T.C.
ANKARA YILDIRIM BEYAZIT ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SİVİL HAVACILIKTA GÖREVLİ PİLOTLARIN VİDEO HEAD IMPULSE TEST (vHIT) VE VESTİBÜLER EVOKED MİYOJENİK POTANSİYELER (VEMP) İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mustafa BOZKURT

ODYOLOJİ VE KONUŞMA BOZUKLUKLARI PROGRAMI

Ankara, 2019

T.C.
ANKARA YILDIRIM BEYAZIT ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SİVİL HAVACILIKTA GÖREVLİ PİLOTLARIN VİDEO HEAD IMPULSE TEST (vHIT) VE VESTİBÜLER EVOKED MİYOJENİK POTANSİYELER (VEMP) İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mustafa BOZKURT

ODYOLOJİ VE KONUŞMA BOZUKLUKLARI PROGRAMI

Ankara, 2019

T.C.

ANKARA YILDIRIM BEYAZIT ÜNİVERSİTESİ

SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Roaccutane (İzotretinoin) Kullanan Hastalarda vHIT Kullanılarak Vestibüler Sistem Değerlendirmesi

Ertuğrul Koçak

Yüksek Lisans Tezi

12/06/2019

Tez Danışmanı

Doç. Dr. Kazım Bozdemir

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Seyra Erbek

Doç. Dr. Kazım Bozdemir

Doç. Dr. Banu Müjdeci

Okuduğumuz ve Savunmasını dinlediğimiz bu tezin bir Yüksek Lisans derecesi için gereken tüm kapsam ve kalite şartlarını sağladığını beyan ederiz.

Doç. Dr. Ender Şimşek

Enstitü Müdürü

Bu tezin Yüksek Lisans derecesi için gereken tüm şartları sağladığını tasdik ederim.

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün aşamalarda patent ve telif haklarını ihlal edici etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tezde kullanılmış olan tüm bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi beyan ederim.

12-06-2019

Mustafa BOZKURT

TEŞEKKÜR

Bilgi ve tecrübelerini samimiyetle benimle paylaşan değerli Danışman hocam Sayın Doç.Dr. Kazım BOZDEMİR'e ve bölüm başkanımız Sayın Doç.Dr. Banu MÜJDECİ'ye...

Tezimi tamamlamak için araştırma ve geliştirme sürecinde desteğini eksik etmeyen değerli hocalarım Prof. Dr. Seyra Erbek, Prof. Dr. Selim Erbek'e ve yine bireyleri bulmam konusunda her türlü desteği sağlayan, değerli bilgilerini paylaşan ENT Tıp Merkezinden Sayın Dr. Orhan ALTINTAŞ'a ve tüm odyoloji ve KBB ekibine…

Meslek hayatıma değerli bilgiler katan, odyoloji ile tanışmama vesile olan desteklerini hiçbir zaman esirgemeden her zaman yanımda olan Sayın Emin AĞAÇ, Mahfuz AĞAÇ ve ailesine…

Eğitim hayatım boyunca desteğini hissettiğim, hakkını asla ödeyemeyeceğim anneme, babama, kardeşlerime, tüm iş arkadaşlarıma ve dostlarıma.

Bana duyduğu güven ve hiç eksik etmediği desteği ile gücümü arttıran, her daim yanımda olan çok değerli eşim Berra hanım'a, elbette kızım Serra ve oğlum Asaf'a…

Sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum…

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **iv**
ABSTRACT ..... **v**
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ ..... **vi**
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **vii**
TABLOLAR DİZİNİ ..... **viii**
1. GİRİŞ **1**
2. GENEL BİLGİLER **3**
2.1. Uçuş Pilotları ve Havacılık 3
2.1.1. Pilotlarda Periyodik Sağlık Muayenesi 5
2.1.2. Havacılık Vertigosu 6
2.1.3. Mulder Eşiği 7
2.1.4. Leans İllüzyonu 7
2.1.5. Koriolis İllüzyon 7
2.1.6. Okülogravik İllüzyon 8
2.1.7. Elevatör 8
2.1.8. Grevyard Spin ve Spiral 8
2.1.9. Alternobarik İllüzyon 8
2.1.10. Giant Hand Fenomeni 8
2.1.11. Yerçekimsizlik 9
2.1.12. Uçak tutması 10
2.1.13. Pilotlarda Eğitim ve Habituasyon 11
2.1.14. Simülatörde Duyarsızlaştırma 11
2.1.15. Oryantasyon Bozukluğu Simülatörleri 12
2.1.16. Taktik uyarı sistemi 12
2.2. Vestibüler Sistem 12
2.2.1. Vestibüler sistem Anatomisi 12
2.2.1.1. Periferik Vestibuler Sistem 13
2.2.1.2. Vestibüler Sistem Fizyolojisi 16

2.2.1.3. Santral Vestibüler Sistem 20
2.2.1.4. Vestibüler Refleksler....20
2.3. Vestibüler Testler.... 22
2.3.1. Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyeller (VEMP) 22
2.3.1.1. Servikal-Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyeller (C-VEMP)....22
2.3.1.2. Oküler-Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyeller (O-VEMP) 23
2.3.2. Video Baş İtme Testi (vHIT)....24
2.3.3. Videonistagmografi (VNG)....26
2.3.3.1. Gaze testi....27
2.3.3.2. Spontan Nistagmus Değerlendirmesi....27
2.3.3.3. Okülomotor Testler....27
2.3.3.3.1. Sakkadik Test 27
2.3.3.3.2. Pursuit Testi.... 28
2.3.3.3.3. Optokinetik Testler.... 28
2.3.3.3.4. Pozisyonel Testler 28
2.3.4. Kalorik Test 28
3. MATERYAL VE YÖNTEM.... 30
3.1. Çalışma Grubu.... 30
3.2. Odyolojik Değerlendirmeler.... 31
3.2.1. İmmitansmetrik ölçümler....31
3.2.2. Saf Ses Odyometri (SSO) 31
3.3. Vestibüler Değerlendirmeler 31
3.3.1. Video Baş İtme Testi (vHIT)....31
3.3.2. C-VEMP Testi....34
3.3.3. O-VEMP Testi....37
3.4. İstatistiksel Analiz 38
4. BULGULAR.... 40
5. TARTIŞMA 47
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.... 56

7. KAYNAKLAR 57
8. EKLER..... 71
EK-1. İZİN FORMU 71
EK-2. DEMOGRAFİK BİGİ FORMU..... 72
EK-3. ONAY FORMU..... 73
EK-4. BİLGİLENDİRİLMİŞ ONAM FORMU 74
EK-5. ÖZGEÇMİŞ 75

ÖZET

Sivil Havacılıkta Görevli Pilotların Video Head Impulse Test (Vhit) Ve Vestibüler Evoked Miyojenik Potansiyeler (Vemp) İle Değerlendirilmesi

Pilotlarda mekânsal oryantasyon bozukluğu (MOB) uçak kazaları için büyük risk oluşturmaktadır. Bu çalışmanın amacı, aktif pilotların vestibüler sistemlerini C-VEMP, O-VEMP ve vHIT ile değerlendirmektir. Bu çalışmaya 31-48 yaş arası (ortalama 39.17±3.85) 30 erkek pilot ile kontrol grubu için 23-48 yaş arası (ortalama 37.53±6.10) 30 erkek gönüllü katılımcı dâhil edildi. Kulak Burun Boğaz muayenesi ve odyolojik incelemelerden sonra tüm katılımcılara C-VEMP, O-VEMP ve vHIT testleri uygulandı.C-VEMP testinde pilotlar ile kontrol grubu arasında latans ve P1-N1 amplitüd farkı değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadı ($p>0.05$). O-VEMP testinde pilotlar ile kontrol grubu arasında latans ve N1-P1 amplitüd farkı değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadı ($p>0.05$). vHIT testinde ise pilotların kazanç değerleri kontrol grubu kazanç değerleri ile uyumlu bulundu. Lateral, posterior ve anterior kanalların kazanç değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadı ($p>0.05$). Bu çalışmada Pilotların utrikül, sakkül ve semisirküler kanalları ile bunların santral bağlantılarının normal fonksiyon gördüğü bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: C-VEMP, O-VEMP, pilot, vestibüler sistem, vHIT

ABSTRACT

Evaluation of Pilots in Civil Aviation with Video Head İmpulse Test (vHIT) and Vestibular Evoked Myogenic Potential (VEMP)

In pilots, spatial disorientation is a major risk for aircraft accidents. The aim of this study is to evaluate the vestibular systems of active pilots with C-VEMP, O-VEMP and vHIT. Thirty male pilots aged 31-48 (average 39.17±3.85) and 30 male volunteer participants aged 23-48 (average 37.53±6.10) were included in this study. After ear, nose and throat examinations and audiological reviews, C-VEMP, O-VEMP, and vHIT tests were applied to all participants. There was no statistically significant difference between latency and P1-N1 amplitude values between pilots and control group in C-VEMP test ($p>0.05$). In the O-VEMP test, there was no statistically significant difference between latency and N1-P1 amplitude values between pilots and control group ($p>0.05$). In the vHIT test, the gain values of the pilots were consistent with the control group gain values. There was no statistically significant difference between the gain values of the lateral, posterior and anterior canals ($p>0.05$). In this study, utricular, saccular and semicircular canals of pilots and their central connections were found to function normally.

Keywords: C-VEMP, O-VEMP, pilots, vestibular system, vHIT

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

µv	:	Microvolt
AR	:	Asimetri oranı (Asimetry Ratio)
ark	:	Arkadaşları
BPPV	:	Benign paroksismal pozisyonel vertigo
C-VEMP	:	Servikal-Vestibüler uyarılmış miyojenik potansiyeller (Cervical-Vestibular Evoked Myogenic Potentials)
EMG	:	Elektromiyogram
EOG	:	Elektrookülografi
LARP	:	Left anterior right posterior
MOB	:	Mekansal oryantasyon bozukluğu
msn	:	Milisaniye
OKN	:	Optokinetik nistagmus
OPK	:	Optokinetik
O-VEMP	:	Oküler-Vestibüler uyarılmış miyojenik potansiyeller (Ocular-Vestibular Evoked Myogenic Potentials)
RALP	:	Right anterior left posterior
SKM	:	Sternokleidomastoid
SSK	:	Semisirküler kanallar
SSO	:	Saf Ses Odyometri
VEMPs	:	Vestibülar uyarılmış miyojenik potansiyeller (Vestibular Evoked Myogenic Potentials)
vHIT	:	Video baş itme testi (Video Head İmpulse Test)
VKR	:	Vestibülo-kolik refleks
VNG	:	Video nistagmografi
VOR	:	Vestibülooküler refleks
VSR	:	Vestibülo-spinal refleks

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. vHIT test pozisyonları 25
Şekil 2.2. Normal vHIT sonucu 25
Şekil 2.3. Overt sakkadların görünümü 26
Şekil 2.4. Covert sakkadların görünümü 26
Şekil 3.1. vHIT lateral kanal başı sağa sola itme nötr pozisyonu 32
Şekil 3.2. vHIT sol lateral kanal ölçümü 33
Şekil 3.3. vHIT sağ lateral kanal ölçümü 33
Şekil 3.4. Sağ C-VEMP testinde elektrot yerleşimi. 35
Şekil 3.5. Sol C-VEMP testinde elektrot yerleşimi 36
Şekil 3.6. O-VEMP testinde elektrot yerleşimi 37

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 4.1. Pilotların ve kontrol grubunun C-VEMP testinde EMG değerleri (µV)..... 40
Tablo 4.2. Gruplar arası C-VEMP P1, N1 latans (msn) ve P1-N1 amplitüd farkı (µV) karşılaştırılması 41
Tablo 4.3. Gruplar arası C-VEMP P1, N1 latans (msn) ve P1-N1 amplitüd farkı (µV) kikare ile değerlendirilmesi 41
Tablo 4.4. Pilotlar ile kontrol grubunun sağ kulak C-VEMP P1, N1 latans (msn) ve P1-N1 amplitüd farkı (µV) karşılaştırılması..... 42
Tablo 4.5. Pilotlar ile kontrol grubunun sol kulak C-VEMP P1, N1 latans (msn) ve P1-N1 amplitüd farkı (µV) karşılaştırılması..... 42
Tablo 4.6. Gruplar arası O-VEMP N1, P1 latans (msn) ve N1-P1 amplitüd farkı (µV) karşılaştırılması 43
Tablo 4.7. Gruplar arası O-VEMP N1, P1 ve N1-P1 sonuçlarının kikare ile değerlendirilmesi 43
Tablo 4.8. Sağ kulak O-VEMP N1, P1 latans (msn) ve N1-P1 amplitüd farkı (µV) karşılaştırılması 43
Tablo 4.9. Sol kulak O-VEMP N1, P1 latans (msn) ve N1-P1 amplitüd farkı (µV) karşılaştırılması 44
Tablo 4.10. Pilotlar ve kontrol grubunun vHIT kazanç ortalamalarının karşılaştırılması..... 44
Tablo 4.11. Pilotlar ve kontrol grubunun vHIT sonuçlarının kikare ile değerlendirmesi..... 44
Tablo 4.12. Pilotlar ve kontrol grubunun vHIT asimetri değerlerinin karşılaştırılması..... 45
Tablo 4.13. Pilotlar ve kontrol grubunun vHIT asimetri sonuçlarının kikare ile değerlendirilmesi 45
Tablo 4.14. Pilotların ve kontrol grubunun sağ kulak vHIT kazanç değerleri..... 45
Tablo 4.15. Pilotların ve kontrol grubunun sol kulak vHIT kazanç değerleri 46

1. GİRİŞ

İyi derinlik algısı pilotlar için çok önemlidir. Görsel koşullar belirsiz olduğunda (örneğin, atmosferik koşulların uygunsuz olduğu durumlar) veya irtifa, ufuk çizgisi, eğim (1) yanıltıcı olduğunda veya bilgi ve vestibüler bilgilerin çatışma halinde olduğu durumlarda (2) mekânsal bozulmalar meydana gelebilir. Bu olumsuzluklara rağmen pilotlar için görsel olarak erişilebilir mesafe ve konum bilgisi kaynaklarının fazlalığı çoğu görev koşulunda performansı kolaylaştırmaktadır (3).

Vestibüler sistemin diğer stabilize edici görsel sistemler ile etkileşimi gereklidir. Pilotların çevrenin karmaşık görsel hareketlerinde başarılı olması gerekmektedir. Bunun ile hem içinde bulunulan durumun bilinci hem de mekânsal yönelimi sürdürme yeteneği artmaktadır (5).

Pilotlar seyahat boyunca çeşitli ve oldukça yüksek hızlarda uçuş yapmaktadırlar. Sivil havacılıkta uçaklar 800-1000km/sa ulaşan hızlarda seyahat etmektedirler. Tüm bu durumlar sırasında yeterli bir performansı korumak ve görsel alanını dengelemek için altı biyolojik sistemin normal bir şekilde çalışması gerekir. Bunlar; vestibülooküler refleks (VOR), optokinetik nistagmus (OKN), yakınsama, gözün kısa ve hızlı hareketi (sakkad), fiksasyon ve takip etmedir. Bu basamaklarda meydana gelebilecek bir problem baş dönmesi ya da dengesizlik ile sonuçlanabilir (6).

Vestibüler sistemi değerlendirmek için son tanı testlerinden biri Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyeller testidir (Vestibular Evoked Myogenic Potentials-VEMPs). Vestibüler fonksiyon bozukluğunu değerlendirmek için daha önceden kalorik test ve elektronistagmografi gibi testler ile vestibüler sistem değerlendirilmiştir. Bu testler üç vestibüler uç organdan sadece birini, yani lateral semisirküler kanalları değerlendirebilmektedirler. Bundan dolayı bazı kısıtlılıkları mevcuttu. Otolitik fonksiyonu değerlendiren VEMP ve altı semisirküler kanalın fonksiyonunu değerlendiren vHIT (4) ile klinisyenlerin vestibüler sistemin işleyişini kavramaları ve değerlendirmeleri sağlanmıştır. Bu testler ile lezyon yerinin tespit edilmesi ve buna göre rehabilitasyon yapılabilmektedir. VEMP testi oküler ve servikal

olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Oküler VEMP ile utrikül, servikal VEMP ile de sakkül fonksiyonları değerlendirilmektedir.

Pilotların vestibüler sistemlerinin nasıl çalıştığı merak konusudur. Vestibüler sistemde görülebilecek bir problem uçuş esnasında telafisi mümkün olmayan sonuçlar doğurabilmektedir. Bu nedenle çalışmamızda en az 3000 saat uçuş deneyimi olan pilotların vestibüler sistemlerini; C-VEMP, O-VEMP ve vHIT ile değerlendirilmesi amaçlandı.

Hipotezimiz;

H0: Pilotların vestibüler test bulguları kontrol grubundan farklı değildir.

H1: Pilotların vestibüler test bulguları kontrol grubundan farklıdır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Uçuş Pilotları ve Havacılık

Günümüzde havayolu araçlarının kullanımı giderek artmaktadır. Bundan dolayı uçağın uçuş için gerekli olan teknolojik donanım ve insan yeteneğine olan ilgiyle beraber hayranlık ve çekicilik de her geçen gün yaygınlaşmaktadır (5). Havacılık sektöründe gelişen teknojolik alt yapılara bakıldığında çok hızlı yeniliklerin keşfedildiğini görebiliriz. Fakat gelişen teknojik büyümeye rağmen insan faktöründe olan değişiklik çokda değildir.

Pilot, yolcu, kargo, ya da farklı amaçlar için kullanılan uçakları güvenle uçurma görevini gerçekleştiren kişiye verilen mesleki ünvanın adıdır. Bu uçuşlar kaptan pilot ve ikinci pilot olmak üzere genellikle iki kişi tarafından yapılır. Her iki pilotun uçuş sırasında görev ve sorumlulukları önceden belirlenmiş olup bu kural doğrultusunda hareket etmekle yükümlüdürler. Kaptan uçuş sistemlerini çalıştırırken ikinci pilot hava trafik kontrolörüyle iletişimi sağlar (6). Pilotlar rota, hava durumu, yolcular ve uçak hakkındaki tüm bilgilerin mevcudiyetinden emin olup, uçuş için irtifayı, izlenecek rotayı ve gerekli yakıt miktarını hesaplayarak bir uçuş planı oluştururlar. Güvenlik sistemlerinin düzgün çalıştığından emin olup kabin ekibini uçuştan önce bilgilendirerek uçuş boyunca düzenli olarak iletişim halinde olmalıdırlar. Pilotlar, kalkış öncesi, uçuş ve iniş sırasında hava trafik kontrolörü ile sürekli iletişim halinde kalarak gürültü yönetmeliklerine uygun hareket edilmesinden de ayrıca sorumludurlar (6).

Pilotluk mesleği günümüzde oldukça ilgi gören meslekler arasında yerini almıştır. Her geçen gün bu ilgi ve heyecan giderek artmakta ve mesleği daha popüler hale getirmektedir. Pilotluk mesleği yüksek beceri gerektirmekle birlikte sürekli eğitimle desteklenmeyi yenilikçi olmayı gerektirir. Aynı zamanda yüksek sorumluluk ve dikkat gerektirir. Ticari uçuşlarda görev alan pilotların yılın her günü ve saati görev alabileceğinden dolayı çalışma saatleri esnektir. Gerek mesleki riskler gerekse insan hayatına dayalı yüksek güvenlik gerektiren riskler taşıması nedeniyle pilotların görev süreleri; günlük, haftalık, aylık, üç aylık ve yıllık olarak sınırlandırılmıştır. Yıllık uçuş planları, uçuş süreleri, dinlenme süreleri ilgili yasal mevzuatlara göre düzenlenmiştir. Uçuş ekibinin aylık uçuş planları en az 24 saat önceden açıklanır. Bu plan

doğrultusunda hareket etmek ve görevlerini yerine getirmek durumundadırlar. Ana üs dışındaki harekat bilgileri dikkate alınarak planlama yapmak zorunluluğu vardır. Aynı zamanda bu planlama ilgili talimatlara bağlı kalınarak uçucu ekip planlama ve koordinasyon sorumlusu vasıtasıyla yürütülür. Uçucu ekip görev aldıktan sonra hava aracının şartlarına göre (model, tip) ilgili kanun ve yönetmelikler ile işletme talimatlarında aranan özellikleri taşıması, sivil havacılık mevzuatı ile belirlenmiş diğer şartlara sahip olması gerekir. Uçuş ekibinin bu talimatları bilmesi ve uygulaması gerekmektedir (6).

Uçuş personeli ile ilgili bilgiler 3 iş günü içerisinde her biri için ayrı ayrı kayıtlara geçirilmesi gerekir. Bu kayıtlar belirli bir kural içerisinde dosyalanır. Uçuş ekiplerinin uçuş görev süresi, boş süresi ve dinlenme süresi aynı zamanda bu sürelerin başlama ve bitiş saatleri, iniş sayıları ve uçuş programları, günlük, haftalık, aylık, 3 aylık ve yıllık planlanır. Uçuş süreleri her bir uçuş ekibi için yönetmelikte belirlenmiş planlamaya göre olmak zorundadır. Uçuş süreleri aylık 110 saat, 3 aylık 300 saat ve yıllık 1000 saatdir. Bu saatler dışında herhangi bir uçuş görevi alınamaz.

Günümüzde iş kazalarının ve iş güvenliğinin artığı bununla birlikte iş kalitesinin düştüğü bilinmektedir. Yapılan araştırmalara göre yaşanan kazaların ve iş kalitesinin düşüşünün temel nedeni; analiz, stres, beceri, standart harekât prosedürleri ve kuralları dikkate almayan insan performansı hataları gibi faktörlerden kaynaklı olduğunu, tek başına teknoloji kaynaklı olmadığını göstermektedir (7). Bundan dolayı gerek askeri gerekse sivil yönetimler teknolojik bileşenler dışında kalan özgüven liderlik takım çalışmasına uyum stresle mücadele yönetimi iletişim ve ikili ilişkileri geliştirme gibi konulara odaklanan eğitim programları geliştirmişlerdir. Özellikle pilotların oldukça komplike ve yüksek bilgi gerektiren bağımsız teknolojiyle çalışma zorundadırlar. Bununla birlikte uçak diğer mürettebatı ile iyi ilşkiler kurmak son derece önemlidir (8).

Pilotlar genel sağlıkları bakımından benzersiz bir işçi grubudur. Pilotların bilinen mesleki tehlikeleri arasında sirkadiyen disritmi, değişen atmosferik basınca maruz kalma, düşük nem, gürültü, titreşim ve kozmik radyasyon vardır (9). Ayrıca bu nedenlere bağlı olarak pilotlardaki solunum hızı artabilir ve bazı durumlarda, hiperventilasyon gelişebilir. Hiperventilasyon, beyin fonksiyonlarını, karar verme ve

vizüelmotor performansı olumsuz etkileyebilir. Vizüelmotor fonksiyon ise direkt olarak denge sistemi ile ilgilidir (10).

Pilotlar için mesleki tehlikeler arasında görülen mekansal oryantasyon bozukluğu birçok ölümcül kazaya neden olan öncü bir faktördür (11). Mekânsal oryantasyonda yer alan tüm organların normal işlevi, havacılık tıp literatüründe uçmanın ön şartı olarak vurgulanmaktadır (11). Normal ve etkili vestibüler sistem fonksiyonu, özellikle yüksek performanslı pilotlar için mutlak bir önkoşuldur. Sadece Meniere hastalığı, Benign Paroksismal Pozisyonel Vertigo (BPPV) vb. gibi iç kulak hastalıklarını dışlamak yeterli değildir. Aynı zamanda pilotun mekânsal düzensizliğe karşı başarılı bir şekilde karşı koyabilmesi için simetrik ve yeterli derecede dengeli tepkiler üretebilmesi de önemlidir.

Wang ve Xue (1994) vertigonun, Çin hava kuvvetleri pilotlarında en yaygın kulak burun boğaz problemlerinden biri olduğunu belirtmişlerdir (12). Vertigonun 1964'ten 1969'a kadar 6 yıllık bir süre boyunca USAF Havacılık ve Uzay Hekimliği Danışma Servisine başvuran 96 pilotun 42'sinin problemi tespit edilememiştir (13). Bu nedenle, tanı koyabilmek, mekânsal düzensizliği önlemek ve hastaların vertigo nedenlerini belirlemek için, her iki kulağın vestibüler end organlarının işlevi hakkında bilgi edinmek gerekmektedir. Vestibüler end organlar, üç semisirküler kanalı ve iki otolitik organı, yani sakkül ve utrikülü içermektedir (13).

2.1.1. Pilotlarda Periyodik Sağlık Muayenesi

Havacılık zincirinin en uç halkasında bulunan pilot, bilgisi, mahareti, fiziksel performansı, bedensel sağlığı ve ruhsal dengesi ile emniyetli ve etkin bir uçuşu gerçekleştirmek durumundaki en kritik kişidir. Diğer iş alanlarında pilotlar kadar sık sağlık kontrollerine alınan başka bir meslek grubu yoktur. Mesleğe girişinden başlayarak, periyodik sağlık muayenelerinden geçen, vücutlarının her sistemi için üst seviyede sağlamlık nitelikleri aranan pilotlar, başka iş alanları için mahsur teşkil etmeyen sağlık sorunları yüzünden uçuştan uzaklaştırılabilirler. Bu uygulama, uçuş doktorlarının kararı ile değil, uçuş koşullarının zorluğu ve uçuş kazası ihtimalini minimize etme titizliğiyle ilgili bir durumdur. Uçuş güvenliğini önemseyen bir yaklaşımla bakıldığında, yüksek irtifalarda ve yüksek süratle hareket eden büyük bir uçakta, küçük sağlık sorunları bile pilotu ve uçuşu zora sokabilir. Yerde görev yapan

bir kişi için ciddi sorun yaratmayan hafif bir nezle bile, irtifadaki basınç değişimleri nedeniyle dayanılmaz kulak ve sinüs ağrılarına dönüşebilir bu durum pilotu uçağa kumanda edemez hale getirebilir. Diğer taraftan, mesleğe tam sağlam olarak giren ve sağlığına özen göstererek periyodik muayenelerden başarıyla geçen pilotlarda, zorlu veya rutin uçuş koşullarında zaman içinde uçuşa bağlı geçici veya kalıcı sağlık sorunları gelişebilir. Pilotlarda uçmaya bağlı olarak zamanla işitme kaybı gelişmektedir. Odyometrik değerlendirmeler de pilotların periyodik sağlık muayeneleri içerisinde önemli bir yere sahiptir.

İşitme havacılık lisanslama yönetmeliğine göre periyodik kulak burun boğaz muayenesinde, işitme değerlendirmesinin de yapılması şart koşulmaktadır. Temel olarak lisanslanacak pilotun karşılıklı konuşmayı 2 metre uzaklıktan doğru bir biçimde anlaması gerekmektedir. Odyometrik değerlendirmede her iki kulakta da ayrı ayrı 0.5 KHz, 1 KHz, 2KHz frekanslarda işitme eşiğinin 35 dB işitme seviyesini ve 3KHz frekansında 50 dB işitme seviyesini aşmaması gerekmektedir (14).

Pilotlar 5431 sayılı Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanunu gereğince periyodik sağlık muayenelerini yenilemektedirler. Sınıf 1 Sağlık sertifika geçerlilik periyotları odyometri ölçümü için 40 yaş altı 5 yılda bir, 40 yaş üstü 2 yılda birdir (14).

2.1.2. Havacılık Vertigosu

İnsanın uzaydaki oryantasyonu görsel, işitsel, vestibüler ve proprioseptif girdilerin koordinasyonu ile sağlanır. Denge ve pozisyon algısında görsel algının payı %79, vestibüler sistemin %15, derin duyunun %5 ve işitsel sistemin payı %1'dir. En güvenilir olanı görsel algıdır. Uçuş gece karanlığı, bulut içi ve sis gibi görsel referansların olmadığı koşullarda yapılıyorsa, pozisyon algısı büyük ölçüde vestibüler sisteme kalır. İvmeli keskin dönüşler, ani hızlanma ve yavaşlama (akselerasyon-deselerasyon) hareketleri, vestibüldeki endolenf sıvısında ve otolit kristallerde ters yönde hareketlere neden olur. Görsel mesajlarla desteklenmeyen bu algılar bir karışıklık yaratabilir. Uçuş hareketlerinin yarattığı vestibüler illüzyonların pilotun oryantasyonunu bozmasına ‘Mekansal Oryantasyon Bozukluğu’ denilir. Havacılıkda ‘Vertigo’ olarak bilinen ve ‘denge yanılsaması’ olarak da tarif edilen bu bozukluğa giren pilot düz uçuşta olduğu halde tırmanışta, ters uçuşta veya taklalar atmakta

olduğunu sanıp uçağa anormal kumandalar verebilir ve sonunda çakılabilir. Genel havacılık kazalarında %10'luk bir yer tutmasına karşın bu kazaların %90'ı ölümle sonuçlanmaktadır. Dizoryante pilot sadece bir pozisyon algı hatası içinde değil aynı zamanda uçuş aletlerini doğru okuyup yorumlama ve doğru kararlar verme konusunda da bilişsel zafiyetler gösterir, tepki süresi uzar, zihinsel şaşkınlık içine girer, kapasite dışı kalır (15,16).

Bazı pilotlar dizoryante olduğunun farkına varmazlar; bazıları fark edip uçağı düzeltme kumandaları vermek ister, ama vestibüler duyuların baskınlığı o kadar çoktur ki tanımlanamaz bir dirençle karşılaşır (17). Vestibüler sistemin meydana getirdiği his yanılmaları 8 başlıkta incelenebilir.

2.1.3. Mulder Eşiği

Semisirküler kanalların dönüşleri algılayamaması sonucunda dış görüş referansının olmadığı gece ve bulut-sis uçuşlarında vestibül uçağın hafif yatışlarını fark edemez. Sabit ivmeli açısal dönüşlerde de atalet kuvvet nedeniyle dönüşün ters yönündeki endolenf akışı dönüşün 20 sn. ve daha uzun sürmesi durumunda, endolenf sıvısının hareketi duracağı için semisirküler kanalları içindeki kupula'nın dik duruma geçmesiyle beyine dönüş mesajı gitmemeye başlar (17).

2.1.4. Leans İllüzyonu

Semisirküler kanallarının içindeki endolenf sıvısı, saniyede 2,5 dereceden daha az yatışları algılayamaz. Farkında olmadan tatlı bir yatış yapmış olan pilot ya görsel olarak veya uçuş aletlerinin verilerine bakarak yatışı fark edip birden düzeltme kumandası verirse, uçak düzeldiği halde pilot kendisini yanayatmış gibi hissedebilir, bu sırada vücudunu da hissettiği yöne büker (18).

2.1.5. Koriolis İllüzyon

Sabit açılı uzayan dönüşte, endolenf sıvısı 20 sn sonra kanal uyarımıyla eşit hıza ulaşır, endolenf sıvısının inertia hareketi durur, pilot artık dönüş hissi almaz olur. Bu sıradaki yukarı, aşağı veya yana bir baş hareketi, semisirküler kanallardan bazılarındaki endolenf sıvısının harekete geçmesine ve anormal pozisyon algılarının

ortaya çıkmasına neden olur. Pilot takla attığını, dönüşe, dalışa veya tırmanışa geçtiğini sanabilir (18).

2.1.6. Okülogravik İllüzyon

Lineer akselerasyonda, inertial kuvvetle yerçekiminin bileşkesi (sonuç vektörü) otolit organı yanlış algılara götürür. Ani hızlanmada tırmanma, ani yavaşlamada dalış algısı olur. Buna 'Head-up' ve 'Head-down' yanılgısı da denir (18).

2.1.7. Elevatör

İllüzyon uçağın ani tırmanışlarında göz küresinin inertial olarak aşağı yöne kayması, objeler yukarıdaymış, uçağın olduğundan fazla tırmanıştaymış gibi algılanmasına yol açar (18).

2.1.8. Grevyard Spin ve Spiral

Uçağın viril veya spiral hareketleri sırasında 20 sn. sonra endolenf sıvısının angular akselerasyona bağlı ters yöndeki dönüşünün durması ile kupula yatıştan dik duruma geçer. Viril veya spiralçıkışında dönüşün bitimiyle deselerasyona bağlı olarak endolenf tersyönde akışa başlar, kupulayı akış yönüne yatırır ve pilot düz uçuşa geçtiği halde ters virile girdiğini algılar. Düzeltici kumanda vermeye çabalarken tekrar virile girip çakılabilir bu nedenle buna 'ölüm virili' denilir (18).

2.1.9. Alternobarik İllüzyon

Üst solunum yolu enfeksiyonu olan pilotlar tırmanış, dalış durumlarındaki kulak ağrılarını gidermek amacıyla valsalva manevrası yaptıklarında, orta kulak ani basınç değişimleri, otolik ve kupulaya mekanik uyarı yapar bulantı, dönme ve viril hissi alınır (18).

2.1.10. Giant Hand Fenomeni

Dış görüş referansının olmadığı gece ve bulut içi uçuşlarda, özellikle yana yatış ekseninde oluşan mekansal oryantasyon bozukluğunda pilot, sanki bir gücün o taraf

kanadı aşağı doğru bastırdığını ve kendisinin bunu düzeltmek için eliyle verdiği kumandaya direndiğini hisseder. Keza, burun aşağı manevraları sırasında oluşan mekansal oryantasyon bozukluğunda pilot, uçağın burnunu yukarı kaldırmaya çalışırken buna karşı koyan bir güçle karşılaşır. Gerçekte burada bir karşı güç yoktur. Uçağın yatışta veya dalışta olduğunu uçuş göstergelerinden izleyen pilot düzeltme kumandası vermeye çalıştığında, çok baskın gelen vestibüler yanlış algıları nedeniyle bunu yapamaz. Bir şekilde beynin verdiği düzeltme kumandasının ele ve kola erişmesi engellenmektedir. Bunun mekanizmasının, retiküler aktivasyon sistemi aktivitesinin anksiyete yüzünden aşırı artması, buna karşı gelen refleks cevabın da bir çeşit spastisite yaratmasıdır. Pilotun kendisinin de şaşırdığı ve konfüzyona girdiği bu durumların %15 sıklıkta görüldüğü bildirilmiştir. Bu durumlarda pilotlara önerilen teknik, kurtulma manevrası için el ve kolu değil, baş ve işaret parmaklarını kullanmalarıdır (19, 20, 21).

Mekansal oryantasyon bozukluğu sadece askeri havacılıkla sınırlı olmadığı gibi sivil havacılıkta da hayati öneme sahiptir. 1968-1975 yılları arasındaki yaklaşık 35 bin uçak kazasında oryantasyon bozukluğu %2,5 oranla biricil neden olarak saptanmış ve bunların %90'ı ölümle sonuçlanmıştır. 1970-1975 yılları arasında meydana gelen 697 ölümlü kazanın %90'ında sebep mekansal oryantasyon bozukluğu olarak gösterilmiştir (22). En sık görülen (%94) mekansal oryantasyon bozukluğu ‘Leans’ yanılgısıdır (23). Bunu koriolis’in, sonra da yeryüzü-gökyüzü ışıklarının birbirine karıştırılması yanılgılarının takip ettiği belirlenmiştir (24).

ABD Hava Kuvvetlerinde' de 1970-1980 yıllan arasında uçuş esnasında meydana gelen 146 inkapasitasyon vakası rapor edilmiştir. Bunlardan 25 tanesi kazayla sonuçlanmış ve birincil nedenin mekansal oryantasyon bozukluğu olduğu belirtilmiştir (25). 1991-2000 yılları arasındaki 10 yılda ABD Hava Kuvvetlerinde, A sınıfı kazaların %20,2'sinde sebep faktörü olarak mekansal oryantasyon bozukluğu bulunmuştur. Ölümle sonuçlanma açısından, oryantasyon bozukluğu dışındaki nedenlerle olan kazalardan 3 kat fazlalık gösteriştir (26).

2.1.11. Yerçekimsizlik

Uzun uzay uçuşlarında fizyolojik ve psikolojik problemler ortaya çıkar; en rahatsız edeni de uzay tutmasıdır.

Uzay uçuşlarındaki ağırlıksızlık (zero-G), dünyanın çekiminin sıfırlanması sonucu değil, yörünge dönüşündeki sentifugal kuvvetlerin yerçekimini nötralize etmesiyle oluşur (27). Dünyada iken maruz kalınan +lGz kuvvetine doğduğu andan itibaren uyum sağlayan organ, doku, vücut sıvıları ve kanın dengesi, yerçekimsizlik koşullarında bozulur. Yani baştan ayağa yönlü yerçekimi ortadan kalkınca vücut sıvılarının üst ve alt bölgelerde eşitlenmesi, baş bölgesinde bir miktar basınç artışı yaratır. Böylece kafa içi basıncı artar, şişkinlik hissi ve baş ağrısı hissedilir. Vestibüler sorunlar olarak, düşme ve baş aşağı salınma hisleri, uzay tutması ve kusma görülür. Uzayda uzun süre kalanların kalp ve kaslarında, denge sistemi ve metabolizmalarında ciddi fizyolojik değişimler ortaya çıkar. Zihinsel süreçlerde ise dehşet heyecan öfori duyguları, sirkadien ritim (zaman algısı) bozulması ve uyku düzensizliği izlenir. Dayanıklı kişilerde bu semptomlar geçicidir ama düzelmeyen olguların uzay uçuşlarında etkin görev yapabilmeleri mümkün olmaz. Uzay adamları ve uzay turistleri bu sorunlara dirençlerinin tespiti ve eğitimi için yerçekimsizliğin yaratıldığı parabolik uçuşlara alınırlar. Parabolik uçuşlar, özel biçimde dizayn edilmiş büyük yolcu uçaklarının 650 km hızla ve 47° açıyla tırmanış yapması, 2. tepe noktasına doğru gaz kesip yavaşlaması ve sonra, 3. serbest düşüş biçiminde aynı açıyla dalışa geçmesi profili kullanılarak yapılır. Tırmanışta +2G, dalışta -2G'ye maruz kalınır; ancak tepe noktasına yaklaşırken ve dalışın başlangıcındaki 20-25 saniye periyodunda G kuvveti sıfırlanır. Her uçuşta 30-40 kez tekrarlanan bu parabolik uçuşlarda hem teçhizat ve hem de personel testlere tabi tutulur (27, 28).

Uzay uçuşlarında bilişsel ve psikomotor performans azalmasının olası nedenleri uykusuzluk, uzay tutması, iş yükü, uzay koşullarının fiziksel ve psikolojik diğer zorlukları olabilir. Bilişsel ve psikomotor bozuklukların bir diğer nedeni ise, yerçekimsizliğin doğrudan beyin mekanizmalarını özellikle vestibüler ve sensorimotor sistemi etkilemesidir (28).

2.1.12. Uçak tutması

Hareket hastalığının (motion sicknes) havacılıktaki karşılığı olan uçak tutmasının belirtileri bulantı, kusma, soğuk terleme, ateş basması, sararma, karında rahatsızlık hissi, baş ağrısı, baş dönmesi ve esnemedir. Ama vasıta tutmasının en az fiziksel belirtileri kadar önemli olan bilişsel ve psikolojik belirtileri de vardır.

Tutmanın bulantı ve kusmadan daha önde semptomlarla (sersemlik hissi, uyuşukluk, performans azalması, mizaç değişimi, depresyon, apati, toplumdan uzaklaşma, iş yapma isteksizliği) giden biçimi 'Sopite Sendromu'olarak adlandırılır (18, 29, 30, 31). Depresif mizaç günlerce sürebilir. Paraşütçü, deniz piyadesi, komando, sağlık personeli gibi iyi eğitilmiş ve kritik görevlerde kullanılacak kişiler, tutma yüzünden performans ve motivasyonlarını kaybedebilirler. Kişilerin kendilerine güvenleri ve becerileri azalır. Ölüm kalım mücadelesi gereken durumlarda bile pasif kalabilirler. Hassas kişilerde belirtiler birkaç gün devam edebilir (32, 33, 34, 35). Hareket hastalığı, anormal hareket uyaranlarına verilen normal bir rahatsızlık tepkisidir, yani aslında bir hastalık değil, semptomdur (36). Sal üzerinde dalgalı deniz simülasyonuna maruz bırakılan insanların %76'sı kusar; şiddetli denizde bu oran %99 olur. Hareket hastalığının tarihi deniz tutmasıyla başlar. Yani 'tutma' hastalığının tarihi denizcilik kadar eskidir, ilk olarak denizcilikte ortaya çıktığı için 'mal de mer' olarak bilinir (18).

Sivil havacılıktaki konforlu uçaklarda uçak tutması %1 gibi çok düşük oranlarda görülür; türbülanslı uçuşlarda oran %20'lere kadar yükselir. Tutmayı başlatan en tipik deniz ve uçuş hareketleri 0,2 Hz (5 saniyede bir) frekanslı vertikal, lineer akselerasyonlar, yani dikey, doğrusal ivmeli hareketlerdir. Bu, dalgalı denizde teknenin yükselip alçalması biçimindeki hareketler olup, havacılıktaki karşılığı helikopterin veya uçağın türbülanstaki peş peşe çökme ve yükselme hareketleridir. Horizontal, translationalosilasyonlar, yani yatay eksende 0,2 Hz frekansta ileri-geri salınımsal hareketler ise tutmayı en çok tetikleyen ikinci türdür. Sağveya sol yanlara yatış ve tırmanış-dalış hareketleri tutmayı uyarıcı nitelikte değildir (18, 29).

2.1.13. Pilotlarda Eğitim ve Habituasyon

Havacılıkta uçak tutmasının en önemli mağdurları pilot adaylarıdır. Kusacağı beklentisi içinde olmak, tutmayı kolaylaştıran psikolojik bir unsurdur. Sık uçmak ve tutmayı yenme azmi, hareket uyaranlarına karşı bir duyarsızlaşma ve tutmaya karşı bağışıklık kazandırır (37).

2.1.14. Simülatörde Duyarsızlaştırma

Vestibüler uyarım yapan dizoryantasyon cihazlarında (Ör. Barany Chair*)* duyarsızlaştırma teknikleri uygulanır (38). Bu programda, koriolistimulasyon başta

olmak üzere vestibül karmaşası ve vertigo yaşatılır. Uçuşta bulantı yaratan hareketler hiyerarşik bir sıra ile bir döner koltukta, hareketli uçak simülatöründe veya sanal gerçeklik, gözlüğünde simüle edilerek bunlara bağışıklık kazanması amaçlanır. ABD Hava K. tedavi programının başarı oranı, erken olgularda %84-96 arasındadır (36).

2.1.15. Oryantasyon Bozukluğu Simülatörleri

En eski ve basiti olan Barany sandalyesi'nden başlayarak, uçak simülatörü biçiminde her eksende hareket yeteneği ve çok gelişkin görsel efektleri olan dizoryantasyon cihazları yapılmış olup, bunlar özellikle askeri havacılıkta yaygın ve rutin eğitim araçları olarak kullanılmaktadır. Bu cihazlarda pilotlar görerek veya alet uçuşu (gece, bulut içi) koşulları altında vertigoya sokulur; sonra da hislerini değil aletlerin gösterdiğini referans alarak uçağ normal duruma getirmesi istenir. Burada temel amaç, oryantasyon bozukluğuna aşinalık kazanmasıdır (39).

2.1.16. Taktik uyarı sistemi

Görsel ve işitsel referansların olmadığı ya da oryantasyon kaybı yaratacak kadar yoğun olduğu durumlarda dokunma duyusunun kullanıldığı bir sistemdir. Vücudun doğrusal veya açısal hareketlere maruz kaldığında, yatışın hissedildiği bölgelere titreşim uygulayarak pilota hava aracının pozisyonunu düzeltmesi için uyarı verme esasına dayanır. Bir yelek gibi giyilerek, göğüs ile karın ön ve yan bölgelerine, ayrıca omuz, kalça ve sırt bölgesinde 24 farklı noktaya titreşimle uyarı sağlar. Helikopter uçuşlarında pal rüzgarıyla yerden havalanan tozların veya karın dış görüşü tamamen engellediği ‘brown out’ ve ‘white out’ yanılgılarında, kar tipisinde, sağanak yağmurda ve hover uçuşlarında çok yararlı olur (40). Keza jetlerde görerek uçuştan alet uçuşuna geçişte ortaya çıkan mekansal oryantasyon bozukluğu durumlarında oryantasyonu sağlamada etkinliği birçok çalışmada gösterilmiştir (39).

2.2. Vestibüler Sistem

2.2.1. Vestibüler sistem Anatomisi

Denge; “kişinin, yerçekimi merkezinin, var olan algısal çevrede, dayanma yüzeyinin alanı içinde tutulabilmesidir” (41). Dengemizi sağlayan sistem görme ile

korelasyonu sağlayan oküler sistem, tendon ve eklemlerden gelen proprioseptif duyuları algılayan serebellar sistem ve bu bilgileri işleyen vestibüler sistemden oluşmaktadır. Vestibüler sistem periferik ve santral vestibüler sistem ile vestibüler çekirdekden oluşmaktadır (42, 43).

2.2.1.1. Periferik Vestibuler Sistem

Periferik vestibüler sistem utrikul, sakkul, semisirküler kanallar ve vestibüler sinirden oluşur. İç kulak kemik labirent ve zar (membranöz) labirent olmak üzere 2 bölümden oluşmuştur. Zar labirentin içi endolenf adı verilen sıvı ile doludur, kemik labirent ve zar labirent arası ise perilenf adı verilen sıvı ile doludur (44, 45). Bu oluşumlara periferik end-organ adı verilmiştir (46).

2.2.1.1.1. Kemik Labirent

Kemik labirentin içerisinde vestibül, koklea, semisirküler kanalları, aquaductus koklea ve aquaductus vestibüli bulunur. Vestibül kemik labirentin ortasında, kokleanın posteriorunda ve oval pencerenin medialinde yer alır. Her bir taraftaki iç kulakta, vestibülün posteriorunda yer alan ve her iki ucu vestibüle açılan semisirküler kanalları bulunur (47).

2.2.1.1.2. Zar Labirent

Kemik labirentin içerisine yerleşmiştir. İçi endolenf denen sıvı ile dolu kanallar ve boşluklardan oluşur. Önde olan kanal işitme organını içerir. Denge organını içeren kısım ise semisirküler kanalları, utrikul ve sakkül den ibarettir. Zar labirentte bulunan vestibülün içindeki kısımda, birbirine bağlı iki kese şeklindeki otolit organlar olarak adlandırılan utrikül ile sakkül yer alır. Vestibülün posteriorunda ise 3 tane semisirküler kanalı bulunur (47). Kemik labirentin içinde zar labirent bulunur. Kemik labirent ile zar labirent arasını da perilenf sıvısı doldurur. Bu sıvı ekstrasellüler (hücre dışı) bir sıvı olup serebrospinal sıvıya çok benzer yapıdadır ve berraktır. Zar labirent çok dar yapıda olduğundan dolayı sıvı geçişi çok yavaştır. Duktus perilenfatikus ile kan ve beyin omurilik sıvısından sağlanmaktadır. Perilenfin potasyum (K+) konsantrasyonu düşük, sodyum (Na+) konsantrasyonu yüksektir. Zar labirentin içini ise endolenf sıvısı

doldurur ve bu sıvı kohlea stria vaskülaristeki sekretuar hücreler ve vestibüler labirentteki dark hücreler tarafından üretilir, emilimi de endolenfatik kesede gerçekleşir. Endolenfin sodyum (Na+) konsantrasyonu düşük, potasyum (K+) konsantrasyonu ise yüksektir (48).

2.2.1.1.3. Vestibül

Boyu yaklaşık 6 mm, çapı ise 3 mm civarında olan bu organ labirentin en geniş hacmine sahip parçasıdır (49). Orta kulak boşluğunun medial duvarı ile içinden fasiyal ve vestibülokoklear sinirlerin geçtiği internal akustik (auditory) kanalın tabanı arasında yerleşmiştir. Vestibüler aquaduktusun başlangıcı vestibülün medial duvarının posterior kısmındaki deliktir (50). Vestibülün içerisinde recesus elliptikus ve recesus sphericus adlı iki adet çukur vardır. Recesus elliptikus vestibülün arka kısmında yer alır ve utrikulusu içerir. Recesus sphericus ise sakkulusu içine alır ve recesus elipticusa göre daha uzundur. İç kulağın anterior ve posterior bağlantısını sağlayan vestibül, lateral duvarındaki oval pencere yoluyla aynı zamanda orta kulak ile iç kulağı birbirine bağlar. Vestibül posteriorda semisirküler kanalları, anteriorda da kohlea ve lateral de oval pencere ile komşudur (50, 51).

2.2.1.1.4. Utrikül

Oval kese şeklinde ve endolenf ile dolu olan utrikül vestibülün girişine yerleşmiştir. Lateral duvarı oval pencerenin karşısında horizontal semisirküler kanalına tutunur, medial duvarı ise vestibülün medial duvarına tutunur. Utrikülün sakkul ile arasında 1.7-2.1 mm mesafe var iken; oval pencere ile arasında 1,9-2,4 mm mesafe buunmaktadır (51).

Utrikülün anterolateral yarısında ve utrikülün iç yüzündeki duvarın kalınlaşmış küçük bir bölümünde 3×2 mm boyutlarında makula adında bir duyu alanı bulunur. Makula, endolenfin hareketini algılayan binlerce tüylü hücrelerden ve bunların üzerini örten jelatinöz bir tabakadan oluşur (52). Semisirküler kanallarının uçları utrikülde başlar ve yine utrikülde sonlanır.

2.2.1.1.5. Sakkül

Vestibül içerisinde ve ön kısımda bulunan bu yapı oval biçimdedir ve utriküle göre hacmi daha küçüktür. Utrikülo-sakküler ductus aracılığıyla utrikül ile bağlantı yapar. Kişi dik dururken utrikülün makulası yere paralel, sakkuun makulası ise yere diktir. Bu yerleşimleri nedeniyle utrikül yatay düzlemdeki doğrusal kafa hareketlerinin, sakkul ise yerçekiminin ve dikey düzlemdeki doğrusal kafa hareketerinin algılanmasını sağlar (52, 53). Patolojik kesitlerden elde edilen bilgilere göre membranöz labirent ile temas ettiği, kemik labirent ile ilişiği olmadığı anlaşılmıştır. Bu nedenle doğrusal kuvvetten daha karmaşık olan sağ sol ivmelenmeleri anterio-posterior ivmelenmede olduğu gibi utrikülü uyarabilir (54). Sakkülün makulası ise utrikülün tam tersi kemik labirente bağlıdır.

2.2.1.1.6. Semisirküler kanallar

Her bir taraftaki iç kulakta, vestibülün posteriorunda üç adet semisirküler kanal mevcuttur. Bunlar anterior (süperior), lateral (horizontral), ve posterior (inferior) olarak adlandırılmıştır. Semisirküler kanalların üçü de birbirine 90° açı ile dik olacak şekilde konumlanmıştır (55). Lateral semisirküler kanallar yatay düzlemle yukarıya doğru 30°açı yapacak şekilde durur. Anterior semisirküler kanallar dikey düzlemde öne ve dışa doğru 45° açı yapacak şekilde, posterior semisirküler kanallar ise geriye ve dışa doğru 45° açı yapacak şekilde yerleşmişlerdir. Lateral semisirküler kanal; petröz kemiğin uzun transvers kanalı ve internal akustik kanalıyla 60° açı yapan anterior semisirküler kanal ile petröz kemiğin posterior yüzüne paralel olan posterior semisirküler kanal arasına yerleşmiştir. Aynı zamanda bir kulağın posterior semisirküler kanalı ile karşı kulağın anterior semisirküler kanalına paralel olacak şekilde yerleşmiştir (56, 57). Bu anatomik yapı anterior semisirküler kanalda da görülür (53). Semisirküler kanalların arka bacaklarındaki başlangıç kısımlarına crus simplex denilir, anterior ve posterior semisirküler kanallarda bu kısımlar ortaktır ve crus commune olarak adlandırılır. Ön bacaklarındaki sonlanan kısımlara da ampulla denilir ve ampullalar şişkin yapıdadırlar (58).

Ampulla crista, her semisirküler duktusun sonlandığı ampullanın içinde, tüylü hücreler ile destek hücrelerinin yerleştiği, kabarık tepeye benzeyen özelleşmiş bir bölgedir. Bağ dokusu, destek hücreleri, kupula, nöral yapılar ve vasküler yapılardan

meydana gelir. Krista ampullanın tabanında yer alır. Kristanın üstünde endolenfin hareketini algılayan tüylü hücreler (kinosilya ve serosilya) ve destek hücreleri vardır (55). Kristanın üst kısmı kupula denilen jelatinöz bir maddeyle kaplıdır. Kupula adındaki membran endolenf akımına duyarlıdır. Yani endolenfatik sıvının semisirküler kanallar ve ampulla içindeki hareketi kupulayı da oynatır. Posterior semisirküler kanalın kristası ile kanal arasında 60°, anterior semisirküler kanalın kristası ile kanal arasında 63°, lateral semisirküler kanalın kristası ile kanal arasında 65° açı bulunmaktadır (54). Krista periferik ve santral olarak ikiye ayrılır (59, 60).

2.2.1.2. Vestibüler Sistem Fizyolojisi

Vestibüler sistem başın doğrusal ve açısal hareketlerini her bir tarafta bulunan beş adet organ ile tespit eder. Bunlardan üçü semisirküler kanallarda bulunan ampulla ve krista çiftidir. Geri kalan ikisi ise utrikül ve sakkül adındaki özelleşmiş duyu epitelidir (61). Her semisirküler kanalın ucundaki genişlemeye ampulla adı verilir ve içerisinde sensöriyel nöroepitelyum ile krista ampullaris vardır. Bunların üzeri kupula denilen jelatinöz madde ile örtülüdür. Başın açısal ivmelenmeleri kupulanın aynı zamanda tüy hücrelerinin konumunu değiştiren endolenfatik hareketlenmeye sebep olur. Bu hareketlenme açısal ivmelenmenin tersi yönünedir. Böylece kupula ve tüylü hücreler açısal ivmelenmenin tersi yönüne harekete geçer (51). Kupula tavanda ve tabanda ampullanın duvarlarına bağlı olup mukopolisakkarit yapıdadır ve semisirküler kanallar ile utikül arasında sıvı geçişini engeller. Kupulanın özgül ağırlığı endolenf ile aynıdır ve elastik membran yapıdadır. Başın açısal hareketlerinde endolenf sıvısı ile birlikte hareket eder. Endolenf sadece başın açısal hareketlerine duyarlı olduğundan dolayı başın doğrusal hareketlerinde kupulada herhangi bir hareketlenme olmaz (61).

Makula içerisinde yerçekimine duyarlı olan nöroepitel hücreler, kan damarları, sinir lifleri, destek hücrelerinden oluşur ve bu yapıların üzerinde jelatinöz bir tabaka olan otolit membran yer alır. Nöroepitelyumun üzerinde tüy hücreleri vardır ve bu tüylü hücreler otolit membranda gömülü halde bulunurlar. Otolit membran denilen jelatinöz tabakanın üzerinde kalsiyum karbonat kristallerinden meydana gelen otolitler yer alır ve bu otolitlerin özgül ağırlığı yüksektir (58).

Utrikül, sakkul ve semisiküler kanallardaki reseptör hücreler Tip 1 ve Tip 2 olmak üzere 2 çeşittir (61). Bu 2 tip reseptör hücrelerin makuladaki yerleşim yeri

otolitik membran içerisinde, semisirküler kanalldaki yerleşimi ise ampulladaki kristalardadır (61). Yüksek frekanstaki baş hareketlerine Tip 1 hücreler daha duyarlı iken; Tip 2 hücreler daha düşük frekanstaki tüy hücrelerine duyarlıdır (62).

Tip 1 Hücreler: Geniş bir çanak şeklinde olup kaliks şeklinde sonlanır. Bu hücrelerin boyun kısmı dardır. Düzensiz ateşleme özelliği bulunan sinir uçlarına sahiptir. Sinirleri kalın miyelinlidir. Yerleşim yeri ağırlıklı olarak krista ve makulanın santalidir.

Tip 2 Hücreler: Şekil olarak silindire benzer ve düğme şeklinde çoklu sonlanmaları bulunur. Sinirleri ince miyelinli yapıdadır. Düzenli ateşleme özelliği olan sinir lifleri ile uyarılır. Uzamış olan uyarılara tepkileri vardır. Yerleşim yeri ağırlıklı olarak krista ve makulanın periferidir.

Vestibüler reseptör hücrelerin (Tip1 ve Tip 2 hücreler) üst tarafında sayısı 50 ile 110 arasında değiştiği tahmin edilen sterosilyum adı verilen küçük tüycük ve 1 adet kinosilyum adı verilen büyük tüycük bulunur (49). Sterosilyumlar sert yapıdadır ve iki tabakadan oluşur. Bu iki tabakanın dış tarafında yer alanı kutikuler tabaka ile ilişkilidir, içteki tabakası ise direk hücre ile birlikte seyreder (53, 63). Sterosilyumlar endolenf sıvısındaki hareketten etkilenir ve endolenf sıvısı ile aynı yöne hareket eder. Eğer bu hareketlenme kinosulyuma doğru olursa hücrede depolarizasyon meydana gelir. Sterosilyum ile kinosilyumun arasını destek hücreleri doldurur. Kinosilyum ve sterosilyumlar özel bir dizilime sahiptir. Kinosilyumun etrafında sterosilyumlar uzundan kısaya doğru dizilmişlerdir. Horizontal semisirküler kanalda kinosilyumlar ampullaya doğru dizilmişlerdir ve ampullopedal (ampullaya doğru) akım ile vestibüler uyarı oluşur. Süperior ve inferior semisirküler kanallarda ise kinosilyumların dizilimi ampullanın tersi yönündedir. Bu nedenle ampullofugal (ampullanın tersine doğru) akım ile vestibüler uyarı meydana gelir; ampullopedal (ampullaya doğru) akım sonucunda da uyarımda azalma (inhibisyon) görülür (63, 64).

Utrikül ve sakkülde bulunan sensöriyel epitele maküla adı verilmektedir. Otolitik organların iç yüzünde, duvarların kalınlaşmış küçük bir bölümünde yerleşmiştir. Makulaların çapı yaklaşık 2mm civarındadır. Otolit organlar olan utrikül ve sakkül içine yerleşmiş halde ve üzeri jelatinöz bir tabaka olan otolit membran ile örtülüdür. Bu otolit membranın içinde gömülü halde çok sayıda küçük kalsiyum karbonat kristalleri vardır. Makulanın üzerindeki otolit membranın özgül ağırlığı endolenfe göre daha fazladır ve kalsiyum karbonat kristallerini bulundurur bu nedenle

diğer yapılardan farklıdır. Kalsiyum karbonat kristallerinin özgül ağırlığı 2.71 ile 2.94 arasındadır (58). Çapları 0.5-30 mikron arasında değişir (65, 66).

Makula ile semisirküler kanallar çalışma prensibi açısından büyük oranda benzerdir. Fakat makuladaki tüylü hücreler semisirküler kanalların kristasındaki gibi aynı yönde polarize olmazlar. Her makuladaki tüylü hücrelerin tüyleri değişik yönlere bakılacak şekilde dizilmişlerdir ve her makulanın orta hattında bulunan otolit organı ikiye ayıran striola denilen çizgiye göre polarizasyon gösterirler. Sakkulun makulasındaki kinosilyumların yerleşimi striolaya göre dışa bakacak şekilde ve strioladan uzak olarak konumlanmıştır. Striola denilen orta hat çizgisi utrikülü 1/3 lateral ve 2/3 medial olacak şekilde ikiye böler. Utrikülün makulasındaki kinosilyumlar striolaya yakın olacak şekilde konumlanmıştır. Sonuç olarak makulanın şekli ve yerleşimi nedeniyle bütün doğrusal hareketleri farkeder (67).

Tip 1 ve Tip 2 hücrelerinin afferent nöronları scarpa gangliyonunda birleşerek devam ederler. Bu gangliyon internal akustik kanalın tabanında seyreder ve inferior ve süperior olmak üzere 2 dala ayrılır. Burada bulunan ve yapıca büyük olan gangliyon hücreleri, semisirküler kanalda bulunan ampullaların ve otolit organlarda bulunan makulanın merkezine afferent innervasyonda görevlidir. Yapıca daha küçük olan gangliyonlar ise krista ve makulaların periferik bölgelerine innervasyon sağlar.

Gangliyona uzanan afferent lifler nervus ampullaris posterior, nervus ampullaris süperior, nervus ampullaris lateralis, nervus sakkularis ve nervus utrikulus olmak üzere beş bölüme ayrılmıştır ve dağıldıkları bölümün isimlerini almışlardır. Skarpa gangliyonların nöronlarındaki aksonlar nervus vestibülaris süperior ve nervus vestibülaris inferior adında 2'ye ayrılarak devam ederler. İnferior dal nervus sakkulus ve nervus ampullaris posteriordan çıkan lifleri alırken; süperior dal ise nervus utrikulus, nervus ampullaris süperior ve nervus ampullaris lateralisten çıkan lifleri alır.

Ortalama 15.000-25.000 liften meydana geldiği düşünülen vestibüler sinir vestibüler nukleuslara gider. Vestibüler sinir ponto medullar köşede inferior ve süperior dal olmak üzere ikiye ayrılır. İnferior vestibüler dalı oluşturan lifler medial lateral inferior vestibüler nukleusta ya da diğer subnukleuslarda sonlanır. Süperior dal ise medial ile süperior vestibüler nukleusta ya da serebellum uvula flokkulus veya fastigial nukleusta son bulur (58).

1842 yılında Flourens ilk defa semisirküler kanalların işlevini gösterecek bir çalışma yapmıştır. Flourens bu çalışmasını güvercinler üzerinde yapmıştır. Güvercinlerdeki bir semisirküler kanalı açarak o kanal düzlemindeki baş hareketlerini gözlemlemiştir (58, 68). Endolenf sıvısının hareketi ile göz ve baş hareketleri arasındaki ilişkiyi Ewald tanımlamıştır. Bunlar günümüzde Ewald yasaları olarak bilinir ve üç tane Ewald yasası mevcuttur (69).

1. Endolenf sıvısında hareketlenmenin meydana geldiği kanal düzleminde göz ve baş hareketleri ortaya çıkar.

2. Horizontal semisirküler kanalda meydana gelen ampullopedal akım, ampullofugal akıma göre daha şiddetli akıma sebep olur.

3. Anterior ve posterior semisirküler kanallardaki etkili olan akım ampullofugal akımdır.

Kanallarda oluşan akımın yönüne göre ampullofugal ya da ampullopedal akım olarak isimlendirilir. Bu isimlendirmeler kinosilyumların bulunduğu konuma göre yapılır. Horizontal semisirküler kanaldaki kinosilyumlar kristada utriküle yakın yerleşmiş iken; anterior ve posterior kanallardaki kinosilyumlar utrikülden uzağa yerleşmişlerdir. Kristada bulunan sterosilyumların istirahat aktivitesi vardır ve sterosilyumlar kinosilyuma doğru hareket ederse bu aktivite azalır, kinosilyumdan uzaklaşırlarsa da istirahat aktivitesi artar (68, 69).

Otolit organlardaki (utrikül ve sakkülde) duyu epiteli makuladır ve işleyiş olarak semisirküler kanallardakinden daha farklıdır. Sakkulun makulası düşey düzlemde iken utikülün makulası yatay düzlemdedir. Otolit membranın içine gömülü halde bulunan otolitler başı sağa-sola çevirme durumunda otolit membran ile aynı yönde hareketlenme gösterir (68, 69).

Otolit membranda bulunan tüy hücrelerinin hareketlenmesi için otolit membranın en az 15 derecelik açı oluşturacak şekilde hareket etmesi gerekir. Otolitler doğrusal hareket ederler. Tüy hücrelerinin ekseni doğrultusunda olan hareketler ve yer çekimi tüy hücrelerinin istirahat aktivitesini değiştirmez. Eğer eksene açı veren hareketlenmeler olursa istirahat aktivitesi artar ya da azalır. Tüy hücrelerinin eksenine dik şekilde yapılan hareketler ise sadece tüyleri hareketlendirir. Makulalardaki

striolaların durumu da büyük ölçüde önem taşır. Striola otolit membranın merkezinde bulunan eğri bir hattır. Kinosilyumun striolaya yakınlık ya da uzaklık durumuna göre akım yönü farklılık gösterir. Dolayısıyla sakkul ve utrikülün duyarlılık yönü birbirinden farklıdır. Her iki hareketten oluşan elektriksel yük değişimlerinin toplamı sinir liflerine giden elektriksel yük değişimini belirler (58, 70).

2.2.1.3. Santral Vestibüler Sistem

Vestibüler liflerin beyinde ulaştığı iki kısım vardır. Bunlar vestibüler çekirdekler ve serebellumdur. Dört adet vestibüler çekirdek (süperior, lateral, medial ve inferior) ikincil nöronlar ve bunların göz ile spinal kord bağlantıları santral vestibüler sistemi oluşturmaktadır (58).

2.2.1.3.1. Vestibüler Çekirdekler

Labirentten gelen bilgilerin işlendiği nokta vestibüler çekirdek olarak adlandırılır. Vestibüler çekirdeğe gelen lifler ikiye ayrılır. İnen ve çıkan yollar. Çıkanlar, çekirdeklerin üst kısmına ve serebelluma giderlerken inenler çekirdeklerin alt kısmına gider (64).

2.2.1.3.2. Serebellum

Serebellum (beyincik), duysal girdilerini kas ve golgi tendon organından alırken, görme, işitme ve denge ile ilgili merkezlerden de bilgiler alır (71). Serebellumda yer alan flokulonodüler lob SSK‘dan gelen durağan denge sinyalleriyle ilişkilidir. Bu bölgenin tahrip edilmesi SSK’nın hasarıyla benzer klinik semptomlara neden olur. Kısacası flokulonodüler lobun hasar görmesi durağan koşullarda dengeyi önemli ölçüde etkilemezken dinamik dengenin kaybına yol açmaktadır. Ayrıca statik dengenin korunmasında serebellumun uvulasının önemli olduğu düşünülmektedir (72).

2.2.1.4. Vestibüler Refleksler

İçinde bulunulan mekanda bütün duruş ve hareketler için üç sensöriyel sistem (oküler, proprioseptif ve vestibüler) merkezi sinir sistemine sürekli bilgiler gönderir. Böylece adaptif hareketler meydana gelmektedir (73, 74).

Diğer sensöriyel algılar kortekse ulaştığı halde, vestibüler duyular sürekli ve gizli olarak refleks işlevi görür. Vestibüler organ vücudun kendi hareketlerini algılama özelliğine sahiptir. Dışarıdan gelen uyarıları ise algılama özelliğine sahip değildir. Yani diğer sensöriyel mekanizmalardan farklıdır.

2.2.1.4.1. Vestibülo-oküler Refleks (VOR)

Vestibulo-Oküler Refleks (VOR)' in amacı baş hareketleri sırasında görme alanını sabit tutmaktır. Hareket halindeyken başımızla, göz hareketlerimizin koordinasyonunu sağlayan önemli bir reflekstir. VOR üç nöronun dâhil olduğu ve doğrudan geribildirimi olmayan bir reflekstir. Başın pozisyonel değişikliklerini hızlı bir şekilde merkezi sinir sistemine ulaştırır. Daha çok semisirküler kanallarınca yönetilir, kısa ve yüksek frekanslı baş hareketlerine cevap verir (58, 75).

Vestibülo-oküler refleks uyarının yönüne göre (aVOR=açısal, lVOR=lineer) veya hareketin kaynaklandığı semisirküler kanalına göre horizontal, VOR (hVOR) posterior, VOR (pVOR), anterior, VOR (aVOR) olarak adlandırılır (76).

2.2.1.4.2. Vestibülo-kolik Refleks (VKR)

Vestibülo-kolik refleks (VKR) sakkülden kaynaklanan, boyun kasları (SKM) üzerinde etki göstererek başın stabilizasyonunu sağlar. VEMP testinde bu refleks arkı değerlendirilmektedir (68, 77).

2.2.1.4.3. Vestibülo-spinal Refleks (VSR)

Yer çekimine karşı koyan kasların kasılmalarının ayarlanması ve hareket sırasında da dengenin sağlanmasından vestibülo-spinal refleks sorumludur. Bir diğer ifadeyle vücut pozisyonunu sağlayarak dengenin bozulmasını engellemektir. Postural değişimlerin daha çok yönlü bağlantılarla gerçekleşmesi, vücudun tüm adale ve eklemlerini ilgilendiren bir refleks olması nedeniyle VOR'a göre daha karmaşıktır (73, 77).

Her şey dengede giderken VSR'nin fonksiyonu hissedilmez, yürürken, koşarken veya başımızı her hareket ettirdiğimizde VSR devreye girer ve uygun kasları

kontrol ederek dengenin bozulmasını önler. Vestibüler bozukluklarda mevcut hareket farklı algılanacağı için VSR arkı dengesizliğe neden olur (41).

2.3. Vestibüler Testler

Periferik ve santral vestibüler sistemin değerlendirilmesinde bir dizi test kullanılmaktadır. Bu testler şunlardır;

- Vestibüler Evoked Miyojenik Potansiyeller (VEMP)
- Video nistagmografi (VNG)
- Kalorik test
- Video-Head İmpulse Test (vHIT)
- Pozisyonel testlerdir.

2.3.1. Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyeller (VEMP)

Periferik vestibüler sistem titreşim, ses ve elektriksel uyaranlarla uyarılarak miyojenik potansiyeller oluşur (78). 1960'lı yıllarda yüksek şiddetli ses uyarılarına karşı kaslarda meydana gelen değişiklikler kaydedilmiştir (78, 79). Bu miyojenik kökenli potansiyeller oksipital bölgeden elde edilmiş olup "inion cevabı" olarak isimlendirilmiştir (78, 79).

Colebatch ve ark.'nın (1994) yapmış oldukları çalışmalarda elektrotların inion noktası yerine sternokleidomastoid (SKM) kas üzerinden testlerin yapılmasını önermişlerdir (80). Yüksek şiddet seviyesindeki klik uyarılara cevap olarak ortaya çıkan kısa latanslı ve unilateral P1 ve N1 dalgalarının varlığını göstermişlerdir (78, 80). Şiddeti ve süresi ayarlanabilir hava ve kemik iletimli ses uyaranları VEMP testlerinde güvenilir bir şekilde kullanılabilmektedir.

2.3.1.1. Servikal-Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyeller (C-VEMP)

C-VEMP (Servikal-Vestibüler uyarılmış miyojenik potansiyel) testi vestibüler rahatsızlığı olan hastalarda tanısal amaçlı kullanılmaktadır. C-VEMP cevaplarının

alınabilmesi VEMP arkının (sakkül, inferior vestibüler sinir, lateral vestibüler çekirdek, medial vestibüler trakt ve sternokleidomastoid SKM)'nin normal çalışıyor olması ile mümkündür.

Yüksek şiddet seviyelerinde verilen ses uyaranı ile elde edilen cevabın amplitüdü arasında bir ilişki vardır (78, 80, 81, 82). Yaşa bağlı olarak C-VEMP cevaplarının elde edilme sıklığı ve amplitüdünde azalma görülmektedir. Hava, kemik ve kafatasına hafif vuruşlar (skull-taps) gibi uyaranlarla da cevaplar elde edilebilir (83, 84, 85). Bebeklerde ve çocuklarda SKM kası aktivasyonu sağlanabilirse VEMP cevaplarının alınabildiği gösterildi (86,88). Çocuklarda yapılan VEMP testinde latanslarda gecikme gözlenmiştir (87, 89, 90).

Sağlıklı bir VEMP testi için teste başlamadan önce saf ses işitme eşikleri ve İmmitansmetrik inceleme yapılmalıdır. İletim kompenenti olan kişilerde hava yolu ile VEMP sonuçları elde edilememektedir. Bu durumda hava yolu yerine kemik iletimli ses tercih edilmelidir (81, 91).

2.3.1.2. Oküler-Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyeller (O-VEMP)

O-VEMP Testi, vestibülo-oküler refleks aktivitesi sonucunda meydana çıkan ekstraoküler kas aktivitesinin EMG kaydıdır. O-VEMP testinin kullanımı son yıllarda giderek artmaktadır (78).

Ekstraoküler kaslar, verilen uyarılara çok kısa zamanda tepki verirler ve bu tepkilere bağlı olarak ekstraoküler kaslar sayesinde göz hareketleri hassas bir şekilde görülebilmektedir (78, 92). Gözlerin hareketleri esnasında, agonist ve antagonist kaslar beraber çalışmaktadırlar. Agonist kaslarda hızlı bir ateşleme oluşurken antogonist kaslarda hızlı bir inhibisyon gözlenir (78, 92).

Son zamanlarda yapılan çalışmalarda gözlerin altına yerleştirilen elektrotlarla ekstraoküler kaslardan superomediale bakış sırasında cevaplar alınmış ve bu cevapların inferior rektus kası ile yakından ilişkili olduğu düşünülmüştür (93, 94).

Hava yolu ses uyaranı ile O-VEMP yapılan normal bireylerde cevaplar esas olarak kontralateral gözden alınsa da bazen bilateral de alınabilmektedir.

Otolit organların fonksiyonunu değerlendiren C-VEMP ve O-VEMP testinde elde edilen amplitüdler µV olarak ölçülmektedir. Elde edilen bu değerlere göre asimetri oranı (Asimetry Ratio-AR) hesaplanmaktadır.

AR= (Yüksek amplitüd-Düşük amplitüd) / (Yüksek amplitüd+Düşük amplitüd) X 100 şeklinde bulunur. Asimetri oranı %35'ten daha az bir değerde olduğunda normal olarak kabul edilmektedir (83).

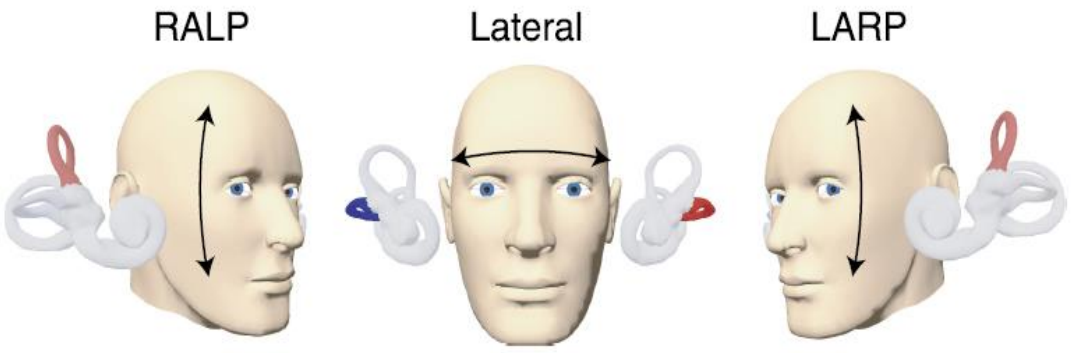
C-VEMP vestibulo-kolik refleks yolağı üzerinden ilerlerken O-VEMP vestibulo-oküler refleks yolağı üzerinden ilerlemektedir. Asimetri oranının yüksek olması ya da cevap elde edilememesine bağlı olarak bu yolaklardaki bir anormalliklerden şüphelenilmektedir. VEMP cevaplarında bir gercikme varsa santral patoloji düşünülmektedir. İletim kompenentinin olmadığı durumlarda vestibüler çekirdeklere kadar olan bölgedeki bir probleme bağlı olarak bilateral VEMP cevapları alınamamaktadır (95, 96, 97).

Hava yolu iletimli ses uyarıları ile yapılan C-VEMP testinde Meniere hastalarının %55'inde P1 ve N1 dalgası gözlenmemiştir (97). Meniere hastalığının ilerleyen dönemlerinde ise C-VEMP testinde dalgalar kaybolur (98). Sadece C-VEMP dalga latans ve amplitüdlerine göre tutulum gösteren kulak hakkında net bir bilgi elde edilemez. Meniere hastalığının başlangıç dönemlerinde hava yolu iletimli ses uyaranları ile yapılan C-VEMP testinde dalga amplitüdlerinde bir artış gözlenmiştir. Bunun nedeni hidropik sakkülün stapes tabanına yaptığı baskıya ve buna bağlı olarak sakkülün düşük seslere karşı hassasiyetidir (78, 99). Amplitüd artışları tek taraflı meniere hastalarında etkilenmeyen kulaklarda da gösterildi (100, 101).

2.3.2. Video Baş İtme Testi (vHIT)

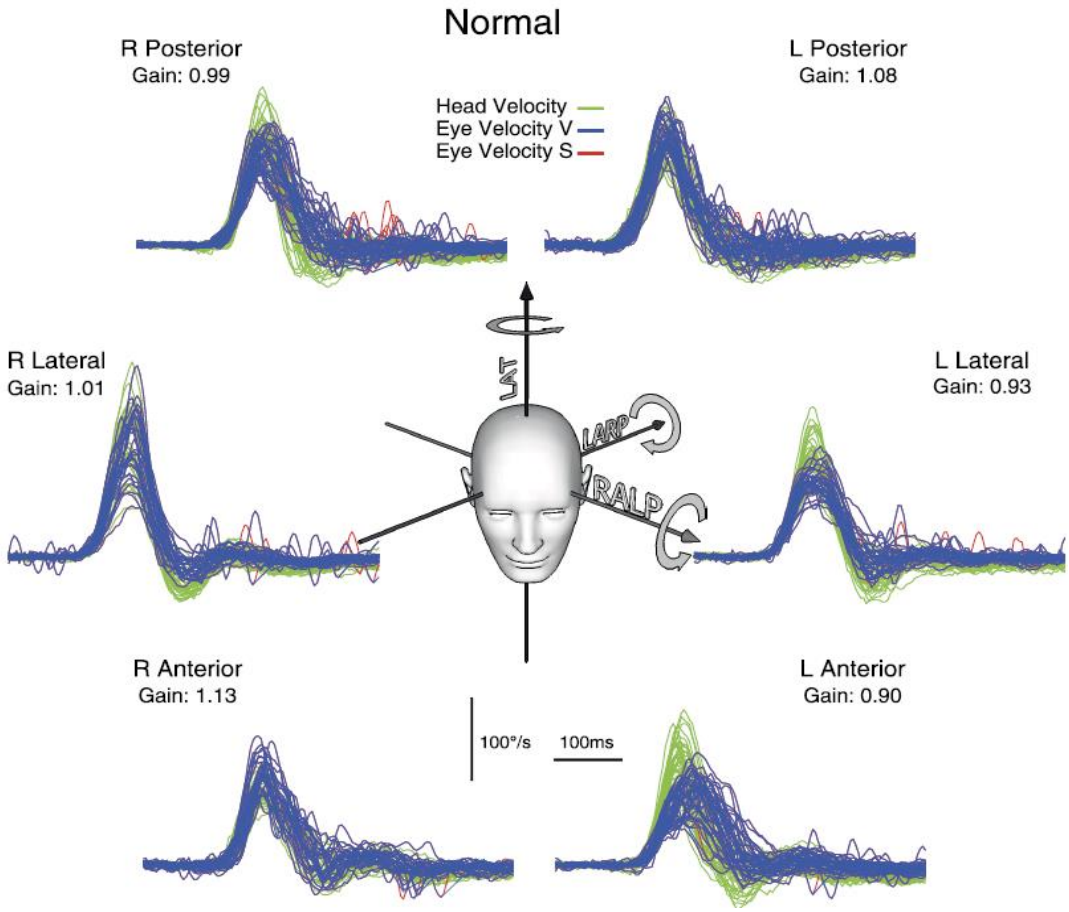
Video Baş İtme Testi (vHIT) son yıllarda geliştirilmiş hızlı ve etkin bir testtir. Periferik vestibüler lezyonları belirlemede kullanılan klinik bir test cihazıdır. Klinik olarak hastaya pasif, hızlı ve küçük baş hareketleri yaptırarak VOR araştırılmaktadır.

vHIT ile altı semisirküler kanalı ayrı ayrı test etmek mümkündür. Test sonucunda değerlendirilen semisirküler kanalların fonksiyonu hakkında bilgi elde edilir. Şekil 2.1'de vHIT test pozisyonları gösterildi.



Şekil 2.1. vHIT test pozisyonları (102).

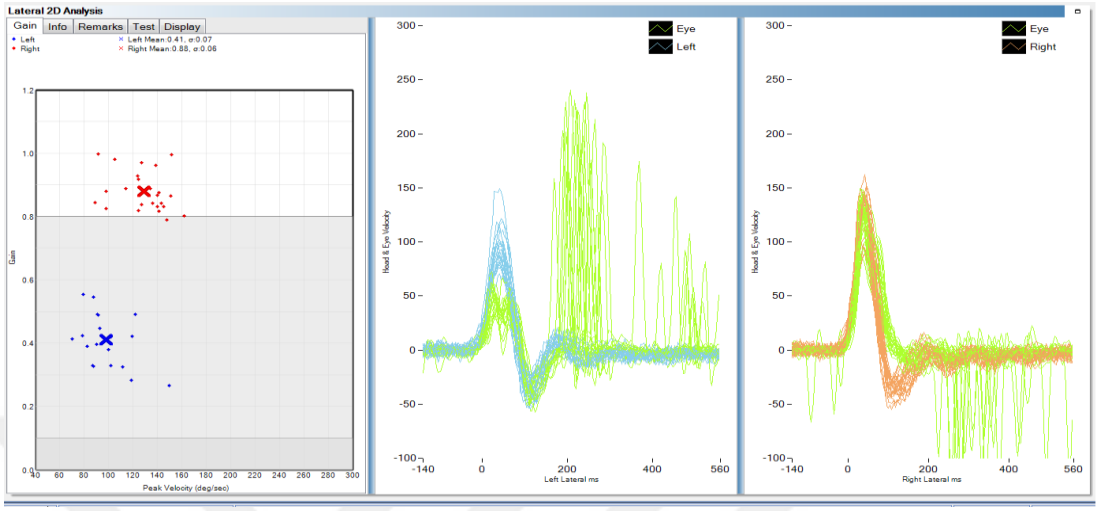
vHIT testinde elde edilen altı semisirküler kanalın normal gain değerleri Şekil 2.2'de gösterildi.



Şekil 2.2. Normal vHIT sonucu (102).

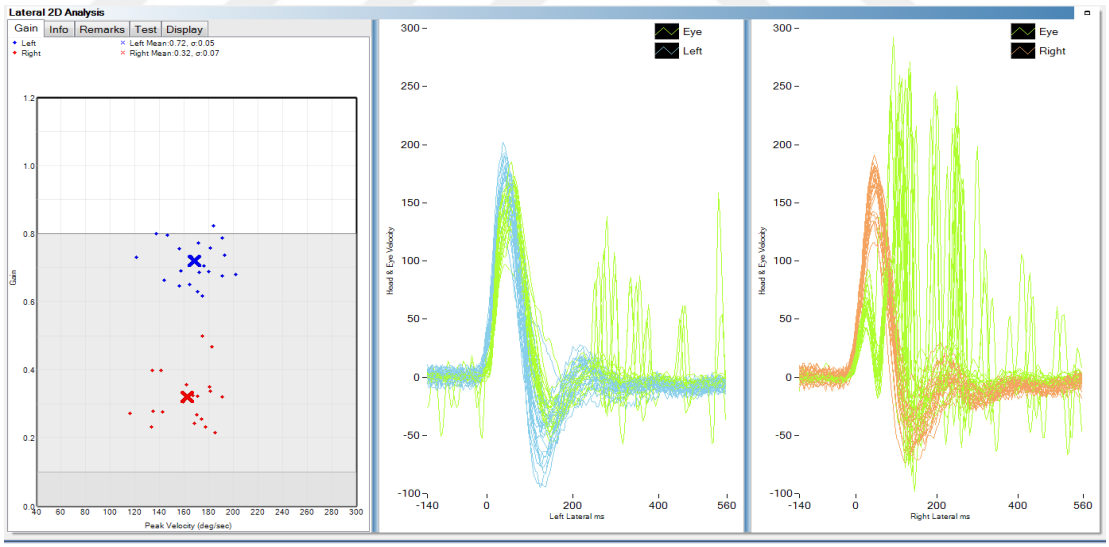
Catch Up (Yakalayıcı) Sakkadlar: Yakalayıcı sakkadlardır. Vestibüler lezyonu olan hastalar için bozulmuş tarafa yani lezyon tarafına doğru oluşurken göz hızı ile baş hızı eşleşmez (103, 104). Sonuç olarak gözlerin gerisinde catch up yani yakalayıcı sakkadlar oluşur.

Overt Sakkadlar: Yakalayıcı sakkadlar baş hareketi tamamlandıktan sonra ortaya çıkıyorsa overt sakkad olarak tanımlanırlar. Çıplak gözle görülebilirler (103). (Şekil 2.3)'de gösterildi.



Şekil 2.3. Overt sakkadların görünümü.

Covert Sakkadlar: Baş hareketi tamamlanmadan ortaya çıkıyorsa covert sakkad denir çıplak gözle görünmezler (103) (Şekil 2.4)'de gösterildi.



Şekil 2.4. Covert sakkadların görünümü.

2.3.3. Videonistagmografi (VNG)

Videonistagmografi (VNG) vestibüler sistemi değerlendirmede kullanılan etkin bir test yöntemidir. VNG testi ile VOR sistemi değerlendirilir. Ayrıca periferik veya santral bir patoloji varlığı, vestibülo-oküler yollar ya da vestibüler sistem de bir

patolojinin olup olamadığı hakkında bilgi verebilir (105). Tanı koyabilmek için yeterli olmayabilir. Sağlıklı değerlendirme için hastanın anamnezi alınmalı ve diğer testler (BT, MR vb.) ile desteklenmelidir. Özellikle santral patolojinin düşünüldüğü durumlarda tek başına tanı kriteri oluşturmaz. Tanı koyabilmek için ilgili hekime yönlendirerek sonucu destekleyen uygun başka incelemelerde istenmelidir (106, 107).

2.3.3.1. Gaze testi

Gaze düz bakış demektir. Gözler açık ve bir cisme bakıyorken o cismin görüntüsünün net ve sabitliğinin sağlanmasıdır**.** Horizontal ve vertikal olarak bir metre uzaklıkta ki ışık barında yaklaşık 20-30 derecelik bir açıyla yana uyarıya bakılarak yapılır. Nistagmusun varlığının araştırıldığı bir bakış testidir (108).

2.3.3.2. Spontan Nistagmus Değerlendirmesi

Herhangi bir uyarı olmaksızın nistagmusun olup olmadığına bakılan bir test yöntemidir. Spontan nistagmuslar karşıya düz bakışta gözlemlenirler (105). İç kulak patolojilerinde periferik nistagmuslar ortaya çıkarken, santral nistagmuslar, çekirdekten sonraki santral yollarda oluşan patolojiler sonucu gözlemlenirler.

Spontan nistagmus testi sırasında hastadan gözlük kapalıyken yaklaşık 20 sn. süreyle ışığa bakması istenir, buna fiksasyonlu evre denir. Sonra gözlükteki ışık kapanır ve gözlerin karanlıkta bir sure (20sn.) karşıya bakmaları istenir. Bu dönem de fiksasyonsuz evredir.

2.3.3.3. Okülomotor Testler

2.3.3.3.1. Sakkadik Test

Hastadan bu testte ışık barında düzenli bir şekilde yanan ışıkları takip etmesi istenir. Öncelikle amaç hastanın hızlı hareketler ile farklı yerlerde yanan ışığı takip edebiliyor olması gözlemlenir, ikinci olarak da hasta hemen hedef yer değiştirdiğinde odaklanabiliyor olmasına bakılır. Testin sonunda çıkan sonuçlar incelenir analiz ekranın'da hız, doğruluk ve latans değerlendirilir. Böylece hastanın sakkadik göz hareket sistemi incelenir (105).

2.3.3.3.2. Pursuit Testi

Bu testte hastadan ışık barından yavaşça akan hedefi takip etmesi istenir. 0,1 Hz 0,2 Hz ve 0,4 Hz de elde edilen trasenin analiz ekranın'da kazanç ve faz değerlendirilir.

2.3.3.3.3. Optokinetik Testler

Hastadan bu testte; ışık barında hızla geçen hedeflerin takip edilmesi istenir. Sağ tarafa takip ile sol tarafa takibin karşılaştırması ayırıcı tanı da değerlendirilir. Test sonucunda elde edilen simetrik ya da asimetrik traseler'de bir tarafa bakışta kazanç kaybının olması iki göz arasındaki işleyişin farklı olduğunu düşündürür (107).

2.3.3.3.4. Pozisyonel Testler

Belirli baş pozisyonlarında nistagmus gözlenip gözlenmediği ve var olan nistagmusun herhangi bir değişime uğrayıp uğramadığına bakılan bir test yöntemidir. Bu testler statik ve dinamik pozisyonel testler olarak ayrılır

2.3.3.3.4.1. Dinamik Pozisyonel Test

Bu test pozisyonel nistagmusu ve benign paroksismal pozisyonel vertigoyu (BPPV) teşhis etmeye yöneliktir.

2.3.3.3.4.2. Statik Pozisyonel Test

Periferik vestibüler hastalıklarda statik pozisyonel nistagmuslar daha sıklıkla görülür. Ancak bu hastalığın periferik veya santral olduğu üstüne kesin kanıt sayılmaz (76,109).

2.3.4. Kalorik Test

Vestibüler testler içinde en sık kullanılan en eski test yöntemidir. Kulaklara hava veya su uyaran gönderilerek yapılan kalorik testler vestibüler labirent hakkında bilgi sağlar. Sağ ve sol taraf horizontal semisirküler kanalı değerlendirme imkânı verir.

Uyaranların test sırasında her iki kulağa ayrı ayrı verilerek yapılması önemlidir. Hastayı, bu testte hazırlarken sedye üzerinde sırt üstü yatış pozisyonuna getirmeli ve uyaran bu pozisyonda gönderilmelidir. Horizontal kanallarda ampullopedal akım bu kanalı uyarıcı akımlar oluştururlar. Ampullofugal akım ise o kanaldan çıkan tonik stimulusları inhibe edebilir. Bu da her iki horizontal kanal arası tonik denge bozukluğu oluşturduğundan nistagmusu ortaya çıkarır (106). Kalorik testlerde kullanılan hava veya su uyaranların hastaya göre avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Su uyaranı, iyi bir uyarıcı olarak kullanılırken kulak zarında perforasyonu olan hastalarda ya da ventilasyon tüpü bulunan kişilerde hava uyaranı tercih edilmelidir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışma Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Odyoloji ve Konuşma Bozuklukları Tezli Yüksek Lisans programında yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır. Çalışmaya katılan bireylerin Kulak Burun Boğaz (KBB) muayeneleri İstanbul ENT Kulak Burun Boğaz Tıp Merkezi'nde yapılmıştır. Normal fiziki muayene bulguları elde edilen katılımcıların saf ses odyometri, immitansmetrik inceleme, Video Baş İtme Testi (vHIT), Oküler Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyel (O-VEMP) ve Servikal Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyel (C-VEMP) testleri yapılmıştır. Bu çalışma için Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulunun 23.02.2018 tarih ve 08 sayı numaralı kararı ile etik onayı alınmıştır.

3.1. Çalışma Grubu

Çalışmaya 31-48 yaş arası (ortalama 39.17±3.85) 30 erkek pilot ile kontrol grubu için 23-48 yaş arası (ortalama 37.53±6.10) 30 erkek gönüllü katılımcı dâhil edilmiştir.

Tüm Bireylerin Çalışmaya Kabul Kriterleri

- ✓ Kulak Burun Boğaz muayenesi normal olan 18-60 yaş arası erkek gönüllü olması.
- ✓ Kulakla ilgili herhangi bir operasyon geçirmemiş olması.
- ✓ Nörolojik herhangi bir problemi olmaması.
- ✓ Bilateral saf ses işitme eşikleri normal sınırlarda olması.
- ✓ Bilateral Tip A timpanogram ve ipsi-kontralateral refleksleri olması.

Tüm Bireylerin Çalışma Dışı Bırakılma Kriterleri.

- ✓ İletim, mikst ya da sensörinöral tip işitme kaybı olması.
- ✓ Baş dönmesi (Vertigo) şikâyeti olması.
- ✓ Tip B ve C timpanogramı olması.

Çalışma grubunda ayrıca;

- ✓ Pilotlardan en az 3000 saat uçuş tecrübesi olması
- ✓ Ölçüm öncesi en az 3 gün öncesinden uçuş yapmamış olması şartı aranmıştır.

3.2. Odyolojik Değerlendirmeler

3.2.1. İmmitansmetrik ölçümler

İmmitansmetrik ölçümlerde Interacoustics AZ26 klinik timpanometri ile 226 Hz probe tone ve 85 dB SPL şiddetinde orta kulak basınçlarına ve akustik refleks eşiklerine, her iki kulak için 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz de, TDH 39 Telephonics kulaklık kullanılarak bakılmıştır. Yapılan immitansmetrik değerlendirmede +200 ve -400 daPa arasında basınç uygulanmıştır.

3.2.2. Saf Ses Odyometri (SSO)

Saf ses odyometri testi için Interacoustics AC40 (Interacoustics A/S, Denmark) klinik tip odyometre cihazı kullanılmıştır. Ölçümler 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz ve 8000 Hz'lerde yapılmıştır. Saf Ses Ortalaması (SSO) 500 Hz, 1000 Hz ve 2000 Hz'deki işitme eşiklerine göre hesaplanmış ve ≤20 dB olanlar çalışmaya dâhil edilmiştir.

3.3. Vestibüler Değerlendirmeler

3.3.1. Video Baş İtme Testi (vHIT)

Video-Baş İtme Testi için tüm katılımcılara Otometrics ICS Impulse (GN Otometrics, Denmark) sistemi kullanılmıştır. Test boyunca hastanın göz çevresine yumuşak bir malzeme ile kaplı monoküler video kamera yerleştirilmiştir. Gözlük hassas bir sensöre ve kalibrasyon için kırmızı renkli lazer ışığa sahiptir. Kalibrasyon için gözlük düzgün bir şekilde yerleştirilmiştir. Hastanın oturur pozisyonda 1 metre mesafede yanıp sönen ışıkları takip etmesi istenmiştir. Göz kırpmaması ve hedefe sabit bir şekilde bakması için yönlendirme yapılmıştır. Lateral semisirküler kanallar (SSK),

sol anterior sağ posterior (Left Anterior Right Posterior-LARP) ve sağ anterior sol posterior (Right Anterior Left Posterior-RALP) planlarında 20 baş hareketi kayıt altına alınmıştır. Altı SSK'ın baş ve göz hareketlerinden elde edilen traseler bilgisayar ekranında analiz edilmiştir. Covert sakkad ve overt sakkad traseleri tanımlanmıştır. Otomatik olarak program yazılımı ile baş ve gözün yavaş faz hızı, asimetri oranları hesaplanmıştır. Lateral semisirküler kanal ölçümleri sırasında hasta gözlerini hedefe sabitlemişken baş 30 derece öne eğilerek uygulayıcı tarafından sağa sola rastgele hızlı baş itme hareketleri uygulanmıştır. Lateral kanalların test esnasındaki pozisyonu (Şekil 3.1, 3.2, 3.3)'te gösterilmiştir.



Şekil 3.1. vHIT lateral kanal başı sağa sola itme nötr pozisyonu.

Vertikal kanalları (posterior ve anterior) değerlendirirken birey yine hedefe sabitlenmişken hastanın başı 45° açı yapacak şekilde sağ ya da sola çevrilmiştir ve öne-arkaya doğru savrulmuştur (Left Anterior Right Posterior-LARP/Right Anterior Left Posterior-RALP). Bu sırada göz hareketlerinin kaydı yapılmıştır ve bu hareketler bilgisayar ortamında kayıt altına alınmıştır.



Şekil 3.2. vHIT sol lateral kanal ölçümü.



Şekil 3.3. vHIT sağ lateral kanal ölçümü.

Kontrol grubu vHIT testinde; lateral, posterior ve anterior kanal kazanç değerleri ortalaması hesaplandı. Her kanal için standart sapmanın (SP) iki katı kazanç değerlerinin ortalamasından çıkarıldı ve kontrol grubuna göre cut off değerleri belirlendi. Bu sonuçların altındaki değerler patolojik kabul edildi.

Kontrol grubu lateral kanal için kazanç değerleri ortalaması 0.97±0.1'dir. Pilotlarda 0,77 altındaki değerler patolojik kabul edildi.

Kontrol grubu posterior kanal için kazanç değerleri ortalaması 0.88±0.1'dir. Pilotlarda 0,68 altındaki değerler patolojik kabul edildi.

Kontrol grubu anterior kanal için kazanç değerleri ortalaması 0.88±0.1'dir. Pilotlarda 0,68 altındaki değerler patolojik kabul edildi.

Kontrol grubu vHIT testinde; asimetri değerleri ortalaması hesaplandı. Her kanal için standart sapmanın (SP) iki katı asimetri değerlerinin ortalamasına eklendi ve cut off değerleri belirlendi. Bu sonuçların üzerindeki değerler patolojik kabul edildi.

Kontrol grubu anterior kanal asimetri değerleri ortalaması 7.9±6.4'dür. Pilotlarda 20.07 üzeri değerler patolojik kabul edildi.

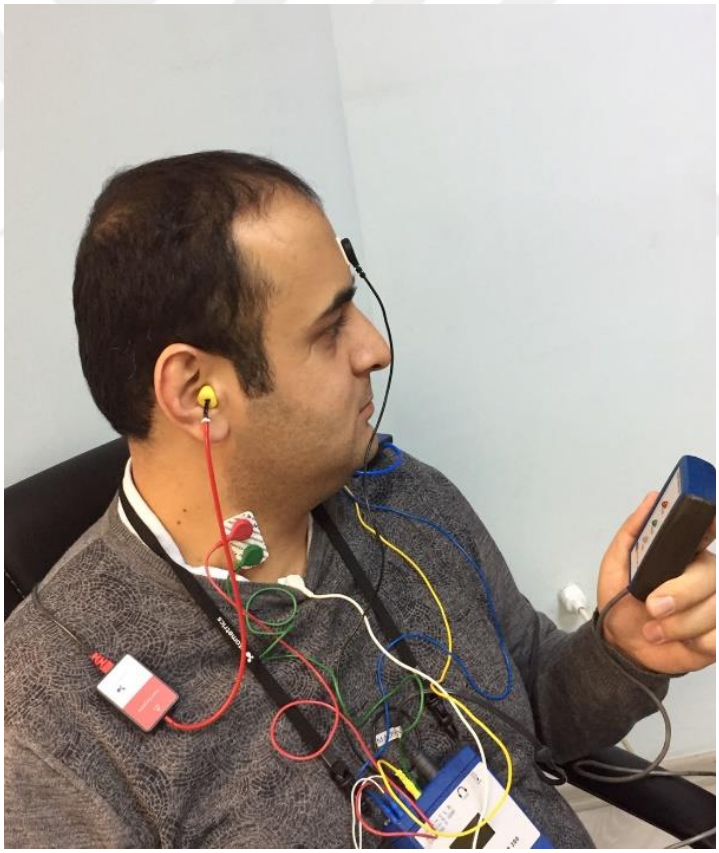
Kontrol grubu lateral kanal asimetri değerleri ortalaması 7.1±4.9'dur. Pilotlarda 16.9 üzeri değerler patolojik kabul edildi.

Kontrol grubu posterior kanal asimetri değerleri ortalaması 7.2±7'dir. Pilotlarda 21.2 üzeri değerler patolojik kabul edildi.

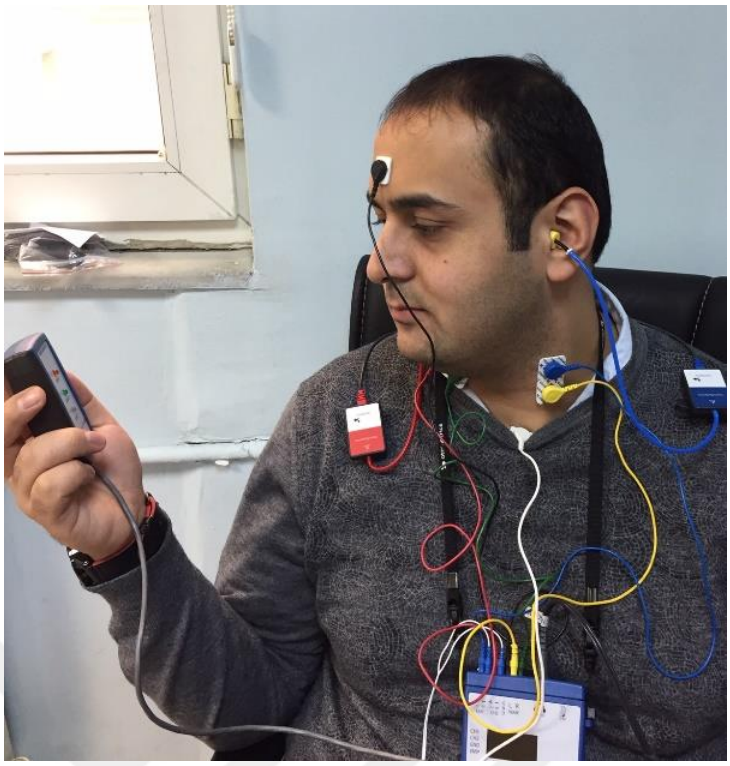
3.3.2. C-VEMP Testi

Tüm C-VEMP kayıtları hasta oturur pozisyonda baş 30 derece aşağı olacak şekilde yapılmıştır. Oturur pozisyonda bireyin başını uyarılan tarafın karşısına doğru çevirmesi ile SKM'nin kasılması sağlanmıştır. Sağ ve sol kulak için ipsilateral taraftaki SKM kasında oluşan inhibitör miyojenik aktivite ölçülmüştür. 500 Hz tonal uyaran kullanılarak insert kulaklıklar ile test yapılmıştır. C-VEMP testleri Otometrics ICS Chartr EP GN Otometrics, Denmark) kullanılarak kaydedilmiştir. 10 Hz-1000 Hz aralığında EMG sinyali amplifiye edilmiş ve filtrelenmiştir. Uyaran ER3A insert kulaklık (Etymotic Research Inc, Illinois, USA) ile verilmiştir. Frekansı 500 Hz olan

tone burst stimulus 95 dBnHL şiddetinde ve 5.1/s uyarı hızı (rate) ile verilmiştir. Kayıtlar 150 uyaran ile sınırlandırılmış ve rarefaction polarite kullanılmıştır. Test esnasında elektrot impedansının 5 kohm'un altında olmasına dikkat edilmiştir. Cilt temizliği nuprep EEG jel ile yapılmış ve tek kullanımlık (tekli ve çiftli) yüzey elektrotlar kullanılmıştır. C-VEMP ölçümleri için aktif elektrot (non-invert) SKM kasının l/3'lük üst kısmına, referans elektrot (invert) SKM kasının sternum kısmına, toprak elektrot ise alına (Fz) gelecek şekilde yerleştirilmiştir. Ölçümler sırasında ikili elektrot kullanılmıştır. Aktif elektrotlar SKM'nin üst kısmına, alt kısmına da VEMP monitörü bağlanmış ve kasın kasılması kayıt altına alınmıştır (Şekil 3.4, 3.5). Kas kasılma aralığı olarak da 40-200 µV arası kabul edilmiştir. C-VEMP'te stimulus verilmesini takiben oluşan ilk pozitif dalga P1 ve onu takip eden negatif dalga N1 olarak belirlenmiştir. Ölçüm sonunda (ms) P1 ve (ms) N1 latans değerleri ile (µv)P1-N1 amplitüd farkı değerleri karşılaştırılmıştır.



Şekil 3.4. Sağ C-VEMP testinde elektrot yerleşimi.



Şekil 3.5. Sol C-VEMP testinde elektrot yerleşimi.

Kontrol grubu C-VEMP testinde; latans (P1, N1) ve amplitüd farkı (P1-N1) değerleri ortalaması hesaplandı. Standart sapmanın (SP) iki katı P1, N1 latans ortalamasına eklendi ve kontrol grubuna göre cut off değerleri belirlendi. Bu sonuçların üzerindeki uzamış değerler patolojik kabul edildi. Aynı şekilde Standart sapmanın (SP) iki katı amplitüde farkı (P1/N1) ortalamasından çıkarıldı. Bu sonuçların altındaki düşük değerler patolojik kabul edildi. (110)

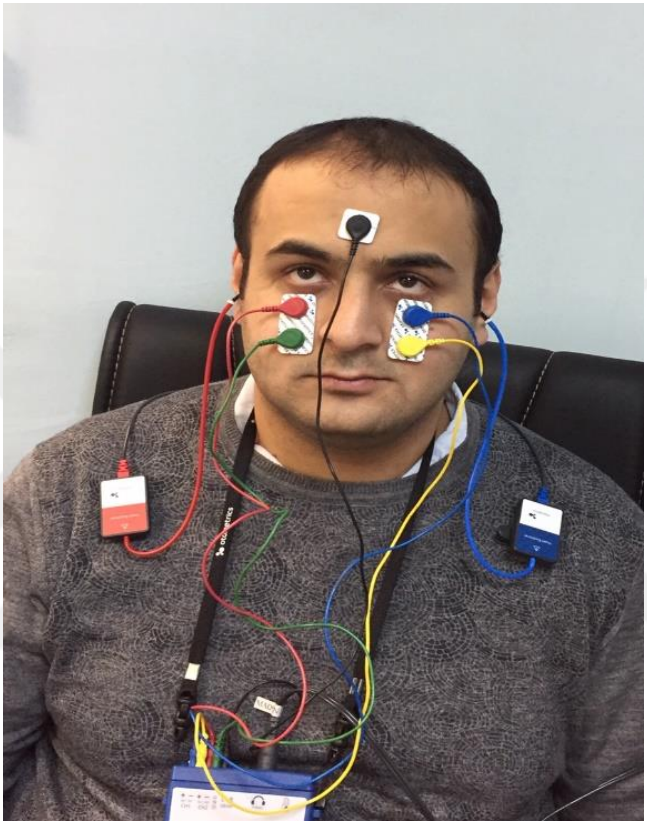
Kontrol grubu P1 latans değerleri ortalaması 13.65±1.04 dür. Pilotlarda 15.73 üzeri değerler patolojik kabul edildi.

Kontrol grubu N1 latans değerleri ortalaması 23.1±1.66 dır. Pilotlarda 26.33 üzeri değerler patolojik kabul edildi.

Kontrol grubu P1/N1 amplitüde farkı ortalaması 165.12±46.69 dur. Pilotlarda 71,74 altındaki değerler patolojik kabul edildi.

3.3.3. O-VEMP Testi

Oküler VEMP testinde, aktif elektrot (non-invert) infraorbital rime, referans elektrot (invert) yaklaşık 2-2,5 cm aşağısına, toprak elektrot ise alına (Fz) yerleştirilmiştir. Çalışmada ikili elektrod kullanıldığı için tüm katılımcılardaki aktif ve referans elektrod mesafesi standart tutulmuştur (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. O-VEMP testinde elektrot yerleşimi.

Katılımcılardan oturur pozisyonda önceden belirlenmiş bir objeye bakmaları istenmiştir. Baş horizontal eksende gözün 30-40 derece açı ile yukarı bakması sağlanmıştır. Uyaran ER3A insert kulaklık (Etymotic Research Inc, Illinois, USA) ile verilmiş ve kontralateral cevaplar kayıt altına alınmıştır. Frekansı 500 Hz olan tone burst stimulus 97 dBnHL şiddet seviyesinde ve 5.1/s uyarı hızı (rate) ile verilmiştir. 1 Hz-1000 Hz aralığında EMG sinyali amplifiye edilmiş ve filtrelenmiştir. Kayıtlar 200 uyaran ile sınırlandırılmış ve alternating polarite kullanılmıştır. Test esnasında elektrot impedansının 5 kohm'un altında olmasına dikkat edilmiştir. Cilt temizliği nuprep EEG jel ile yapıldı ve tek kullanımlık (tekli ve çiftli) yüzey elektrotlar kullanılmıştır. Oküler VEMP'te stimulus verilmesini takiben oluşan dalga formunun tepe noktaları N1 ve P1

olarak belirlenmiştir. Ölçüm sonunda (ms) N1 ve (ms) P1 latans değerleri ile (μV) N1-P1 amplitüd farkı değerleri karşılaştırılmıştır.

Kontrol grubu O-VEMP testinde; latans (N1, P1) ve amplitüd farkı (N1-P1) değerleri ortalaması hesaplandı. Standart sapmanın (SP) iki katı N1, P1 latans ortalamasına eklendi ve kontrol grubuna göre cut off değerleri belirlendi. Bu sonuçların üzerindeki uzamış değerler patolojik kabul edildi. Aynı şekilde Standart sapmanın (SP) iki katı amplitüde farkı (N1/P1) ortalamasından çıkarıldı. Bu sonuçların altındaki düşük değerler patolojik kabul edildi (110).

Kontrol grubu N1 latans değerleri ortalaması 9.47±0.43 dür. Pilotlarda 10.33 üzeri değerler patolojik kabul edildi.

Kontrol grubu P1 latans değerleri ortalaması 14.42±0.98 dir. Pilotlarda 16.38 üzeri değerler patolojik kabul edildi.

Kontrol grubu N1/P1 amplitüde farkı ortalaması 11.26±3.99 dur. Pilotlarda 3.28 altındaki düşük değerler patolojik kabul edildi.

Oküler ve Servikal VEMP testinde kayıt sırasında EMG kas potansiyel ektivitesi devamlı olarak kontrol edilerek, gerektiği anda katılımcılar uyarıldı ve böylelikle yeterli derecede kasılma sağlanabildi. Kayıtlar sırasında katılımcılara dinlenme araları verilerek kas yorgunluğu ekarte edildi. Stimulus verilmesini takiben oluşan ilk dalga formunun tepe noktaları belirlendi.

Hem oküler hem de servikal VEMP testlerinde; test yapılan birey için sağ ve sol kulak olmak üzere her dalganın pik latansları (ms) (N1 ve P1), bu iki dalganın tepe noktaları arasında kalan interpeak amplitüdleri (μv) (P1-N1) ölçüldü. Ayrıca kulaklar arası interaural asimetri oranı da hesaplandı.

3.4. İstatistiksel Analiz

İstatistiksel analizler için SPSS (Statistical Package for Social Sciences) for Windows 25 software paket programı kullanılmıştır. Nicel ölçümler ortalama ve standart sapma istatistikleri ile özetlenmiştir. Nicel değişkenler arası ilişki Pearson korelasyon katsayısı ile incelenmiş, bağımsız iki örneklem arasındaki nicel değişken

ortalamaları arasındaki farklar ise student t testi ile test edilmiştir. 1. tür hata düzeyi (alfa) 0.05; güven düzeyi ise %95 olarak analizler değerlendirilmiştir. Gruplar arası sonuçlar bağımsızlık testi kikare ile de değerlendirmiştir.

4. BULGULAR

Bu çalışmada pilotlar ile kontrol bireylerin C-VEMP, O-VEMP ve vHIT test sonuçları karşılaştırılmıştır. Saf ses ortalaması normal sınırlar (-10 dB-20 dB arasında) içerisinde olanların C-VEMP, O-VEMP ve vHIT testleri yapılmıştır. C-VEMP testinde standardizasyon açısından her iki SKM kasının kasılma değerlerinde benzerlik sağlanmıştır. Elde edilen ölçüm sonuçları Tablo 4.1'de gösterildi.

Tablo 4.1. Pilotların ve kontrol grubunun C-VEMP testinde EMG değerleri (µV).

Pilotların EMG Değerleri			**Kontrol Grubunun EMG Değerleri**		
Katılımcılar	**Sağ Kulak**	**Sol Kulak**	**Katılımcılar**	**Sağ Kulak**	**Sol Kulak**
Pilot 1	64.00	72.00	Kontrol Grubu 1	69.00	75.00
Pilot 2	85.00	69.00	Kontrol Grubu 2	107.00	76.00
Pilot 3	111.00	115.00	Kontrol Grubu 3	93.00	102.00
Pilot 4	77.00	76.00	Kontrol Grubu 4	93.00	91.00
Pilot 5	110.00	112.00	Kontrol Grubu 5	123.00	124.00
Pilot 6	137.00	84.00	Kontrol Grubu 6	178.00	178.00
Pilot 7	74.00	55.00	Kontrol Grubu 7	121.00	90.00
Pilot 8	108.00	115.00	Kontrol Grubu 8	57.00	62.00
Pilot 9	44.00	48.00	Kontrol Grubu 9	72.00	78.00
Pilot 10	68.00	66.00	Kontrol Grubu 10	127.00	133.00
Pilot 11	92.00	112.00	Kontrol Grubu 11	132.00	178.00
Pilot 12	91.00	102.00	Kontrol Grubu 12	107.00	88.00
Pilot 13	83.00	97.00	Kontrol Grubu 13	57.00	63.00
Pilot 14	78.00	71.00	Kontrol Grubu 14	70.00	75.00
Pilot 15	89.00	88.00	Kontrol Grubu 15	81.00	78.00
Pilot 16	127.00	107.00	Kontrol Grubu 16	115.00	130.00
Pilot 17	94.00	96.00	Kontrol Grubu 17	79.00	82.00
Pilot 18	85.00	78.00	Kontrol Grubu 18	79.00	73.00
Pilot 19	84.00	69.00	Kontrol Grubu 19	99.00	98.00
Pilot 20	104.00	102.00	Kontrol Grubu 20	83.00	94.00
Pilot 21	102.00	107.00	Kontrol Grubu 21	86.00	87.00
Pilot 22	66.00	95.00	Kontrol Grubu 22	46.00	58.00
Pilot 23	90.00	102.00	Kontrol Grubu 23	92.00	99.00
Pilot 24	148.00	130.00	Kontrol Grubu 24	154.00	144.00
Pilot 25	106.00	111.00	Kontrol Grubu 25	87.00	89.00
Pilot 26	118.00	108.00	Kontrol Grubu 26	88.00	74.00
Pilot 27	51.00	53.00	Kontrol Grubu 27	87.00	58.00
Pilot 28	79.00	89.00	Kontrol Grubu 28	108.00	141.00
Pilot 29	108.00	122.00	Kontrol Grubu 29	119.00	97.00
Pilot 30	196.00	158.00	Kontrol Grubu 30	90.00	68.00

Pilotlarda 30 sağ kulak ve 30 sol kulak değeri olmak üzere toplam 60 kulak, kontrol grubunda da 30 sağ kulak ve 30 sol kulak olmak üzere toplam 60 kulak değerlendirildi. Elde edilen bulgulara göre pilotlar ve kontrol grubunun P1 latans değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark mevcut değildir (p=0.751). N1 latans değerleri arasında da istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadı (p=0.568). Aynı zamanda pilotların ve kontrol grubunun P1/N1 amplitüd değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadı (p=0.814). Pilotlar ile kontrol grubunun C-VEMP değerlerinin karşılaştırılması Tablo 4.2 gösterildi. Ayrıca uzamış P1 ve N1 latansları, düşük P1-N1 amplitüd'leri gruplar arasında kikare testi ile değerlendirildi. İstatiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamıştır. Tablo 4.3'de gösterilmiştir.

Tablo 4.2. Gruplar arası C-VEMP P1, N1 latans (msn) ve P1-N1 amplitüd farkı (µV) karşılaştırılması.

n=60	**Pilotlar**	**Kontrol Grubu**	**p**
P1 (Ort±SS)	13.71±1.07	13.65±1.04	0.751
N1 (Ort±SS)	22.93±1.51	23.1±1.66	0.568
P1-N1 (Ort±SS)	163.23±40.49	165.12±46.69	0.814

Tablo 4.3. Gruplar arası C-VEMP P1, N1 latans (msn) ve P1-N1 amplitüd farkı (µV) kikare ile değerlendirilmesi.

n=60		Pilot	Kontrol	Kikare	p
P1	Normal	57 (95)	59 (98.3)	1,034	0,619
	Patolojik	3 (5)	1 (1.7)		
N1	Normal	60 (100)	58 (96.7)	2,034	0,496
	Patolojik	0 (0)	2 (3.3)		
P1/N1	Normal	60 (100)	56 (93.3)	4,138	0,119
	Patolojik	0 (0)	4 (6.7)		

C-VEMP testinde pilotların sağ kulak P1, N1 latans değerleri ve P1-N1 amplitüd farkı ile kontrol grubunun sağ kulak P1, N1 latans ve P1-N1 amplitüd farkı karşılaştırılması Tablo 4.4'te gösterilmiştir. Elde edilen verilere göre sağ kulak P1 ve N1 latans değerleri ile P1-N1 amplitüd farkı açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark mevcut değildir (p>0.05).

Tablo 4.4. Pilotlar ile kontrol grubunun sağ kulak C-VEMP P1, N1 latans (msn) ve P1-N1 amplitüd farkı (µV) karşılaştırılması.

n=30	**Pilotlar**	**Kontrol Grubu**	**p**
P1 (Ort±SS)	13.6±0.98	13.41±0.97	0.466
N1 (Ort±SS)	23.14±1.54	22.89±1.53	0.537
P1-N1 (Ort±SS)	163.82±45.72	165.51±52.02	0.886

C-VEMP testinde pilotların sol kulak P1, N1 latans değerleri ve P1-N1 amplitüd farkı ile kontrol grubunun sol kulak P1, N1 latans ve P1-N1 amplitüd farkı karşılaştırılması Tablo 4.5'te gösterildi. Elde edilen verilere göre sol kulak P1 ve N1 latans değerleri ile P1-N1 amplitüd farkı açısından gruplar arasında arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark mevcut değildir (p>0.05).

Tablo 4.5. Pilotlar ile kontrol grubunun sol kulak C-VEMP P1, N1 latans (msn) ve P1-N1 amplitüd farkı (µV) karşılaştırılması.

n=30	**Pilotlar**	**Kontrol Grubu**	**p**
P1 (Ort±SS)	13.83±1.15	13.89±1.06	0.828
N1 (Ort±SS	22.73±1.49	23.31±1.78	0.177
P1-N1 (Ort±SS)	162.65±43	164.72±41.55	0.850

Pilotlar ile kontrol grubunun O-VEMP test sonuçlarının karşılaştırılması Tablo 4.6'te gösterildi. Pilotlarda 30 sağ kulak ve 30 sol kulak değeri olmak üzere toplam 60 kulak, kontrol grubunda da 30 sağ kulak ve 30 sol kulak olmak üzere toplam 60 kulağın O-VEMP değerleri karşılaştırılmıştır. Elde edilen bulgulara göre pilotlar ve kontrol grubun N1 latans değerleri arasında anlamlı bir fark bulunmadı (p=0.630). Pilotlar ve kontrol grubunun P1 latans değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadı (p=0.937). Aynı şekilde pilotların N1-P1 amplitüd değerleri ile kontrol grubunun N1-P1 amplitüd değerleri arasında da istatistiksel olarak anlamlı bir fark mevcut değildir (p=0.258). Ayrıca uzamış N1 ve P1 latansları, düşük N1-P1 amplitüd'leri gruplar arasında kikare testi ile değerlendirildi. İstatiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamıştır. Tablo 4.7'de gösterildi.

Tablo 4.6. Gruplar arası O-VEMP N1, P1 latans (msn) ve N1-P1 amplitüd farkı (µV) karşılaştırılması.

n=60	**Pilotlar**	**Kontrol Grubu**	**p**
N1 (Ort±SS)	9.43±0.41	9.47±0.43	0.630
P1 (Ort±SS)	14.41±0.75	14.42±0.98	0.937
N1-P1 (Ort±SS)	12.16±4.68	11.26±3.99	0.258

Tablo 4.7. Gruplar arası O-VEMP N1, P1 ve N1-P1 sonuçlarının kikare ile değerlendirilmesi.

n=60		**Pilot**	**Kontrol**	**Kikare**	**p**
N1	Normal	59 (98.3)	59 (98.3)	0,000	1,000
	Patolojik	1 (1.7)	1 (1.7)		
P1	Normal	60 (100)	57 (95)	3,077	0,244
	Patolojik	0 (0)	3 (5)		
N1/P1	Normal	55 (91.7)	56 (93.3)	0,120	1,000
	Patolojik	5 (8.3)	4 (6.7)		

O-VEMP testinde pilotların sağ kulak N1 ve P1 latans değerleri ve N1-P1 amplitüd farkı ile kontrol grubunun sağ kulak N1 ve P1 latans değerleri ve N1-P1 amplitüd farkı karşılaştırılması Tablo 4.8'da gösterildi. Elde edilen verilere göre sağ kulak latans ve amplitüd farkı açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark mevcut değildir ($p>0.05$).

Tablo 4.8. Sağ kulak O-VEMP N1, P1 latans (msn) ve N1-P1 amplitüd farkı (µV) karşılaştırılması.

n=30	**Pilotlar**	**Kontrol Grubu**	**p**
N1 (Ort±SS)	9.5±0.43	9.44±0.45	0.615
P1 (Ort±SS)	14.54±0.67	14.21±0.89	0.118
N1-P1 (Ort±SS)	10.99±3.81	11.59±4.34	0.571

O-VEMP testinde pilotların sol kulak N1 ve P1 latans değerleri ve N1-P1 amplitüd farkı ile kontrol grubunun sol kulak N1 ve P1 latans değerleri ve N1-P1 amplitüd farkı karşılaştırılması Tablo 4.9'da gösterilmiştir. Elde edilen verilere göre sol kulak latans değerleri (N1, P1) açısından gruplar arasında anlamlı bir fark mevcut değildir. Amplitüd farkı (N1-P1) açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0.05$).

Tablo 4.9. Sol kulak O-VEMP N1, P1 latans (msn) ve N1-P1 amplitüd farkı (μV) karşılaştırılması.

n=30	**Pilotlar**	**Kontrol Grubu**	**p**
N1 (Ort±SS)	9.36±0.39	9.5±0.41	0.207
P1 (Ort±SS)	14.28±0.82	14.63±1.03	0.153
N1-P1 (Ort±SS)	13.33±5.22	10.93±3.67	**0.043**

Pilotlar ile kontrol grubunun vHIT kazanç değerlerinin karşılaştırmaları Tablo 4.10'da gösterildi. Pilotların lateral kanalları ile kontrol grubunun lateral kanalları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur (p=0.723). Pilotların anterior kanallarının kazanç değerleri ile kontrol grubunun anterior kanallarının kazanç değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadı (p=934). Pilotların posterior kanallarının kazanç değerleri ile kontrol grubunun posterior kanallarının kazanç değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadı (p=186). Ayrıca grupların vHIT düşük kazanç değerleri kikare testi ile değerlendirildi sonuç anlamsız bulundu Tablo 4.11'de gösterilmiştir.

Tablo 4.10. Pilotlar ve kontrol grubunun vHIT kazanç ortalamalarının karşılaştırılması.

n=60	**Pilotlar**	**Kontrol Grubu**	**p**
Lateral (Ort±SS)	0.96±0.10	0.97±0.10	0.723
Anterior (Ort±SS)	0.88±0.10	0.88±0.10	0.934
Posterior (Ort±SS)	0.85±0.11	0.88±0.1	0.186

Tablo 4.11. Pilotlar ve kontrol grubunun vHIT sonuçlarının kikare ile değerlendirmesi.

vHIT	n=60	Pilot	Kontrol	Kikare	p
Lateral	Normal	55 (91.7)	56 (93.3)	0,120	1,000
	Patolojik	5 (8.3)	4 (6.7)		
Posterior	Normal	56 (93.3)	58 (96.7)	0,702	0,679
	Patolojik	4 (6.7)	2 (3.3)		
Anterior	Normal	56 (93.3)	58 (96.7)	0,702	0,679
	Patolojik	4 (6.7)	2 (3.3)		

Pilotlar ile kontrol grubunun vHIT asimetri değerlerinin karşılaştırmaları Tablo 4.12'da gösterildi. Lateral, anterior, posterior kanallara ait asimetri değerleri açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. Ayrıca grupların vHIT asimetri değerleri kikare testi ile değerlendirilmiş ve anlamlı fark bulunmamıştır. Tablo 4.13'de gösterilmiştir.

Tablo 4.12. Pilotlar ve kontrol grubunun vHIT asimetri değerlerinin karşılaştırılması.

n=30	**Pilotlar**	**Kontrol Grubu**	**p**
Lateral (Ort±SS)	7.5±5.6	7.1±4.9	0.789
Anterior (Ort±SS)	9.6±6.7	7.9±6.4	0.311
Posterior (Ort±SS)	7.9±6	7.2±7	0.652

Tablo 4.13. Pilotlar ve kontrol grubunun vHIT asimetri sonuçlarının kikare ile değerlendirilmesi.

vHIT		Pilot	Kontrol	Kikare	p
Anterior	Normal	59 (98.3)	59 (98.3)	0,000	1,000
	Patolojik	1 (1.7)	1 (1.7)		
Lateral	Normal	57 (95)	58 (96.7)	0,209	1,000
	Patolojik	3 (5)	2 (3.3)		
Posterior	Normal	59 (98.3)	59 (98.3)	0,000	1,000
	Patolojik	1 (1.7)	1 (1.7)		

Pilotlar ile kontrol grubunun sağ ve sol kulak vHIT kazanç değerlerinin karşılaştırmaları Tablo 4.14 ve Tablo 4.15'de gösterildi. Elde edilen verilere göre sağ ve sol kulak lateral, posterior ve anterior kanallara ait kazanç değerleri açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır.

Tablo 4.14. Pilotların ve kontrol grubunun sağ kulak vHIT kazanç değerleri.

n=30	**Pilotlar**	**Kontrol Grubu**	**p**
Lateral (Ort±SS)	1.00±0.1	1.00±0.09	0.809
Posterior (Ort±SS)	0.85±0.11	0.86±0.09	0.687
Anterior (Ort±SS)	0.89±0.11	0.9±0.11	0.843

Tablo 4.15. Pilotların ve kontrol grubunun sol kulak vHIT kazanç değerleri.

n=30	**Pilotlar**	**Kontrol Grubu**	**p**
Lateral (Ort±SS)	0.93±0.09	0.94±0.1	0.778
Posterior (Ort±SS)	0.86±0.11	0.9±0.11	0.155
Anterior (Ort±SS)	0.87±0.08	0.87±0.09	0.694

5. TARTIŞMA

Uzayda pozisyonun yönlendirmesi, duruşu sürdürebilmesi ve koordineli bir şekilde hareket edebilmesi için somatosensorial, görsel ve vestibüler sistemin birbiriyle uyum içerisinde fonksiyon görmesi gerekmektedir (111). Görsel sistem çoğu durumda baskın bilgi sağlamakta ve oryantasyon ile dengenin korunmasında önemli görevler üstlenmektedir (5). Hareket sırasında gözleri vestibülo-oküler refleks (VOR) sabitlerken vestibülokolik refleks (VCR) ve vestibulospinal refleks (VSR) de vücudu stabilize etmektedir (112). Somatosensoriyel sisteme bilgi bir grup kas, tendon, eklem ve derinin sinir sonlanmasından gelir. Uçuş sırasında, oturur pozisyondaki pilot kendisine uygulanan kuvvetleri algılar ve koltuğun vücudunda uyguladığı baskı için uçağın birçok hareketini tanımlayabilir (113). Mekânsal oryantasyon bozukluğu (MOB) ise alınan duyusal girdiler arasındaki çelişkiler sonucu meydana gelmektedir (22, 114, 115, 116).

Vertigo, genellikle dönme hareketi olan hareket yanılsamasıdır ve uçuş esnasında ortaya çıkarsa ani vestibüler yetersizlikten dolayı pilotun mekânsal oryantasyonunu bozarak kazalara neden olabilir (117). Vestibüler testler ile denge ve baş dönmesi değerlendirmeleri yapılabilmektedir. Tüm vestibüler test bataryasının kullanılması lezyonun yerinin tespit edilmesi için gereklidir. Özellikle C-VEMP, O-VEMP ve vHIT son yıllarda kliniklerde çok sık bir şekilde kullanılmakta ve tanısal olarak değerli bilgiler vermektedir. Bu çalışmada C-VEMP, O-VEMP ve vHIT ile pilotların vestibüler sistemleri değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgulara göre pilotlardaki mekânsal oryantasyon bozukluğuna (MOB) neden olan durumlar araştırılmıştır. Uçuş sırasındaki mekânsal oryantasyon, sistem parametrelerinin ve çevrenin sürekli izlenmesini gerektiren bilişsel olarak karmaşık ve zorlu bir iştir (118, 119). Mekânsal oryantasyon bozukluğu gerçek bir risktir ve uçak kazalarının temel nedenlerinden biridir. Askeri havacılıktaki kazalarla ilgili yakın tarihli çalışmalar en ciddi kazaların yaklaşık %32'sinde, MOB'un etkisini bildirmişlerdir (114, 120, 121, 122, 123).

Mekânsal oryantasyon bozukluğu, havacılık tıbbında, pilotun dünyanın veya dikey yerçekiminin sağladığı sabit koordinat sistemi içinde uçağının veya kendisinin konumunu, hareketini veya tutumunu doğru algılayamadığı uçuşta meydana gelen

çeşitli durumları tanımlamak için kullanılan bir terimdir (111). Mekânsal oryantasyon bozukluğunun varlığını gösteren ilk kişi 1926 yılında Binbaşı William Ocker'dir. Ancak son yıllarda MOB kavramında birtakım değişiklikler olmuştur. MOB yalnızca vestibüler veya görsel yanılsamalarla değil, aynı zamanda davranışsal tepkileri ve tüm duyusal girdilerin bilişsel bütünleşmesini de içermektedir (114). Özellikle, pilotlar uçağı yönlendirirken ihtiyaç duyulan ek bilişsel kaynakları da kullanmak zorundadır (124). Uçuş, pilotun özelliklerine ve çevresel şartlara bağlıdır (125). Deneyimli pilotlar kapsamlı bir eğitime sahip olmasına rağmen, mekânsal yönelim kaybına yol açan bazı görsel veya vestibüler bozukluklar yaşayabilmektedirler. Mekânsal oryantasyon bozukluğu, uçağın ve pilotun yere veya diğer uçaklara göre konumunu ve hareketini doğru şekilde belirleme yeteneğinin kaybıdır (126). Mekânsal oryantasyon bozukluğu, özellikle askeri operasyonlarda, çoğu zaman mürettebatın ve yolcuların ölümü ve önemli maddi kayıplarla sonuçlanan uçak kazalarına yol açan en kritik faktörlerden biridir (123). 1947'den 2010'a kadar olan veriler (127, 128), MOB'un yıllar içindeki olaylardaki rolünün tutarlı olduğunu bildirmektedir. Fakat uçak kazalarına neden olan MOB'un yaklaşık %65'inin vestibuler sistem bağlantısı araştırılmamıştır (149). Tüm pilotlar gece uçuşlarında, çeşitli hava koşullarında ve aşırı manevralarda mekânsal oryantasyon konusunda hassastır. Pilotlar genellikle mekânsal yönelim bozukluğunda hatalarının farkında değillerdir ve genellikle bir uçuş aracının hatalı olduğuna inanırlar (129).

Görme, uçuştaki en önemli faktördür ve pilotların uzayda konumlarını hızla tespit etmelerini sağlar. Pilotlar, güvenilir bir dış tutum veya hareket ipucu olmadan uçmaktadırlar. Bunu sağlamak için bilinçli olmaya, odaklanmaya ve uçuş araçlarına dikkat ederek doğru oryantasyonu doğru şekilde belirleyebilirler. Uçak ile mekânsal oryantasyonu oluşturmak ve dolaylı olarak göstermek mümkün olsa da oryantasyon yüksek bir bilişsel düzey gerektirir. Pilotun bu yüksek bilişsel düzeyi ve dikkati ile farklı eylemler için karar vermesi ve risk değerlendirmesi yapması gerekmektedir. Fakat mekânsal oryantasyon bozukluğu olan pilotlarda bu durum zorlaşmaktadır (123).

İnsanın doğası gereği pilotun da dikkatini kokpit dışı durumlar çekebilir. Pilotun kokpit dışında gördüğü durumlar yanıltıcı olabilir. Bu durum görsel

yanılsamaları tetikleyebilir ve kritik uçuş parametrelerinin tanınmaması pilotun tutumu, yükseklik, yatay ve dikey hız vb. MOB'a yol açabilir (149, 150, 151).

Mekânsal oryantasyon bozukluğu yaygın ve fark edilmesi zor bir durumdur. Uçuş sırasında mekânsal oryantasyonu provoke eden görsel, vestibüler ve somatosensöriyel uyarıcılar ile ilgili az sayıda çalışma vardır (130, 131, 132). Pilotların spesifik mekânsal oryantasyon bozukluğundan sonra pilotluk görevini yapamama durumlarını değerlendirmiştir. Bu çalışma sadece uçuş tecrübesi olmayan pilotlarda yapılmıştır. Bu pilotlar uçuşu sürdürmek ve tutum değiştirme prosedürleri konusunda eğitilmişlerdir. Katılımcılar, hava hızı ve tutum göstergelerine daha az dikkat etmişlerdir ve bu durum kazalara neden olabilmektedir.

Kowalczuk, geniş bir yelpazedeki görsel ve vestibüler yanılsamaların yarattığı MOB'dan dolayı deneyimli pilotlar hakkında daha ayrıntılı çalışmalar gerçekleştirmiştir. Elektrokardiyografi, kalp atım hızı, elektronistagmografi ve kan basıncı dahil olmak üzere tüm fizyolojik göstergeler arasında, MOB'un belirlenmesinde sadece göz hareketinin yararlı olduğunu bildirmiştir. Araştırmacı, okülomotor parametrelerindeki değişikliklere MOB'un neden olduğunu belirtmiştir (132).

Fitts ve arkadaşları deneyimli pilotların uçuş araçlarında daha sık ve daha kısa sabitleme süresine sahip olduğunu bulmuştur. Bellenkes ve arkadaşları da bu bulguyu doğrulamışlardır. Ottati ve arkadaşları ve Kasarskis ve arkadaşları da deneyimli pilotların dikkat dağılımı ve uçuş performansı davranışında farklılıklar gösterdiğini bulmuşlardır (133, 134, 135, 136).

Cheung ve arkadaşları yapmış oldukları çalışmada mekânsal oryantasyon bozukluğunun uçak kazalarındaki rolünü araştırmışlardır. 1982-1992 yılları arasında yaşanan 62 uçak kazasından 14'ünün nedeninin mekânsal oryantasyon bozukluğu olduğunu bildirmişlerdir. Bu çalışmada kazaların çoğunluğunun gün içinde gerçekleştiği ve 10 pilotun mekânsal oryantasyon bozukluğunun bile farkında olmadıklarını bildirmişlerdir. Çalışmada pilotların kümülatif uçuş deneyimlerinin ise önemli bir etken olmadığı vurgulanmıştır (114).

Mekânsal oryantasyon bozukluğunun ortaya çıkması durumu hareket hastalığıdır. Hareket hastalığı, bir bireyin uyum sağlayamadığı gerçek veya görünür

harekete normal bir fizyolojik cevap olarak kabul edilmektedir (116). Başlıca semptom ve bulguları solukluk, soğuk terleme, mide bulantısı, ciddi vakalarda tekrarlayan kusmalarla ilerler ve daha az durumda baş ağrısı ve uyuşukluk eşlik eder (115).

Askeri, ticari veya özel uçaklarla uçarken güvenlik önemli bir husustur. Büyüklüğü, ağırlığı ve taşınan yakıt miktarı nedeniyle, bir uçak potansiyel olarak tehlikeli bir nesnedir. Uçağın kaybolmasını içeren bir kazanın, yolcular, genel halk ve uçuş yolu altındaki çevre için ciddi sonuçları vardır. Mekânsal oryantasyon bozukluğu birçok ölümcül kazaya neden olan öncü bir faktördür. 1980'den 1989'a kadar ABD Hava Kuvvetleri pilot hatalarından ve mekânsal oryantasyon bozukluğundan kaynaklanmış 356 kaza raporu vermiştir. Mekânsal oryantasyon bozukluğundan kaynaklanan oran ise %23 (81 kaza)'tür (137). Mekânsal oryantasyon, yalnızca askeri havacılık ile sınırlı değildir. 1970 ve 1975 yılları arasında meydana gelen 4012 ölümcül genel havacılık kazasından 627'si (%15,6) mekânsal oryantasyon bozukluğundan kaynaklanmaktadır (22).

Yer çekimine karşı ayakta ve hareket sırasında dengeyi sağlama yeteneği, günlük yaşamda görsel, vestibüler ve propriyoseptif duyusal bilgilerin etkili algılanması, entegrasyonu ve yorumlanmasına dayanmaktadır. Bununla birlikte, uçuş ortamı, görsel-vestibüler uyumsuzluklar, yerçekimi değişiklikleri ve yüksek hızlı ivmelenmeleri içeren farklı bir bağlamda bilgi sağlamaktadır. Vestibüler sistem vestibüloküler refleks (VOR) vestibulospinal refleks (VSR) ve vestibuloretiküler refleks, görsel-vestibüler uyumsuzluklar, yerçekimi değişikliği ve açısal veya doğrusal hızlanmayı yorumlar (138, 139, 140). Bu nedenle, pilotların ve pilot olmayanların vestibüler fonksiyonları arasında fark olması muhtemeldir (141, 142).

Ahn (2003) deneyimli pilotlar arasında rotasyon testi sonrasında sensör sistemde ve nistagmusta azalma olmadığını bildirmiştir (141). Buna karşı olarak Aschan (1954) 100 İsveç Hava Kuvvetleri pilotu arasında kupulometri yanıtlarında azalma olduğunu bildirmiştir (143).

Schwarz ve Henn (1989) yaptıkları çalışmada öğrenci pilotlarının, uçuş deneyimi olmayan bireylerden daha yüksek kazançlı olduğunu ve nistagmuslarının daha kısa zamanda sönümlendiğini bildirmişlerdir. Bunu önceki uçuş deneyimi veya diğer eğitimler yoluyla edinilen alışkanlık olarak yorumlamışlardır. Elde edilen

sonuçların farklılık göstermesinden dolayı yapılan çalışmalarda özellikle çeşitli frekanslarda vestibüler stimülasyona maruz kalan (bale dansçıları, artistik patinajcılar, denizciler ve pilotlar vb.) profesyonellerin, vestibüler fonksiyonda yaşamsal değişikliklere yönelmesi önerilmiştir (142, 144).

Vestibüler değerlendirmede C-VEMP, O-VEMP ve vHIT testleri çok değerli bilgiler vermektedir. Bu testler ile hem periferik hem de santral vestibüler sistemin fonksiyonelliği hakkında bilgi sahibi olunmaktadır. Modern odyoloji kliniklerinde yapılan vestibüler testlerin yanında algısal değerlendirmelerde uçak pilotlarında uçuş güvenliği açısından da bu testler önemlidir. Mekânsal oryantasyon bozukluğu birçok ölümcül kazada önde gelen bir faktördür. Mekânsal yönelim; proprioseptif, vestibüler (iç kulak) ve görsel sistemlerden gelen bütünleştirici girdilerin ürünüdür (145). Sürekli uçuş yapan pilotların vestibüler sistemlerinin fonksiyonelliği merak edilen konulardandır.

Yaptığımız çalışmada pilotlar ile kontrol grubunun C-VEMP testinde P1 ve N1 latansları ile P1-N1 amplitüd farklarını, O-VEMP testinde N1 ve P1 latansları ile N1-P1 amplitüd farklarını karşılaştırdık. Ayrıca vHIT ile semisirküler kanallar ve VOR'u değerlendirdik.

Elde edilen bulgulara göre C-VEMP testinde gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. Bu sonuçlara göre pilotların uçuşlardan dolayı C-VEMP arklarında (sakkül, inferior vestibüler sinir, lateral vestibüler nükleus-LVN, medial vestibüler spinal tract-MVST ve sternokleido mastoid-SKM) fonksiyonel olarak herhangi bir problemin olmadığı düşünülmüştür.

Mekânsal oryantasyonda yer alan tüm organların normal fonksiyonunun önemi, havacılık tıp literatüründe uçmanın ön şartı olarak vurgulanmaktadır (11).

Servikal ağrı prevalansının savaş pilotlarında daha yüksek olmasına rağmen yapılan tanısal çalışmalarda pilotlar ile kontrol grupları arasında istatiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmamıştır (146, 147). Yaptığımız çalışmada servikal problemler ile ilgili bir araştırma yapılmamıştır. Servikal problemler SKM'yi olumsuz etkileyeceği için C-VEMP arkında problem olabileceğini düşündürmektedir. Bu nedenle servikal problemlerin ekarte edilmesi C-VEMP sonuçlarını doğru yorumlayabilmek için gerekli bir durumdur. Aydoğ ve ark., (2004)'ı yaptıkları

çalışmada kontrol grubunda %8, savaş pilotlarında %10 olarak servikal problemleri bildirmişlerdir (146). Ayrıca Kollock ve ark. (2015)'nın yaptığı meta analiz çalışmasında sabit kanatlı uçak pilotlarında servikal problemlerin daha az olacağı bildirilmiştir (148). Çalışmamız sonucunda C-VEMP sonuçları normal sınırlarda elde edilmiştir ve bu sonuç vestibulokolik refleks arkının sağlıklı olduğu şeklinde yorumlanabilir.

Pilotlarda O-VEMP testinde elde edilen bulgulara göre N1 ve P1 dalga latansları kontrol grubuyla uyumludur. O-VEMP testi sonuçlarının pilotlarda normal sınırlarda olması O-VEMP arkının (utrikül, sekizinci sinir çekirdeği, Medial Longutudinal Fasikülüs-MLF, üçüncü sinir nükleusu ve inferior oblik kası) normal fonksiyon gördüğünü göstermektedir.

Pilotlar uçuş sırasında utriküler fonksiyon ile çok iyi derecede mekânsal oryantasyonu sürdürebilmektedirler. Ekstraoküler kaslardan elde edilen O-VEMP ile utriküler fonksiyonlar değerlendirilmektedir. Xie ve ark. (2011)'ı yaptıkları çalışmalarında 62 sağlıklı öğrenci pilotu (30 erkek ve 32 yaş ile uyumlu kadın) ve 31 sağlıklı erkek savaş pilotunun binaural hava yolu uyaranı ile N1 ve P1 latanslarını, N1-P1 interpeak intervallerini, N1-P1 amplitüd farklarını ve asimetri oranlarını incelemişlerdir (13). Çalışma sonunda N1 latansını 10.35±0.66 ms; P1 latansını 15.18±1.07 ms; N1-P1 interpeak intervalini 4.75±0.99 ms; N1-P1 amplitüd farkını 6.75±4.13 μV ve asimetri oranını %13.22±9.13 olarak tespit etmişlerdir. Bu çalışmada öğrenci pilotlar ile savaş pilotları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunamamıştır. Sadece kadın ve erkek öğrenci pilotlar arasında N1-P1 amplitüd farkları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulmuşlardır. Erkek öğrenci pilotların N1-P1 amplitüd farkları 6.96±3.85 μV, kadın öğrenci pilotların N1-P1 amplitüd farkları ise 5.47±3.10 μV olarak bulunmuştur. Bu çalışma sonucunda O-VEMP yorumlanmasında amplitüdten ziyade asimetri oranları ile değerlendirmenin daha uygun olacağı bildirilmiştir (13).

Yaptığımız çalışmada pilotların O-VEMP testi sağ kulak N1-P1 amplitüd farkı kontrol grubu ile simetrik bulunmuştur. Ancak pilotların sol kulak N1-P1 amplitüd farkı kontrol grubuna göre daha iyi bulunmuştur. Bu sonuçlar pilotların yüksek ivmeli hızlara sıkça maruz kaldıkları için utrikül fonksiyonlarının yatay düzlemde artmış olduğu şeklinde yorumlanabilir.

C-VEMP ve O-VEMP testlerinde asimetri oranı vestibüler sistem değerlendirmesinde önemli bilgiler vermektedir. Yapılan çalışmalarda asimetri oranının %34-35'in altında olması gerektiği bildirilmiştir (99). Yaptığımız çalışmada tüm asimetri oranları %34-35'in altında elde edilmiştir.

Hava yolu uyaran kullanıldığında iletim kompenentinin olmadığı durumlar için hem C-VEMP hem de O-VEMP yanıtlarının tek taraflı yokluğu lezyonun vestibüler end organda, primer afferentlerde veya sinir kök giriş bölgesinde olduğunu düşündürmektedir. Vestibülokolik ve vestibülo oküler refleks için latansta gecikmeler, vestibüler sinirleri etkileyen demiyelinizan nöropatilerde veya merkezi sistem bozukluklarında görülebilmektedir. vHIT, C-VEMP ve O-VEMP 5 adet vestibüler end organın değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır. VEMP testi özellikle vHIT ile kombine edildiğinde, kalorik test ve odyometrik inceleme ile birleştirildiğinde altta yatan vestibüler bozukluğun teşhisi daha rahat sağlanır (149).

Yaptığımız çalışmada pilotların vHIT ve C-VEMP'de vestibüler yanıtlar kontrol grubuyla karşılaştırıldığında fark bulunmamıştır. O-VEMP testinde ise latans değerleri grublar arası uyumlu, aynı şekilde sağ amplitüd farkı simetrik bulunmuştur. Ancak sol amplitüd farkı pilotlarda kontrol grubuna göre daha yüksek elde edilmiştir. Bu sonuçlar pilotların mekânsal oryantasyonu açısından avantajlı bir durumdur. Yine yaptığımız çalışmada asimetri oranları kontrol grubuyla uyumludur.

Corbé ve Menu (1997) savaş uçaklarının ve helikopter pilotlarının seçimi ve takibinde tıbbi parametrelerin, özellikle duyusal ve görsel sistemin çok kapsamlı bir şekilde çalışmasına ihtiyaç duyulduğunu belirtmişlerdir. Dolayısıyla pilotlarda vestibüler sistemin normal fonksiyon görmesi ve görme ile ilgili problemlerin ortadan kaldırılması gerekmektedir. Bununla ilgili olarak görsel ve duyusal testlerin incelemelerde kullanılması gerekliliği vurgulanmıştır (150).

Vestibüler alışkanlık, insanlarda ve hayvanlarda, tekrarlanan labirent stimülasyon ile gelişmektedir. Stimilasyona verilen vestibüler yanıtın uzun süre boyunca (günler veya haftalar) devam etmesi altta yatan mekanizmanın merkezi bir kökenine işaret eder (151). Vestibüler alışkanlıktan dolayı vestibülooküler refleks cevaplarında alışkanlık gelişmektedir (142). Jager ve Henn (1981) vestibüler alışkanlığın her zaman 0.1 Hz'nin altındaki bir uyaran frekansında meydana geldiğini

belirtmişlerdir. Uyaranlara alışkanlık kazanılması ile nistagmusun yavaş faz hızı faz açısında artış ve kazançlarda eş zamanlı bir azalma olduğu bildirilmiştir (152).

Ahn ve ark. (2003)'ı VOR kazancının ardışık dört adım testinden sonra 0.16 Hz'de yavaş harmonik hızlanma testi ile arttığını, pilotların vestibüler fonksiyonunun pilot olmayanlardan farklı olduğunu bildirmişlerdir (141). Bununla birlikte, toplam uçuş süreleri ile VOR kazancındaki değişiklikler arasında hiçbir korelasyon bulunmadığı, eğitim sırasında VOR fonksiyonundaki değişikliklerin ise hızlı bir şekilde kazanıldığı belirtilmiştir (141). Yukarıda bahsedildiği gibi, VOR fonksiyonundaki değişiklikler pilotlarda çalışılmış olmasına rağmen, bu değişikliklerin neden ve ne zaman gerçekleştiğine dair çok az kanıt vardır (142).

Zuma ve ark. (2015)'ı 1000-2000 ve 2000-3000 saat uçuş deneyimi olan pilotların vHIT ile semisirküler kanallarının kazançlarını normal askerler ile karşılaştırmışlardır. Çalışma sonucunda sadece pilotların sol posterior semisirküler kanal kazanç değerlerini düşük bulmuşlardır ve asimetrinin nedenini belirlemek için daha fazla çalışmaya ihtiyaç olduğunu belirtmişlerdir (153). Ayrıca çalışmanın örneklemi göz önüne alındığında sol posterior semisirküler kanalların düşük VOR kazancının anlamsız olabileceği de vurgulanmıştır. Yaptığımız çalışmada pilotların vHIT karşılaştırılmasında kanallar arasında istatistiksel olarak herhangi bir fark bulunamamıştır. Hem Zuma ve arkadaşlarının yaptığı çalışma hem de bizim yaptığımız çalışmada pilotların semisirküler kanallarının normal fonksiyon gördüğü düşünülmektedir.

Lee ve ark. (2004)'ı harmonik rotasyon sandalyesi kullanarak öğrenci ve aktif pilotların VOR değerlendirmesini yapmışlardır. Kontrol grubu ve öğrenci pilotların eğitim öncesi ve sonrası 0.01 Hz, 0.04 Hz ve 0.08 Hz kazanç değerlerini aktif pilotlar ile karşılaştırmışlardır. Tüm aktif pilot gruplarında, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında, 0.04 Hz'in üzerindeki frekanslarda farklılık bulunmuştur (142).

Öğrenci pilotlarda ise uçuş eğitiminden sonraki 0.01 Hz, 0.04 Hz ve 0.08 Hz'lerde eğitim öncesine göre anlamlı derecede daha yüksek değerler bulunmuş ve uçuşların vestibüler sistemi olumsuz etkilediği vurgulanmıştır. Bu çalışma sonucunda anlamlı derecede yüksek değerlerin bulunması uçuşun akut etkisine bağlanmıştır. Katılımcıların öğrenci olduğu düşünüldüğünde uçuşlar için alışkanlık (habitüasyon)

kazanılmadığı düşünülmüştür. Yaptığımız çalışmada ise 3000 saat üzeri uçuş deneyimi olan pilotların vHIT sonuçları kontrol grubu ile uyumlu bulunmuştur. Pilotların vHİT testinde asimetri oranları kontrol grubu ile (lateral kanallar için asimetri oranı pilotlarda 7.5±5.6, kontrol grubunda 7.1±4.9; posterior kanalların asimetri oranı pilotlarda 7.9±6, kontrol grubunda 7.2±7; anterior kanalların asimetri oranı pilotlarda 9.6±6.7, kontrol grubunda 7.9±6.4) uyumlu elde edilmiştir.

Çalışmamızda lateral kanalların kazanç değerleri pilotlarda 0.96±0.1, kontrol grubunda 0.97±0.1; posterior kanalların kazanç değerleri pilotlarda 0.85±0.11, kontrol grubunda 0.88±0.1; anterior kanalların kazanç değerleri pilotlarda 0.88±0.1, kontrol grubunda 0.88±0.1 olarak elde edilmiştir. Pilotların lateral, anterior ve posterior değerleri de kontrol grubuyla uyumludur. Elde ettiğimiz vHIT bulguları pilotların ve kontrol grubunun VOR kazançlarının da normal sınırlarda olduğunu göstermektedir. Elde edilen bulgular pilotlarda SSK, kaynaklı mekânsal oryantasyon bozukluğuna neden olabilecek bir durumun olmadığı sonucumuzu desteklemiştir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Sivil Havacılıkta Görevli Pilotların Video Head Impulse Test (vHIT) Ve Vestibüler Evoked Miyojenik Potansiyeler (Vemp) İle Değerlendirilmesiyle ilgili çalışmamızda;

1. Pilotların sol kulak N1-P1 amplitüd farkı sonuçları kontrol grubuna göre daha yüksek bulunmuştur. Bu sonuçlar pilotların yüksek ivmeli hızlara sıkça maruz kaldıkları için utrikül fonksiyonlarının yatay düzlemde artmış olduğu şeklinde yorumlanabilir.
2. Aynı şekilde C-VEMP değerleri kontrol grubu ile uyumlu bulundu. Sonuç olarak uçuş pilotlarının C-VEMP arkı etkilenmemiştir diyebiliriz.
3. vHIT sonuçları kontrol grubu ile uyumludur. Sonuç olarak bu çalışma uçuş pilotlarının SSK'nın etkilenmediğini göstermektedir.

Çalışmamızda pilot grupların sayısı sınırlıdır. Süre kısıtlıdır. Sayı ve yaş araları uçuş deneyimleri de katılarak farklılık araştırılabilir. Araştırma sırasında sadece C-VEMP, O-VEMP ve vHIT testlerinin yanısıra VNG, hava kalorik, su kalorik, postürografi gibi testlerle de değerlendirerek vestibüler ve SSK'yı yorumlamak daha doğru olacaktır.

Ülkemizde KBB muayenesini takiben odyolojik değerlendirmelerin rutin olarak yapıldığı pilotlarda, vestibüler semptomların da sorgulanması ve gerek görüldüğü takdirde uygun vestibüler değerlendirmelerin önemli olduğunu düşünmekteyiz.

7. KAYNAKLAR

1. Holmes SR, Bunting A, Brown DL, Hiatt KL, Braithwaite MG, Harrigan MJ. Survey of spatial disorientation in military pilots and navigators, *Aviat Space Environ Med*, 2003, 74 (9): 957-965.

2. Regan D. Spatial orientation in aviation: visual contributions, *J Vestib Res.* 1995, 5 (6): 455-471.

3. Diamond S. Present status of radial keratotomy myopia surgery: aerospace considerations. *Aviat Space Environ Med,* 1990, 61 (8): 732-734.

4. Halmagyi GM, Aw ST, Cremer PD, Curthoys IS, Todd MJ. Impulsive testing of individual semicircular canal function. *Ann N Y Acad Sci*, 2001, 942: 192-200.

5. Grote G. Leading High-Risk Teams in Aviation, *In Leadership Lessons from Compelling Contexts*. Published, 2016: 189-208.

6. http://web.shgm.gov.tr/doc5/sht6arev06.pdf, 23 Temmuz 2012.

7. Appelbaum SH, Fewster BM. *Global Aviation Human Resource Management*: Contemporary Employee and Labour Relations Practices, Management Research News, 2003, 26 (10/11): 56-69.

8. Erkan GK, Erdem H, Kafalı H. Pilotlarda Kişilerarası Yetkinlik Seviyesi İle İş Performansı İlişkisi. *İnönü Üniversitesi Uluslararası Sosyal Bilimler Dergisi* 2016, 5 (1): 215-224.

9. Nicholas JS, Butler GC, Lackland DT, Hood WC Jr, Hoel DG, Mohr LC Jr. Flight deck magnetic fields in commercial aircraft. *Am J Ind Med*, 2000, 38 (5): 548-554.

10. Karavidas MK, Lehrer PM. In-flight hyperventilation among airline pilots. *Aviat Space Environ Med*, 2009, 80 (5): 495-496.

11. Shupak A, Nachum Z, Stern Y, Tal D, Gil A, Gordon CR. Vestibular neuronitis in pilots: follow-up results and implications for fl ight safety. *Laryngoscope*, 2003, 113: 316-321.

12. Wang ET, Xue SY. A review of otolaryngologic aircrew disqualifi cation in the Chinese Air Force, 1961-90. *Aviat Space Environ Med*, 1994, 65: 424-427.

13. Xie SJ, Xu Y, Bi HZ, Jia HB, Zheng YJ, Zhang YG. Ocular vestibular-evoked myogenic potentials in healthy pilots and student pilots. *Aviat Space Environ Med*, 2011, 82 (7): 729-733.

14. Standards of medical fitness. *Army Reg*. Washington, DC: U.S. Department of the Army, 1987: 40-50.

15. Benson AJ. ln: Emsting J, Nicholson AN, Rainford DJ. (Eds.) *Aviation Medicine.* 3rd Edit., Oxford, UK, Butterworth-Heinemann, 1999: 447, 455-471.

16. Gresty MA, Golding JF, et al. Cognitive impairment by spatial disorientation. *Aviat Space Environ Med*, 2008, 79: 105-111.

17. Sarp İ. *Bir Jet Pilotunun Anıları,* 1. baskı. İstanbul, Kastaş Yayınevi, 2015: 42, 114, 125.

18. Young LR. Spatial orientation. ln: *Principles and Practices of Aviation Psychology*. Tsang PS, Vidulich MA. (Eds.) New Jersey USA. Lawrence Erlbaum Assoc.lnc. 2003: 69-113.

19. Lyons TJ, Simpson CG. The giant hand phenomenon. *Aviat Space Environ Med*, 1989, 60: 64-66.

20. Parmet AJ, Ercoline WR. Spatial orientation in flight. ln: Davis JR, Johnson R, Stepanek J, Fogarty JA, (Eds.) *Fundamentals of Aerospace Medicine*. Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins, 2008: 186, 193-203.

21. Goınez G, The Giant hand phenomenon. *lndian J. Aerospace Med*, 2001, 45: 72-75.

22. Kirkham WR, Colliıs WE, Grape PM, et al. Spatial disorientation in general aviation accidents. *Aviat Space Environ Med*, 1978, 49 (9): 1080-1086.

23. Sipes WE, Lessard CS. A spatial disorientation survey of experienced instructor pilots. *IEEE Eng Med Biol Mag*, 2000, 19 (Pt 2): 35-42.

24. Chimonas E, Diamantopoulos J, Markou 1. 'A Spatial Disorientation Survey of Hellenic Air Force Pilots'. *Paper presented at the RTO HFM Symposium on "Spatial Disorientation in Military Vehicles: Causes, Consequences and Cures*.", published in RTO-MP-086, La Corufia, 15-17 April 2002.

25. Rayman RB, McNaughton GB. Sudden incapacitation: USAF experience, 1970-1980. *Aviat Space Environ Med*, 1983 Feb, 54 (2): 161-164.

26. Benson AJ, Stott JR. Spatial disorientation in flight, *Ernsting's Aviation Medicine, 4th Edit.* New York, Edward Arnold Ltd, 2006: 433-458.

27. Guyton AC, Hall JE. *Tıbbi Fizyoloji*. Çavuşoğlu H. (Ed.). Bölüm 49. Havacılık, yüksek irtifa ve uzay fizyolojisi. İstanbul, Nobel Tıp Kitabevi, 1996: 549-555.

28. Kanas N, Manzey D. *Space Psychology and Psychiatry*. Netherlands, Published Jointly by Microcosm Press and Kluwer Academic Publishers, 2003: 1-72.

29. Shupak A, Gordon CR. Motion sickness: advances in pathogenesis, prediction, prevention, and treatment. *Aviat Space Environ Med*, 2006, 77: 1213-1223.

30. Graybiel A, Knepton J. Sopite syndrorne: a sometimes sole manifestation of motion sickness. *Aviat Space Environ Med*, 1976, 47: 873-882.

31. Viirre E, Clark *B*. Airsickness and space sickness. in: *Aeromedical Psychology*. Kennedy CH, Kay GG. (Eds)., England, Ashgate Pub Ltd, 2013: 195-209.

32. Biernacki MP, Jankowski KS, Kowalczuk K, et al. +G, Centrifugation and Mood. *Aviat Space Environ Med*, 2012, 83: 136-139.

33. Green RG, Muir H, James M, et al. *Human Factors for Pilots*. 2nd Edit. Ashgate, USA, 2007: 16, 25, 72, 85.

34. Rayman RB, Hasting JD, Kruyer WB, Levy RA. *Clinical Aviation Medicine*. 3rd Edit. New York, Castle Connolly Graduate Medical Pub, 2000: 289-312.

35. Campbell RD, Bagshaw M. Human Performance and Lirnitations in Aviation. 3rd Edit. *Blackwell Science*, London, 2002: 34, 57-60, 170-177.

36. Jones DR, Marsh RW, Patterson JC, et al. *Aviation Neuropsychiatry*. *USAF School of Aerospace Medicine*, Brooks AFB. TX. USA, June 2000: 31-33.

37. Edwards DC. *Pilot, Mental and physical Performance*. 2nd Edit. Lowa: lowa State University Press, 1995: 3-18.

38. Zaim C, Çetingüç M. *İnsan Performansı ve Limitleri*. Eskişehir, Anadolu Üniversitesi Yayını, 2001: 60-74.

39. Tredici TJ, Ivan DJ. Ophthalmology in Aerospace Medicine. ln: DeHart RL, Davis JR. (Eds.) *Fundamentals of Aerospace Medicine*. Philadelphia, Lippincott Williams&Wilkins., 2002: 370-371.

40. Rupert AH. An instrurnentation solution for reducing spatial disorientation mishaps. *IEEE Eng Med Biol Mag,* 2000, 19: 71-80.

41. Üneri A. *Baş Dönmesi Nedir?,* İstanbul, Nobel Tip Kitapevleri, 2004.

42. Midilli R. *Aile Hekimleri İçin Kulak Burun Boğaz*. Ankara, Bilimsel Tıp Yayınevi, 2012.

43. Gökler A. Normal Kişilerde Çift Isılı Kalorik Uyaranla Oluşan Nistagmusun Elektronistagmografi Yardımı İle Değerlendirilmesi, Kulak Burun Boğaz, Ana Bilim Dalı, Uzmanlık tezi, Ankara: Ankara Üniversitesi, 1980.

44. Kerber KA and Baloh RW. Dizziness, vertigo, and hearing loss. In: Bradley WG, Daroff RB, Fenichel GM, Jankovic J, editors. *Neurology in Clinical Practice.* 5th ed. Philadelphia, Butterworth-Heinemann Elsevier, 2008: 237-249.

45. Lysakowski A. Anatomy of the vestibular system. In: Flint PW, Haughey BH, Lund VJ, Niparko JK, Richardson MA, Robbins KT, Thomas JR, editors. *Cummings Otololaryngology: Head & Neck Surgery*. 5th ed. Philadelphia, Mosby Elsevier, 2010: 1850-1965.

46. Topuz B. Kulak: anatomi, fizyoloji, odioloji, semptomlar, muayene; *Kulak-Burun-Boğaz Hastalıkları Teşhis ve Tedavi*. Denizli, Türker Ofset, 1997: 7-12.

47. Gulya AJ. and Schuknecht HF. "*Vascular anatomy." Anatomy of the Temporal Bone with Surgical Implications*, 2nd edn. New York, USA: The Parthenon Publishing Group Inc. 1995: 185-206.

48. Faller A. and Michael S. *Color Atlas of Human Body*. 4th ed. New York, Thieme, 2004: 644-654.

49. Akyıldız AN. Denge organının anatomisi. *Kulak Hastalıkları ve Mikrocerrahisi*, Ankara Bilimsel Tıp Yayınevi, 1998: 103-116.

50. Barrett KE, Barman SM, Boitano S, Brooks HL. Hearing & Equilibrium. In: Barrett KE, Barman SM, Boitano S, Brooks HL, Ganong S. *Review of Medical Physiology*, 24e. Retrieved, 2012.

51. Pauw BK, Pollak A and Fisch U. Utricle, Saccule, and Cochlear Duct in Relation to Stapedotomy A Histologic Human Temporal Bone Study. *Annals of Otology, Rhinology & Laryngology*, 1991, 100: 966-970.

52. Snell R. *Clinical Anatomy*. Lippincott Williams & Wilkins: USA. 2004: 436-437.

53. Sans A. and E. Scarfone. Afferent calyces and type I hair cells during development. A new morphofunctional hypothesis. *Ann N Y Acad Sci*, 1996, 781: 1-12.

54. Naganuma H, Tokumasu K, Hashimoto S, et al. Three-dimensional analysis of morphological aspects of the human utricular macula. *Annals of Otology, Rhinology & Laryngology*. 2003, 112: 419-424.

55. Aslan A. Kulak anatomisi. Koç C, Ed: *Kulak Burun Bogaz Hastalıkları ve Baş Boyun Cerrahisi*, Ankara, Güneş Tıp Kitabevi, 2013, 4: 58-61.

56. Della Santina CC, Potyagaylo V, Migliaccio AA, et al. Orientation of human semicircular canals measured by three-dimensional multiplanar CT reconstruction. *Journal of the Association for Research in Otolaryngology*. 2005, 6: 191-206.

57. Takagi A. And Sando I. Computer-aided three-dimensional reconstruction: a method of measuring temporal bone structures including the length of the cochlea. *Annals of Otology, Rhinology & Laryngology*. 1989, 98: 515-522.

58. Akyıldız N. *Kulak Hastalıkları ve Mikrocerrahisi-I*. Ankara, Bilimsel Tıp Yayınevi, 1998.

59. Rajguru SM, Richte CP, Matic AI, et al. Infrared photostimulation of the crista ampullaris. *The Journal of physiology*. 2011, 589: 1283-1294.

60. Hullar TE, Minor LB, Zee DS. Vertigolu hastanın değerlendirilmesi, ed. Cummings CW. *Otolaringoloji-Baş ve boyun cerrahisi*. Koç C, (çeviri ed). 4. baskı. İstanbul, Güneş Tıp Kitabevi, 2007, 140: 3160-3199.

61. Abbas PJ and Miller CA. Phsiology of the Auditory Vestibular System. In Bailey BJ, editor. *Head&Neck Surgery-Otolaryngology*, 1st edition. Volum 2. Philadelphia, Lippincott Company, 2013: 1441-1461.

62. Hullar TE, Della Santina CC, Hirvonen T et al., Responses of irregularly discharging chinchilla semicircular canal vestibular-nerve afferents during highfrequency head rotations. *Journal of neurophysiology*. 2005, 93: 2777-2786.

63. Kingma H. Function tests of the otolith or statolith system. *Curr Opin Neurol*, 2006, 19: 21-25.

64. Baloh RW, Honrubia V. Vestibular physiology. In: Cummings CW, et al. Eds. *Otolaryngology Head and Neck Surgery*, 3rd ed. St Louis, Mosby-Years Book Inc, 1998: 2584-2622.

65. Güneri EA. BPPV: Vertigonun En Sık Nedeni. *İç Hastalıkları Forumu Dergisi*, 2010, 2: 34-35.

66. Lim DJ. The development and structure of otoconia. In: Friedman I, Ballantyne J (eds). *Ultrastructural Atlas of the Inner Ear*, London, Butterworth, 1984: 245-269.

67. Zucca G, Valli S, Valli P, et al. Why do benign paroxysmal positional vertigo episodes recover spontaneously, *Journal of Vestibular Research*. 1998, 8: 325-329.

68. Hızal E. *Temel Odyoloji*, Ankara, Güneş Tıp Kitabevi, 2015, 5: 57-66.

69. Lawrence M. Introductionto Inner Ear (Fluid). *Physiology*. In Paparella MM, Shumrick DA, Gluckman JL, Meyerhof WL. *Otolaryngology*, WB Saunders Company, 1991, 1: 199-217.

70. Barnes GR, Forbat LN. Cervical and vestibular afferent control of oculomotor response in man. *Acta Otolaryngol (Stockh)*, 1979, 8: 79-87.

71. Özdemir E. Uyarılabilir Dokular, *Yüksekokullar İçin Fizyoloji*, İstanbul, Yüce Yayım, 2014: 27-69.

72. Hall JE. Cortical and Brain Stem Control of Motor Function, in *Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology*, Philadelphia, Elsevier, 2016: 707-719.

73. Almaç A. Vestibüler Refleksler, in Ankara Otorhinolarngology Society; *Vertigo and its Treatment*, Ankara, 1990: 11-14.

74. Kerr AG, Groves J and WG. Scott-Brown, *Scott-Brown's Otolaryngology*. London; Boston, Butterworths, 1987.

75. Dündar A. Kulağa Giriş; Embriyoloji, Embriyopatoloji, *Klinik Anatomi ve Temel Kavramlar*. 1 ed. Afyon: Afyon Kocatepe Üniversitesi, 2003.

76. Ardıç FN. *Vertigo*, 1. baskı. İzmir, Güven Kitapevi, 2005.

77. Yüksel A, Gündüz M. Vestibüler Sistem Anatomi ve Fizyolojisi, *Odyolojide Temel Kavramlar ve Yaklaşımlar*, İstanbul, Nobel Tıp Kitapevleri, 2015: 87-94.

78. Rosengren SM, Welgampola MS, Colebatch JG. Vestibular evoked myogenic potentials: Past, present and future. *Clinical Neurophysiology Journal*, 2010, 121 (5): 636-651.

79. Bickford RG, Jacobson JL, Cody DTR. Nature of average evoked potentials to sound and other stimuli in man. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1964, 112 (1): 204-218.

80. Colebatch JG, Halmagyi GM, Skuse NF. Myogenic potentials generated by a click-evoked vestibulocollic reflex. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, 1994, 57 (2): 190-197.

81. Bath AP, Harris N, Yardley MP. The vestibulo-collic reflex. *Clin Otolaryngol Allied Sci*, 1998, 23: 462-466.

82. Lim CL, Clouston P, Sheean G, Yiannikas C. The influence of voluntary EMG activity and click intensity on the vestibular click evoked myogenic potential. *Muscle Nerve*, 1995, 18: 1210-1213.

83. Welgampola MS, Colebatch JG. Vestibulocollic reflexes: Normal values and the effect of age. *Clinical Neurophysiology*, 2001, 112 (11): 1971-1979.

84. Basta D, Todt I, Ernst A. Characterization of age-related changes in vestibular evoked myogenic potentials. *Journal of Vestibular Research*, 2007, 17 (2): 93-98.

85. Su HC, Huang TW, Young YH, and Cheng PW. Aging effect on vestibular evoked myogenic potential. *Otology and Neurotology*, 2004, 25 (6): 977-980.

86. Brantberg K, Granath K, Schart N. Age-related changes in vestibular evoked myogenic potentials. *Audiology and Neurotology*, 2007, 12 (4): 247-253.

87. Erbek S, Gokmen Z, Ozkiraz S, Erbek SS, Tarcan A, Ozluoglu LN. Vestibular evoked myogenic potentials in preterm infants. *Audiol Neurootol*, 2009: 14: 1-6.

88. Young YH, Chen CN, Hsieh WS, Wang SJ. Development of vestibular evoked myogenic potentials in early life. *Eur J Paediatr Neurol*, 2009, 13: 235-239.

89. Erbek S, Erbek SS, Gokmen Z, Ozkiraz S, Tarcan A, Ozluoglu LN. Clinical application of vestibular evoked myogenic potentials in healthy newborns. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*, 2007, 71: 1181-1185.

90. Hsu YS, Wang SJ, Young YH. Ocular vestibular-evoked myogenic potentials in children using air conducted sound stimulation. *Clin Neurophysiol*, 2009, 120: 1381-1385.

91. Welgampola MS, Colebatch JG. Characteristics and clinical applications of vestibular-evoked myogenic potentials. *Neurology*, 2005, 64 (10): 1682-1688.

92. Bjork A, Kugelberg E. The electrical activity of the muscles of the eye and eyelids in various positions and during movement. *Electroencephalogr, Clin Neurophysiol*, 1953, 5: 595-602, 648.

93. Todd NP, Rosengren SM and Colebatch JG. A short latency vestibular evoked potential (VsEP) produced by bone-conducted acoustic stimulation. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 2003, 114 (6): 3264-3272.

94. Rosengren SM, McAngus Todd NP and Colebatch JG. Vestibularevoked extraocular potentials produced by stimulation with bone-conducted sound. *Clinical Neurophysiology*, 2005, 116 (8): 1938-1948.

95. Halmagyi GM, Colebatch JG, Curthoys IS. New tests of vestibular function. *Baillieres Clin Neurol*, 1994, 3: 485-500.

96. Stapleton E, Mills R, Tham JC. Sacculo-collic response in otosclerosis and following successful stapes surgery. *J Laryngol Otol*, 2008, 122: 347-350.

97. De Waele C, Huy PTB, Diard JP, Freyss G and Vidal PP. Saccular dysfunction in Meniere's disease. *American Journal of Otolaryngology*, 1999, 20 (2): 223-232.

98. Young Y, Huang T and Cheng P. Assessing the stage of Meniere‟s Disease using vestibuler evoked myogenic potentials. *Archives Otolaryngolgy Head and Neck Surgery*, 2003, 129 (8): 815-818.

99. Young YH, Wu CC, Wu CH. Augmentation of vestibular evoked myogenic potentials: an indication for distended saccular hydrops. *Laryngoscope*, 2002, 112: 509-512.

100. Murofushi T, Shimizu K, Takegoshi H, and Cheng PW. Diagnostic value of prolonged latencies in the vestibular evoked myogenic potential. *Archives of Oto-Laryngology-Head and Neck Surgery*, 2001, 127 (9): 1069-1072.

101. Ozluoglu LN, Akkuzu G, Ozgirgin N, Tarhan E. Reability of the vestibuler evoked myogenic potential test assessing intratympanic gentamisin therapy in Meniere‟s disease. *Acta Otolaryngol*, 2008, 128 (4): 422-426.

102. Hamish G. MacDougall, Leigh A. McGarvie, G. Michael Halmagyi, Ian S. Curthoys, Konrad P. Weber. Application of the Video Head Impulse Test to Detect Vertical Semicircular Canal Dysfunction. *Otol Neurotol*, 2013, 34: 974-979.

103. Weber K, et al. Head impulse test in unilateral vestibular loss Vestibulo-ocular reflex and catch-up saccades. *Neurology*, 2008, 70 (6): 454-463.

104. Weber KP, MacDougall HG, Halmagyi GM and Curthoys IS. Impulsive Testing of Semicircular-Canal Function Using Video-oculography. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 2009, 1164 (1): 486-491.

105. Çakır N. *Otolaringoloji, Baş ve Boyun Cerrahisi*. 2. Baskı. İstanbul, Nobel Tıp Kitapevleri, 1999.

106. Eggert T. Eye movement recordings: Methods. *Dev Ophthalmol*, 2007, 40: 15-34.

107. Richard V, Abadi PHD. Mechanisms underlying nystagmus. *JR Soc Med*, 2002, 95 (5): 231-234.

108. Bajondas FJ, Kline BL. Nistagmus ve benzeri osilasyonlar. In: Atabay Ç, Kansu T (eds). *Nörooftalmoloji*, 1. baskı. Ankara, Hacettepe Üniversitesi Yayınları, 1993.

109. Akyıldız N. *Kulak hastalıkları ve mikrocerrahisi*. Cilt 1. Ankara, Bilimsel Tıp Yayınevi, 1998: 292, 453.

110. Erbek ve ark. *Vestibular Evoked Myogenic Potentials in Preterm Infants*, 2007.

111. Benson AJ. Spatial disorientation-general aspects. In: Ernstig J, King P, eds. 1988.

112. Peterka R. Black O. Optokinetic and vestibulo-ocular reflex responses to an unpredictable stimulus. *ASEM* , 1987 Sep: 180-185.

113. Salinas JC, Velasco C. Desorientación espacial en vuelo, aspectos médicos. *Revista de aeronáutica y astronáutica*, 1998 Feb: 195-203

114. Cheung B, Money K. Spatial disorientation-implicated accidentes in canadian forces, 1982-1992. *ASEM*, 1995 Jun, 66 (6): 579-585.

115. Shanal B, Nachum Z. Computerized dynamic posturography and seasickness susceptibility. *Laryngoscope,* 1999 Dec, 109 (12): 1996-2000.

116. Severac A, Dupui P. Unusual vestibular and visual input in human dynamic balance as a motion sickness susceptibility test. *ASEM*, 1997 Jul, 68 (7): 588-595.

117. Sen A, Al-Deleamy LS, Kendirli TM: Benign paroxysmal positional vertigo in an airline pilot. *Aviat Space Environ Med*, 2007, 78: 1060-1063.

118. Dahlstrom N, Nahlinder S. Mental workload in aircraft and simulator during basic civil aviation training. *Int J Aviat Psychol*, 2009, 19: 309-325.

119. Colvin K, Dodhia R, Dismukes RK. Is pilots' visual scanning adequate to avoid mid-air collisions. In: *Proceedings of the 13th. International symposium on aviation psychology*, 2005: 104-109.

120. Braithwaite MG. An aviation medicine review of Army Air Corps helicopter accidents. *Defence Research Agency Center for Human Sciences Report*, 1983-1993, T1994: R94016.

121. Braithwaite MG, Groh S. Spatial disorientation in US. Army helicopter accidents: an update of the 1987-1992 survey to include 1993-1995. Ft Rucker, *AL:US Army Aeromedical Research Laboratory USAARL*. Report. No 97-27.

122. Dunford SJ, Crowley JS. Spatial disorientation. A survey of US. Army helicopter accidents: 1987-1992. Ft Rucker, *AL:US Army Aeromedical Research Laboratory USAARL*. Report. No 95-27.

123. Knapp CJ, Johnson R. F-16 Class A mishap in the US Air Force 1975-93. *ASEM*, 1996, 67: 777-783.

124. Soo K, Mavin TJ, Roth WM. Mixed-fleet flying in commercial aviation: a joint cognitive systems perspective. *Cogn Technol Work*, 2016, 18: 449, https://doi.org/10.1007/s10111-016-0381-3.

125. Van Erp JBF. Tactile displays for navigation and orientation: perception and behaviour. *Dissertation*, 2007.

126. Stott JRR, Benson AJ. *Spatial orientation and disorientation in flight in Ernsting's aviation and space medicine*, 2016: 281-319.

127. Gibb RW. Historical assessment of visual spatial disorientation. *Aviat Space Environ Med*, 2010, 81: 318.

128. Gibb R, Ercoline B, Scharff L. Spatial disorientation: decades of pilot fatalities. *Aviat Space Environ Med*, 2011, 82: 717-724.

129. Previc F, Ercoline W. *Spatial Disorientation in Aviation*, 1st edn, Reston-ABD, American Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc 2004.

130. Cheung B, Hofer K. Eye tracking, point of gaze, and perfor-mance degradation during disorientation. *Aviat Space Environ Med*, 2003, 74: 11-20.

131. Kowalczuk K. Wartosc diagnostyczna parametrów fizjologic-znych podczas wywoływanej dezorientacji przestrzennej. *Polski Przegląd Medycyny Lotniczej*, in Polish, 2004, 10: 7-22.

132. Kowalczuk K, Gazdzinski SP, Janewicz M et al. Hypoxia and coriolis illusion in pilots during simulated flight. *Aerosp Med, Human Perform*, 2016, 87: 108-113. https://doi.org/10.3357/ AMHP.4412. 2016.

133. Fitts PM, Jones RE, Milton JL. *Eye fixations of aircraft pilots*. III. Frequency, duration, and sequence fixations when flying air force ground-controlled approach system, 1949 Report no AF TR 5967.

134. Bellenkes AH, Wickens CD, Kramer AF. Visual scanning and pilot expertise: the role of attentional flexibility and mental model development. *Aviat Space Environ Med*, 1997, 68: 569-579.

135. Ottati WL, Hickox JC, Richter J. Eye scan patterns of experienced and novice pilots during visual flight rules (VFR) navigation. In: *Proceedings of the human factors and ergonomics society annual meeting, vol*, 1999: 66-70. https://doi.org/10.1177/15419 3129904300114.

136. Kasarskis P, Stehwien J, Hickox J et al. Comparison of expert and novice scan behaviors during VFR flight. In: *Proceedings of the 11th international symposium on aviation psychology*, 2001.

137. Gillingham KK, Previc FH. Spatial orientation in flight. In: De Hart RL, ed. *Fundamentals of Aerospace Medicine*, 2nd ed. Baltimore, Williams & Wilkins, 1996: 309-397.

138. Woodard D, Parker D, von Gierke H. Effects of a visual-vestibular stimulus on the vestibulo-ocular reflex. *Aviat Space Environ Med*, 1987, 58 (9 Pt 2): A198-202.

139. Brettler SC, Rude SA, Quinn KJ, Killian JE, Schweitzer EC, Baker JF. The effect of gravity on the horizontal and vertical vestibulo-ocular reflex in the rat. *Exp Brain Res.* 2000, 132 (4): 434-444.

140. Crane BT, Viirre ES, Demer JL. The human horizontal vestibulo-ocular reflex during combined linear and angular acceleration. *Exp Brain Res*. 1997, 114 (2): 304-320.

141. Ahn SC. Short-term vestibular responses to repeated rotations in pilots. *Aviat Space Environ Med*, 2003, 74: 285-287.

142. Lee MY, Kim MS, Park BR. Adaptation of the horizontal vestibuloocular reflex in Pilots. *Laryngoscope,* 2004, 114: 897-902.

143. Aschan G. Response to rotatory stimuli in fighter pilots. *Acta Otolaryngol (Suppl),* 1954, 116: 24-31.

144. Schwarz U, Henn V. Vestibular habituation in student pilots. *Aviat Space Environ Med,* 1989, 60: 755-761.

145. Lee H, Sohn SI, Cho W, et al. Cerebellar infarction presenting as isolated vertigo. *Neurology,* 2006, 67: 1178-1183.

146. Aydoğ ST, Türbedar E, Demirel AH, Tetik O, Akin A, Doral MN. Cervikal and lumbar spinal changes diagnosed in four-view radiographs of 732 military pilots. *Aviat Space Environ Med,* 2004, 75: 154-157.

147. Landau DA, Chapnick L, Yoffe N, Azaria B, Goldstein L, Atar E. Cervical and lumbar MRI finding in aviators as a function of aircraft type. *Aviat Space Environ Med,* 2006, 77: 1158-1161.

148. Kollock R, Games K, Wilson AE, Sefton JM. Effects of vehicle-ride exposure on cervikal pathology: a meta-analysis. *Ind Health,* 2015, 53 (3): 197-205.

149. Colebatch JG, Rosengren SM, Welgampola MS. Vestibular-evoked myogenic potentials. *Handb Clin Neurol,* 2016, 137: 133-155.

150. Corbé C, Menu JP. Personnel with poor vision at fighter pilot school. *Bull Acad Natl Med,* 1997, 181 (7): 1297-1304.

151. Jeannerod M, Magnin M, Schmid R, Stefanelli M. Vestibular habituation to angular velocity steps in the cat. *Biol Cybern,* 1976, 22: 39-48.

152. Jager J, Henn V. Vestibular habituation in man and monkey during sinusoidal rotation. *Ann N Y Acad Sci,* 1981, 374: 330-339.

153. Zuma E Maia FC, Mangabeira Albernaz PL, Cal R, Brusco TR, da Costa SS. Assessment of the vestibuloocular reflex in fighter pilots with the video head impulse test. *Acta Otolaryngol,* 2015, 135 (7): 681-684.

8. EKLER

EK-1. İzin Formu

İLGİLİ MAKAMA

Abdullah GÜR' ün ''Sivil Havacılıkta Görevli Pilotların Video Baş İtme Testi (VHİT) ve Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyeller (VEMP) ile Değerlendirilmesi'' konulu yüksek lisans tezi hakkında bilgilendirildim. Bu çalışmada kullanılan testlerde VHİT, C-VEMP ve O-VEMP testlerinde kendi isteğimle çekilen resimlerimin tez dökümanlarında kullanılmasına izin veriyorum.

07.08.2018

ABDULLAH GÜR

Adres: Haznedar Meydanı çaşlılar cad. Hanımeli sok. No:1/6
Bahçelievler/İSTANBUL
Tel: 0545 475 38 33

EK-2. Demografik Bigi Formu

Demografik Bilgi Formu

Araştımanın Adı: Sivil Havacılıkda Görevli Pilotların Video Head Impulse Test (VHİT) ve Vestibüler Evoked Miyojenik Potansiyeller (VEMP) ile Değerlendirilmesi.

DEMOGRAFİK BİLGİLER

Doğum Yılı / Yaşı :

Cinsiyet : ☐ Kadın ☐ Erkek

Eğitim durumu: ☐ İlkokul ☐ Ortaokul ☐ Lise ☐ Üniversite

☐ Yüksek lisans/Doktora

Çalışıyor musunuz? ☐ Evet ☐ Hayır

Meslek:

Gelir Düzeyi: ☐ Düşük ☐ Orta ☐ Yüksek

Medeni durum: ☐ Evli ☐ Bekar ☐ Boşanmış ☐ Dul

Çocuğunuz var mı? ☐ Evet ☐ Hayır

Evet ise kaç tane? :

İLETİŞİM BİLGİLERİ

Adres :

Telefon :

e-mail adresi :

GENEL BİLGİLER

Herhangi kronik bir rahatsızlığınız var mı? ☐ Evet (Belirtiniz:.....)

Hayır ☐

Herhangi bir ilaç kullanıyor musunuz? ☐ Evet (Belirtiniz:.....)

Hayır ☐

EK-3. Onay Formu

ANKARA YILDIRIM BEYAZIT ÜNİVERSİTESİ (AYBÜ)
ETİK KURULU
PROJE ONAY BELGESİ

Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Sağlık bilimleri Fakültesi/Enstitüsü... odyoloji ve konuşma terapisi bölümü akademisyenlerinden / öğrencilerinden.... Mustafa Baskurt ...'in, Sivil havacılıkta görevli pilotların video head impulse test ve vestibüler evoked miyojenik potansiyeller ile değerlendirmesi adlı araştırması değerlendirilmiştir. *(Bu kısım başvuru sahibi tarafından doldurulmalıdır)*

Proje etik açısından uygun bulunmuştur.	☒
Proje etik açısından geliştirilmesi gerekmektedir.	☐
Proje etik açısından uygun bulunmamıştır.	☐

AYBÜ ETİK KURULU KARARI (Etik Kurul tarafından doldurulacaktır)	
Araştırma kodu (Yıl – Araştırma sıra no)	2018-08
Başvuru formunun Etik Kurula ulaştığı tarih	16.01.2018
Etik Kurul Karar toplantı tarihi ve karar no	23.02.2018-08
Yer	Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Esenboğa Külliyesi
Katılımcılar	Formda imzası bulunan üyelerimiz toplantıya katılmıştır.

KURUL BAŞKANI, BAŞKAN YARDIMCISI VE ÜYELER:

		İMZA
Prof. Dr. Cem Şafak ÇUKUR	**Başkan**	
Prof. Dr. Tekin AKDEMİR	**Üye**	
Prof. Dr. Necmiye ÜN YILDIRIM	**Üye**	
Prof. Dr. Seldağ GÜNEŞ PESCHKE	**Üye**	
Yrd. Doç. Dr. Özge GÖKBULUT ÖZDEMİR	**Üye**	
Yrd. Doç. Dr. Fatma DOĞAN GÜZEL	**Üye**	
Yrd. Doç. Dr. Behlül TOKUR	**Üye**	
Yrd. Doç. Dr. Şule ÇEKİÇ KAYA	**Üye**	
Yrd. Doç. Dr. Birgül ÖZKAN	**Üye**	

12

EK-4. Bilgilendirilmiş Onam Formu

BİLGİLENDİRİLMİŞ ONAM FORMU

LÜTFEN BU DÖKÜMANI DİKKATLİCE OKUMAK İÇİN ZAMAN AYIRINIZ

Sizi Mustafa BOZKURT tarafından yürütülen "Sivil Havacılıkta Görevli Pilotların Video Head İmpulse Test (VHIT) ve Vestibüler Evoked Miyojenik Potansiyeller(VEMP) ile değerlendirilmesi 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. Eğer anlayamadığınız ve sizin için açık olmayan şeyler varsa, ya da daha fazla bilgi isterseniz bize sorunuz.

Bu çalışmaya katılmak tamamen **gönüllülük** esasına dayanmaktadır. Çalışmaya **katılmama** veya katıldıktan sonra herhangi bir anda çalışmadan **çıkma** hakkında sahipsiniz. **Çalışmayı yanıtlamanız, araştırmaya katılım için onam verdiğiniz** biçiminde yorumlanacaktır. Size verilen **formlardaki** soruları yanıtlarken kimsenin baskısı veya telkini altında olmayın. Bu formlardan elde edilecek bilgiler tamamen araştırma amacı ile kullanılacaktır.

1. Araştırmayla İlgili Bilgiler:

a. Araştırmanın Amacı:.. Bu çalışmanın amacı sivil havacılıkta görevli pilotlarda VHIT ve VEMP ile periferik vestibüler fonksiyonlarının normal bireylerle karşılaştırması yapılacaktır.Pilotların belirli bir uçuş saatinden sonra vestibüler sistemin etkilenme durumları ortaya konacaktır
b. Araştırmanın İçeriği:3000 saat ve üzeri uçuş tecrübesi olan pilotlar da ve normal bireylerde Video Head İmpulse Test (VHIT) ve Vestibüler Evoked Miyojenik Potansiyeller(VEMP) testi yapılacaktır.
c. Araştırmanın Nedeni: ☐ Bilimsel araştırma ☒ Tez çalışması
d. Araştırmanın Öngörülen Süresi:60 gün
e. Araştırmaya Katılması Beklenen Katılımcı/Gönüllü Sayısı:30 Normal birey 30 Pilot
f. Araştırmanın Yapılacağı Yer(ler): ENT Kulak Burun Boğaz Tıp Merkezi
g. Araştırma kapsamında katılımcılara çıkabilecek işlem ücretl araştırmacı tarafından karşılanacaktır.

2. Çalışmaya Katılım Onayı:

Yukarıda yer alan ve araştırmadan önce katılımcıya/gönüllüye verilmesi gereken bilgileri okudum ve katılmam istenen çalışmanın kapsamını ve amacını, gönüllü olarak üzerime düşen sorumlulukları 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.** Bu çalışmayı istediğim zaman ve herhangi bir neden belirtmek zorunda kalmadan bırakabileceğimi ve bıraktığım takdirde herhangi bir olumsuzluk ile karşılaşmayacağımı anladım.

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

Katılımcının (Kendi el yazısı ile)
Adı-Soyadı:.....
İmzası:

(Varsa) Velayet veya Vesayet Altında Bulunanlar İçin:
Veli veya Vasisinin (kendi el yazısı ile)
Adı-Soyadı:.....
İmzası:

***Not:** Bu form, iki nüsha halinde düzenlenir. Bu nüshalardan biri imza karşılığında gönüllü kişiye verilir, diğeri araştırmacı tarafından saklanır.*

Araştırmacının
Adı-Soyadı:.....
İmzası:

EGEBAYEK Form 2
Y.T. / REV. : 01.2013/ 00

EK-5. Özgeçmiş

KİŞİSEL BİLGİLER	
Adı Soyadı	: Mustafa BOZKURT
Doğum tarihi	: 01.09.1982
Doğum yeri	: GÖKSUN/KAHRAMANMARAŞ
Medeni hali	: Evli
Uyruğu	: T.C.
Adres	: Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Odyoloji ve Konuşma Bozuklukları Programı, Ankara
Tel	: 0 541 557 91 70
Faks	:
E-mail	: fizikmuhendis@gmail.com
EĞİTİM	
Lise	: Göksun Lisesi
Lisans	: Gaziantep Üniversitesi Fizik Mühendisliği
YABANCI DİL BİLGİSİ	
İngilizce	: Orta
ÜYE OLUNAN MESLEKİ KURULUŞLAR	