyla birlikte kazanç değerinin düştüğü bildirilmiştir (23). Benzer olarak Seferlis ve arkadaşları ile Kerber ve arkadaşlarının yaptığı çalışmalarda da, yaşlanma ile birlikte kazanç değerinin düştüğü rapor edilmiştir (138, 139). Çalışmamızdan elde edilen bulgular, literatürle uyumluluk göstermektedir. Optokinetik test kazancındaki yaşın artışına bağlı düşüş, periferik ve santral okülomotor sistemlerde gözlenen hücre kaybı ve sinaptik morfolojideki değişiklikler ile açıklanabilir (15, 146-152). Bununla birlikte, optokinetik nistagmusun sakkad ve smooth pursuit sistemleri ile yakın ilişki içinde olması nedeniyle yaşlanmaya bağlı olarak bu sistemlerde meydana gelen dejenerasyonun optokinetik test kazançlarını etkilediği düşünülebilir (65, 73). Ayrıca yaşlanma ile birlikte günlük fiziksel aktivitenin kısıtlanması tüm okülomotor fonksiyonları etkilemekle birlikte optokinetik test kazancını daha belirgin bir şekilde etkilediği bildirilmiştir (153).

vHIT, yaşlanmanın vestibüler sistem üzerindeki etkilerinin incelenmesine imkân tanıyan testler arasında yer almaktadır. Değerlendirilen SSK'a ait VOR kazançlarının ve

asimetri oranlarının saptanması, sakkad varlığının gözlemlenmesi ve bu verilerle bağlantılı olarak ilgili vestibüler sinir fonksiyonlarının tespit edilmesi amacıyla kullanılmaktadır (78, 79). Kazançlarda ortaya çıkan düşüş, asimetri ve sakkad varlığı, yeterli afferent bilgi iletiminin gerçekleşmediği bir işlev bozukluğunu gösterebilmektedir (82, 86).

vHIT'in değerlendirme parametreleri arasında yer alan VOR kazançları değerlendirildiğinde çalışmamızın sonuçlarına göre, lateral, anterior ve posterior SSK VOR kazançlarında 1. Grup ile 2. Grup ve 3. Grup arasında, 2. Grup ile 3. Grup arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmuştur. 2. Grup ve 3. Grup SSK VOR kazançları, 1. Gruba göre; 3. Grup SSK VOR kazançları ise 2. Gruba göre anlamlı olarak daha düşük saptanmıştır. Çalışmamız yaşlanmanın VOR kazançlarını olumsuz etkilediğini göstermiştir. Literatür incelendiğinde Hansson ve Salzer'in yaptığı çalışmada, artan yaşla birlikte lateral, anterior ve posterior kanalların VOR kazançlarında kayıplar olduğu belirtilmiştir (154). Ayrıca Kim ve Kim'in yaptığı çalışmada ise lateral kanal VOR kazançlarının 70 yaşın üzerinde, anterior ve posterior kanal VOR kazançlarının ise 80 yaş üzerinde anlamlı olarak düşüş gösterdiği bildirilmiştir (24). Benzer şekilde Teggi ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada da, 80-90 yaş aralığındaki bireylerin lateral kanal VOR kazançlarının 70-80 yaş aralığındaki bireylerin lateral kanal VOR kazançlarından daha düşük olduğu ve yaşlanmanın VOR kazancını azalttığı rapor edilmiştir (25). McGarvie ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada ise tüm SSK'ın VOR kazançlarında yaşın artışıyla birlikte düşüş olduğu ve posterior kanallardaki kazanç kaybının ise istatistiksel olarak anlamlı olduğu bildirilmiştir (155). Ek olarak Mossman ve arkadaşlarının yaptığı ve yaşları 20 ila 80 arasında değişen 63 bireyin yer aldığı çalışmada, 80 ve 60 milisaniyede elde edilen lateral kanal VOR kazançlarının her on yılda sırasıyla 0.012 ve 0.017 düşüş gösterdiği gözlenmiştir (156). Matıño-Soler ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada ise lateral kanal VOR kazançlarının yüksek hızlı baş impulslarında 70, düşük hızlı baş impulslarında ise 90 yaşa kadar korunduğu ve yaş ile VOR kazançlarındaki düşüş arasındaki ilişkinin bu yaşlardan sonra anlamlı olduğu rapor edilmiştir (157). Çalışmamızdan elde edilen bulgular, literatürle uyumluluk göstermektedir. Yaşın artışıyla birlikte VOR kazançlarında ortaya çıkan düşüş, yaşlanma sonucunda tüylü hücreler ve vestibüler sinir liflerindeki azalma ile açıklanabilir (106, 114, 120). Ek olarak vHIT'in yanı sıra SSK fonksiyonlarının farklı uygulamalarla değerlendirildiği çalışmalar da mevcuttur (158, 159). Agrawal ve arkadaşlarının SSK fonksiyonlarını dinamik görme keskinliği ile inceledikleri

çalışmada, artan yaşla birlikte lateral, anterior ve posterior kanal fonksiyonlarının azaldığı bildirilmiştir (158). Lee ve Kim'in supression head impulse paradigm (SHIMP) ile yaşlanmanın VOR kazançları üzerindeki etkilerini inceledikleri çalışmada, yaşlanma ile VOR kazançlarının aşamalı olarak azaldığı ve 70 yaşın üzerindeki bireylerde VOR kazançlarının anlamlı olarak düşüş gösterdiği belirlenmiştir (159). Yapılan bazı çalışmalarda ise çalışmamızdan elde edilen bulguların aksine, yaşlanma ve VOR kazançları arasında anlamlı bir ilişki olmadığı bildirilmiştir (155, 160-162). Treviño-González ve arkadaşlarının vHIT için yaşa bağlı normatif verileri belirledikleri çalışmada, yaş ile VOR kazançları arasında istatistiksel olarak anlamlı ilişki olmadığını fakat yaşlanmayla lateral kanal VOR kazançlarında hafif bir düşüş olduğu belirtilmiştir (160). Benzer şekilde McGarvie ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, tüm SSK'nın VOR kazançlarında yaşın artışıyla birlikte düşüş olduğu fakat lateral ve anterior kanallardaki kazanç kaybının istatistiksel olarak anlamlı olmadığı rapor edilmiştir (155). Aynı zamanda Johnson ve arkadaşları ile Yang ve arkadaşlarının yaptığı çalışmalarda, yaş ve lateral kanal VOR kazançları arasında anlamlı bir ilişki olmadığı bildirilmiştir (161, 162).

vHIT'in değerlendirme parametreleri arasında yer alan kazanç asimetrisi değerlendirildiğinde çalışmamızın sonuçlarına göre lateral SSK kazanç asimetrisi gruplar arasında anlamlı farklılık göstermemiştir. Literatür incelendiğinde ise çalışmamızla uyumlu olarak yaşlanma ile lateral kanal kazanç asimetrisi arasında anlamlı farklılık rapor edilmemiştir (160-162). Treviño-González ve arkadaşları ile Johnson ve arkadaşlarının yaptığı çalışmalarda yaşlanma ve lateral kanal kazanç asimetrisi arasında herhangi bir ilişki saptanmamıştır (160, 161). Benzer şekilde Yang ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada da yaş ile lateral kazanç asimetrisinin birbirinden bağımsız olduğu rapor edilmiştir (162). Literatürde yaş ile lateral kanal kazanç asimetrisi arasındaki ilişkiyi açıklayan çalışmalar olmasına rağmen yaş ile vertikal kanallara ait kazanç asimetrisi arasındaki ilişkiyi inceleyen bir çalışmaya rastlanmamıştır. Çalışmamız yaş ile vertikal kanallara ait kazanç asimetrisi arasındaki ilişkiyi incelemesi açısından literatüre önemli katkı sağlamaktadır.

vHIT'in değerlendirme parametreleri arasında yer alan sakkad varlığı değerlendirildiğinde ise çalışmamızın sonuçlarına göre lateral SSK uyarımında sakkad gözlenmesi açısından, 3. Grup ile 1. Grup ve 2. Grup arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmuştur. 1. Grupta sakkad gözlenmezken, 2. Grupta 1 bireyde (%3.6) overt ve 1 bireyde (%3.6) covert-overt sakkadlar; 3. Grupta ise 2 bireyde (%7.1)

covert, 11 bireyde (%39.3) overt ve 1 bireyde (%3.6) covert-overt sakkadlar gözlenmiştir. Çalışmamızın sonuçları yaşlanmanın lateral SSK uyarımında sakkadların gözlenmesine neden olduğunu göstermiştir. Literatür incelendiğinde de yaşın artışıyla sakkad varlığı arasındaki ilişkinin çalışmamızı destekler nitelikte olduğu görülmektedir (157, 163-165). Matıño-Soler ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, 70 yaş üzerinde sakkad görülen birey sayısı diğer yaş gruplarına göre anlamlı olarak daha fazlayken, 40 yaş üzerindeki bireylerde ise sakkad görülen baş impulsu sayısı diğer yaş gruplarına göre anlamlı olarak daha yüksek bulunmuştur (157). Ayrıca sakkad görülen bireylerin VOR kazançları, sakkad görülmeyen bireylerin VOR kazançlarından daha düşük olmasına rağmen tüm değerlendirme parametrelerinin normal aralıkta yer aldığı rapor edilmiştir (157). Matıño-Soler ve arkadaşları, elde edilen bu sonuçların yalnızca VOR fonksiyonlarındaki azalma ile tam olarak açıklanamayacağını, ayrıca sakkadların baş impulsu yönünde ortaya çıkması sebebiyle sakkadlara neden olan mekanizmanın kaynağının bilinemeyeceğini bildirmiştir (157). Rambold'un yaptığı retrospektif çalışmaya göre lateral, anterior ve posterior kanal uyarımlarında ortaya çıkan sakkadların yaşın artışıyla birlikte artış gösterdiği rapor edilmiştir (163). Anson ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada ise VOR kazancının işlevine bağlı olarak baş impulslarının %20-40'ında sakkadların bulunduğu bildirilmiştir (164). Çalışmaya göre, daha düşük VOR kazancı olan bireylerin muhtemel olarak artan retina kaymasına ve daha büyük bir bakış pozisyonu hatasına yanıt olarak daha fazla sayıda, daha büyük amplitüdlü ve daha kısa latanslı sakkadlar yaptıkları rapor edilmiştir. Çalışma sonucunda, bireylerde ortaya çıkan sakkadlar, yaşlanma ile ilişkili VOR kazancındaki düşüş ile ilişkilendirilmiştir (164). Anson ve arkadaşlarının yaptığı diğer bir çalışmada ise lateral kanal uyarımında ortaya çıkan sakkadlara ait amplitüd özelliklerinin yaşa bağlı olarak değişip değişmediği incelenmiştir (165). Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, sakkadların amplitüd değerlerinin artan yaşla birlikte anlamlı olarak artış gösterdiği ve amplitüd değerlerindeki artışın kısmen düşmüş VOR kazançlarıyla açıklanabileceği bildirilmiştir (165). Ayrıca çalışma sonucunda, yaşlı bireylerdeki serebellar disinhibisyon artışının sakkad oluşturma mekanizmasını bozarak sakkad amplitüdlерinin artışına neden olabileceği, paramedian pontin retiküler formasyon ve vestibüler nükleuslar arasındaki uyumsuz etkileşimin VOR kazancı ve sakkad amplitüdü arasındaki ilişkiye katkı sağlayabileceği, VOR mekanizmasındaki eksiklikten kaynaklanan sakkadların farklı bir nöral mekanizma ile açıklanabileceği ve ek olarak yaşlanma ile meydana gelen periferik vestibüler fonksiyondaki eksikliklerin yalnızca

VOR kazancını azaltmayıp ayrıca bakış stabilizasyonunu da etkileyebileceği görüşleri bildirilmiştir (165). Çalışmamızda, ortaya çıkan sakkad amplitüdləri değerlendirilememekle birlikte Anson ve arkadaşlarının sakkadların ortaya çıkış mekanizmasına dair görüşleri, elde ettiğimiz bulguların temel mekanizması için yol gösterici olabilir. Bununla birlikte yaşlanmaya bağlı sakkad oluşumunun temel mekanizmasının açıklanabilmesi için daha fazla çalışmaya ihtiyaç olduğu düşünülmektedir. Yang ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada ise çalışmamızdan elde edilen bulguların aksine, yaşlanma ve sakkad varlığı arasında herhangi bir ilişki olmadığı bildirilmiştir (162). 20 ila 60'lı yaş aralığında yer alan bireylerden elde edilen verilere göre, lateral kanal uyarımında ortaya çıkan covert ve overt sakkadların çalışmaya dâhil edilen tüm yaş gruplarında görüldüğü ve yaş grupları arasında anlamlı bir fark olmadığı rapor edilmiştir (162).

VEMP, yaşlanmaya bağlı vestibüler sistem üzerindeki fonksiyonel değişikliklerin incelenmesine imkân tanıyan bir diğer test cihazıdır. Çeşitli uyaranlar ile uyarılan utrikül ve sakkülden kaynaklanan elektromiyografik yanıtlar aracılığıyla otolit organlara ait fonksiyonların değerlendirilmesi amacıyla kullanılmaktadır (89, 90). VEMP yanıtları, dalga varlığı/yokluğu, latans, interpeak amplitüd, amplitüd asimetri oranı ve eşik şiddeti parametreleri ile değerlendirilmektedir (79). Dalgaların elde edilememesi, dalga varlığında latans değerinin uzaması, asimetri oranının yüksek olması, amplitüd değerinin düşük elde edilmesi ve eşik şiddetteki düşüşler, VEMP yollarındaki bir işlev bozukluğuna işaret edebilir (78, 90).

VEMP'in değerlendirme parametreleri arasında yer alan dalga varlığı/yokluğu değerlendirildiğinde çalışmamıza göre araştırmaya alınan bireylerde, c/o-VEMP dalga cevap oranları açısından anlamlı sonuçlar elde edilmiştir. VEMP değerlendirmesinde, 3. Grupta cevap alınamayan kulak sayısı, 1. Grup ve 2. Gruba göre anlamlı olarak daha yüksektir. c/o-VEMP'te dalga cevabı alınamama oranı 1. Grupta %0, 2. Grupta %0 ve 3. Grupta ise %23.2'dir. Çalışmamızın sonuçları, yaşlanmanın c/o-VEMP dalgalarının elde edilememesi yönünde etkili olduğunu düşündürmüştür. Literatür incelendiğinde de yaş ile VEMP cevapları arasında ilişki olduğu, yaşlanmanın VEMP dalgalarının elde edilmesini etkilediği görülmektedir (166-169). Li ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada c/o-VEMP (166), Singh ve Firdose'nin yaptığı çalışmada o-VEMP (167) dalgalarının yaşlanmayla etkileneceği belirtilmektedir. Li ve arkadaşlarının yaptığı çalışma c-VEMP açısından değerlendirildiğinde, 70-79 yaş aralığında yer alan bireylerin 70 yaş altındaki bireylere göre dalga kaybı göstermesi 4 kat artış gösterirken, 80 yaş ve üzerindeki

bireylerin 70-79 yaş aralığındaki bireylere göre dalga kaybı göstermesi 7 kat artış göstermiştir. Çalışma o-VEMP açısından değerlendirildiğinde ise 80 yaş ve üzerindeki bireylerin 70 yaşın altındaki bireylere göre dalga kaybı göstermesi 2.5 kat artış göstermiştir (166). Aynı çalışmada, 70 yaşın altındaki deneklerin %13'ünde, 70-79 yaş arasındaki deneklerin %18'inde ve 80 yaş ve üzerindeki bireylerin %29'unda o-VEMP'te dalga kaybı rapor edilmiştir. Ek olarak çalışmada 70 yaşın altındaki deneklerin %29'unda, 70-79 yaş arasındaki deneklerin %45'inde ve 80 yaş ve üzerindeki bireylerin %69'unda c-VEMP'te dalga kaybı rapor edilmiştir (166). Yakın zamanda Singh ve Firdose'nin yaptığı çalışmada da yaşları 10 ila 40 arasında değişen yaş gruplarındaki bireylerin kulaklarının %100'ünden o-VEMP dalga yanıtı alınırken, 41-50 yaş arası kulakların %10'unda, 51-60 yaş arası kulakların %43.75'inde ve 61 yaş ve üzerindeki kulakların %38.75'inde o-VEMP dalga yanıtı alınamamıştır (167). Benzer şekilde Singh ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada c-VEMP yanıt oranı 50 yaşındaki bireylere kadar %100 iken, 50-60 yaş aralığında %92.5, 60-70 yaş aralığında %75, 70 yaş üzerinde ise %60 oranına gerilemiştir (168). Kumar ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada da o-VEMP dalga yanıt oranları genç yetişkin grupta %98.33, orta yetişkin grupta %85, yaşlı bireylerde ise %60 olarak bulunmuştur (27). Benzer şekilde Tseng ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, 60 yaşa kadar olan yaş gruplarında tüm kulaklardan %100 oranında cevap alınırken, 60-69 yaş grubundaki kulakların %45'inden, 70 yaş ve üzerindeki kulakların ise %60'ından o-VEMP yanıtları alınamamıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, 60 yaş ve üzerindeki bireylerde daha alt yaş gruplarına oranla anlamlı olarak daha fazla dalga yanıtı alınamadığı bildirilmiştir (169). Çalışmamızdan elde edilen bulgular, literatürle uyumluluk göstermektedir. İlerleyen yaşla birlikte yanıt oranındaki azalma, morfolojik değişikliklerle birlikte beyin sapı vestibüler nükleuslarının yanı sıra, vestibüler afferent nöronlarda Scarpa ganglionundaki nöroepitel ve sakküler tüylü hücrelerdeki azalma ile ilişkili olarak ortaya çıkabilir (15, 107, 115-119, 170-172). Özellikle 60 yaşından sonra ganglion hücre sayısında belirgin bir düşüş olduğu (115) ve vestibüler afferent nöron sayısında %37 oranında azalma (117) gözlemlenmiştir. Vestibüler yapılarda meydana gelen bu dejenerasyonların dalga yanıtlarının alınamamasında rolü olduğu düşünülebilir.

VEMP'in değerlendirme parametreleri arasında yer alan dalga latansı değerlendirildiğinde çalışmamıza göre araştırmaya alınan bireylerde, P1 ve N1 latans değerlerinde yaş grupları arasında anlamlı farklılık bulunmuştur. c-VEMP testinde 3. Grubun P1 ve N1 latansı, 1. Gruba göre anlamlı olarak uzamışken, o-VEMP testinde 2.

ve 3. Grubun N1 ve P1 latansı, 1. Gruba göre anlamlı olarak uzamıştır. Çalışmamızın sonuçları doğrultusunda, yaşlanma ile birlikte c/o-VEMP dalga latanslarının uzadığı sonucuna varılmıştır. Literatür incelendiğinde Singh ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, yaşı artışıyla birlikte P1 ve N1 dalga latanslarının artma eğiliminde olduğu bildirilmiştir (168). Çalışmaya göre 50-60, 60-70, 70 yaş üzerindeki bireyler daha alt yaş gruplarıyla karşılaştırıldığında P1 ve N1 dalga latanslarının önemli ölçüde uzamış olduğu rapor edilmiştir (168). Benzer olarak Singh ve Firdose'nin yaptığı çalışmaya göre, yaşları 10 ila 50 arasında değişen yaş gruplarındaki bireylerin o-VEMP dalga latanslarında önemli bir farklılık gözlenmezken 51 yaş ve üzerindeki bireylerin dalga latansların anlamlı bir uzama olduğu rapor edilmiştir (167). Ek olarak Li ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, o-VEMP testinde N1 dalga latanslarının her 10 yılda 0.12 ms artış gösterdiği bildirilmiştir (166). Kumar ve arkadaşlarının yaptığı çalışmaya göre ise ortalama N1 dalga latansları genç yetişkin grupta 12.00 ± 1.29 ms, orta yetişkin grupta 12.36 ± 1.24 ms, yaşlı bireylerde ise 14.64 ± 2.13 ms olarak bulunmuştur. Aynı çalışmada ortalama P1 dalga latansları ise genç yetişkin grupta 16.13 ± 1.34 ms, orta yetişkin grupta 16.58 ± 1.76 ms, yaşlı bireylerde ise 19.45 ± 2.21 ms olarak rapor edilmiştir (27). Tseng ve arkadaşları ile Rosengren ve arkadaşlarının yaptığı çalışmalarda da diğer çalışmalara benzer olarak o-VEMP dalga latans değerlerinin yaş ile birlikte artış gösterdiği rapor edilmiştir (169, 173). Aksine Nguyen ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada ise çalışmamızdan elde edilen bulguların aksine o-VEMP dalga latanslarının yaş grupları arasında anlamlı bir farklılık göstermediği bildirilmiştir (174). Li ve arkadaşları, Nguyen ve arkadaşları ile Layman ve arkadaşlarının yaptığı çalışmalarda, c-VEMP dalga latanslarının yaşlanma ile ilişkili olmadığı rapor edilmiştir (166, 174, 175). Yaşlanma ile vestibüler sistemde meydana gelen dejeneratif değişiklikler sonucunda mevcut afferent yapıların daha küçük boyutta ve çapta olması nedeniyle uyarıların daha yavaş iletildiği ve sonuçta latansların uzadığı düşünülmektedir (117). VEMP dalga latanslarının daha çok santral iletimin, efferent refleks yolunun ve kas aktivasyonu için geçen zamanın bir fonksiyonu olduğu gerekçesiyle, VEMP dalga latanslarında görülen uzamanın otolit organlarda meydana gelen dejenerasyonla yeterince açıklanamayacağı belirtilmiştir (168). Bununla birlikte, VEMP latansları otolit organlardaki değişimin bir göstergesinden çok, öncelikle refleksin afferent ve efferent yollarına ve santral iletiye bağlı olduğundan uzamış latansların azalmış bir periferik vestibüler fonksiyondan ziyade otolit sinyallerin santral vestibüler işlenmesindeki bozulmadan kaynaklandığı düşünülebilir (176, 177).

VEMP'in değerlendirme parametreleri arasında yer alan daga amplitüdü değerlendirildiğinde c/o-VEMP'te yaşı grupları arasında anlamlı farklılık bulunmuştur. c-VEMP'te 3. Grubun P1-N1 amplitüd değeri, 1. Grup ve 2. Gruba göre; 2. Grubun P1-N1 amplitüd değeri ise 1. Gruba göre anlamlı olarak daha düşük elde edilmiştir. Benzer olarak o-VEMP'te de 3. Grubun N1-P1 amplitüd değeri, 1. Grup ve 2. Gruba göre; 2. Grubun N1-P1 amplitüd değeri ise 1. Gruba göre anlamlı olarak daha düşük elde edilmiştir. Çalışmamızın sonuçları doğrultusunda, yaşılanma ile birlikte c/o-VEMP dalga amplitüd değerlerinin düştüğü sonucuna varılmıştır. Literatürde de yaşılanmayla beraber VEMP amplitüd değerlerinde azalma olduğı belirtilmektedir (27, 166, 167, 169, 173, 174, 178). Singh ve Firdose'nin yaptığı çalışmaya göre, yaşıları 10 ila 50 arasında değişen yaşı gruplarındaki bireylerin VEMP dalga amplitüdülerinde önemli bir farklılık gözlenmezken 51 yaşı ve üzerindeki bireylerin dalga amplitüdülerinde anlamlı bir düşüş olduğı rapor edilmiştir (167). Li ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, her on yılda o-VEMP dalga amplitüd değerinde 2.9 μ V, c-VEMP dalga amplitüd değerinde 0.14 μ V düzeyinde düşüş gösterdiği bildirilmiştir (166). Benzer şekilde Maheu ve arkadaşları ile Akin ve arkadaşlarının yaptığı çalışmalarda, genç bireylere ait c-VEMP dalga amplitüdülerinin, yaşılı bireylere ait c-VEMP dalga amplitüdülerinden daha yüksek olduğı bildirilmiştir (178, 179). Ek olarak Li ve arkadaşları, Singh ve arkadaşları ile Layman ve arkadaşları da benzer olarak c-VEMP dalga amplitüdülerinin yaşılanma ile birlikte önemli ölçüde azaldığını rapor etmişlerdir (166, 168, 175). Aksine Versino ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada ise çalışmamızdan elde edilen bulguların aksine, yaşıa bağlı o-VEMP dalga amplitüdülerinin artan yaşıla ters orantılı olduğı fakat anlamlı bir ilişki olmadığı rapor edilmiştir (180). Yaşılanma ile ortaya çıkan amplitüd düşüklüğüünün vestibüler sistem üzerindeki yaşılanmaya bağlı değişikliklerden kaynaklandığı bildirilmiştir (178, 179). Bununla birlikte VEMP dalga amplitüdüdeki yaşıa bağlı düşüş, sakkül ve utrikül ile bağlantılı nöral fonksiyonların yaşıa bağlı olarak bozulması ile ilişkilendirilmiştir (181). Artan yaşıla birlikte utriküler makuladaki tüylü hücre popülasyonunda yaklaşık olarak %21 oranında bir kayıp olduğı görülmüştür (15). Tüylü hücrelerde meydana gelen bu azalmanın VEMP dalga amplitüdüdeki düşüş için bir temel oluşturduğı düşünülebilir. VEMP dalga amplitüdüdeki düşüşün yaşıa bağlı olarak periferik ve santral vestibüler sistemde meydana gelen morfolojik değişikliklerden ve bu değişikliklere bağlı olarak azalan nöral fonksiyondan kaynaklandığı belirtilmiştir (168).

VEMP'in değerlendirme parametreleri arasında yer alan interlatans değerlendirildiğinde yaşı grupları arasında c-VEMP'te anlamlı farklılık gözlenmezken, o-VEMP'te anlamlı farklılık bulunmuştur. o-VEMP'te 3. Grubun N1-P1 interlatansı, 1. Gruba göre anlamlı olarak uzamıştır. Çalışmamızın sonuçları, yaşılanma ile birlikte o-VEMP'te N1-P1 interlatanslarının uzadığını göstermiştir. Aksine literatür incelendiğinde ise N1-P1 interlatans değeri açısından farklılık bildirilen çalışmalara rastlanmamıştır (169, 182, 183). Tseng ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada yaşılanma ile N1-P1 interlatans değerleri arasında anlamlı bir ilişki olmadığı bildirilmiştir (169). Benzer olarak Chang ve arkadaşlarının galvanik vestibüler stimölasyon ve kemik uyaran ile o-VEMP parametrelerini inceledikleri çalışmada, her iki uyaran tipinde de N1-P1 interlatansının yaşı grupları arasında anlamlı bir farklılık göstermediğı rapor edilmiştir (182). Elde edilen bu sonuçlar, genç ve yaşı bireylerin kısmen ortak bir VOR yolunu paylaşabileceğı temeline dayandırılmıştır (183).

VEMP'in değerlendirme parametreleri arasında yer alan asimetri oranı değerlendirildiğinde yaşı grupları arasında c-VEMP'te anlamlı farklılık gözlenmezken, o-VEMP'te anlamlı farklılık bulunmuştur. o-VEMP'te 2. ve 3. Grubun asimetri oranı, 1. Gruba göre anlamlı olarak daha yüksek elde edilmiştir. Çalışmamızın sonuçları, yaşılanma ile birlikte o-VEMP'te asimetri oranının yükseldiğini göstermiştir. Aksine literatür incelendiğinde ise Li ve arkadaşları, Tseng ve arkadaşları ile Nguyen ve arkadaşlarının yaptığı çalışmalarda, o-VEMP asimetri oranının yaşı grupları arasında farklılık göstermediğı bildirilmiştir (166, 169, 174). c-VEMP açısından incelendiğinde ise çalışmamıza benzer olarak Li ve arkadaşları, Singh ve arkadaşları, Nguyen ve arkadaşları ile Maheu ve arkadaşlarının yaptığı çalışmalarda da yaşılanma ile c-VEMP asimetri oranı arasında anlamlı bir ilişki olmadığı rapor edilmiştir (166, 168, 174, 178). Yaşılanma ile birlikte kulaklar arası asimetri oranında bir değişiklik olmaması, yaşılanmanın işitme ve denge sistemleri üzerindeki etkisi üzerine yapılan çalışmalarda bildirilen yaşılanma sürecinde ortaya çıkan işitme sistemindeki (184, 185) ve denge sistemindeki (15, 107, 170, 171) değişikliklerin bilateral ve simetrik olarak ortaya çıkmasına bağlanabilir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yaşlanma ile meydana gelen yapısal dejenerasyonların vestibüler sistem fonksiyonları üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi amacıyla yapmış olduğumuz çalışmanın sonuçları aşağıda yer almaktadır:

- 3. Grubun ortalama Berg Denge Ölçeği puanı, 1. ve 2. Gruba göre istatistiksel açıdan anlamlı olarak düşük saptandı.
- 2. Grubun ortalama Berg Denge Ölçeği puanı, 1. Gruba göre istatistiksel açıdan anlamlı olarak düşük saptandı.
- 1. ve 2. Grupta, tüm VNG test sonuçları normal saptandı.
- 3.Grupta, VNG ile değerlendirilen sakkad testi 8 bireyde (%28.6), optokinetik testi ise 9 bireyde (%32.1) patolojik saptandı.
- Sakkad testinde 3. Grubun ortalama latans değeri, 1. ve 2. Gruba göre istatistiksel açıdan anlamlı olarak yüksek saptandı.
- Sakkad testinin doğruluk parametresi açısından yaş grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmadı.
- Smooth pursuit testinde 3. Grubun ortalama kazanç değeri, 1. ve 2. Gruba göre istatistiksel açıdan anlamlı olarak düşük saptandı.
- Smooth pursuit testinde 3. Grubun ortalama asimetri değeri, 1. ve 2. Gruba göre istatistiksel açıdan anlamlı olarak yüksek saptandı.
- Optokinetik testinde 3. Grubun ortalama kazanç değeri, 1. ve 2. Gruba göre istatistiksel açıdan anlamlı olarak düşük saptandı.
- vHIT'te değerlendirilen tüm kanallar için ortalama VOR kazancı 2. ve 3. Grupta, 1. Gruba göre; 3. Grupta ise 2. Gruba göre istatistiksel açıdan anlamlı olarak düşük saptandı.
- vHIT'te lateral kanalların ortalama kazanç asimetrisi açısından yaş grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmadı.
- vHIT'te LARP ve RALP'e göre ortalama kazanç asimetrisi 2. ve 3. Grupta, 1. Gruba göre; 3. Grupta ise 2. Gruba göre istatistiksel açıdan anlamlı olarak yüksek saptandı.
- vHIT'te lateral kanal değerlendirmesinde 1. Grupta sakkad gözlenmezken, 2. Grupta 1 bireyde (%3.6) overt ve 1 bireyde (%3.6) covert-overt

sakkadlar; 3. Grupta ise 2 bireyde (%7.1) covert, 11 bireyde (%39.3) overt ve 1 bireyde (%3.6) covert-overt sakkadlar gözlemlendi.

- c-VEMP ve o-VEMP'te 1. ve 2. Grup'ta değerlendirilen tüm kulaklarda dalga yanıtı alınırken, 3. Grup'ta değerlendirilen 13 kulakta (%23.2) dalga yanıtı alınamadı.
- c-VEMP'te 3. Grubun ortalama P1 ve N1 latansları, 1. Gruba göre istatistiksel açıdan anlamlı olarak daha uzun saptandı. Ortalama P1-N1 amplitüd değeri 3. Grupta 1. ve 2. Gruba göre, 2. Grupta ise 1. Gruba göre istatistiksel açıdan anlamlı olarak daha düşük saptandı. P1-N1 interlatans ve asimetri oranı açısından yaş grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmadı.
- o-VEMP'te 2. ve 3. Grubun ortalama N1 ve P1 latansları, 1. Gruba göre istatistiksel açıdan anlamlı olarak daha uzun saptandı. Ortalama N1-P1 interlatans değeri 3. Grupta 1. Gruba göre istatistiksel açıdan anlamlı olarak daha uzun saptandı. Ortalama N1-P1 amplitüd değeri 3. Grupta 1. ve 2. Gruba göre, 2. Grupta ise 1. Gruba göre istatistiksel açıdan anlamlı olarak daha düşük saptandı. Ortalama asimetri oranı 2. ve 3. Grupta 1. Gruba göre istatistiksel açıdan anlamlı olarak daha yüksek saptandı.

Yaşlanma sonucunda vestibüler sistemde meydana gelen yapısal değişikliklerin birden çok test cihazının kombine bir şekilde kullanılmasıyla fonksiyonel olarak değerlendirilmesi sonucunda bir bütün halinde incelenmesi, yaşlı bireylerde görülebilen denge problemlerinin temel nedenini saptamak açısından önem taşımaktadır. Çeşitli testlerin bir arada kullanılmasıyla elde edilen tamamlayıcı bilgiler, yaşlı bireylerde etkilenen vestibüler fonksiyonlara özgü rehabilitatif yaklaşımların uygulanması için yol gösterici olabilir. Ayrıca çalışmamızdan elde edilen sonuçlar, yaşın artışıyla birlikte test parametrelerinde meydana gelen değişikliklerin kliniklerde uygulanan değerlendirmelerde göz önünde bulundurulması ve yaşa bağlı normatif veriler doğrultusunda değerlendirmelerin yapılması gerektiğini ortaya koymaktadır. Daha geniş popülasyonlar üzerinde yapılacak çalışmalarda, denge fonksiyonunun farklı değerlendirme yöntemleri kullanılarak daha kapsamlı sonuçlar elde edilebilir.

KAYNAKLAR

1. Yang XJ, Hill K, Moore K, Williams S, Dowson L, Borschmann K, Simpson JA, Dharmage SC. Effectiveness of a targeted exercise intervention in reversing older people's mild balance dysfunction: a randomized controlled trial. *Phys Ther* 2012, 92(1): 24-37.
2. Aquaroni Ricci N, Aratani MC, Caovilla HH, Freitas Ganança F. Effects of conventional versus multimodal vestibular rehabilitation on functional capacity and balance control in older people with chronic dizziness from vestibular disorders: design of a randomized clinical trial. *Trials* 2012, 13: 246.
3. Monzani D, Genovese E, Marrara A, Presutti L, Gherpelli C, Panzetti P, Forghieri M. Stimulation of the cholinergic neurotransmissions enhances the efficacy of vestibular rehabilitation. *Acta Otorhinolaryngol Ital* 2010, 30(1): 11-9.
4. Aggarwal NT, Bennett DA, Bienias JL, Mendes de Leon CF, Morris MC, Evans DA. The prevalence of dizziness and its association with functional disability in a biracial community population. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2000, 55(5): M288-92.
5. Tinetti ME, Williams CS, Gill TM. Dizziness among older adults: a possible geriatric syndrome. *Ann Intern Med* 2000, 132(5): 337-44.
6. Fife TD, Baloh RW. Disequilibrium of unknown cause in older people. *Ann Neurol* 1993, 34(5): 694-702.
7. Wiesmeier IK, Dalin D, Maurer C. Elderly use proprioception rather than visual and vestibular cues for postural motor control. *Front Aging Neurosci* 2015, 7: 97.
8. Geraghty AW, Kirby S, Essery R, Little P, Bronstein A, Turner D, Stuart B, Andersson G, Carlbring P, Yardley L. Internet-based vestibular rehabilitation for adults aged 50 years and over: a protocol for a randomised controlled trial. *BMJ Open* 2014, 4(7): e005871.
9. Trinidad Ruiz G, Domínguez Pedroso M, Cruz de la Piedad E, Solís Vázquez R, Samaniego Regalado B, Rejas Ugena E. Guided home-based vestibular rehabilitation assisted by audiovisual media. *Acta Otorrinolaringol Esp* 2010, 61(6): 397-404.

10. Yardley L, Barker F, Muller I, Turner D, Kirby S, Mullee M, Morris A, Little P. Clinical and cost effectiveness of booklet based vestibular rehabilitation for chronic dizziness in primary care: single blind, parallel group, pragmatic, randomised controlled trial. *BMJ* 2012, 344: e2237.
11. Rosengren SM, Welgampola MS, Colebatch JG. Vestibular evoked myogenic potentials: past, present and future. *Clin Neurophysiol* 2010, 121(5): 636-51.
12. Basta D, Todt I, Ernst A. Normative data for P1/N1-latencies of vestibular evoked myogenic potentials induced by air- or bone-conducted tone bursts. *Clin Neurophysiol* 2005, 116(9): 2216-9.
13. Su HC, Huang TW, Young YH, Cheng PW. Aging effect on vestibular evoked myogenic potential. *Otol Neurotol* 2004, 25(6): 977-80.
14. Ochi K, Ohashi T. Age-related changes in the vestibular-evoked myogenic potentials. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2003, 129(6): 655-9.
15. Rosenhall U. Degenerative patterns in the aging human vestibular neuro-epithelia. *Acta Otolaryngol* 1973, 76(2): 208-20.
16. Baloh RW, Sloane PD, Honrubia V. Quantitative vestibular function testing in elderly patients with dizziness. *Ear Nose Throat J* 1989, 68(12): 935-9.
17. Ishiyama G. Imbalance and vertigo: the aging human vestibular periphery. *Semin Neurol* 2009, 29(5): 491-9.
18. Igarashi M, Saito R, Mizukoshi K, Alford BR. Otoconia in young and elderly persons: a temporal bone study. *Acta Otolaryngol Suppl* 1993, 504: 26-9.
19. Walther LE, Wenzel A, Buder J, Bloching MB, Kniep R, Blöndow A. Detection of human utricular otoconia degeneration in vital specimen and implications for benign paroxysmal positional vertigo. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2014, 271(12): 3133-8.
20. Walther LE, Westhofen M. Presbyvertigo-aging of otoconia and vestibular sensory cells. *J Vestib Res* 2007, 17(2-3): 89-92.
21. Sloane PD, Baloh RW, Honrubia V. The vestibular system in the elderly: clinical implications. *Am J Otolaryngol* 1989, 10(6): 422-9.

22. Jahn K, Naessl A, Schneider E, Strupp M, Brandt T, Dieterich M. Inverse U-shaped curve for age dependency of torsional eye movement responses to galvanic vestibular stimulation. *Brain* 2003, 126(Pt 7): 1579-89.
23. Yılmaz N, Söylemez E, İla K, Söylemez T, Ertuğrul S. Yaşlanmanın okülomotor fonksiyonlara etkisi. *KBB ve BBC Dergisi* 2020, 28(1): 16-21.
24. Kim TH, Kim MB. Effect of aging and direction of impulse in video head impulse test. *Laryngoscope* 2018, 128(6): E228-33.
25. Teggi R, Trimarchi M, Gatti O, Fornasari F, Bussi M. Decrease of horizontal canal vestibulo-oculomotor reflex gain in the elderly with dysequilibrium without lifetime vertigo. *ORL J Otorhinolaryngol Relat Spec* 2017, 79(3): 178-84.
26. Macambira YKDS, Carnaúba ATL, Fernandes LCBC, Bueno NB, Menezes PL. Aging and wave-component latency delays in oVEMP and cVEMP: a systematic review with meta-analysis. *Braz J Otorhinolaryngol* 2017, 83(4): 475-87.
27. Kumar K, Bhat JS, Sequeira NM, Bhojwani KM. Ageing effect on air-conducted ocular vestibular evoked myogenic potential. *Audiol Res* 2015, 5(2): 121.
28. Maleki M, Jafari Z, Zarrinkoob H, Akbarzadeh Baghban A. Effect of aging on saccular function. *Med J Islam Repub Iran* 2014, 28: 117.
29. Janky KL, Shepard N. Vestibular evoked myogenic potential (VEMP) testing: normative threshold response curves and effects of age. *J Am Acad Audiol* 2009, 20(8): 514-22.
30. Khan S, Chang R. Anatomy of the vestibular system: a review. *NeuroRehabilitation* 2013, 32(3): 437-43.
31. Wuyts F, Boudewyns A. Physiology of equilibrium. In: Gleeson M, Scott-Brown WG (eds.) *Scott-Brown's Otorhinolaryngology, Head And Neck Surgery*, 7th ed. London, Hodder Arnold, 2008: 3208-44.
32. Saman Y, Arshad Q, Dutia M, Rea P. Stress and the vestibular system. *Int Rev Neurobiol* 2020, 152: 221-36.
33. Hitier M, Besnard S, Smith PF. Vestibular pathways involved in cognition. *Front Integr Neurosci* 2014, 8: 59.

34. Zalewski CK. Aging of the human vestibular system. *Semin Hear* 2015, 36(3): 175-96.
35. Hain TC, Helminski JO. Anatomy and physiology of the normal vestibular system. In: Herdman SJ, Clendaniel RA (eds). *Vestibular Rehabilitation*, 4th ed. USA, F. A. Davis Company, 2014: 2-19.
36. Casale J, Browne T, Murray I, Gupta G. Physiology, Vestibular System. In: *StatPearls*. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; May 8, 2022.
37. Brosel S, Strupp M. The Vestibular system and ageing. *Subcell Biochem* 2019, 91: 195-225.
38. Burns JC, Stone JS. Development and regeneration of vestibular hair cells in mammals. *Semin Cell Dev Biol* 2017, 65: 96-105.
39. Schubert MC, Shepard NT. Practical anatomy and physiology of the vestibular system. In: Jacobson GP, Shepard NT (eds.). *Balance Function Assessment and Management*, 2nd ed. USA, Plural Publishing, 2016: 1-16.
40. Vidal PP, Cullen K, Curthoys IS, Du Lac S, Holstein G, Idoux E, Lysakowski A, Peusner K, Sans A, Smith P. The vestibular system. In: Paxinos G (ed). *The Rat Nervous System*, 4th ed. USA, Academic Press, 2015: 803-61.
41. McCaslin DL, Jacobson GP. Vestibular-evoked myogenic potentials (VEMPs). In: Jacobson GP, Shepard NT (eds.). *Balance Function Assessment and Management*, 2nd ed. USA, Plural Publishing, 2016: 533-79.
42. Kingma H, Janssen M. Biophysics of the vestibular system. In: Bronstein AM (ed). *Vertigo and Imbalance*, 1st ed. UK, Oxford University Press, 2013: 1-13.
43. Baloh RW, Honrubia V, Kerber KA. *Baloh and Honrubia's Clinical Neurophysiology of the Vestibular System*, 4th ed. Contemporary Neurology Series, Oxford University Press, 2011.
44. Tascioglu AB. Brief review of vestibular anatomy and its higher order projections. *Neuroanatomy* 2005, 4: 24-7.
45. Kandel ER, Schwarz JH, Jessell TM. *Principles of Neuroscience*, 3rd ed. Norwalk, Appleton & Lange, 1991: 500–11.

46. Truex RC, Carpenter MB. *Human Neuroanatomy*, 6th ed. Baltimore, Williams & Wilkins, 1969: 347–56.
47. Barmack NH. Central vestibular system: vestibular nuclei and posterior cerebellum. *Brain Res Bull* 2003, 60(5-6): 511-41.
48. Mercier P, Bernard F, Delion M. Microsurgical anatomy of the fourth ventricle. *Neurochirurgie* 2021, 67(1): 14-22.
49. Renga V. Clinical Evaluation of patients with vestibular dysfunction. *Neurol Res Int* 2019, 2019: 3931548.
50. D'Angelo E. Physiology of the cerebellum. *Handb Clin Neurol* 2018, 154: 85-108.
51. Ashida R, Cerminara NL, Brooks J, Apps R. Principles of organization of the human cerebellum: macro- and microanatomy. *Handb Clin Neurol* 2018, 154: 45-58.
52. Voogd J, Gerrits NM, Ruigrok TJ. Organization of the vestibulocerebellum. *Ann N Y Acad Sci* 1996, 781: 553-79.
53. Lopez C, Blanke O. The thalamocortical vestibular system in animals and humans. *Brain Res Rev* 2011, 67(1-2): 119-46.
54. Yoo H, Mihaila DM. Neuroanatomy, Vestibular Pathways. In: *StatPearls*. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; November 14, 2021.
55. Delion M, Dinomais M, Mercier P. Arteries and Veins of the Cerebellum. *Cerebellum* 2017, 16(5-6): 880-912.
56. Dickman JD. The vestibular system. In: Haines DE, Mihailoff GA (eds). *Fundamental Neuroscience for Basic and Clinical Applications*, 5th ed. USA, Academic Press, 2018: 320-33.
57. Fetter M. Vestibulo-ocular reflex. *Dev Ophthalmol* 2007, 40: 35-51.
58. Klier EM, Angelaki DE. Gaze Stabilization and the VOR. In: Koob G, Le Moal M, Thompson R (eds). *Encyclopedia of Behavioral Neuroscience*, 1st ed. USA, Academic Press, 2010: 569-75.
59. Broussard DM, Titley HK, Heskin-Seweezie R. Motor Learning in the Vestibulo-Ocular Reflex. In: Koob G, Le Moal M, Thompson R (eds). *Encyclopedia of Behavioral Neuroscience*, 1st ed. USA, Academic Press, 2010: 273-9.

60. Wilson VJ. Vestibulospinal reflexes and the reticular formation. *Prog Brain Res* 1993, 97: 211-7.
61. Bath AP, Harris N, Yardley MP. The vestibulo-collic reflex. *Clin Otolaryngol Allied Sci* 1998, 23(5): 462-6.
62. Welgampola MS, Colebatch JG. Vestibulocollic reflexes: normal values and the effect of age. *Clin Neurophysiol* 2001, 112(11): 1971-9.
63. Ganança MM, Caovilla HH, Ganança FF. Electronystagmography versus videonystagmography. *Braz J Otorhinolaryngol* 2010, 76(3): 399-403.
64. Falls C. Videonystagmography and posturography. *Adv Otorhinolaryngol* 2019, 82: 32-8.
65. Mekki S. The role of videonystagmography (VNG) in assessment of dizzy patient. *Egypt J Otolaryngol* 2014, 30: 69-72.
66. Welgampola MS, Bradshaw AP, Halmagyi GM. Assessment of the vestibular system: history and physical examination. *Adv Otorhinolaryngol* 2019, 82: 1-11.
67. Doettl SM, Plyler PN, McCaslin DL. Artifact in pediatric oculomotor findings during videonystagmography: a retrospective analysis. *J Am Acad Audiol* 2017, 28(4): 314-24.
68. Hathiram BT, Khattar VS. Videonystagmography. *Otorhinolaryngol Clin* 2012, 4(1): 17-24.
69. Ni G, Kim C, Nair L, Bien AG, Yu D, Foyt D. Impact and cost effectiveness of videonystagmography. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 2021, 130(7): 718-23.
70. Tuma VC, Ganança CF, Ganança MM, Caovilla HH. Oculomotor evaluation in patients with peripheral vestibular dysfunction. *Braz J Otorhinolaryngol* 2006, 72(3): 407-13.
71. Whitman GT. Examination of the Patient with Dizziness or Imbalance. *Med Clin North Am* 2019, 103(2): 191-201.
72. Slattery EL, Sinks BC, Goebel JA. Vestibular tests for rehabilitation: applications and interpretation. *NeuroRehabilitation* 2011, 29(2): 143-51.
73. Tarnutzer AA, Straumann D. Nystagmus. *Curr Opin Neurol* 2018, 31(1): 74-80.

74. Maire R, Duvoisin B. Localization of static positional nystagmus with the ocular fixation test. *Laryngoscope* 1999, 109(4): 606-12.
75. Wipperman J. Dizziness and vertigo. *Prim Care* 2014, 41(1): 115-31.
76. Dougherty JM, Carney M, Hohman MH, Emmady PD. Vestibular Dysfunction. In: *StatPearls*. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; July 21, 2022.
77. Halmagyi GM, Curthoys IS. A clinical sign of canal paresis. *Arch Neurol* 1988, 45(7): 737-9.
78. Krager R. Assessment of vestibular function in elderly patients. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg* 2018, 26(5): 302-6.
79. van de Berg R, Rosengren S, Kingma H. Laboratory examinations for the vestibular system. *Curr Opin Neurol* 2018, 31(1): 111-6.
80. Weber KP, Aw ST, Todd MJ, McGarvie LA, Curthoys IS, Halmagyi GM. Head impulse test in unilateral vestibular loss: vestibulo-ocular reflex and catch-up saccades. *Neurology* 2008, 70(6): 454-63.
81. 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.
82. Weber KP, MacDougall HG, Halmagyi GM, Curthoys IS. Impulsive testing of semicircular-canal function using video-oculography. *Ann N Y Acad Sci* 2009, 1164: 486-91.
83. Blödown A, Pannasch S, Walther LE. Detection of isolated covert saccades with the video head impulse test in peripheral vestibular disorders. *Auris Nasus Larynx* 2013, 40(4): 348-51.
84. Macdougall HG, McGarvie LA, Halmagyi GM, Curthoys IS, Weber KP. The video head impulse test (vHIT) detects vertical semicircular canal dysfunction. *PLoS One* 2013, 8(4): e61488.
85. Patterson JN, Bassett AM, Mollak CM, Honaker JA. Effects of hand placement technique on the video head impulse test (vHIT) in younger and older adults. *Otol Neurotol* 2015, 36(6): 1061-8.

86. Huh YE, Kim JS. Bedside evaluation of dizzy patients. *J Clin Neurol* 2013, 9(4): 203-13.
87. Halmagyi GM, Chen L, MacDougall HG, Weber KP, McGarvie LA, Curthoys IS. The video head impulse test. *Front Neurol* 2017, 8: 258.
88. Alshehri MM, Sparto PJ, Furman JM, Fedor S, Mucha A, Henry LC, Whitney SL. The usefulness of the video head impulse test in children and adults post-concussion. *J Vestib Res* 2016, 26(5-6): 439-46.
89. Colebatch JG, Halmagyi GM. Vestibular evoked potentials in human neck muscles before and after unilateral vestibular deafferentation. *Neurology* 1992, 42(8): 1635-6.
90. Murofushi T. Vestibular evoked myogenic potential. *World J Otorhinolaryngol* 2014, 4(2): 6-11.
91. Papathanasiou ES, Murofushi T, Akin FW, Colebatch JG. International guidelines for the clinical application of cervical vestibular evoked myogenic potentials: an expert consensus report. *Clin Neurophysiol* 2014, 125(4): 658-66.
92. Colebatch JG, Rosengren SM, Welgampola MS. Vestibular-evoked myogenic potentials. *Handb Clin Neurol* 2016, 137: 133-55.
93. Valente M. Maturational effects of the vestibular system: a study of rotary chair, computerized dynamic posturography, and vestibular evoked myogenic potentials with children. *J Am Acad Audiol* 2007, 18(6): 461-81.
94. Murofushi T, Kaga K. VEMP: its basics and clinical applications. *Tokyo: Springer Japan*, 2009: 101-109.
95. Kushiro K, Zakir M, Ogawa Y, Sato H, Uchino Y. Saccular and utricular inputs to sternocleidomastoid motoneurons of decerebrate cats. *Exp Brain Res* 1999, 126(3): 410-6.
96. Uchino Y, Sasaki M, Sato H, Imagawa M, Suwa H, Isu N. Utriculoocular reflex arc of the cat. *J Neurophysiol* 1996, 76(3): 1896-903.
97. Weber KP, Rosengren SM, Michels R, Sturm V, Straumann D, Landau K. Single motor unit activity in human extraocular muscles during the vestibulo-ocular reflex. *J Physiol* 2012, 590(13): 3091-101.

98. Dewane J A. Dealing with dizziness and disequilibrium in older patients: a clinical approach. *Top Geriatr Rehabil* 1995, 11(1): 30–8.
99. Cutson TM. Falls in the elderly. *Am Fam Physician* 1994, 49(1): 149-56.
100. Hobeika CP. Equilibrium and balance in the elderly. *Ear Nose Throat J* 1999, 78(8): 558-62, 565-6.
101. Dillon CF, Gu Q, Hoffman HJ, Ko CW. Vision, hearing, balance, and sensory impairment in Americans aged 70 years and over: United States, 1999-2006. *NCHS Data Brief* 2010, (31):1-8.
102. Todd CJ, Freeman CJ, Camilleri-Ferrante C, Palmer CR, Hyder A, Laxton CE, Parker MJ, Payne BV, Rushton N. Differences in mortality after fracture of hip: the east Anglian audit. *BMJ* 1995, 310(6984): 904-8.
103. Jacobson GP, McCaslin DL, Grantham SL, Piker EG. Significant vestibular system impairment is common in a cohort of elderly patients referred for assessment of falls risk. *J Am Acad Audiol* 2008, 19(10): 799-807.
104. Marchetti GF, Whitney SL. Older adults and balance dysfunction. *Neurol Clin* 2005, 23(3): 785-805, vii.
105. Wagner AR, Akinsola O, Chaudhari AMW, Bigelow KE, Merfeld DM. Measuring vestibular contributions to age-related balance impairment: a review. *Front Neurol* 2021, 12: 635305.
106. Coto J, Alvarez CL, Cejas I, Colbert BM, Levin BE, Huppert J, Rundek T, Balaban C, Blanton SH, Lee DJ, Loewenstein D, Hoffer M, Liu XZ. Peripheral vestibular system: age-related vestibular loss and associated deficits. *J Otol* 2021, 16(4): 258-65.
107. Rosenhall U, Rubin W. Degenerative changes in the human vestibular sensory epithelia. *Acta Otolaryngol* 1975, 79(1-2): 67-80.
108. Merchant SN, Velázquez-Villaseñor L, Tsuji K, Glynn RJ, Wall C 3rd, Rauch SD. Temporal bone studies of the human peripheral vestibular system: normative vestibular hair cell data. *Ann Otol Rhinol Laryngol Suppl* 2000, 181: 3-13.
109. Rauch SD, Velazquez-Villaseñor L, Dimitri PS, Merchant SN. Decreasing hair cell counts in aging humans. *Ann N Y Acad Sci* 2001, 942: 220-7.

110. Anniko M. The aging vestibular hair cell. *Am J Otolaryngol* 1983, 4(3): 151-60.
111. Johnsson LG, Hawkins JE Jr. Vascular changes in the human inner ear associated with aging. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1972, 81(3): 364-76.
112. Thalmann R, Ignatova E, Kachar B, Ornitz DM, Thalmann I. Development and maintenance of otoconia: biochemical considerations. *Ann N Y Acad Sci* 2001, 942: 162-78.
113. Jang YS, Hwang CH, Shin JY, Bae WY, Kim LS. Age-related changes on the morphology of the otoconia. *Laryngoscope* 2006, 116(6): 996-1001.
114. Velázquez-Villaseñor L, Merchant SN, Tsuji K, Glynn RJ, Wall C 3rd, Rauch SD. Temporal bone studies of the human peripheral vestibular system: normative Scarpa's ganglion cell data. *Ann Otol Rhinol Laryngol Suppl* 2000, 181: 14-9.
115. Richter E. Quantitative study of human Scarpa's ganglion and vestibular sensory epithelia. *Acta Otolaryngol* 1980, 90(3-4): 199-208.
116. Bergström B. Morphology of the vestibular nerve. I. Anatomical studies of the vestibular nerve in man. *Acta Otolaryngol* 1973, 76(2): 162-72.
117. Bergström B. Morphology of the vestibular nerve. II. The number of myelinated vestibular nerve fibers in man at various ages. *Acta Otolaryngol* 1973, 76(2): 173-9.
118. Lopez I, Honrubia V, Baloh RW. Aging and the human vestibular nucleus. *J Vestib Res* 1997, 7(1): 77-85.
119. Alvarez JC, Díaz C, Suárez C, Fernández JA, González del Rey C, Navarro A, Tolivia J. Neuronal loss in human medial vestibular nucleus. *Anat Rec* 1998, 251(4): 431-8.
120. Paige GD. Senescence of human visual-vestibular interactions. 1. Vestibulo-ocular reflex and adaptive plasticity with aging. *J Vestib Res* 1992, 2(2): 133-51.
121. Berg K, Wood-Dauphinee SL, William JI, Gayton D. Measuring balance in the elderly: preliminary development of an instrument. *Physiother Can* 1989, 41: 304-11.
122. Sahin F, Yilmaz F, Ozmaden A, Kotevolu N, Sahin T, Kuran B. Reliability and validity of the Turkish version of the Berg Balance Scale. *J Geriatr Phys Ther* 2008, 31(1): 32-7.

123. Miranda-Cantellops N, Tiu TK. Berg Balance Testing. In: *StatPearls*. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; May 8, 2022.
124. Simila H, Mantyjarvi J, Merilahti J, Lindholm M, Ermes M. Accelerometry-based berg balance scale score estimation. *IEEE J Biomed Health Inform* 2014, 18(4): 1114-21.
125. Steffen TM, Hacker TA, Mollinger L. Age- and gender-related test performance in community-dwelling elderly people: Six-Minute Walk Test, Berg Balance Scale, Timed Up & Go Test, and gait speeds. *Phys Ther* 2002, 82(2): 128-37.
126. Downs S, Marquez J, Chiarelli P. Normative scores on the Berg Balance Scale decline after age 70 years in healthy community-dwelling people: a systematic review. *J Physiother* 2014, 60(2): 85-9.
127. Spagnuolo DL, Jürgensen SP, Iwama AM, Dourado VZ. Walking for the assessment of balance in healthy subjects older than 40 years. *Gerontology* 2010, 56(5): 467-73.
128. Veras TG, Gulart AA, Venâncio RS, Klein SR, Munari AB, Heinz PDR, Mayer AF. Functional tests as predictors of balance, fear, and risk of falling in healthy subjects. *Physiother Theory Pract* 2021, 7: 1-9.
129. Yeo SS, Kwon JW, Cho IH. Associations between Age-related changes in the core vestibular projection pathway and balance ability: a diffusion tensor imaging study. *Behav Neurol* 2020, 2020: 2825108.
130. Lord SR, Clark RD, Webster IW. Postural stability and associated physiological factors in a population of aged persons. *J Gerontol* 1991, 46(3): M69-76.
131. O'Brien MK, Hidalgo-Araya MD, Mummidisetty CK, Vallery H, Ghaffari R, Rogers JA, Lieber R, Jayaraman A. Augmenting clinical outcome measures of gait and balance with a single inertial sensor in age-ranged healthy adults. *Sensors (Basel)* 2019, 19(20): 4537.
132. Bogle Thorbahn LD, Newton RA. Use of the Berg Balance Test to predict falls in elderly persons. *Phys Ther* 1996, 76(6): 576-83.
133. Downs S, Marquez J, Chiarelli P. The Berg Balance Scale has high intra- and inter-rater reliability but absolute reliability varies across the scale: a systematic review. *J Physiother* 2013, 59(2): 93-9.

134. Lee DK, Kang MH, Lee TS, Oh JS. Relationships among the Y balance test, Berg Balance Scale, and lower limb strength in middle-aged and older females. *Braz J Phys Ther* 2015, 19(3): 227-34.
135. Chon J, Kim HS, Lee JH, Yoo SD, Yun DH, Kim DH, Lee SA, Han YJ, Soh Y, Kim Y, Han YR, Won CW, Han S. Association between asymmetry in knee extension strength and balance in a community-dwelling elderly population: a cross-sectional analysis. *Ann Rehabil Med* 2018, 42(1): 113-9.
136. Lipsitz LA, Goldberger AL. Loss of 'complexity' and aging. Potential applications of fractals and chaos theory to senescence. *JAMA* 1992, 267(13): 1806-9.
137. McDowd JM. Inhibition in attention and aging. *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci* 1997, 52(6): P265-73.
138. Seferlis F, Chimona TS, Papadakis CE, Bizakis J, Triaridis S, Skoulakis C. Age related changes in ocular motor testing in healthy subjects. *J Vestib Res* 2015, 25(2): 57-66.
139. Kerber KA, Ishiyama GP, Baloh RW. A longitudinal study of oculomotor function in normal older people. *Neurobiol Aging* 2006, 27(9): 1346-53.
140. Creasey H, Rapoport SI. The aging human brain. *Ann Neurol* 1985, 17(1): 2-10.
141. Munoz DP, Broughton JR, Goldring JE, Armstrong IT. Age-related performance of human subjects on saccadic eye movement tasks. *Exp Brain Res* 1998, 121(4): 391-400.
142. Ross RG, Olincy A, Harris JG, Radant A, Adler LE, Compagnon N, Freedman R. The effects of age on a smooth pursuit tracking task in adults with schizophrenia and normal subjects. *Biol Psychiatry* 1999, 46(3): 383-91.
143. Sharpe JA, Sylvester TO. Effect of aging on horizontal smooth pursuit. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1978, 17(5): 465-8.
144. Maruta J, Spielman LA, Rajashekar U, Ghajar J. Visual tracking in development and aging. *Front Neurol* 2017, 8: 640.
145. Frei K. Abnormalities of smooth pursuit in Parkinson's disease: A systematic review. *Clin Park Relat Disord* 2020, 4:100085.

146. Hall TC, Miller AKH, Corsellis JAN. Variations in the human purkinje cell population according to age and sex. *Neuropathol Appl Neurobiol* 1975, 1: 267-92.
147. Bentourkia M, Bol A, Ivanoiu A, Labar D, Sibomana M, Coppens A, Michel C, Cosnard G, De Volder AG. Comparison of regional cerebral blood flow and glucose metabolism in the normal brain: effect of aging. *J Neurol Sci* 2000, 181(1-2): 19-28.
148. Cransac H, Peyrin L, Cottet-Emard JM, Farhat F, Pequignot JM, Reber A. Aging effects on monoamines in rat medial vestibular and cochlear nuclei. *Hear Res* 1996, 100(1-2): 150-6.
149. Creasey H, Rapoport SI. The aging human brain. *Ann Neurol* 1985, 17(1): 2-10.
150. Lopez I, Honrubia V, Baloh RW. Aging and the human vestibular nucleus. *J Vestib Res* 1997, 7(1): 77-85.
151. McGeer EG. Neurotransmitter systems in aging and senile dementia. *Prog Neuropsychopharmacol* 1981, 5(5-6): 435-45.
152. Sturrock RR. Changes in the number of neurons in the mesencephalic and motor nuclei of the trigeminal nerve in the ageing mouse brain. *J Anat* 1987, 151: 15-25.
153. Gauchard GC, Gangloff P, Jeandel C, Perrin PP. Physical activity improves gaze and posture control in the elderly. *Neurosci Res* 2003, 45(4): 409-17.
154. Hansson A, Salzer J. Normative video head impulse test data in subjects with and without vascular risk factors. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2021, 278(7): 2619-24.
155. McGarvie LA, MacDougall HG, Halmagyi GM, Burgess AM, Weber KP, Curthoys IS. The video head impulse test (vHIT) of semicircular canal function - age-dependent normative values of VOR gain in healthy subjects. *Front Neurol* 2015, 6: 154.
156. Mossman B, Mossman S, Purdie G, Schneider E. Age dependent normal horizontal VOR gain of head impulse test as measured with video-oculography. *J Otolaryngol Head Neck Surg* 2015, 44(1): 29.

157. Matíño-Soler E, Esteller-More E, Martín-Sánchez JC, Martínez-Sánchez JM, Pérez-Fernández N. Normative data on angular vestibulo-ocular responses in the yaw axis measured using the video head impulse test. *Otol Neurotol* 2015, 36(3): 466-71.
158. Agrawal Y, Zuniga MG, Davalos-Bichara M, Schubert MC, Walston JD, Hughes J, Carey JP. Decline in semicircular canal and otolith function with age. *Otol Neurotol* 2012, 33(5): 832-9.
159. Lee JY, Kim MB. Effect of aging and direction of impulse in suppression head impulse test. *Otol Neurotol* 2020, 41(10): e1231-6.
160. Treviño-González JL, Maldonado-Chapa F, González-Cantú A, Soto-Galindo GA, Ángel JAM. Age adjusted normative data for video head impulse test in healthy subjects. *Am J Otolaryngol* 2021, 42(6): 103160.
161. Johnson C, Hallemans A, Verbecque E, De Vestel C, Herssens N, Vereeck L. Aging and the relationship between balance performance, vestibular function and somatosensory thresholds. *J Int Adv Otol* 2020, 16(3): 328-37.
162. Yang CJ, Lee JY, Kang BC, Lee HS, Yoo MH, Park HJ. Quantitative analysis of gains and catch-up saccades of video-head-impulse testing by age in normal subjects. *Clin Otolaryngol* 2016, 41(5): 532-8.
163. Rambold HA. Age-related refixating saccades in the three-dimensional video-head-impulse test: source and dissociation from unilateral vestibular failure. *Otol Neurotol* 2016, 37(2): 171-8.
164. Anson ER, Bigelow RT, Carey JP, Xue QL, Studenski S, Schubert MC, Agrawal Y. VOR gain is related to compensatory saccades in healthy older adults. *Front Aging Neurosci* 2016, 8: 150.
165. Anson ER, Bigelow RT, Carey JP, Xue QL, Studenski S, Schubert MC, Weber KP, Agrawal Y. Aging increases compensatory saccade amplitude in the video head impulse test. *Front Neurol* 2016, 7: 113.
166. Li C, Layman AJ, Carey JP, Agrawal Y. Epidemiology of vestibular evoked myogenic potentials: data from the baltimore longitudinal study of aging. *Clin Neurophysiol* 2015, 126(11): 2207-15.

167. Singh NK, Firdose H. Characterizing the impact of advancing age on 500 Hz tone-burst evoked ocular-vestibular evoked myogenic potentials. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2021, 278(11): 4259-68.
168. Singh NK, Kashyap RS, Supreetha L, Sahana V. Characterization of age-related changes in sacculocolic response parameters assessed by cervical vestibular evoked myogenic potentials. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2014, 271(7): 1869-77.
169. Tseng CL, Chou CH, Young YH. Aging effect on the ocular vestibular-evoked myogenic potentials. *Otol Neurotol* 2010, 31(6): 959-63.
170. Engström H, Bergström B, Rosenhall U. Vestibular sensory epithelia. *Arch Otolaryngol* 1974, 100(6): 411-8.
171. Rosenhall U. Epithelial cysts in the human vestibular apparatus. *J Laryngol Otol* 1974, 88(2): 105-12.
172. Johnsson LG, Hawkins JE Jr. Sensory and neural degeneration with aging, as seen in microdissections of the human inner ear. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1972, 81(2): 179-93.
173. Rosengren SM, Govender S, Colebatch JG. Ocular and cervical vestibular evoked myogenic potentials produced by air- and bone-conducted stimuli: comparative properties and effects of age. *Clin Neurophysiol* 2011, 122(11): 2282-9.
174. Nguyen KD, Welgampola MS, Carey JP. Test-retest reliability and age-related characteristics of the ocular and cervical vestibular evoked myogenic potential tests. *Otol Neurotol* 2010, 31(5): 793-802.
175. Layman AJ, Li C, Simonsick E, Ferrucci L, Carey JP, Agrawal Y. Association between saccular function and gait speed: data from the baltimore longitudinal study of aging. *Otol Neurotol* 2015, 36(2): 260-6.
176. Furman JM, Redfern MS. Effect of aging on the otolith-ocular reflex. *J Vestib Res* 2001, 11(2): 91-103.
177. Tang Y, Lopez I, Baloh RW. Age-related change of the neuronal number in the human medial vestibular nucleus: a stereological investigation. *J Vestib Res* 2001-2002, 11(6): 357-63.

178. Maheu M, Nooristani M, Kaci B, Moïn-Darbari K, Bacon BA, Champoux F. The aging-related decrease in cVEMP amplitude cannot be accounted for by normalization. *J Vestib Res* 2021, 31(5): 375-80.
179. Akin FW, Murnane OD, Tampas JW, Clinard CG. The effect of age on the vestibular evoked myogenic potential and sternocleidomastoid muscle tonic electromyogram level. *Ear Hear* 2011, 32(5): 617-22.
180. Versino M, Colnaghi S, Ranzani M, Alloni R, Bolis C, Sacco S, Moglia A, Callieco R. Ocular vestibular evoked myogenic potentials in response to air-conducted 500 Hz short tones: effect of stimulation procedure (monaural or binaural), age and gender. *J Vestib Res* 2015, 25(3-4): 143-9.
181. Jung I, Ahn SH, Lee J, Lee SU, Oh HJ, Kim HJ, Choi JY, Kim JS. Age-related deterioration of saccule-related neural function is associated with decreased estimated glomerular filtration rate and increased free thyroxine. *Clin Neurophysiol* 2019, 130(5): 795-801.
182. Chang CM, Young YH, Cheng PW. Age-related changes in ocular vestibular-evoked myogenic potentials via galvanic vestibular stimulation and bone-conducted vibration modes. *Acta Otolaryngol* 2012, 132(12): 1295-300.
183. Cheng PW, Chen CC, Wang SJ, Young YH. Acoustic, mechanical and galvanic stimulation modes elicit ocular vestibular-evoked myogenic potentials. *Clin Neurophysiol* 2009, 120(10): 1841-4.
184. Davis AC. Epidemiological profile of hearing impairments: the scale and nature of the problem with special reference to the elderly. *Acta Otolaryngol Suppl* 1990, 476: 23-31.
185. Nash SD, Cruickshanks KJ, Klein R, Klein BE, Nieto FJ, Huang GH, Pankow JS, Tweed TS. The prevalence of hearing impairment and associated risk factors: the beaver dam offspring study. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 2011, 137(5): 432-9.

EKLER

EK-1. Kurum İzni



EK-2. Etik Kurul Onayı



EK-3. Gönüllü Onam Formu

	İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ SAĞLIK BİLİMLERİ GİRİŞİMSSEL OLMAYAN KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ ONAM FORMU	
---	--	---

Sizi tarafımızdan yürütülen “Yaşlanmanın Vestibüler Sistem Üzerine Etkisi” başlıklı araştırmaya davet ediyoruz. Bu araştırmaya katılıp katılmama kararını vermeden önce, araştırmanın neden ve nasıl yapılacağını bilmeniz gerekmektedir. Bu nedenle bu formun okunup anlaşılması büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmaya katılmak tamamen **gönüllülük** esasına dayanmaktadır. Eğer anlayamadığımız ve sizin için açık olmayan şeyler varsa ya da daha fazla bilgi isterseniz bize sorunuz. Çalışmaya **katılmama** veya katıldıktan sonra herhangi bir anda çalışmadan **çıkma** hakkına sahipsiniz. Çalışmadan ayrılmanız durumunda herhangi bir cezaya veya yaptırıma maruz kalmayacak olup, hiçbir hak kaybına uğramadan araştırmaya katılmayı reddedebilir veya araştırmadan çekilebilirsiniz. Araştırma konusuyla ilgili ve gönüllünün araştırmaya katılmaya devam etme isteğini etkileyebilecek yeni bilgiler elde edildiğinde gönüllü zamanında bilgilendirilecektir. Bu formlardan elde edilecek bilgiler tamamen **Araştırma amacı** ile kullanılacaktır. **Araştırma yayınlansa bile isminiz ve kimlik bilgileriniz kesinlikle gizli kalacak ve 3. bir şahısa verilmeyecektir.** Hazırlamış olduğumuz Bilgilendirilmiş Gönüllü Onam Formu, gönüllünün yasal haklarını ortadan kaldıracak bir hüküm veya ifade içermez, ayrıca araştırmacıyı, kurumu, destekleyiciyi veya bunların temsilcilerini kendi ihmallerinden kaynaklanan herhangi bir yükümlülüğün kurtaracak hüküm veya ifade taşıyamaz.

Çalışma için gerekli İzin/Onam alındı. **Çalışmaya katılmanız, soruları yanıtlamanız, araştırmaya katılım için onam/onay verdiğiniz anlamına gelmektedir.** Size verilen formlardaki soruları yanıtlarken kimsenin baskısı veya telkini altında olmayınız.

1. ARAŞTIRMANIN ADI: Yaşlanmanın Vestibüler Sistem Üzerine Etkisi

2. ARAŞTIRMANIN AMACI: Bu araştırma, yaşlanma ile meydana gelen fizyolojik değişikliklerin vestibüler sistem üzerine etkilerini araştırmayı amaçlamaktadır.

3. ARAŞTIRMANIN NEDENİ: Bu araştırmanın nedeni *Tez Çalışması*’dır.

4. KATILIMCI SAYISI: Bu araştırmada yer alması öngörülen toplam katılımcı sayısı 84’ tır.

5. ARAŞTIRMAYA KATILIM SÜRESİ: Bu araştırmada yer almanız için öngörülen süre 3 ay’dır.

6. ARAŞTIRMAYA KATILMA KOŞULLARI

- 18 yaş ve üzerinde olan,
- İletişim engeli ve bilişsel problemi olmayan,
- Mini Mental Test’te 24 ve üzeri puan alan,
- Göz ve görme problemi olmayan,
- Baş ve boyun problemi olmayan,
- Kafa travması öyküsü olmayan,

EK-3. (devamı)

	İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ SAĞLIK BİLİMLERİ GİRİŞİMSSEL OLMAYAN KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ ONAM FORMU	
---	--	---

- Vestibüler sistemi etkileyebilecek sistemik, metabolik ve nörolojik hastalığı olmayan,
- İletim tipi işitme kaybı olmayan,
- İmmütansmetrik bulguları normal olan,
- Otolojik ve nöro-otolojik incelemesi normal olan,
- Daha önce tanılanmış vestibüler sistem kaynaklı hastalığı olmayan,
- Baş dönmesi şikâyeti olmayan,
- Bilgilendirilmiş Gönüllü Onam Formu'nu imzalayan gönüllü bireyler araştırmaya dâhil edilecektir.

7. ARAŞTIRMANIN YÖNTEMİ

Araştırmaya katılmayı kabul eden gönüllü bireylere, Videonistagmografi (VNG), Vestibüler Uyarılmış (Evoked) Miyojenik Potansiyeller (VEMP), Video Baş İtme (Head Impulse) Testi (VHIT) ve Berg Denge Ölçeği uygulanacaktır.

8. ARAŞTIRMADAN KAYNAKLANABİLECEK OLASI RİSKLER

Olası bir soruna karşı gerekli tedbirler tarafımızdan alınacaktır.

9. ARAŞTIRMADAN KAYNAKLANABİLECEK HERHANGİ BİR ZARARLANMA DURUMUNDA YÜKÜMLÜLÜK / SORUMLULUK DURUMU

Araştırma nedeniyle bir zarar görmeniz söz konusu olursa gereken masraflar araştırma ekibi tarafından karşılanacaktır.

10. ARAŞTIRMA SÜRESİNCE ÇIKABİLECEK SORUNLARDA ARANACAK KİŞİ

Uygulama süresince, zorunlu olarak araştırma dışı ilaç almak durumunda kaldığınızda Araştırmacıyı önceden bilgilendirmek için, araştırma hakkında ek bilgiler almak için ya da araştırma ile ilgili herhangi bir sorun, istenmeyen etki veya diğer rahatsızlıklarınız için herhangi bir saatte adı-soyadı, adresi ve telefonu aşağıda belirtilen Araştırmacıya ulaşabilirsiniz.

İstedığınızde Günü 24 Saati Ulaşılabilir Araştırmacınızın Adı-Soyadı, Adres ve Telefonu:

Adres:

Telefon:

EK-3. (devamı)

	İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ SAĞLIK BİLİMLERİ GİRİŞİMSEL OLMAYAN KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ ONAM FORMU	
---	---	---

ARAŞTIRMAYA KATILMA ONAYI

Yukarıda yer alan ve araştırmadan önce katılımcıya / gönüllüye verilmesi gereken bilgileri okudum ve çalışmanın kapsamını ve amacını, gönüllü olarak üzerime düşen sorumluluklarını tamamen anladım. **Çalışma hakkında yazılı ve sözlü açıklama aşağıda adı belirtilen araştırmacı tarafından yapıldı. Soru sorma ve tartışma imkanı buldum ve tatmin edici yanıtlar aldım. Bana çalışmanın muhtemel riskleri ve faydaları sözlü olarak da anlatıldı.** Araştırmaya gönüllü olarak katıldığımı, istediğim zaman herhangi bir neden belirtmek zorunda kalmadan araştırmadan ayrılabilceğimi ve ayrıldığım takdirde herhangi bir olumsuzluk ile karşılaşmayacağımı anladım.

Bu koşullarda söz konusu araştırmaya, hiçbir baskı ve zorlama olmaksızın kendi isteğimle katılmayı kabul ediyorum.

GÖNÜLLÜ		İMZASI
ADI-SOYADI		
ADRES		
TELEFON		
TARİH		

ARAŞTIRMACI		İMZASI
ADI-SOYADI ve GÖREVİ		
ADRES		
TELEFON		
TARİH		

EK-4. Tanıtıcı Bilgi Formu

TANITICI BİLGİ FORMU

Birey No:

Grup:

- ☐ 18-40 yaş aralığı (Grup I)
- ☐ 41-60 yaş aralığı (Grup II)
- ☐ 61 yaş ve üzeri (Grup III)

1. Kaç yaşındasınız?.....
2. Cinsiyetiniz nedir?
 1. Kadın
 2. Erkek
3. Boy..... Kilo..... Beden-Kitle İndeksi.....
4. Eğitim düzeyiniz nedir?
 1. Okur-yazar değil.
 2. Okur-yazar
 3. İlkokul
 4. Ortaokul
 5. Lise
 6. Yüksekokul / Üniversite
5. Sigara kullanıyor musunuz?
 1. Evet
 2. Hayır
6. Alkol kullanıyor musunuz?
 1. Evet
 2. Hayır

EK-5. Berg Denge Ölçeği

BERG DENGE ÖLÇEĞİ

Birey No:

☐ 0-20 Puan

☐ 21-40 Puan

☐ 41-56 Puan

Toplam Puan (0-56):

1)OTURMA POZİSYONUNDAYKEN AYAĞA KALKMAK

YÖNERGE: Lütfen ayağı kalkın. Ellerinizden destek almamaya çalışın.

- 4 Ellerini kullanmadan ayağı kalkabilir ve kendi kendine denge sağlayabilir.
- 3 Ellerini kullanarak ayağı kalkabilir.
- 2 Birkaç denemeden sonra ellerini kullanarak ayağı kalkabilir.
- 1 Ayağı kalkmak ve denge kurmak için çok az yardıma ihtiyacı vardır.
- 0 Ayağı kalkmak için orta düzeyde ya da çok yardıma ihtiyacı vardır.

2)DESTEKSİZ AYAKTA DURMAK

YÖNERGE: Lütfen hiçbir yere tutunmadan iki dakika ayakta durun.

- 4 2 dakika emniyetli bir şekilde ayakta durabilir.
- 3 Gözetim altında 2 dakika ayakta durabilir.
- 2 Desteksiz 30 saniye ayakta durabilir.
- 1 Desteksiz 30 saniye ayakta durabilmek için birkaç denemeye ihtiyacı var.
- 0 Yardım almadan 30 saniye ayakta duramaz.

Eğer bir olgu 2 dakika boyunca desteksiz ayakta durabiliyorsa, desteksiz oturma için tam puan verin. 4. maddeye geçin.

3)AYAKLAR YERDE YA DA BİR TABURE ÜSTÜNDEYKEN ARKAYA YASLANMADAN OTURMAK (DESTEKSİZ OTURMA)

YÖNERGE: Lütfen kollarınızı kavuşturarak iki dakika oturun.

- 4 Emniyetli bir şekilde 2 dakika oturabilir.
- 3 Gözetim altında 2 dakika oturabilir.
- 2 30 saniye oturabilir.
- 1 10 saniye oturabilir.
- 0 Desteksiz 10 saniye oturamaz.

4)AYAKTAYKEN OTURMA POZİSYONUNA GEÇMEK

YÖNERGE: Lütfen oturun.

- 4 Ellerinden asgari düzeyde yardım alarak emniyetli bir şekilde oturabilir.
- 3 Ellerinden yardım alarak kontrollü bir şekilde oturur.
- 2 Bacaklarıyla sandalyeden destek alarak kontrollü bir şekilde oturur.
- 1 Kendi başına oturabilir ama kontrollü değildir.
- 0 Oturmak için yardıma ihtiyacı vardır.

EK-5. (devamı)

5)TRANSFER

YÖNERGE: Sandalyeleri transfer yapılacak şekilde yerleştirin. (Hastaya bir kolluklu bir de kolluksuz koltuğa doğru yer değiştirmesini söyleyin. İki sandalye (biri kolluklu diğeri kolluksuz) ya da bir yatak ve bir koltuk kullanabilirsiniz.)

- 4 Ellerini çok az kullanarak emniyetli bir şekilde transfer olabiliyor.
- 3 Emniyetli bir şekilde transfer olabiliyor, ellerini kesinlikle kullanıyor.
- 2 Sözlü kılavuzlukla ve gözetimle veya gözetimsiz transfer olabiliyor.
- 1 Yardım edecek bir kişiye gereksinimi var.
- 0 Güvende olabilmesi için yardım edecek veya gözetilecek iki kişiye gereksinimi var.

6)GÖZLER KAPALIYKEN DESTEKSİZ AYAKTA DURMAK

YÖNERGE: Lütfen gözlerinizi kapayın ve ayakta 10 saniye hareketsiz durun.

- 4 10 saniye emniyetli bir şekilde ayakta durabilir.
- 3 Gözetim altında 10 saniye ayakta durabilir.
- 2 3 saniye ayakta durabilir.
- 1 Gözlerini üç saniyeden fazla kapalı tutamaz ama ayakta sabit durabilir.
- 0 Düşmemek için yardıma ihtiyacı vardır.

7)AYAKLAR BİTİŞİKKEN DESTEKSİZ AYAKTA DURMAK

YÖNERGE: Ayaklarınızı birleştirin ve tutunmadan ayakta durun.

- 4 Kendi başına ayaklarını birleştirip 1 dakika emniyetli bir şekilde ayakta durabilir.
- 3 Kendi başına ayaklarını birleştirip 1 dakika gözetim altında ayakta durabilir.
- 2 Kendi başına ayaklarını birleştirip 30 saniye ayakta durabilir.
- 1 Yardım ile istenilen pozisyona gelebilir, ama ayaklar bitişik vaziyette ancak 15 saniye ayakta durabilir.
- 0 Yardım ile istenilen pozisyona gelebilir, ama bu pozisyonu 15 saniye muhafaza edemez.

8)AYAKTAYKEN KOLLAR GERGİN ÖNE DOĞRU UZANMAK

YÖNERGE: Kollarınızı 90 derece kaldırın. Parmaklarınızı uzatın ve öne doğru uzanabildiğiniz kadar uzanın. (Gözetmen eller 90 derecedeyken hastanın parmak uçları hizasında bir cetvel tutar. Öne uzanırken hastanın parmakları cetvele değmemelidir. Hastanın en ileri uzanabildiği noktada parmak uçlarının katettiği mesafe kaydedilmelidir. Gövdenin dönmesini önlemek için, hastaya mümkünse iki kolunu da uzatmasını söyleyin.)

- 4 Rahatça öne uzanabilir > 25 cm.
- 3 Rahatça öne uzanabilir > 12.5 cm.
- 2 Rahatça öne uzanabilir > 5 cm.
- 1 Öne uzanabilir ama gözleme ihtiyacı vardır.
- 0 Öne uzanmaya çalışırken dengesini kaybeder / dışarıdan destek gerekir.

EK-5. (devamı)

9)AYAKTAYKEN YERDEN NESNE ALMAK

YÖNERGE: Ayağınızın hemen önünde bulunan ayakkabıyı / terliği alın.

- 4 Terliği rahatça alabilir.
- 3 Terliği alabilir ama gözetim eşliğinde.
- 2 Terliği alamaz ama terliğe 2-5 cm kadar yaklaşabilir ve kendi kendine denge sağlayabilir.
- 1 Terliği alamaz, almaya çalışırken de gözetime ihtiyacı vardır.
- 0 Terliği almayı denemez / düşmemek ya da dengesini kaybetmemek için yardıma ihtiyacı vardır.

10)AYAKTAYKEN SAĞ YA DA SOL OMUZ ÜZERİNDEN DÖNEREK GERİYE BAKMAK

YÖNERGE: Sol omzunuzun üzerinden dönerek arkanıza bakın. Aynısını sağ tarafınızda tekrar edin. Gözetmen denneğin daha iyi bir dönüş hareketi gerçekleştirmesini sağlamak için denneğin arkasında yer alan bir nesneyi bakış noktası olarak belirleyebilir.

- 4 Her iki vücut yanından da arkaya bakabiliyor ve ağırlık aktarımı iyi.
- 3 Sadece bir yanından arkaya bakabiliyor, diğer yandan olan bakışta denge aktarımı çok iyi değil.
- 2 Yanlara dönebiliyor ama dengesini koruyor.
- 1 Dönerken gözetime gereksinimi var.
- 0 Dengesini kaybetmemek veya düşmemek için yardıma gereksinimi var.

11)360 DERECE DÖNMEK

YÖNERGE: Tam daire çizerek şekilde kendi etrafınızda dönün. Durun. Sonra ters yönde tam daire çizin.

- 4 4 saniye ya da daha kısa sürede emniyetli bir şekilde 360 derece dönebilir.
- 3 4 saniye ya da daha kısa sürede sadece bir tarafa doğru emniyetli bir şekilde 360 derece dönebilir.
- 2 Emniyetli bir şekilde fakat yavaş bir şekilde 360 derece dönebilir.
- 1 Yakın gözetime ya da sözlü uyarıya ihtiyacı vardır.
- 0 Dönerken yardıma ihtiyacı vardır.

12)DESTEKSİZ AYAKTA DURURKEN ALTERNE OLARAK AYAĞI BASAMAK VEYA TABUREYE YERLEŞTİRMEK

YÖNERGE: İki ayağı da sırasıyla taburenin üstüne koyun. Her iki ayak da tabureye 4 kere değene kadar harekete devam edin.

- 4 Kendi başına emniyetli bir şekilde ayakta durabilir ve 20 saniyede 8 adımı tamamlayabilir.
- 3 Kendi başına ayakta durabilir ve 8 adımı 20 saniyeden daha uzun bir sürede tamamlayabilir.
- 2 Gözetim altında yardım almadan 4 adım tamamlayabilir.
- 1 Az yardımla 2 adım tamamlayabilir.
- 0 Düşmemek için yardıma ihtiyacı vardır / çaba gösteremez.

EK-5. (devamı)

13)BİR AYAK ÖNDE OLARAK DESTEKSİZ AYAKTA DURMAK

YÖNERGE: Hastaya gösterin: Bir ayağınızı diğerinin tam önüne koyun. Bunu yapamıyorsanız, ayağınızı, topuk kısmı öteki ayağınızın başparmağı hizasına gelecek şekilde bir adım atın. (3 puan vermek için adımın mesafesi diğer ayağın uzunluğunu geçmeli ve duruşun genişliği deneğin normal yürüyüş adımındaki genişliğe yakın olmalı.)

- 4 Normal yürüyüş adımını bağımsız olarak atabiliyor ve 30 saniye tutabiliyor
- 3 Ayağını diğerinin önüne bağımsız olarak koyabiliyor ve 30 saniye tutabiliyor.
- 2 Bağımsız olarak küçük adım atabiliyor ve 30 saniye tutabiliyor.
- 1 Adım atmak için yardıma ihtiyacı var ama 15 saniye durabiliyor
- 0 Adım atarken veya ayakta dururken yardıma ihtiyacı var.

14)TEK AYAK ÜSTÜNDE AYAKTA DURMAK

YÖNERGE: Tek ayak üzerinde tutunmadan durabildiğiniz kadar durun.

- 4 Bacağını bağımsız olarak kaldırıp > 10 saniye tutabiliyor.
- 3 Bacağını bağımsız olarak kaldırıp 5-10 saniye tutabiliyor.
- 2 Bacağını bağımsız olarak kaldırıp ≥ 3 saniye tutabiliyor.
- 1 Bacağını kaldırmağa çalışıyor, 3 saniye tutamıyor ama bağımsız olarak ayakta durabiliyor.
- 0 Deneyemiyor ve düşmemek için yardıma gereksinimi var.

EK-6. Özgeçmiş

