T.C.
TRAKYA ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ODYOLOJİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

Tez Yöneticisi
Doç. Dr. Erdoğan BULUT

HİPERBARİK ORTAMDA İÇ KULAK BAROTRAVMASINA BAĞLI OLARAK PERİFERİK VESTİBÜLER SİSTEMİN DEĞERLENDİRİLMESİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Ömer BOZKURT

EDİRNE 2024

T.C.
TRAKYA ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ODYOLOJİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

Tez Yöneticisi
Doç. Dr. Erdoğan BULUT

HİPERBARİK ORTAMDA İÇ KULAK BAROTRAVMASINA BAĞLI OLARAK PERİFERİK VESTİBÜLER SİSTEMİN DEĞERLENDİRİLMESİ

(Yüksek Lisans Tezi)

ÖMER BOZKURT

Destekleyen Kurum: TÜBAP 2023/96

EDİRNE-2024

İÇİNDEKİLER

ONAY SAYFASI……İ

ETİK BEYAN……İİ

İTHAF……İİİ

TEŞEKKÜR……İV

SİMGE VE KISALTMALAR……V

ÖZET……Vİ

ABSTRACT……Vİİİ

1. GİRİŞ VE AMAÇ……1

2. GENEL BİLGİLER……3

2.1. SCUBA Fizyolojisi……3

2.1.1. İç Kulak Barotravması (İKB)……3

2.1.2. İç Kulak Dekompresyon Hastalığı (İKDH)……5

2.1.3. Alternobarik Vertigo (AV)……6

2.1.4 İç Kulak Yaralanması Riskini Azaltmak İçin Öneriler……8

2.2 Vestibüler Sistem……9

2.2.1 Periferik Vestibüler Sistem Anatomisi……9

2.2.2. Vestibüler Sistem Fizyolojisi……11

2.2.3. Santral Vestibüler Sistem……14

2.3. Vestibüler Testler……17

2.3.1. Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyeller (VEMP)……17

2.3.2 Video Baş İtme Testi (vHIT)……23

2.3.3. Videonistagmografi (VNG)……23

3. GEREÇ VE YÖNTEMLER……26

3.1. Çalışmanın Türü…….……26
3.2. Çalışmanın Yeri……..…….……...26
3.3. Çalışmanın Örneklemi…….……...26
3.4. Çalışmaya Dahil Edilme Kriterleri……..……...……...26
3.5. Çalışmaya Dahil Edilmeme Kriterleri……..……..……...……27
3.6. Çalışmanın Etik Yönü…..…..……..……...……27
3.7. Çalışmanın Bağımlı ve Bağımsız Değişkenleri……....……..……...…….27
3.8. Kullanılacak Araç, Gereç ve Yöntemler……...……..……...27
3.8.1.Odyolojik Değerlendirme……..…..……28
3.8.2. Vestibüler Değerlendirme……..…..……...…….28
4. BULGULAR……..30
4.1. Bireylerin Demografik Özellikleri…….……...……..30
4.2. Odyolojik Değerlendirmeler……...……...31
4.2.1. Bireylerin İmmitansmetri Testi ve Saf Ses Ortalaması……..……..….31
4.3. Vestibüler Değerlendirmeler…….……...……..32
4.3.1. Grupların Sternokleidomastoid Kası Kontraksiyonu Karşılaştırması…….…….32
4.3.2. Grupların c-VEMP Latans Değerlerinin Karşılaştırması……..……..…..…33
4.3.3. Grupların c-VEMP Amplitüd Değerlerinin Karşılaştırması…….…...…….34
5. TARTIŞMA……...34
KAYNAKLAR…….……...I
EKLER……...XIII
EK 1: Etik Kurul Onayı……..…….....XIII
ÖZ GEÇMİŞ…….……XIV
BENZERLİK RAPORU…….……XV

ONAY SAYFASI

T.C.
TRAKYA ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ

ONAY

Trakya Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü ..... Anabilim Dalı yüksek lisans programı çerçevesinde ve ..... danışmanlığında yüksek lisans öğrencisi ..... tarafından tez başlığı "..... " olarak teslim edilen bu tezin tez savunma sınavı ../../20.. tarihinde yapılarak aşağıdaki jüri üyeleri tarafından **"Yüksek Lisans Tezi"** olarak kabul edilmiştir.

İmza
Unvan Ad Soyad
(Jüri Başkanı)

İmza
Unvan Ad Soyad
(Üye)

İmza
Unvan Ad Soyad
(Üye)

Prof. Dr. Necdet SÜT
Enstitü Müdürü

ETİK BEYAN

‘‘Hiperbarik Ortamda İç Kulak Barotravmasına Bağlı Olarak Periferik Vestibüler Sistemin Değerlendirilmesi” adlı bana ait olan tez çalışmamın bütün aşamalarında etik dışı davranışımın olmadığını, bütün verileri ve bilgileri akademik ve etik kurallar içerisinde elde ettiğimi, verilerde ve sonuçlarda herhangi bir tahrifat yapmadığımı, tezimin yazımında yapay zeka yazılımları kullanmadığımı, diğer kaynaklardan elde ettiğim bilgi ve yorumlara tezimde uygun şekilde kaynak gösterdiğimi ve kaynaklar bölümünde yer verdiğimi, patent ve telif haklarını ihlal edici herhangi bir davranışımın olmadığı beyan ederim.

Ömer BOZKURT

İmza

İTHAF

Bu tez, başarıya ulaşabilmem ve bu çalışmayı bitirebilmem için katkı sunan hayatımdaki birçok alanda etkili olup her şeyi daha katlanılabilir kılan herkese ithaf edilmiştir. Eşim, arkadaşlarım ve kıymetli dostlarımın sabır ve sevgileriyle bu sürecin nihayetine ermesine katkıları çok oldu. Ayrıca, bu tezi yazarken yanımda olan ve cesaretimi hiçbir zaman yitirmememe neden olan meslektaşlarıma da teşekkür etmek istiyorum. Her birinize bütün içtenliklerimle iyi dileklerimi sunuyor ve teşekkürlerimi borç biliyorum. Asıl ithaf etmek istediğim kişi ise henüz 3 aylık olan oğlum Salih Ubeyde'dir. Evimizin neşesi ve göz aydınlığımız oğlumun varlığı bu çalışmadaki gayretimin en üst seviyesine ulaşmasını sağlamıştır. Kendisine kucak dolusu sevgilerimi sunuyorum.

Saygılarımla

Ömer BOZKURT

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim süresince ve tezimin hazırlanmasında her türlü destek ve yardımlarından dolayı tez danışmanım Odyoloji Bölüm Başkanı Doç. Dr. Erdoğan BULUT'a, yardım ve katkılarını esirgemeyen Trakya Üniversitesi Tıp Fakültesi KBB Anabilim Dalı başkanı, Prof. Dr. Recep YAĞIZ'a, Prof. Dr. Muhsin KOTEN'e eğitimimde emeği geçen tüm hocalarıma, tüm çalışma arkadaşlarıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak, bu tez çalışmasının gerçekleştirilmesindeki desteklerinden dolayı KBB Anabilim Dalı ve Trakya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi (TÜBAP) çalışanlarına teşekkür ederim.

SİMGE VE KISALTMALAR

SCUBA: Self-Contained Underwater Breathing Apparatus (Bağımsız Sualtı Solunum Aparatı)

İKB: İç Kulak Barotravması

İKDH: İç Kulak Dekompresyon Hastalığı

AV: Alternobarik Vertigo

SNİK: Sensör Nöral İşitme Kaybı

VOR: Vestibulo Oküler Refleks

VKR: Vestibulo Kolik Refleks

VSR: Vestibulo Spinal Refleks

SKM: Sterno Kloideu Mastoideus

SSK: Semisürkiler Kanallar

VEMP: Vestibular Evoked Miyogenic Potentials (Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyeller)

C-VEMP: Cervical-Vestibular Evoked Miyogenic Potentials (Servikal Vestibüler Uyarılmış Potansiyeller)

O-VEMP: Ocular-Vestibular Evoked Miyogenic Potentials (Oküler Vestibüler Uyarılmış Potansiyeller)

VNG: Videonistagmografi

VHİT: Video Head İmpuls Test

EMG: Elektromiyogram

EEG: Elektro Ensefalografi

Msn: Milisaniye

µv: Mikrovolt

dB: Desibel

SSO: Saf Ses Ortalaması

ÖZET

"Hiperbarik Ortamda İç Kulak Barotravmasına Bağlı Olarak Periferik Vestibüler Sistemin Değerlendirilmesi", Trakya Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Odyoloji Anabilim Dalı, Yüksek Lisans, Edirne, 2024.

Giriş ve Amaç: Hiperbarik ortama maruz kalan Bağımsız Sualtı Solunum Aparatı (SCUBA) dalgıçlarının iç kulak barotravmasına bağlı olarak periferik vestibüler sistemde oluşabilecek durumların incelenmesi amaçlanmıştır.

Gereç ve Yöntemler: Çalışmamız etik kurul onayı ve bilgilendirilmiş onam formu alındıktan sonra Trakya Üniversitesi Sağlık Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde 45 sağlıklı ve gönüllü bireyler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma kapsamında kontrol (n=24) ve SCUBA (n=21) grubu olmak üzere iki grup üzerinde otolojik ve odyolojik incelemeler yapıldıktan sonra periferik vestibüler sistem fonksiyonları için cVEMP değerlendirilmesi yapılmıştır. SCUBA grubu minimum 75 dalış gerçekleştirmiş ve Dünya Sualtı Aktiviteleri Konfederasyonu 2 (CMAS 2) sertifikasına sahip bireyler arasından seçilmiştir. Otolojik incelemelerde otomikroskobik muayene, sonrasında odyolojik ve vestibüler değerlendirmeler yapılmıştır. Odyolojik değerlendirmelerde immitansmetrik ölçümler ve saf ses işitme eşikleri (0.25-20 kHz), vestibüler değerlendirmelerde ise cVEMP testinde P1N1 latans ve amplitüdleri istatistiksel olarak analiz edilmiştir.

Bulgular: Yapılan odyolojik değerlendirmede SCUBA grubunda kontrol grubumuza göre normal işitme aralığında (0-26 dB HL) göre saf ses alçak frekans ve yüksek frekans eşiklerinde istatistiksel olarak anlamlılık gözlemlendi ($p=0.001$). Vestibüler değerlendirmemizde ise SCUBA grubumuzda kontrol grubumuza göre cVEMP testinde P1-N1 latanslarında istatistiksel olarak anlamlı fark gözlenmez iken ($p>0.05$) amplitüdlerde özellikle istatistiksel olarak anlamlı derecede bir artış gözlenmiştir ($P=0.00038$).

Sonuç: Çalışmamızda elde ettiğimiz bulgulara göre hiperbarik ortama maruz kalan SCUBA'ların cVEMP yanıtlarında P1-N1 amplitüdlerindeki artışın otoliter yapıların etkilenmesine bağlı olarak sakküler fonksiyonları etkileyebileceği ve bununla birlikte iç kulak barotravmasına bağlı olarak da normal işitme aralığında saf ses işitme eşiklerini değiştirebileceğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Dalış, Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyeller, Barotravma, Kulak

Destekleyen Kurum: Bu çalışma, Trakya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir. Proje No: 2023/96

ABSTRACT

"Evaluation of the Peripheral Vestibular System Due to Inner Ear Barotrauma in the Hyperbaric Environment", Trakya University Institute of Health Sciences, Audiology Department, Master's Degree, Edirne, 2024.

Background and Aim: The aim of this study was to investigate conditions that may occur in the peripheral vestibular system due to inner ear barotrauma in independent scuba divers exposed to a hyperbaric environment.

Material and Methods: After obtaining ethical approval and informed consent forms, the study was conducted on 45 healthy and voluntary individuals at Trakya University Health Application and Research Center. Otological and audiological examinations were performed on two groups: control group (n=24) and SCUBA group (n=21). Subsequently, cervical vestibular evoked myogenic potentials (cVEMP) assessments were conducted to evaluate peripheral vestibular system functions. The SCUBA group consisted of individuals who had completed a minimum of 75 dives and held a CMAS 2 certification. Otological examinations included otomicroscopic examination, followed by audiological and vestibular assessments. Audiological evaluations included impedance measurements and pure-tone audiometry thresholds (0.25-20 kHz), while vestibular evaluations focused on statistical analysis of P1N1 latency and amplitudes in cVEMP testing.

Results: Audiological evaluation revealed statistically significant differences in pure-tone audiometry thresholds at low and high frequencies (p=0.001) in the SCUBA group compared to the control group within the normal hearing range (0-26 dB HL). In our vestibular evaluation, while no statistically significant differences were observed in P1-N1 latencies in cVEMP testing between the SCUBA and control groups (p>0.05), there was a significant increase in amplitudes observed, particularly showing statistical significance (P=0.00038).

Conclusion: According to the findings of our study, the increase in P1-N1 amplitudes in cVEMP responses of SCUBA divers exposed to a hyperbaric environment may affect saccular functions

due to otolithic structure involvement, and consequently, it may alter pure-tone audiometry thresholds within the normal hearing range due to inner ear barotrauma.

KeyWords: Diving, Vestibular Evoked Myogenic Potentials, Barotrauma, Ear

Financial Support: This study was supported by Trakya University Scientific Research Projects Unit. Project No: 2023/96

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Normal şartlar altında dış ortam basıncı ile kapalı alanlardaki hava basıncı arasında bir denge bulunmaktadır. Dış ortamda bulunan hava basıncındaki değişiklikler, iç ortamda bulunan hava basıncındaki değişiklik kadar etkisini göstermektedir. Yerden yükseklere doğru çıkıldıkça azalıp, deniz seviyesinden aşağılara doğru inildikçe artış gösteren hava basıncı, deniz seviyesinde 1 atmosfer (760 mmHg)'dir. Bundan dolayı, özellikle Bağımsız Sualtı Solunum Aparatı (SCUBA) dalgıçları dış ortam basıncındaki bu değişikliklere yoğun bir şekilde maruz kalmaktadır (1).

Bağımsız su altı solunum aparatı dalışı popüler bir spordur. Ancak uygunsuz dalış farklı organlara zarar verebilir (2). Dalışla ilgili bozukluklarda genelde işitme kaybı, kulak çınlaması, işitsel dolgunluk, dengesizlik ve baş dönmesini içerebilir (2). Hiperbarik ortamda iç kulak barotravması (İKB), iç kulak dekompresyon hastalığı (İKDH) ve alternobarik vertigo (ABV) olmak üzere iç kulağımızda üç ana patolojik durum ortaya çıkmaktadır (2).

İç kulak barotravması, orta kulak basıncının uygun olmayan şekilde eşitlenmesinden ve buna bağlı olarak iç kulak dejenerasyonlarından kaynaklanır (3). İç kulak dekompresyon hastalığı, hızlı çıkış sırasında iç kulak damarlarında gaz kabarcıklarının oluşması ile karakterize edilir (3). Alternobarik Vertigo ise tipik olarak yukarı çıkarken veya Valsalva manevrasını gerçekleştirirken gelişir. Alternobarik vertigo, orta kulak basınçları arasındaki dengesizliğin neden olduğu ve vestibüler sistemde algı farklılığına neden olan iyi huylu bir durumdur (3). Arteriyel gaz embolisi veya dekompresyon hastalığı ciddi vertigo nedenleridir (3).

Vestibüler, vizüel ve propriyoseptif olmak üzere, insanlarda dengenin oluşmasını sağlayan üç temel sensöriyel sistem mevcuttur (4). Vizüel ve propriyoseptif sistemlerle koordineli halde çalışan vestibüler sistem, periferik ve santral olmak üzere ikiye ayrılmaktadır (5). Semisirküler kanallar, utrikül ve sakkül olarak adlandırılan otolit organlar vestibüler sistemin periferde bulunan sensöriyel yapılarıdır. Periferden gelen bilgiler VIII. sinir aracılığı ile alt beyin sapında bulunan vestibüler çekirdeklere iletilir. Vestibüler çekirdeklere gelen bilgi serebellum ve kortekse iletilerek işlemleme tamamlanır (4).

Vestibüler sistemin değerlendirilmesinde birçok test yöntemi kullanılmaktadır. Bunlardan biri, otolit organın uyarılması sonucu kasta sonlanan refleks arkını ölçen elektrofizyolojik bir test

yöntemi olan Vestibüler Uyarılmış İşitsel Potansiyeller (VEMP) testidir. Vestibüler sitem bütünlüğünün değerlendirildiği bu test yönteminde, yüksek şiddetli ses uyarımı ile elde edilen kısa latanslı refleks cevapları boyun kaslarından elde ediliyorsa servikal VEMP (c-VEMP) ismini almaktadır (6). C-VEMP testi sakkül ile inferior vestibüler siniri değerlendirmektedir (6,4). Elde edilen kısa latanslı refleks cevapları göz kaslarından elde ediliyorsa oküler VEMP (o-VEMP) olarak adlandırılmaktadır. O-VEMP testi utrikul ile süperior vestibüler siniri değerlendirmektedir (6,7).

Periferik vestibüler fonksiyonun, özellikle otolit fonksiyonunun değerlendirilmesi için noninvaziv tamamlayıcı bir yöntem sağlar ve yatak başında kullanılabilir (4). VEMP testi, akustik enerjinin hava ve kemik yolu aracılığıyla vestibüler sisteme iletilmesini içerir ve kısa gecikmeli miyojenik potansiyeller, ipsilateral sternokleidomastoid kas üzerindeki elektromiyografik elektrotlar veya kontralateral alt oblik kas üzerindeki elektromiyografik elektrotla kaydedilir (6,7). Bu nedenle bu testler, bu yapıları araştırmak için benzersiz bir nesnel metodoloji sunmaktadır.

Bu çalışmanın amacı hiperbarik ortamda barotravmaya bağlı olarak gelişen iç kulak patolojik durumlarında periferal vestibüler sistemlerinin ne kadar etkilendiğini ortaya koymaktır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. SCUBA Fizyolojisi

Dünyada çok sayıda bağımsız sualtı solunum aparatı (SCUBA) dalgıçları mevcuttur; bu, her yaşta takdir edilen ancak riski yüksek olan popüler bir aktivitedir (8,9). Dalışla ilgili sorunların yaklaşık %80'i kulak burun boğazla ilgilidir ve en sık olarak tutulan organ kulaktır. (10, 11).

Kulak yaralanmaları arasında barotravma en sık görülen durumdur (12). Neyse ki çoğu vakada ciddi komplikasyonlar olmadan kısa sürede kendiliğinden geçebilmektedir (12). İç kulak tutulumunun yaygınlığı daha az olmakla birlikte genellikle daha ciddidir ve genellikle kalıcı işitme kaybı, kulak çınlaması, baş dönmesi ve dengesizliğe yol açar (12). SCUBA dalgıçlarında iç kulağı etkileyebilen 3 patolojik durum vardır. Bunlar, iç kulak barotravması, iç kulak dekompresyon hastalığı ve alternobarik vertigo'dur (1).

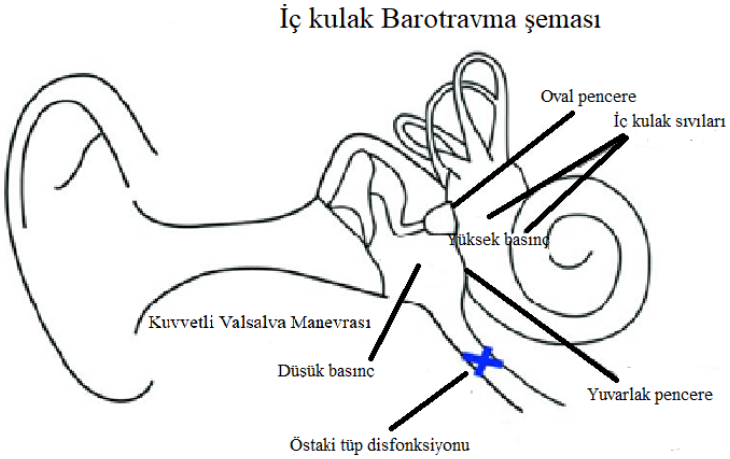
2.1.1. İç Kulak Barotravması

İç kulak barotravmasına bağlı iç kulak hasarını açıklayan birçok patogenetik mekanizma vardır: İKB, orta kulak basıncının uygun olmayan bir şekilde eşitlenmesinden ve bunun sonucunda yuvarlak ve/veya oval pencereden kokleaya iletilen orta kulak içindeki basınç değişikliklerinin neden olduğu travmadan kaynaklanır (13). Bu basınç değişikliklerinden, yuvarlak pencere membranı ince bir zarla kaplı olduğu için en çok etkilenir iken, oval pencere membranı ise stapes tabanı, stapedial kas ve ilgili bağlar sayesinde daha az etkilenir. (14).

İki patolojik durum yüzeyden aşağıya doğru iniş sırasında iç kulak barotravmasını destekleyebilir (1). Biri normal östaki tüpü işleviyle, diğeri tüp disfonksiyonuyla (Şekil 1). İlk durumda valsalva manevrası, orta kulak basıncında kontrolsüz bir artışa neden olarak stapes tabanlığının dışa doğru yer değiştirmesine ve yuvarlak pencere zarının içe doğru hareket etmesine neden olabilir. İkinci durumda östaki tüp disfonksiyonunda orta kulak basıncının eşitlenmesine izin vermez ve sonuç olarak orta kulaktan kaynaklanan dış ve iç kulak arasında bir basınç farkı oluşturur (1). Bu aşamada kuvvetli bir valsalva, beyin omurilik sıvısı basıncını (BOS) ve sonuç

olarak iç kulaktaki basıncı arttırarak yuvarlak veya oval pencerenin perfore olmasına neden olabilir (15,16).

İç kulak barotravmasına bağlı iç kulak hasarını açıklayan birçok patogenetik mekanizma vardır. Bu mekanizmalar kokleadaki kan damarlarının yırtılmasına bağlı olarak kanama, reissner ve baziler membranda perforasyon, perilenf fistülü ve pnömolabirenttir (17,18).



Şekil 2.1. İç kulak barotravmasının şematik diyagramı (1)

Açık bir östaki borusu durumunda, şiddetli bir valsalva manevrası yapılırsa, orta kulakta kontrolsüz bir basınç artışı meydana gelir ve sonuç olarak stapes taban plakasının şiddetli bir şekilde dışa doğru yer değiştirmesi ve hafif yuvarlak pencere zarının içe doğru hareketi gerçekleşir.

Östaki borusu tıkalıysa orta kulakta daha düşük basınç oluşur. Bu aşamada kuvvetli bir valsalva, beyin omurilik sıvısı basıncını (BOS) artırabilir ve sonuç olarak yuvarlak veya oval pencere yırtılmasını destekleyebilir (19).

İç kulak barotravmasına zemin hazırlayabilecek anatomik risk faktörleri arasında BOS'u hızlı bir şekilde artırabilen genişlemiş bir koklear aquaduckt ve subaraknoid boşluktaki basınç dalgalanmaları nedeniyle İKB'ye neden olan, tipik olarak pediatrik popülasyonda dalış yapanlar arasında daha kısa bir koklear aquaduckt yer alır. (20).

İç kulak barotravmasının klinik belirti ve semptomları arasında bazen işitsel dolgunluk, kulak çınlaması ve hiperakuzinin eşlik ettiği ani sensörinöral işitme kaybı (SNİK) ve kalıcı veya

tekrarlayan vertigo, nistagmus, baş dönmesi ve dengesizlik gibi vestibüler semptomlar yer alır (1,3). Vakaların yaklaşık %'40'ında, SNİK tipik olarak izole baziler membran perforasyonlarında ortaya çıkan tek şikayettir (21,22). Vakaların yaklaşık %'10'unda, vestibüler semptomlar İKB'nin tek belirtisidir. İKB'li hastalarda orta kulak barotravmasına bağlı konjesyon, retraksiyon, hematom ve kulak zarı perforasyonu gibi otoskopik bulgular sıklıkla bulunur (21,22).

Tedaviye başlamadan önce, klinisyenler dalış profilini ve kullanılan gazların karışımını inceleyerek ve bir otoskopik ve nörolojik muayene, saf ses odyometri, fistül testi ve elektronistagmografi (ENG) yaparak iç kulak dekompreyon hastalığını (İKDH) dışlamalıdır (21,23). Ayrıca hastalara başları yukarıda olacak şekilde pozisyon verilmeli ve basınç yükseltici manevralardan kaçınılmalıdır. Tedavi konusunda fikir birliği yoktur ancak uzman görüşüne göre tedavinin ilk basamağı olarak 15-20 gün süreyle yüksek doz steroidler önerilmektedir (24). Perilenfatik fistülden şüphelenildiğinde erken cerrahi eksplorasyon önerilir (25).

2.1.2. İç Kulak Dekompresyon Hastalığı

İç kulak dekompresyon hastalığı hızlı yükselme sırasında iç kulak damarlarında ortam basıncında ani bir düşüşe neden olan gaz kabarcıklarının oluşumu ile karakterize edilen bir olgudur (26). İç kulağın vestibüler kısmı en çok etkilenen kısımdır çünkü daha yüksek doku hacmine ve daha az kan akışına sahiptir ve dolayısıyla yavaş bir arınma süresi vardır (27,28).

Tüm bunlar, vestibüler organların aşırı doygunluğunu ve sonuç olarak posteroir inferior serebellar arterde hava kabarcığı olmasına neden olur (29). Kesin patolojik mekanizma hala net olmamakla birlikte; gaz kabarcıklarının labirentteki kan damarlarının endoteli ile etkileşime girebileceği ve pıhtılaşma kaskadının aktivasyonu ile bir enflamatuar reaksiyonu tetikleyebileceği ve ardından hipoksik yaralanma meydana gelebileceği tahmin edilmiştir (21,30). Diğer bir makul hipotez, endolenfatik ve perilenfatik boşluklarda mikro-kabarcıkların oluşumu ile membranöz labirentin ve lokal mikrodamarların doğrudan hasar görmesidir (31). Yine başka bir teori, sağdan sola kardiyak şant (KŞ) yoluyla venöz dolaşımdan hareket eden arteriyel gaz embolisinin ve ardından labirentin arterin tıkanmasına ilişkindir. KŞ sıklıkla patent foramen ovale'de (PFO) bulunur, nispeten yaygındır ve genel popülasyonun %25'inde ve SNİK vakalarının yaklaşık %50'sinde görülür (28,29,32).

Vestibüler semptomlar koklear semptomlardan (işitme kaybı gibi) daha sık görülür, dalıştan sonraki 2 saat içinde ortaya çıkar ve vertigo, baş dönmesi, mide bulantısı ve kusmayı içerir (Tablo 1). İKDH tanısı İKB ile üst üste konulabilir (1). Prognostik değeri olduğu için nörolojik inceleme yapılmalıdır (21,23).

2.1.3. Alternobarik Vertigo

Alternobarik vertigo, tipik olarak yükselirken veya valsalva manevrası yaparken gelişen geçici vertigo ile karakterize bir durumdur (33,34). AV, oval ve yuvarlak pencere zarları yoluyla iletilen orta kulak basıncının asimetrik eşitlenmesini takip edebilir. Kadınlar erkeklerden daha sık etkilenir, ancak nedenleri hala belirsizdir (35).

Alternobarik vertigo için risk faktörleri, dalış sırasında gürültüye maruz kalma, soğuk su dalışı, önceki barotravma, tekrarlayan orta kulak iltihabı, kadın cinsiyet, tek taraflı tıkalı östaki borusu veya işlevi ve dalış sırasında kulakları temizlemede zorluk içerir (33,36,37).

Alternobarik vertigonun klinik özellikleri, tipik olarak mide bulantısının ve ara sıra kusmanın eşlik ettiği saniyeler ile dakikalar arasında süren geçici baş dönmesini içerir (38,40). Tipik triad, geçici vertigo, işitsel semptomların olmaması ve orta kulak basıncını eşitlemede güçlüktür (33,34).

Su altında baş dönmesi meydana geldiğinde, frenzel tekniğini veya alternatif olarak toynbee manevrasını kullanarak yavaşça yükselmek uygundur; başarısız olursa, suda alçalıp valsalva manevrası gerçekleştirilmelidir (38). Aslında, su altında azalan görüş açısı ve hareketler, görsel ve propriyoseptif bilgilerin bozulmasına neden olur ve sonuç olarak vestibüler bilgiye olan güveni arttırır. Bu nedenle, su altında bir vestibüler bozukluk meydana gelirse, dalgıcın güvenliği için artan bir risk oluşturabilir (38,39). Dalgıçlar dalıştan önce su altında kusmayla nasıl başa çıkacaklarını öğrenmelidir.

Tablo 2.1. Dalış esnasında ortaya çıkan orta ve iç kulak sorunlarına klinik özellikler ve tedavi yaklaşımı (1)

	İKB	**AV**	**İKDH**
İlgili Organlar	Koklea ve Vestibül	Koklea	Vestibül
Dalış aşaması	Yükseliş veya iniş sırasında	Çıkış sırasında	Yükseliş ve derin dalış sırasında
Semptomların başlangıcı	Dalış sırasında	Dalış sırasında	Dalış sonrası semptomsuz dönemde
Orta Kulak Tutulumu	Sıklıkla	Tutulum olmaz	Tutulum olmaz
İşitme Değişiklikleri	SNİK veya Karma tip işitme kaybı, Hiperakuzi, Çınlama, İşitsel dolgunluk.	Mevcut Değil	SNİK işitme kaybı, Çınlama, İşitsel dolgunluk.
Vestibüler Değişiklikler	Baş dönmesi veya vertigo, Sağlam kulağa çakan nistagmus, Kanal parezisi (kalorik test) etkilenen tarafa HİT bulguları	Geçici baş dönmesi, Basınçlı kulağa doğru çakan geçici nistagmus, Normal kalorik ve HİT sonuçları.	Baş dönmesi veya vertigo, Sağlam kulağa çakan nistagmus, Kanal parezisi (kalorik test) etkilenen tarafa HİT bulguları
Tedavi	15-20 gün boyunca yüksek doz steroidler, Fistül şüphesi varsa cerrahi yaklaşım.	Çıkış sırasında Toynbee manevrası, İniş sırasında Valsalva manevrası.	Tamamlayıcı oksijen tedavisi ve yeniden sıkıştırma.

2.1.4. İç Kulak Travması Riskini Azaltmak İçin Öneriler

Bağımsız su altı solunum cihazı dalışına başlamadan önce, bu spora engel olabilecek olan fiziksel koşulları hariç tutmak için bir dalışa uygunluk değerlendirmesi önerilir. Özellikle İKB, İKDH ve AV riskini en aza indirmek için nazal, orta kulak ve östaki tüp açıklığı ve fonksiyonunu değerlendirmek için odyolojik değerlendirme ile kulak burun boğaz muayenesi yapılmalıdır (23). Alerjik rinit, septum deviasyonu, konka hipertrofisi ve nazal polipler gibi burun tıkanıklığı nedenlerini belirlemek için burun boşluğunun ve östaki tüplerinin nazofaringeal ağzının dikkatli bir şekilde incelenmesi önemle tavsiye edilir. Ayrıca, istirahat halindeyken ve basınca tepki olarak hareket ederken işitsel kanalın ve kulak zarının dışını daha iyi görselleştirmek için bir otomikroskopi ve pnömatik otoskopi önerilir.

Odyolojik değerlendirme, saf ses odyometri, timpanometri ve östaki borusu fonksiyon testlerini içermelidir (22,24,41,42). Tubal fonksiyon testleri birçok faktörden etkilenebilir ve her zaman tam fonksiyon göstermeyebilir. Bununla birlikte, mastoid havalanmanın boyutu, östaki borusu işlevinin uzun vadeli yeteneği ile ilişkilendirilebilir. Bu nedenle, mastoid pnömatizasyon derecesinin ölçülmesi, basınç eşitleme potansiyelini dolaylı olarak değerlendirmek için de kullanılabilir (43,44). Ayrıca, seçilmiş hastalarda, bir PFO'yu belirlemek ve KŞ'yi ekarte etmek için ekokardiyogram ve transkraniyal doppler ultrason ile kardiyovasküler muayene yapılmalıdır (28,48,49).

Dalış sırasında İKD ve AV'yi önlemek için valsalva, toynbee veya frenzel manevraları kullanılarak orta kulak basınç eşitlemesi yapılmalıdır. Östaki borusu baş veya kulak yukarıda konumunda, baş aşağı konuma göre daha kolay açılır. Bu nedenle kulaklarını açmakta güçlük çeken dalgıçlara ayak üstü dalmaları tavsiye edilebilir (45,46). Orta kulak basınç eşitlemeleri zorlaştığında dalışa ara verilmelidir. Tekrarlayan baş dönmesi atakları ve/veya dalışa bağlı işitme bozuklukları durumunda, genişlemiş koklear aquaduckt ve genişlemiş skala media gibi anatomik risk faktörlerini ekarte etmek için temporal kemiğin yüksek çözünürlüklü bilgisayarlı tomografisini içeren bir otonörolojik muayene önerilir (23,41). Östaki borusu disfonksiyonu olan hastalarda, açık bir başarı kanıtı olmasa da balon tuboplasti, dalış sırasında eşitleme sorunlarını önlemek için yardımcı olabilir (47).

Özellikle bir dalgıçta üst solunum yolu enfeksiyonu olduğunda, orta kulak basınç eşitlemeleri zorlaştığında dalışa ara verilmelidir. Orta kulak ameliyatı, koklear implantasyon ve sinüs ameliyatı gibi bazı ameliyatlar geçiren hastalarda da askıya alınmalı ve katı tavsiyelere uyularak dalışa dönüş yapılmalıdır (41). Dalış aktivitesi, miringoplasti ve timpanoplastiden 3 ay sonra, kısmi kemikçik replasman protezi takılarak veya takılmadan devam edebilir (50).

Dalgıçlarda bazı cerrahi teknikler tercih edilebilir (40). Stapes ameliyatından sonra, bir dalış aktivitesine başlamadan önce otonörolojik ve tubal fonksiyonun incelenmesi, vestibüler fonksiyonun değerlendirilmesi ve labirent tahrişinin dışlanması gerekir (51,52). Ancak ossiküloplasti veya stapedektomi geçiren tüm dalgıçlar potansiyel risklere karşı uyarılmalıdır. Koklear implantlı hastalar dalış aktivitelerine başlamadan veya devam etmeden önce değerlendirilmelidir çünkü iç kulak hasarı riski mevcuttur (53). Sinüs cerrahisinden sonra, dalışa uygunluğu onaylamadan önce gözetim altında test sürüşü yapmak iyi bir uygulamadır (22).

2.2. Vestibüler Sistem

Denge lokomotor sistemin statik ve dinamik olarak uyumlu olması şeklinde tanımlanmaktadır (54). Denge; vestibüler, görsel (vizüel) ve proprioseptif (duyusal) sistemlerden alınan bilgilerin merkezi sinir sisteminde işlenip oluşan motor yanıtların kas-iskelet sistemine gönderilmesiyle ortaya çıkan karmaşık bir yapıdır. (55).

Vestibüler sistem periferik ve santral vestibüler sistem olarak iki bölümden oluşmaktadır. Periferik vestibüler sistem semisirküler kanallar (SSK), utrikul, sakkül ve vestibüler sinir tarafından meydana gelirken, santral vestibüler sistem ise vestibüler çekirdekler ve santral bağlantılardan oluşur (55).

2.2.1. Periferik Vestibüler Sistem Anatomisi

Periferik vestibüler sistem, temporal kemiğin petröz parçası içerisinde yer alan kemik ve zar labirentten meydana gelmektedir (56). Kemik labirent, üç tane SSK, koklea ve vestibül adı verilen yapılardan oluşmaktadır. Utrikul, sakkül ve SSK'lar periferik algılayıcı organeller olarak görev yapmaktadır (57). Bu yapılara periferik uç organlar denilmektedir (57).

Kemik labirentin içi beyin-omurilik sıvısına benzeyen, sodyum bakımından yüksek perilenf olarak adlandırılan sıvı ile kaplıdır. Zar labirent, kemik labirentin içerisinde yer almaktadır. Birbirlerine dar bir kanal ile bağlı olan Utrikul ve Sakkül zar labirentin içerisinde yer almaktadır. Zar labirentin içinde potasyum bakımından yüksek endolenf adı verilen sıvı bulunmaktadır (56,58).

Vestibül:

Yaklaşık olarak 6 mm boyunda ve 3 mm çapında olan bu organ kemik labirentin hacimce en geniş parçasıdır (59). Orta kulağın medial duvarı ile internal akustik kanalın arasında yer almaktadır. Utrikul ve Sakkül Vestibül içerisinde bulunmaktadır. Sakkül, recesus spherikus adlı çukurun içinde yer alırken Utrikul recesus eliptikus çukurunun içerisinde yer alır (60). Recesus spherikus vestibülün alt yüzeyinde yer alırken, recesus eliptikus ise vestibülün arka yüzeyinde yer almaktadır (60). Vestibül iç kulaktaki inferior ve süperior bağlantıyı sağlarken oval pencere aracılığıyla iç kulak ve orta kulak bağlantısını sağlar (61).

Otolit organlar:

Otolit organlar vestibül içerisinde yer alan utrikul ve sakkülden oluşmaktadır (60). Utrikul oval ve hafifçe düz bir keseciktir ve içi endolenf sıvısı ile dolu olup bağ dokusu ile VIII. Kranial sinirin utrikuler koluna yapışıktır. Utrikul, lateral SSK'nın bulunduğu iç kulağın lateral duvarına tutunur. Utrikul ile sakkül arasında 1.8-2.1 mm mesafe varken oval pencere ile arasındaki mesafe yaklaşık olarak 1.9-2.3 mmdir. (61). Vestibül içerisinde yer alan, VIII. Kranial sinirin sakküler dalına yapışık olan sakkül ise oval bir biçimde olup ön kısımda yer alır ve utrikule nazaran daha küçük hacme sahiptir. Utrikulo sakküler kanal aracılığıyla utrikule bağlanır (61). Otolit organlar 3x2 mm genişliğinde makula adında duyusal nöroepitelyum hücrelerinin içerdiği bir alana sahiptir (62). Maküla jelatinöz bir tabaka ve onun içerisine yerleşmiş olan ve hareketi algılayan binlerce tüylü hücrelerden ve bu tabaka üzerinde gömülü bir şekilde duran küçük kalsiyum karbonat kristallerinden oluşmaktadır (62). Bu küçük kristallere otolit taşları ya da otokonia ismi verilmektedir (60).

Kişi postürel olarak dik konumda olduğu zaman utrikuler makula horizontal düzlemde bulunurken sakküler makula ise vertikal düzlemde bulunur. Bu yerleşim şeklinden dolayı utrikul ileri-geri doğrusal kafa hareketlerini algılarken, sakkül ise yerçekimi konumunda ve dikey düzlemdeki hareketleri algılar (62, 63).

Semisirküler kanallar:

Her bir tarafta 3 adet olmak üzere toplamda 6 adet Semisirküler kanal (SSK) mevcuttur. SSK'lar başın açısal hareketlerini algılayan posterior (inferior), anterior (süperior) ve lateral (horizontal) olarak adlandırılır (64). SSK'ların üçü de birbirine 90° lik açı ile dik olacak biçimde konumlanmıştır (65). Lateral SSK' lar yatay eksende yukarıya doğru 30° lik açı yapacak biçimde yerleşmiştir. Anterior SSK'lar dikey eksende öne ve dışarıya doğru 45° lik açı yapacak biçimde, posterior SSK' lar da geriye ve dışarıya doğru 45° lik açı yapacak bir biçimde konumlanmıştır (64,65). SSK'lar tek taraflı olarak açısal hareketleri algılamada yeterli gelmemektedir. Her bir SSK'nın karşı taraftaki kulakta simetrik bir kanalı yer almaktadır. Sağ ile sol lateral SSK'lar birbirinin simetrik kanalıdır. Sol anterior kanal ile sağ posterior kanal, sol posterior kanal ile de sağ anterior kanal birbirinin simetrik kanallarıdır (64). Açısal hareket, başın açısal hareketine bağlı olarak simetrik SSK'larda farklı elektriksel potansiyellerin oluşmasıyla algılanır (65). Her SSK'nın sonlandığı kabarık bölgeye ampulla, ampullanın içindeki jelatinöz kısım ise krista ampullaris olarak adlandırılır (64). Tüylü hücreler, destek hücreleri, bağ dokusu ve vasküler

yapılar ampulla içinde yer alır (64). Ampullada kadeh şeklinde olan tip I hücreler merkezde yer alırken periferde ise silindir şeklinde olan tip II hücreler yer almaktadır (65).

2.2.2.Vestibüler sistem fizyolojisi

Vestibüler sistem, başın rotasyonel ve doğrusal ivmeli hareketlerini 5 adet periferik vestibüler yapı mevcuttur. Bunlar utrikul, sakkül ve SSK'da bulunan 3 adet ampulla ile özdeşleşmiş duyu epitelidir (66). Başın açısal hareketleri kupula ile içinde bulunan tüylü hücrelerinde konumunu değiştiren endolenf sıvı akımına neden olur. Bu endolenf sıvı akımı açısal hareketin tersi yönündedir. Böylece tüylü hücrelerde açısal baş hareketinin tersi yönde bükülür. (61).

Kupula üst ve alt kısımdan ampullanın duvarlarına yapışık olup jelatinöz bir yapıdadır ve gelen endolenf akımının utrikule doğru geçişini engeller (66). Endolenfin özgül ağırlığı kupula ile eş değerdir. Endolenf yalnızca başın rotasyonel hareketlerine duyarlı olduğundan doğrusal ivmeli hareketlerde endolenfle birlikte kupulada da hareket olmaz (66).

Utrikul ve sakkül makulası nöroepitel hücreler, bağ dokusu, kan damarları, sinir lifleri, destek hücreleri ve bunların üzerinde yer alan jelatinöz tabaka olan otolit membrandan oluşur (67). Nöroepitel yapıların üzerinde bulunan tüy hücreleri otolit membranın içine gömülü vaziyette bulunur (67). Otolit membranın üzerinde kalsiyum karbonat kristallerinden oluşan, özgül ağırlığı endolenften büyük olan 0,5-30 mikron boyutlarında olan otolitler bulunur (67).

Periferik uç organlarda hareketi algılayan Tip I ve Tip II olmak üzere 2 çeşit tüy hücresi bulunmaktadır (67). Tip I tüy hücreleri düzensiz ateşleme yapan daha kalın miyelinli sinir liflerine sahiptir ve Tip II tüy hücreleri de düzenli ateşleme yapan daha ince miyelinli sinir liflerine sahiptir (68). Tüy hücrelerinin üzerinde kupula denilen jelatinime benzeyen bir madde bulunur (68). Her bir tüy hücresi 50 ile100 adet arasında sterosilyum ile bir adet kinosilyumdan oluşur (59). Kinosilyumun çevresinde sterosilyumlar uzundan kısaya olacak şekilde dizilir ve kinosilyum ile sterosilyumlar arasında destek hücreleri bulunur (59). Endolenf sıvı hareketiyle aynı yönde hareket eden sterosilyumlar kinosilyuma doğru eğilirse depolarizasyon etkisi gerçekleşirken kinosilyumun sterosilyumlara doğru eğildiği durumda inhibisyon gerçekleşmektedir (69).

Kinosilyum, lateral SSK'da utrikule yakın olan tarafta bulunurken anterior ve posterior SSK'larda utrikulden uzak tarafta bulunmaktadır (69). Bu dizilimden dolayı ampulla pedal sıvı akımı ile lateral kanalda uyarım gerçekleşirken anterior ve posterior kanalda inhibisyon gerçekleşir (70). Ampulla fugal sıvı akımı ile lateral kanalda inhibisyon gerçekleşirken anterior ve posterior kanalda uyarım gerçekleşmektedir (70).

Otolit organlarda uyarım her ne kadar SSK'lardaki uyarıma benzese de aynı yönde polarizasyon olmaz (70). Otolit organlarda tüy hücre dizaynının farklılık gösterdiği striola çizgisine göre polarizasyon gerçekleşmektedir (71). Otolit organların tam ortasından geçen çizgiye striola adı verilmektedir. Utrikulde kinosilyumlar striolaya yakın olacak şekilde yerleşirken sakkülde kinosilyumlar striola çizgisinin tersi yönünde yerleşim gösterir (71). Otolit organların bu dizaynı ve konumları sayesinde doğrusal hareketleri algılar (71).

Tüy hücrelerinin farklı yerleşimiyle baş hareketiyle oluşan eğime bağlı olarak da pozisyonel hareketlerle tüy hücrelerinde uyarımlar oluşmaktadır. Başın öne, arkaya, sağa ve sola doğru hareketiyle farklı tüylü hücre gruplarında farklı uyarımlar oluşmaktadır. Böylece, yer çekimi ortamında başın bütün hareketleri maküler sinir liflerinde farklı uyarılar oluşturur. Utrikul ve sakkülün anatomik yerleşimleri nedeniyle de bazı hareketler utrikul tarafından, bazı hareketler ise sakkül tarafından daha kolay algılanmaktadır (67).

Tip I ve Tip II hücrelerin afferent nöronları skarpa gangliyonunda birleştikten sonra süperior ve inferior vestibüler sinirin dallarını oluşturarak internal akustik kanalın içine doğru ilerler (67). Lateral SSK, anterior SSK ve utrikulden gelen lifler süperior vestibüler siniri oluştururken posterior SSK ve sakküden gelen lifler inferior vestibüler siniri oluşturmaktadır (67).

İnferior ve superior vestibüler sinir, işitmeden sorumlu koklear sinirle bir araya gelerek vestibülokoklear sinir ya da diğer adıyla VIII. kranial siniri oluşturur (72). VIII. Kranial sinir işitme ve dengeden sorumludur. Vestibülokoklear sinir, internal akustik kanaldan geçer ve vestibüler çekirdeklere ulaşır (72). Vestibüler çekirdeklere ulaşan bu lifler retiküler çekirdekler, serebellum, vestibülospinal traktus, medial longitudinal fasikülus gibi bölgelere giden ikinci sıra nöronlarla sinaps yaparlar ve bu bölgelerle yapılan sinapslar sayesinde denge, kas tonusu, hareket sırasında görme alanının sabit tutulması gibi durumlar sağlanmış olur (67,72, 73).

2.2.3. Santral vestibüler sistem

Santral vestibüler sistem, vestibüler çekirdek, serebellum, subkortikal ve kortikal denge merkezlerinden meydana gelmektedir (67). Vestibüler uç organlardan çıkan lifler dördüncü ventrikül tabanında bulunan vestibüler çekirdekler ve serebelluma ulaşır. Santral vestibüler sistem, periferik vestibüler bilgilerin alınması, bu bilgilerin proprioseptif ve görsel duyusal girdiler ile birlikte işlemlenmesi ve motor çıktıların düzenlenmesinde görev alır (67).

Vestibüler çekirdekler:

Vestibüler çekirdekler, beyinsapında dördüncü ventrikülün lateral kısmında bulunmaktadır (74). Dört adet büyük, yedi adet küçük vestibüler çekirdek vardır. Dört büyük çekirdek medial, lateral, superior ve inferior vestibüler çekirdek olarak adlandırılmaktadır. Medial vestibüler çekirdek en büyük çekirdek olup yapının medial kısımda yer alırken lateral, superior ve inferior vestibüler çekirdekler ise yapının lateral kısmında yer alır (74).

Vestibüler çekirdekler, primer vestibüler ve somatosensör yapılardan, kontralateral çekirdeklerden ve serebellumdan gelen bilgilerin işlemlenmesi için önemli bir yerdir. Santral vestibüler işlemleme bu yapıda başlamaktadır (69,70). Ayrıca vestibüler çekirdekler servikal spinal kord ve komşu retiküler formasyondan da sinyaller alır. İki taraftaki vestibüler çekirdekler arasında yoğun bağlantılar vardır (69,70,74). Bu yapıda vestibüler duyusal girdinin işlenmesi ile diğer duyusal girdilerin işlenmesi eşzamanlı olarak meydana gelir (70).

Vestibüler çekirdeklerde sakkül ve utrikulden gelen liflerin çoğu genellikle inferior ve lateral çekirdeklerde sonlanırken, SSK'lardan gelen liflerin çoğu da genellikle medial ve superior çekirdeklerde son bulur. Bu nedenle lateral ve inferior çekirdekler vestibülospinal refleks (VSR) için, superior ve medial çekirdekler de vestibülooküler refleks (VOR) için önemli yerlerdir (69).

Medial vestibüler çekirdek, horizontal SSK'lardan VOR için gerekli olan girdileri alır. Kas tonusunu düzenlemek amacıyla vestibülospinal yola vestibüler girdileri gönderir. Ayrıca ani ve beklenmedik baş hareketleri sırasında postürün korunmasında önemli rol oynar (70).

Superior vestibüler çekirdek, posterior ve anterior SSK'ların kristalarından VOR için gerekli olan vestibüler girdileri alarak medial longitudinal fasciculus (MLF) aracılığıyla ekstraoküler göz kasların uyarır. Bu şekilde VOR koordinasyonunu sağlamış olur (70,74).

Lateral vestibüler çekirdek, utrikul ve serebellumdan gelen bilgileri alır. Utrikulden gelen bilgiler ventral lateral vestibüler çekirdeğe, serebellumdan gelen bilgiler ise dorsal lateral vestibüler çekirdeğe aktarılır. Bu girdiler vücut kas koordinasyonunun sağlanmasına ve vestibülospinal refleksin düzenlenmesine yardımcı olur (69,74).

İnferior vestibüler çekirdek, utrikul ve sakkülden gelen bilgileri alır. Serebellum, spinal kord ve diğer vestibüler çekirdeklerle bağlantısı vardır. Bu kapsamlı bağlantıları sayesinde, diğer vestibüler yapılar arasındaki bütünlüğü oluşturduğu düşünülmektedir (69).

Serebellum (beyincik):

Vestibüler çekirdeklerden gelen bilgilerin işlemlendiği ve denetlendiği ve denge fonksiyonunun kontrol edildiği merkezdir (76). Gerekli durumlarda vestibüler girdilerle inhibisyonu sağlayarak dengenin korunmasında önemli bir rol üstlenir (77). Serebellum, vestibüloserebellum, serebroserebellum ve spinoserebellum olmak üzere üç bölümden meydana gelmektedir (77).

Vestibüloserebellum vestibüler girdileri alan kısımdır ve flokkulus, paraflokkulus, nodülüs, uvula, tonsil ve serebellar piramitten oluşmaktadır (77). Serebellar flokkulus vestibülooküler refleks kazancının korunmasını sağlar. Serebellar nodülüs ise vestibülooküler refleksin süresini düzenler (78). Serebellumun uvulası statik denge için önemlidir. Serebellumun flokkulonodüler lobları ise SSK'lardan gelen dinamik denge sinyalleri ile bağlantılı olup VOR kazancının düzenlenmesini sağlar ve bu bölgede oluşabilecek sorunlar dinamik dengenin bozulmasına yol açar (76,77,).

Spinoserebellum, vermis, paravermis ve fastigial nükleustan meydana gelir ve omurilikten somatosensöriyel girdileri alır. Postüral dengeyi korumak ve kontrol etmek bu yapının görevidir (77).

Serebroserebellum ise duyusal bilgilerin değerlendirilmesinde, hareketin başlatılmasında ve karmaşık hareketlerin planlanmasında rol oynar (76). Serebellum, vestibüler reflekslerin oluşumu için gerekli değildir ancak bu yapının olmadığı durumda vestibüler refleksler düzenlenemez ve etkili olamaz (78).

Vestibüler refleksler:

Vestibüler sistemde üç temel refleks mevcuttur. Bunlar Bunlar; VOR, VSR ve VKR'dir (76). Bu refleksler, içinde bulunulan mekânda vestibüler sistemin oküler ve propriyoseptif hareketlerinin sonuçlarını kontrol etmektedir (76). Otolit organlar ve SSK'ların doğrusal ve açısal hareketler ile uyarılması sonucunda oluşan bilgilerin merkezi sinir sistemine iletilmesiyle refleksler oluşur (76,78).

Vestibülo-oküler refleks:

Sağlıklı kişilerde gözler, baş hareketinin tersi yönde aynı hızda hareket ederek sabit bir görüntü meydana getirir. Gözlerin kafayla aynı hızda ters yönde hareket ettirilmesi VOR'un temelini oluşturur (67,78,79). VOR, baş hareket halindeyken görüntünün foveada sabit kalmasını sağlar ve başın pozisyonuyla oluşan değişiklikleri hızlı bir şekilde merkezi sinir sistemine ulaştırır (79,80).

Vestibülo-Oküler Refleks, daha çok SSK'lardan uyarı alır ve kısa, yüksek frekanslı baş hareketlerine yanıt oluşturur (80). SSK'lar başın pozisyonunda oluşan her değişikliği algılamaktadır. Bununla beraber gözlerin baş hareketinin büyüklüğüne eşit ve başın hareket yönünün tam tersi yönüne doğru kaymasını sağlayacak sinyaller iletirler. Bu sinyallerin vestibüler çekirdekler ile medial longitudinal fasikülüs yoluyla gözlerin hareketini sağlayan kaslara iletilmesiyle de bu refleks meydana gelmiş olur (80).

Vestibülo-kolik refleks:

Vestibülokolik refleks, otolitlerden ve SSK'lardan gelen sinyallerin boyun kaslarına iletilmesi sonucunda meydana gelir ve başın stabilizasyonunu sağlar (68). Vestibülokolik refleks ağında, sakkülden kaynaklanan geçici inhibitör sinyalleri aynı tarafta bulunan boyun kaslarına iletilmektedir (73). Bu refleksin medial ve lateral vestibülospinal yollar ile de bağlantıları bulunmaktadır (77).

Vestibülokolik refleks, başı hareket ettirerek görsel alanı düzenlemek için VOR ile iletişime geçer. VKR, uygulanan açısal ivmeyi dengelemek için başı kanal düzleminde hareket

ettirir ve böylece boyun kasları kasılır. Bu, başın dengelenmesini sağlar. Başın hareketi sırasında sabit görüntü elde etmek için VKR, VOR'u arttırır (77). VKR ve VOR retinadaki görüntünün stabilizasyonunu sağlamak amacıyla temelde birbirine benzemektedir. Ancak farklı olarak VOR VKR' den daha hızlıdır (73).

Vestibülokolik refleks, çalışma mantığı olarak VSR' ye benzemekte fakat VSR gibi tüm vücutta değil, yalnızca boyun kaslarında etkisini göstermektedir. Bu refleks, vücut eğildiği esnada cisimlerin düz bir şekilde görülebilmesi için başın pozisyonunu düzenler (54).

Vestibülospinal refleks:

Yer çekimine karşı kas tonusunun ayarlanması ve hareket sırasında da dengenin korunmasında vestibülospinal refleks görev alır. Vücut ve kafanın dik durmasını sağlayarak dengenin bozulmasını engeller (76). Vücudun tüm adale ve eklemlerini ilgilendiren bir refleks olması ve postural değişimlerin çok daha çeşitli bağlantılarla meydana gelmesi nedeniyle VOR' a göre daha karmaşık bir reflekstir (76,81).

Vestibülospinal refleks vestibüler çekirdeklerden çıkan lateral ve medial vestibülospinal yolları içermektedir (81). Lateral vestibüler çekirdek, lateral vestibülospinal yoldan, medial vestibüler çekirdek ise medial vestibülospinal yoldan gelen sinyalleri alır. Baş, boyun, vücut ve ekstremite kaslarına iletilen sinyaller sonucunda hareket esnasında vücudun koordinasyonu sağlanır (81). Aktif hareket sırasında VSR'nin fonksiyonu hissedilmez. Vestibüler sistem bozukluklarında aktif hareket farkı algılanacağı için VSR refleks arkı dengesizliğe yol açar (54).

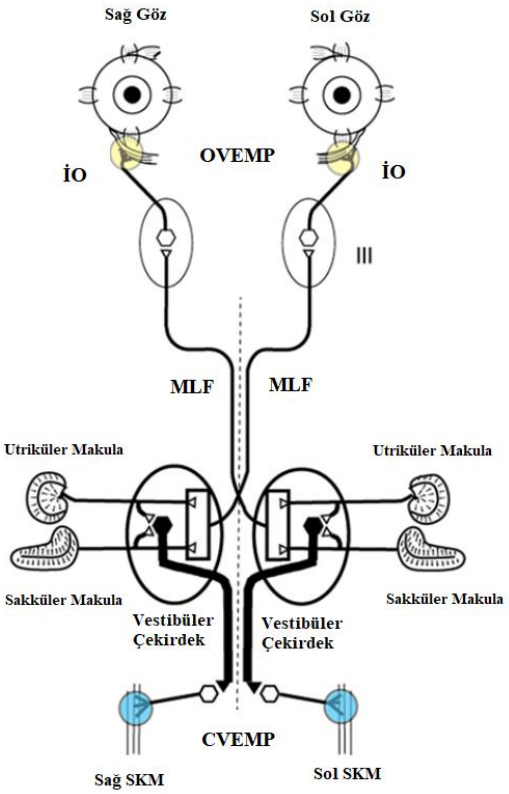
2.3. Vestibüler Testler

2.3.1. Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyeller

Vestibüler sistemin sese karşı duyarlılığını Fizyolog Dr. Pietro Tullio dile getiren ilk kişidir. Hayvanlara yaptığı deneylerde deneklerin kemik labirentlerine ses uyarısı göndererek deneklerde baş ve göz hareketi ile postüral değişiklikler gözlemlemiştir (82). 1960'lı yıllarda Bickford ve arkadaşları yüksek şiddetli ses uyaranları ile vestibüler sistemi aktif hale getirerek oksipital bölgeden kısa latanslı cevaplar elde etmişlerdir (83,84). Colebatch ve arkadaşları elektrod yerleşimi için oksipital bölge yerine sternokleidomastoid (SKM) kasını tercih edip 1992 yılında Vestibüler uyarılmış miyojenik potansiyeller (VEMP) testini tanımlamıştır (82). Colebatch ve arkadaşaları 1994 yılında ise bu testi kullanmaya başlamışlardır (82).

Vestibüler uyarılmış miyojenik potansiyeller testi, otolit organların uyarılmasıyla kaslarda biten refleks arkını değerlendiren elektrofizyolojik bir test yöntemidir (83). VEMP testi otolit organlar olan utrikul ve sakkülün işlevini değerlendirmek amacıyla kullanılır (84).

Otolitlerin uyarılması sonucunda kaslarda oluşan refleks cevabı SKM kasından ölçülüyorsa servikal VEMP (c-VEMP), ekstraoküler kaslardan ölçülüyorsa oküler VEMP (o-VEMP) adını alır (85). Servikal VEMP (c-VEMP), sakkül ve inferior vestibüler siniri değerlendirirken, oküler VEMP (o-VEMP) utrikul ve superior vestibüler siniri değerlendirir (82).

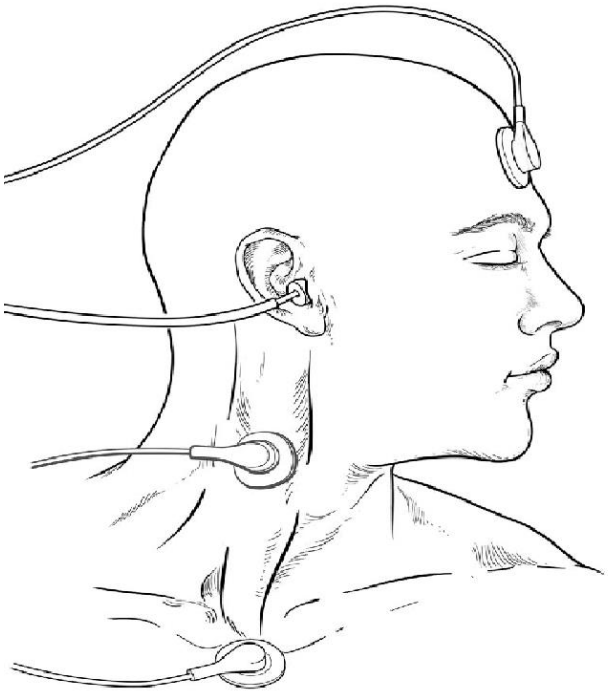


Şekil 2.2. VEMP test yolağı (99)

Servikal- vestibüler uyarılmış miyojenik potansiyeller:

Servikal VEMP (c-VEMP) testinde akustik uyaran sakküle geldikten sonra ipsilateral inferior vestibüler sinir vesilesiyle vestibüler çekirdeklere ulaşır. İnhibitör cevaplar daha sonra medial vestibulospinal yol olan vestibulokolik refleks aracılığıyla ipsilateral SKM kasını inhibe eder (86, 87). Bu şekilde alınan kayıtlar cVEMP yanıtlarını oluşturmaktadır (88).

Servikal VEMP testinde aktif elektrot SKM kasının 1/3'ü üzerine, referans elektrot SKM kasının sternum kısmı üzerine, toprak elektrot da alın kısmına yerleştirilir. Bir c-VEMP dalgası elde etmek için hastadan başını ölçüm yapılacak yönün karşı tarafına çevirmesi ve SKM kasını kasması istenir. Test sırasında uyaran hava iletimi, kemik iletimi ya da galvanik akım aracılığıyla gerçekleştirilir (89, 90).

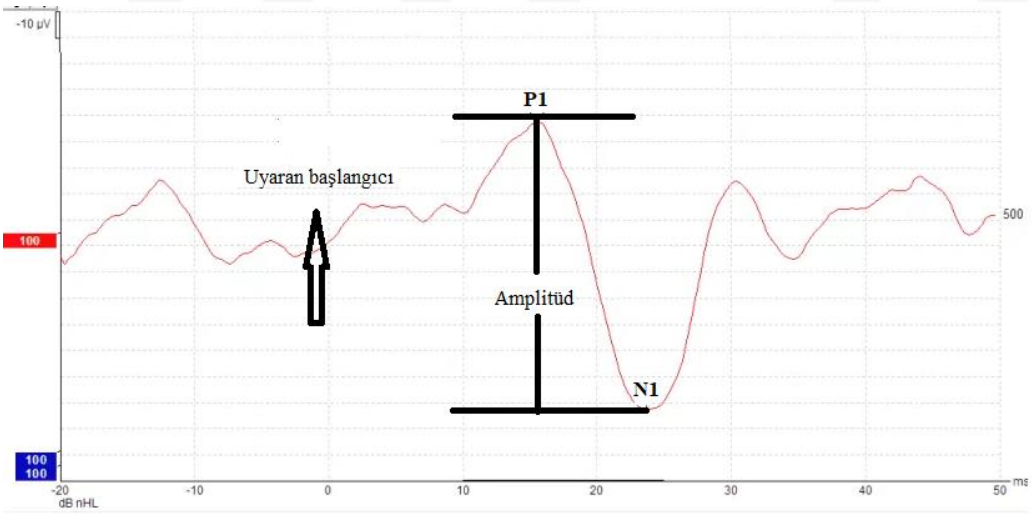


Şekil 2.3. cVEMP elektrod yerleşimi (94)

VEMP testinde genel olarak yüksek şiddetli, klik ya da tone-burst uyaranlar tercih edilmektedir. Yapılan çalışmalar sakkülün afferent sinir liflerinin klik uyarana oranla alçak frekans akustik uyarana daha hassas olduğunu, alçak frekanslı uyaranların kullanımında da daha fazla sinir liflerinin aktive olduğunu göstermiştir. 500 Hz civarındaki uyaranın en etkili uyaran olduğu belirlenmiştir (91,93).

Kliniklerde en yaygın kullanılan uyaran 500 Hz ve rarefaction polaritede tone-burst uyaran olarak kabul edilmektedir (91). c-VEMP sonuçları üzerinde etkili olan kas kontraksiyonundaki farklılıkları en aza indirmek için düzeltme algoritmalarından yararlanılmaktadır. 20 msn boyunca arka planda kas kontraksiyonu kaydedilip ortalaması alınarak düzeltilmemiş dalga amplitüdüyle oranlanarak düzeltilmiş bir dalga amplitüdü oluşturulmaktadır (91). Kas kontraksiyonunun minimum 40 mikrovolt (µV) maksimum ise 200 µV olmalıdır (92).

Uygun bir VEMP dalgasının elde edilebilmesi için en az 85 dBnHL'lik bir ses şiddeti gerekmektedir. c-VEMP dalga formu akustik bir uyaranın verilmesi sonrasında SKM üzerinde bulunan yüzeysel elektrotlar aracılığıyla kaydedilen bifazik dalga formuna sahip pozitif bir dalgayı takip eden negatif bir dalgadan oluşmaktadır (93). Oluşan ilk pozitif dalga bileşenine p13 ya da P1, oluşan ikinci negatif dalga bileşenine de n23 ya da N1 adı verilir (92,93). Uyaranın verilmesinden 12-13 ms sonra P1, 19-23 ms sonra da N1 dalgası oluşur (93). P1-N1 dalga amplitüdleri 50-150 µV olması beklenmektedir (93).



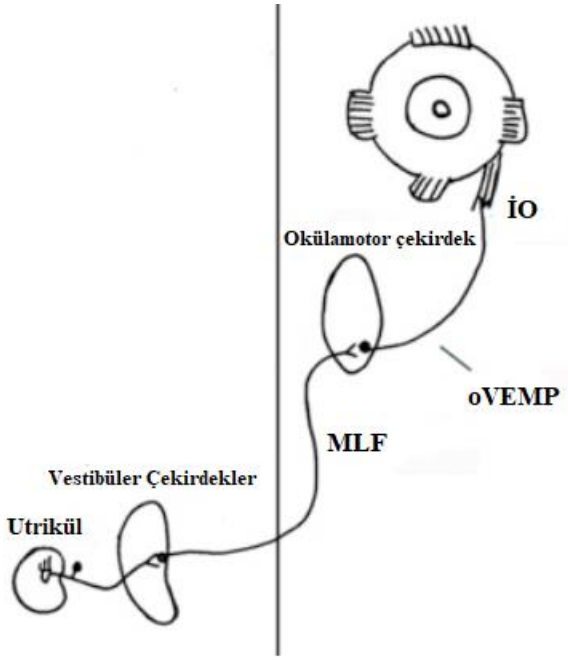
Şekil 2.4. VEMP dalga formu (98)

Vestibüler uyarılmış miyojenik potansiyeller testinin sonuçları incelenirken değerlendirilen parametreler dalga morfolojisi, amplitüd, latans ve kulaklar arası asimetri oranıdır (88). En sık değerlendirilen parametreler P1, N1 dalga latansları ve P1-N1 dalga amplitüdleridir (94). Kulaklar arası asimetri oranının anlamlılık değeri %35 olarak kabul edilmektedir (88).

Servikal VEMP testinde cevapların elde edilememesi, latansların uzaması amplitüdlerin düşmesi veya kulaklar arası asimetri olması durumunda Vestibulokolik refleks yolunda patolojik bir durum olabileceği gibi iletim tipi işitme kaybı, ileri yaş veya yanlış uyaranın seçildiği de göz ardı edilmemelidir (82,94,95). Bundan dolayı VEMP testi yapılmadan önce immitansmetrik inceleme ve saf ses işitme eşikleri bakılmalıdır (86,94). İletim patolojinin olduğu durumlarda VEMP testinde hava yolu yerine kemik yolu uyaran tercih edilmelidir (94).

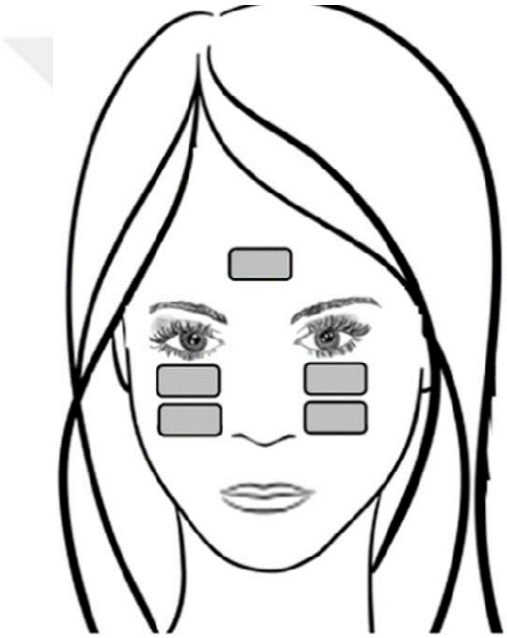
Oküler vestibüler uyarılmış miyojenik potansiyeller:

Oküler VEMP (o-VEMP) testinde akustik uyaran utrikule geldikten sonra ipsilateral superior vestibüler sinir vesilesiyle vestibüler çekirdeklere ulaşır (96). Süperior çekirdekten çıkan lifler medial longitüdinal fasikulus aracılığıyla kontralateral okülamotor sinire ulaşır. Buradan da ekstraoküler göz kaslarına ulaşır (97).



Şekil 2.5. oVEMP test yolağı (7)

Oküler VEMP testinde aktif elektrod kontralateral inferior oblik kasının üzerine yerleştirilirken referans elektrot alın ya da çene kısmına yerleştirilir (83). Verilen akustik uyaran sonrasında ekstraoküler göz kasları agonist ve antagonist kaslar birlikte çalışarak çok kısa zamanda yanıt oluşturur (83,95). o-VEMP testi akustik uyaran sonrasında oluşan ekstraoküler kas yanıtlarının kaydedilmesiyle karakterize bir testtir (96). o-VEMP testi sırasında akustik uyaran ile birlikte inferior rektus ve inferior oblik kaslarının kasılması için hastadan yukarı doğru bakılması istenir ve kayıt alınır (96).



Şekil 2.6. oVEMP elektrod yerleşimi (98)

Oluşan ilk pozitif dalga bileşenine p10 ya da P1, oluşan ikinci negatif dalga bileşenine de n15 ya da N1 adı verilir (96,97). Uyaranın verilmesinden 9-10 ms sonra P1, 13-15 ms sonra da N1 dalgası oluşur (100). En sık değerlendirilen parametreler P1, N1 dalga latansları ve P1-N1 dalga amplitüdleridir (94). Kulaklar arası asimetri oranının anlamlılık değeri %35 olarak kabul edilmektedir (88).

Oküler VEMP test sonuçları sensörnöral işitme kaybından etkilenmezken iletim tipi işitme kaybından etkilenme olmaktadır. o-VEMP testi yapılmadan önce immitanmetrik inceleme ve saf ses işitme eşikleri bakılmalıdır (86, 94). Utrikulo oküler refleks arkında medial longitüdinal fasikulusta çaprazlaşma olduğu için o-VEMP yanıtlarının kontralateral ölçüldüğü unutulmamalıdır (97).

2.3.2. Video Baş Sallama Testi

Video Baş Sallama Testi (vHIT) son yıllarda geliştirilmiş olan, periferik vestibüler patolojileri belirlemede kullanılan klinik bir testtir (85). Başın tekrarlayan kısa hızlı ve küçük itme hareketleri sonucunda gözde oluşan hareketlerin incelendiği ve bu yolla VOR'un değerlendirildiği testtir (85).

Video HIT ile SSK'lar ve onları innerve eden vestibüler sinir dallarının fonksiyonları değerlendirilir. Belirgin bir periferal vestibüler kaybı olan hastaların başı hasarlı yönde itildiğinde gözler hedeften kaçacak ve gözlerde baş itildiği sırada veya hemen sonrasında düzeltici bir sakkad gözlenecektir. Bunun nedeni ipsilateral kulakta VOR'un zayıflamış olması ve kontralateral kulaktan gelen inhibitör sinyallerin rotasyon sırasında başın stabilizasyonunda yetersiz kalmasıdır. Böylece gözler önce baş ile hareket ederken hedefi yakalamak için tekrardan düzeltici bir hareket yapar (85). Bu düzeltici sakkadler baş hareketi sırasında oluşuyorsa gizli (Covert) sakkadlar oluşurken, baş hareketi bittikten sonra oluşuyorsa açık (Overt) sakkadlar olarak adlandırılır (85, 101). v-HIT sonuçlarını analiz ederken üç parametreye dikkat edilir. Bunlar VOR kazancı, asimetri ve düzeltici sakkadların varlığı veya yokluğudur (101).

2.3.3. Videonistagmografi

Videonistagmografi vestibüler sistemi değerlendirmek için kullanılan etkin ve güncel bir kayıt yöntemidir. VNG bazı görsel uyaranlar sonucu gözde oluşan hareketlerin kaydedilmesi ve değerlendirmesine dayalı bir test bataryasıdır (102). VNG test bataryası ışıklı uyaran, bilgisayar sistemi olan kameralı bir gözlük aracılığıyla göz hareketlerinin ölçümlerinin yapılarak vestibüler sistemin fonksiyonlarını değerlendiren testler bütünüdür (102). VNG'nin birçok alt testi mevcuttur.

Spontan nistagmus:

Herhangi bir baş hareketi, ışıklı uyaran veya ikincil bakışlar olmaksızın nistagmusun olup olmadığının kontrol edildiği test yöntemidir. Spontan nistagmus karanlık ortamda karşıya düz bakarken yaklaşık olarak 20 sn. gözlerden kayıt alınması, nistagmus varlığında ışık ile fiksasyon sağlanıp sağlanmadığını kontrol etmeye dayalı bir testtir (103).

Nistagmusların yönü, şiddeti, şekli ve fiksasyon ile baskılanma durumuna göre patolojinin kaynağı tespit edilir (102). Periferal vestibüler patolojilerde nistagmuslar horizontal, şiddetli, yön değiştirmeyen ve fiksasyon ile baskılanma özelliğine sahipken santral patolojilerde ise nistagmuslar horizontal ve/veya vertikal olup yön değiştirebilen, fiksasyon ile baskılanamayan bir özelliğe sahiptir (103).

Gaze:

Bakış demektir. Gözler açık ve bir noktaya bakıyorken oranın görüntüsünün foveaya düşürülerek netliğinin ve sabitliğinin sağlanması amaçlanır (105). Gaze testi horizontal ve vertikal olarak bir metre uzaklıktaki ışıklı ekranda 20-30 derecelik açılarla yanan uyaranların takip edilmesiyle oluşur (104). Nistagmusun varlığının, yönünün ve bakışla birlikte nistagmusun şiddetindeki değişikliklerin incelendiği bir bakış testidir (104).

Periferik patolojilerde nistagmusun yönü sabit ve horizontal olmakla birlikte nistagmusun çaktığı yöne bakışta şiddeti artar (103). Santral patolojilerde nistagmusun yönü horizontal ve/veya vertikal olmakla birlikte yönü değişken özellik gösterebilen, ikincil bakışlarla şiddeti artmayan bir özelliğe sahiptir (103).

Sakkadik Test:

Sakkadik test, ışıklı ekranda ışığın belirli derecelerle rastgele yanması ve hastanın baş hareketi olmaksızın gözlerle bunu takip etmesi ile karakterize bir testtir (102). Sakkad sıçrama demektir. Sakkadik sistem, gözlerin bir hedeften başka bir hedefe en hızlı ve en doğru şekilde takip etmesini sağlayan sistemdir (102).

Sakkadik sistemi değerlendirdiğimiz sakkad testinde üç temel parametre mevcuttur. Bunlar hız, doğruluk ve latanstır. Hız, doğruluk ve latans parametreleri atım-adım grafiğine göre değerlendirilmektedir (102). Latans harici diğer parametreler yaştan bağımsızdır. Bu testin sonucunda ortaya çıkan patolojik bulgular santral patoloji lehine düşünüldüğü gibi düşük kooperasyon, uykusuzluk, alkol, ileri yaş ve ilaç intoksikasyonu gibi durumlara da bağlı olabileceği göz ardı edilmemelidir (102).

Pursuit Test:

Pursuit sistemin görme alanı içerisinde yavaş ve hızlı hareket eden cisimlerin görüntülerinin foveada sabit kalmasını değerlendiren testtir (103). Hastanın ışıklı ekranda önce yavaş sonra hızlanan ışığın takip edilmesi ile karakterize bir testtir (103).

0,1 Hz. 0,2 Hz. ve 0,4Hz'de elde edilen grafiğin analizi sonucunda oluşan asimetri, kazanç ve faz açısı parametreleri değerlendirilir (103). Patolojik pursuit sonuçları santral patoloji lehine düşünüldüğü gibi parametrelerin yaşa bağlı olduğu, dikkatsizlik ve uykusuzluktan da etkilendiği göz ardı edilmemelidir (103).

Optokinetik Test:

Çevre hareketliyken hedefin görüntüsünün ekstra foveal alanda sabit kalmasını sağlayan optokinetik sistemi değerlendiren testtir (105). Test sırasında ışıklı ekranda art arda hareket eden hedeflerin takip edilmesiyle karakterize bir testtir (105). Test sonucu elde edilen traselerde kazanç ve asimetri parametreleri değerlendirilir. Optokinetik anormallikler beyin sapı ve kortekteki okülamotor yolları etkileyen anormalliklerden kaynaklandığı gibi dikkatsizlik, ilaç kullanımı uykusuzluk göz ardı edilmemelidir (105).

Pozisyonel Testler:

Pozisyonel testler, belirli baş pozisyonları ile nistagmusun olup olmadığını ve var olan nistagmusun yönü ve şeklinde herhangi bir değişikliğin olup olmadığını değerlendiren test yöntemidir (71). Dinamik ve statik pozisyonel testler olarak ikiye ayrılır.

Dinamik pozisyonel testlerde Dix-Hallpike ve Roll testleri bulunmaktadır. Benign paroksismal pozisyonel vertigoyu (BPPV) teşhis etmek için kullanılan dinamik pozisyonel testlerde Dix-Hallpike testiyle Posterior ve anterior kanal BPPV teşhis edilirken Roll testiyle Horizontal kanal BPPV teşhis edilmektedir (71).

Statik pozisyonel testler ile hem periferik hem santral sistem hakkında bilgiler elde edilmektedir. Elde edilen bulguların kesin olarak periferal ya da santral sistem lehine olduğuna kanıt sayılmaz (67,82).

3. GEREÇ VE YÖNTEMLER

3.1. Çalışmanın Türü

Olgu-Kontrol çalışması özelliğinde olan bu çalışmada hiperbarik ortamda oluşabilecek periferik vestibüler sistem patolojilerinin VEMP testi ile araştırılması ve normal bireylerle karşılaştırılması amaçlanmıştır.

3.2. Çalışmanın Yeri

Bu çalışma, Trakya Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Odyoloji Yüksek Lisans tezi kapsamında, Trakya Üniversitesi Sağlık Uygulama ve Araştırma Merkezi KBB AD Odyoloji Ünitesinde 10.12.2023 –25.02.202 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir.

3.3. Çalışmanın Örneklemi

Çalışmanın güç analizi G-Power isimli 3.1.9.7 versiyonlu programda yapılmış olup; %95 güven (1-α), %80 test gücü (1-β) ve f=0.5 etki büyüklüğü pearson korelasyon analizine göre toplamda alınması gereken örneklem sayısı 48 olarak belirlenmiştir. Bu çalışma 18-45 genç yetişkinlik yaş aralığında toplam 45 kişi üzerinde gerçekleştirilmiştir.

3.4. Çalışmaya Dahil Edilme Kriterleri

- 18-45 yaş arasında olmak
- Normal orta kulak yapısına sahip olmak
- Normal işitmeye sahip olmak
- Herhangi bir baş dönmesi ve/veya denge problemi yaşamamak
- Servikal hastalık öyküsü olmamak
- Nörolojik bir hastalığın olmaması
- 48 saat içerisinde vestibulosüpresan kullanmamış olmak
- Dalgıçlardan en az 20 metre, tüple 5 yıllık dalış tecrübesi olması
- Ölçümler öncesi en az 3 gün dalış yapmamış olmak

3.5. Araştırmaya Dahil Edilmeme Kriterleri

- Normal işitmeye sahip olmamak
- Ortakulak patolojisi, cerrahisi geçirmiş olmak
- Baş dönmesi ve/veya denge problemi yaşamak
- Boyun kasları ile ilgili probleminin bulunması
- Boyunda hareket kısıtlılığının bulunması
- Tip B veya Tip C timpanogram bulgularına sahip olmak

3.6. Çalışmanın Etik Yönü

Çalışma, Trakya Üniversitesi Tıp Fakültesi Dekanlığı Girişimsel Olmayan Bilimsel Araştırmalar Etik Kurulu'nun 26.12.2022 tarihli TÜTF-GOBAEK 2022/394 protokol no'lu onayı ile gerçekleştirilmiştir. Araştırmaya katılan tüm katılımcılara, çalışmanın amacı, çalışmada uygulanacak test yöntemleri ve çalışmanın ne kadar süreceği anlatılarak "Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formu" imzalı onamları alınmıştır.

3.7. Çalışmanın Bağımlı ve Bağımsız Değişkenleri

Bağımlı değişkenler: Hiperbarik ortama maruz kalan bireylerden oluşan çalışma grubunun ve normal bireylerden oluşan kontrol grubunun VEMP testi sonuçları araştırmanın bağımlı değişkenlerini oluşturmuştur.

Bağımsız değişkenler: Yaş, cinsiyet ve diğer sosyodemografik değişkenler araştırmanın bağımsız değişkenlerini oluşturmuştur.

3.8. Kullanılacak Araç, Gereç ve Yöntemler

Bu çalışma Trakya Üniversitesi Sağlık Uygulama ve Araştırma Merkezi KBB AD Odyoloji ünitesinde etik kurul onayı ve gönüllü katılımcılardan yazılı olarak onam formu alınarak gerçekleştirilmiştir. Katılımcıların anamnezleri alınmış ve otoskopik muayeneleri yapılmıştır. İşitme ve Denge muayenesi sonrasında normal işitme varlığı için odyolojik değerlendirmeler ardından da vestibüler değerlendirmeler yapılmıştır.

3.8.1. Odyolojik Değerlendirme

İmmitansmetri testi:

İmmitanmetrik değerlendirme kapsamında timpanometri ve akustik refleks ölçümleri için 'Interacoustics AT235' Timpanometre (Taastrup Denmark) cihazı ve TDH-39 (Telephonics, USA) kulaklık kullanılmıştır. Dış kulak kanalı girişine prop yerleştirilerek teste başlanmıştır. Test 226 Hz prop tonda 75dB SPL'de gerçekleştirilmiştir. 500-4000 Hz aralığında ipsilateral akustik refleks eşiği değerlendirilmiştir. +100 daPa ve -50 daPa basınç aralığında tepe eğrisi, 0,39 ile 1,69 ml arası komplians değeri ''A tip'' veren normal timpanogram olarak değerlendirilmiş ve çalışmaya bu bireyler dahil edilmiştir.

Saf ses odyometri testi:

Odyolojik değerlendirme ANSI standartlarına göre standart ses geçirmez kabinde odyolojik değerlendirme prosedürleri izlenerek yapılmıştır. Hava yolu (125-8000 Hz) ve kemik yolu (500-4000 Hz) işitme eşiklerinin değerlendirilmesi Interacoustics AC40 Klinik Odyometre (Denmark) cihazı kullanılarak elde edilmiştir. Hugson-Westlake prosedürüyle (106) eşikler belirlenmiştir. Hava yolu eşik belirlenmesinde Telephonic TDH–39 (Telephonics, USA) supra-aural kulaklık, kemik yolu eşik belirlenmesinde B-71 (Radioear, USA) kemik vibratörü kullanılmıştır. Saf ses ortalaması, dört frekanstaki (500-4000 Hz) hava yolu işitme eşiklerinin aritmetik ortalaması ile hesaplanmış, 20 dB ve altında saf ses ortalaması olan bireylerin işitmesinin normal sınırlarda olduğu kabul edilmiştir. Çalışmaya bilateral işitmesi 20 dB ve altında olan bireyler dahil edilmiştir.

3.8.2. Vestibüler Değerlendirme

Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyeller Testi:

Vestibüler uyarılmış miyojenik potansiyeller test bataryası, Interacoustics Eclipse Ep 25 (Denmark) cihazında yer alan cVEMP modülü kullanılarak yapılmıştır. Daha sonra toprak elektrot alına, aktif elektrotlar her iki taraftaki SKM kasının 1/3'lük orta kısmına, referans elektrot ise sternum kemiğine yerleştirilmiştir. Elektrotların impedans değerlerinin 0-5 kΩ aralığında olmasına dikkat edilmiştir. Test sırasında SKM kasının kasılı kalması gerektiğinden katılımcılardan test süresi boyunca başını test edilen tarafın tersi yönünde çevirmesi istenmiştir.

Test sırasında 500 Hz Tone-burst uyaran, rarefaction polaritede, 5,1 Hz uyarılma sıklığında, 95 dB SPL şiddetinde ses insert kulaklık kullanılarak katılımcıya gönderilmiştir. Kayıt işlemi her iki kulak için 200 sweep ve iki trase alınarak yapılmıştır. Sinyal gönderilen kulağın ipsilateral tarafındaki SCM kasından kayıt alınmıştır. EMG değeri 50-120 µV aralığında kabul edilmiştir. Dalga formlarından ilk oluşan pozitif dalga p13, ilk oluşan negatif dalga n23 olarak adlandırılmıştır.

3.9. İstatistiksel Analiz

İstatistiksel değerlendirme için IBM SPSS 26.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) paket programı kullanılmıştır. Nicel değişkenler arası ilişki, veriler normal dağılım gösterdiğinde parametrik testlerden Independent Samples T Testi, normal dağılım göstermediğinde ise nonparametrik testlerden Mann Withney U testi uygulanmıştır. Veriler normal dağılım gösterdiğinde nicel ölçümler için ortalama ve standart sapma istatistiksel verileri ile de özetlenmiştir. İstatistiksel anlamlılık olarak $p<0.05$ alınmıştır.

4.BULGULAR

Çalışmamız Trakya Üniversitesi Sağlık Uygulama ve Araştırma KBB AD Odyoloji ünitesinde ve çalışmaya katılmaya gönüllü olan sağlıklı 21 SCUBA bireyi, 24 kontrol bireyi, toplamda 45 kişi üzerinde testler gerçekleştirilmiştir. Tüm gönüllü katılımcılara ilk olarak otoskopik muayene, işitme ve denge muayenesi sonrasında normal işitme varlığı için odyolojik değerlendirmeler yapılmıştır. Normal işitmeye sahip bireyler için c-VEMP testi kontrol ve scuba bireylerinde uygulanmıştır. c-VEMP yanıtlarında P1-N1 latansları ve amplitüdleri ve asimetri oranları değerlendirilmiştir. Bu uygulamalarda sağ ve sol kulaklar ayrı ayrı değerlendirilmiş ve kulaklar arası istatiksel analizler yapılmıştır.

4.1. Bireylerin Demografik Özellikleri

Çalışmaya dahil edilen SCUBA dalgıç bireylerinin 15'i erkek (%71,5), 6'sı kadın (%28,5)'dır. Kontrol bireylerinin 14'ü erkek (%58,3), 10'u kadın (%41,7)'dır. SCUBA grubu bireylerinin yaş ortalaması 29,45±5,78 iken, kontrol bireylerinin ise yaş ortalaması 26,80±2,63'tür. Bireylerin demografik özellikleri Tablo 4.1.'de gösterilmiştir.

Tablo 4.1. Bireylerin demografik özellikleri

	Kişi Sayısı	**Yaş Ort±SS**	**Yaş Min-Max**
SCUBA grubu	21	29,45±5,78	24-35
Kontrol Grubu	24	26,80±2,63	24-28
Toplam	45	28,12±4,20	24-35

Ort: Ortalama, **SS:** Standart Sapma, **Min:** Minimum, **Max:** Maksimum **SCUBA:** Self-Contained Underwater Breathing Apparatus

4.2. Odyolojik Değerlendirmeler

4.2.1. Bireylerin İmmitansmetri Testi ve Saf Ses Ortalaması

Çalışmaya dahil edilen bireylerin tümünde Tip A timpanogram elde edilmiştir. Bu bireylerin sağ kulak hava yolu saf ses ortalaması 6,29± 3,00 dB HL; sol kulak hava yolu saf ses ortalaması 6,71

± 2,94dB HL olup tüm bireylerin bilateral işitmeleri normal sınırlarda elde edilmiştir. Yapılan odyolojik değerlendirmede SCUBA grubunda kontrol grubumuza göre her iki kulakta da saf ses yüksek frekans eşiklerinde (10-18kHZ) istatistiksel olarak anlamlı derecede artış gözlemlendi (p=0.001).

Tablo 4.2. Grupların sağ kulak saf ses işitme eşiklerinin karşılaştırılması

	Gruplar	Sayılar	Ortalama± Standart Sapma (dBHL)	P
SSO Sağ (05-4kHz)	Kontrol Grubu	24	6,29±3,00	0,019
	SCUBA Grubu	21	8,62±3,42	
SS Sağ 8kHz	Kontrol Grubu	24	6,88±2,87	0,001
	SCUBA Grubu	21	11,43±5,51	
SS Sağ 10 kHz	Kontrol Grubu	24	8,13±3,23	0,001
	SCUBA Grubu	21	13,81±6,50	
SS Sağ 12kHz	Kontrol Grubu	24	7,71±2,94	0,001
	SCUBA Grubu	21	15,95±6,24	
SS Sağ 14 kHz	Kontrol Grubu	24	7,08±2,91	0,001
	SCUBA Grubu	21	19,29±6,76	
SS Sağ 16 kHz	Kontrol Grubu	24	9,19±4,08	0,001
	SCUBA Grubu	21	18,57±7,60	
SS Sağ 18kHz	Kontrol Grubu	24	10,00±4,17	0,001
	SCUBA Grubu	21	22,86±9,82	

SSO: Saf Ses Ortalaması **kHz:** KiloHertz, **dBHL:** Desibel Hearing Level **SCUBA:** Self-Contained Underwater Breathing Apparatus

Tablo 4.3. Grupların sol kulak saf ses işitme eşiklerinin karşılaştırılması

	Gruplar	Sayılar	Ortalama ± Standart Sapma (dBHL)	P
SSO Sol (0.5-4kHz)	Kontrol Grubu	24	6,71±2,94	0,001
	SCUBA Grubu	21	12,86±5,82	
SS Sol 8kHz	Kontrol Grubu	24	7,29±4,16	0,001
	SCUBA Grubu	21	13,57±6,15	
SS Sol 10kHz	Kontrol Grubu	24	7,29±4,16	0,001
	SCUBA Grubu	21	15,00±7,41	
SS Sol 12 kHz	Kontrol Grubu	24	7,71±3,89	0,001
	SCUBA Grubu	21	14,52±5,22	
SS Sol 14 kHz	Kontrol Grubu	24	7,71±3,60	0,001
	SCUBA Grubu	21	17,86±6,23	
SS Sol 16 kHz	Kontrol Grubu	24	8,54±4,29	0,001
	SCUBA Grubu	21	20,95±6,24	
SS Sol 18 kHz	Kontrol Grubu	24	9,17±4,58	0,001
	SCUBA Grubu	21	22,86±8,59	

SSO: Saf Ses Ortalaması **kHz:** KiloHertz, **dBHL:** Desibel Hearing Level **SCUBA:** Self-Contained Underwater Breathing Apparatus

4.3. Vestibüler Değerlendirmeler

4.3.1. Grupların Sternokleidomastoid Kası Kontraksiyonu Karşılaştırması

Çalışmamız kapsamında alınan bireylerin tüm durumlarda c-VEMP SKM Kası kontraksiyonları sağ ve sol kulaklar arası karşılaştırıldığı zaman istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmemiştir (p>0,05) (Tablo 4.3.1.).

Tablo 4.4. Grupların SKM kontraksiyonu karşılaştırması

		Ort-SS (µv)	Min-Max (µv)	P
SCUBA Grubu	Sağ kulak	84,00±9,67	68,00-112,00	0.769
	Sol kulak	84,80±10,42	65,00-108,00	
Kontrol Grubu	Sağ kulak	84.33±9,85	63,00-113,00	0.892
	Sol kulak	85.12±11,23	62,00-117,00	

Ort: Ortalama, **SS:** Standart Sapma, **Min:** Minimum, **Max:** Maksimum, **µv:** Mikrovolt **SCUBA:** Self-Contained Underwater Breathing Apparatus

4.3.2. Grupların c-VEMP Latans Değerlerinin Karşılaştırması

Çalışmamız kapsamında alınan grupların c-VEMP P1 ve N1 latans değerleri sağ ve sol kulaklar arası latans farkı karşılaştırıldığı zaman, sağ kulak P1, sağ kulak N1 ve sol kulak N1 latanslarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmiştir ($p<0,05$) (Tablo 4.3.2.). Sol kulak P1 ve sağ kulak ile sol kulak latans farklarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmemiştir. ($p>0.05$) (Tablo 4.3.2.)

Tablo 4.5. Grupların c-VEMP latans değerlerinin karşılaştırması

	Grup				
	Kontrol Grubu		SCUBA Grubu		
	Ort-SS (msn)	Min-Max (msn)	Ort-SS (msn)	Min-Max (msn)	P
P1 Sağ kulak Latans	15,43±1,33	13,67-17,00	16,60±2,26	14,33-18,67	0,037
N1 Sağ kulak Latans	24,19±1,35	21,33-26,00	25,56±1,58	24,00-28,33	0,003
P1 Sol kulak Latans	15,56±1,34	12,00-16,67	15,96±1,23	14,00-18,00	0,298
N1 Sol kulak Latans	24,24±1,25	21,67-27,00	25,20±1,77	23,00-30,67	0,039
Sağ kulak Latans farkı	8,76±1,09	5,67-11,33	8,95±1,69	6,00-11,67	0,648
Sol kulak Latans farkı	8,64±1,22	6,33-12,00	9,11±1,79	6,67-11,67	0,303

Ort: Ortalama, **SS:** Standart Sapma, **Min:** Minimum, **Max:** Maksimum, **msn:** Milisaniye **SCUBA:** Self-Contained Underwater Breathing Apparatus

4.3.3. Grupların c-VEMP Amplitüd Değerlerinin Karşılaştırması

Çalışmamız kapsamında alınan grupların c-VEMP amplitüd değerleri sağ ve sol kulaklar arası karşılaştırıldığı zaman istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmiştir ($p<0.05$) (Tablo 4.3.3.)

Tablo 4.6. Grupların c-VEMP amplitüd değerlerinin karşılaştırması

	Grup	N	Ort-SS (µv)	Min-Max (µv)	P
Sağ Kulak Amplitüd	Kontrol grubu	24	56,29±17,88	21-95	<0,001
	SCUBA grubu	21	160,4±70,35	67-306	
Sol Kulak Amplitüd	Kontrol grubu	24	53,67±15,67	23-90	<0,001
	SCUBA grubu	21	144,5±47,94	108-291	

Ort: Ortalama, **SS:** Standart Sapma, **Min:** Minimum, **Max:** Maksimum, **µv:** Mikrovolt **SCUBA:** Self-Contained Underwater Breathing Apparatus

5. TARTIŞMA

Bu çalışmada hiperbarik ortama maruz kalan SCUBA dalgıçlarının iç kulak barotravmasına bağlı olarak periferik vestibüler sistemde oluşabilecek durumların c-VEMP testi ile incelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla c-VEMP yanıtlarında P1-N1 latansları ve amplitüdleri değerlendirilmiştir.

Deniz seviyesindeki barometrik basınç 100 kiloPaskal'dır (kPa) ve su altında her 10 metrelik inişte doğrusal olarak artarak 100 kPa ekler (1,17). Derinlik arttıkça dalgıç artan yoğunluktaki gazı solur, dalış ekipmanı ise oksijen sağlar ve karbondioksitin yok edilmesini sağlar (17). Artan derinlik ve basınç aynı zamanda gaz hacminin azalmasına ve vücut dokularında çözünen gaz miktarının artmasına da yol açar (17,18). SCUBA dalışından kaynaklanabilecek barotravma, dekompresyon ve alternobarik vertigo hastalıklarının otolojik koşulları, dalgıç alçaldıkça basınç altında değişen gaz davranışıyla ilgilidir (17,18). Sabit sıcaklıkta gaz hacminin uygulanan basınçla ters orantılı olarak değiştiğini, sabit sıcaklıkta uygulanan basınç arttıkça gaz hacminin azaldığı belirtilmiştir (1,17).

Belirli bir sıcaklıkta bir sıvı içinde çözünen belirli bir gaz miktarının o gazın kısmi basıncıyla doğru orantılı olduğu da belirtilmiştir (1, 17). Bu iki durum basıncın kapalı hava boşlukları üzerindeki mekanik etkilerinden kaynaklanan barotravma veya yüksek kısmi basınçta gazların solunmasından kaynaklanan dekompresyon hastalığı nedeniyle gelişen basınca bağlı dalış bozukluklarının anlaşılması için gereklidir (17,18).

Barotravma, tüplü dalışta en sık görülen tıbbi sorundur ve kapalı alanda gazın hapsolmasına neden olan her türlü yapıyı kapsayabilir (17). Dalgıç iniş sırasında gazla dolu vücut boşluklarındaki basıncı eşitlemezse bu boşlukların hacmi azalacaktır. Kemik boşluğu içinde yer alan gazla dolu vücut boşlukları çökemez, bu nedenle kapladıkları alanın yerini mukoza zarlarının tıkanması ve ardından sıklıkla kanama alır (17,18).

İç kulak barotravması, kalıcı işitme kaybına ve/veya vestibüler fonksiyon bozukluğuna yol açabilecek kokleavestibüler sistemde kalıcı hasar potansiyeli nedeniyle barotravmanın en ciddi şeklidir (18,52). Dalgıcın östaki borusu tıkalıyken orta kulak basıncını dengelemek amacıyla güçlü bir Valsalva manevrası yapması veya inişin çok hızlı gerçekleşmesi durumunda iç

kulak barotravması gelişebilir (18). İç kulak barotravmasına ilişkin klinik kanıtlar sergileyen dalgıçlar, Corti organında ve/veya membranöz labirentte basınç yaralanmasına maruz kalmış olabileceği belirtilmiştir (18).

Alternobarik vertigo, orta kulak basıncındaki azalmanın iki taraflı orta kulak boşluklarında eşdeğer olmaması durumunda ortaya çıkan spesifik bir orta kulak barotravmasıdır (33). Semptomlar vertigo, bulantı, kusma, yönelim bozukluğu ve genel halsizliği içerir (33).

Dalgıç artan basınç altında nefes aldığında dokular artan miktarlarda oksijen ve nitrojenle yüklenir (26). Artan oksijen doku metabolizmasında kullanılabilir ancak nitrojen fizyolojik olarak inert olduğundan kullanılamaz (26,27). Bu nedenle, bir dalgıç alçaldıkça, dokudaki nitrojen içeriği ortam basıncıyla orantılı olarak ve yağ dokusu içeriğiyle ilişkili olarak artar çünkü nitrojen, yağda suya göre 5 kat daha fazla çözünür (26,27). Dokudaki gaz miktarının toplamı mutlak ortam basıncını aşabilir ve dokulardan serbest gaz salınarak dekompresyon hastalığının başlamasına yol açabilir (27,28). Serbest kalan gaz, arterleri, damarları ve lenfatik damarları bloke ederek organ fonksiyonlarını bozabilir (27). Ayrıca gazların genişlemesi dokuları parçalayabilir veya sıkıştırabilir (28).

Dalgıçlar şiddetli baş ağrısı, bulanık görme, çift görme, dizartri, baş dönmesi, sensörinöral işitme kaybı, kulak çınlaması ve/veya baş dönmesinin yanı sıra zihinsel durum ve kişilik değişikliklerinden şikâyet edebilirler (27,28,30).

Literatürde yapılan çalışmalardan birinde bulguların AV, İKB ve İKDH'yi birbirinden ayırt etmek için kullanılabileceği gösterilmişse de tamamen ayrı tariflenebilmeleri için daha çok çalışmanın gerektiği belirtilmiştir (107). Bu patolojik durumlarda işitme sisteminden daha çok periferik vestibüler sistem etkilenmektedir (27). Goplen ve ark. yaptıkları bir çalışmada (108) iç kulak barotravmaları ve dekompresyon hastalığı, dalgıçlarda akut vestibüler semptomlara neden olabildiğini ortaya koymuştur. Bunu ortaya koyabilmek için 230 açık deniz dalgıcı ve 166 kontrol grubu arasında vestibüler sistem açıdan kıyas yapılmış ve sonucunda vestibüler sistem açısından problemler olduğu ortaya konmuştur. Oluşan bu hasarın vestibüler uç organlarda veya bunların merkezi bağlantılarında geri dönüşü olmayan hasar olabileceği belirtilmiştir. Dalgıçlarda vestibüler semptomların yaygınlığının nedenleri tartışılmakla beraber Goplen FK ve arkadaşları bunun nedeninin barotravma olabileceğini belirtmiştir (108).

Çalışmamızda SCUBA ve kontrol gruplarının, saf ses odyometri sonuçları karşılaştırılmıştır ve bu karşılaştırma sonucunda saf ses ortalamaları ve 8kHz frekans için normal işitme aralığında istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmiştir. Literatürde saf ses ortalamaları için yapılan çalışmalarda anlamlı bir fark bulunmamıştır (109).

Bir çalışmada L Zhou ve ark. uzun süreli dalış yapan ancak İKB, AV, İKDH öyküsü olmayan 227 bireyin saf ses işitme eşik ortalamalarını uzun süreli takip etmiştir. Yapılan çalışmanın sonuçlarını kıyasladığında işitme eşiklerinin dalış süresiyle birlikte değişmediği ortaya konmuştur. Ancak bu çalışmada yüksek frekans eşikleri incelenmemiştir. Çalışmamızda yüksek frekans saf ses işitme eşiklerini değerlendirdiğimizde istatistiksel olarak anlamlı fark elde ettik. Yapılan diğer bir çalışmada da elde ettiğimiz sonuçlara benzer şekilde anlamlı bir fark gözlenmiştir (110).

Garrido Campos ve arkadaşları tarafından bu çalışmada 125 Şili'li deniz kabuğu avcısı dalgıçları ve kontrol grubu arasında işitme açısından değerlendirilmiştir. Normalde yasal olan 25 metrenin çok daha aşağısına dalan bu dalgıçlar barotravmaya maruz kaldığı için yüksek frekans işitme eşiklerinin düştüğü düşünülmüştür (110).

Literatüre benzer şekilde elde ettiğimiz yüksek frekans saf ses işitme eşiklerinde yükselme bize, kokleanın bazal kısmının orta kulağa yakınlığı nedeni ile barotravmaya bağlı olarak sensörinöral işitme kaybına neden olan tüylü hücre hasarı olacağını düşündürdü.

Vestibüler sistemin etkilenmesiyle vertigo, dizziness dengesizlik gibi durumlar ortaya çıkabilmektedir. Vestibüler testler ile vestibüler sistemin değerlendirmeleri yapılabilmektedir. Vestibüler test bataryasında bulunan testlerin tümünün kullanılması vestibüler sistemde bulunan patolojik durumun kaynağının belirlenmesi için önemlidir. Vestibüler sistemin değerlendirilmesi açısından kıymetli bilgiler veren VEMP testi Son yıllarda kliniklerde sık bir şekilde kullanılmaktadır. (111).

Colebatch ve arkadaşlarının 1992 yılında başlattığı VEMP testi çalışmaları, vestibüler test prosedürünün temellerinin oluşmasını sağlamıştır (83). Parametre ayarları, katılımcıların özellikleri gibi değişkenler literatürde bulunan VEMP testi çalışmalarındaki bulguların farklılık göstermesine neden olduğu düşünülmektedir. Çalışmamızda literatüre uygun olarak için test

parametreleri olarak 500 Hz Tone-burst uyaran, rarefaction polarite, 5.1 Hz uyarılma sıklığı ve ses şiddeti 95 dB SPL olarak belirlenmiştir. EMG değeri 50-120 μV aralığında kabul edilmiştir.

Dalgıçların uzun süreli dalışından sonra yapılan bir çalışmada Lavon ve ark. (112), VEMP testi sonuçlarını incelemişlerdir. 12 dalgıç ve gönüllü üzerindeki bu çalışmada dalış sonrası ve 24 saat sonrasında kontrol grubu ile karşılaştırdıklarında; dalgıçların P1, N1 latanslarında istatistiksel olarak bir azalma tespit etmişlerdir. Bulunan anlamlı sonuçlar sakkülokolik refleksin su altı koşullarına uzun süreli adaptasyonunu yansıttığı belirtilmiştir. Doğrusal hız ve ivmedeki azalmayı telafi etmek için refleksin artan duyarlılığı gerektiği belirtilerek, bu da otolit organın uyarılmasının azalmasına neden olduğu savunulmuştur. Ancak amplitüd, asimetri oranı ve kulaklar arası latans farkı parametrelerinde bir farklılık gözlenmemiştir (112). Çalışmamızda sağ kulak P1, sağ kulak N1 ve sol kulak N1 latanslarında istatistiksel olarak anlamlı bir uzama bulgusu gözlemledik. (Sağ kulak P1, p=0,037, sağ kulak N1, p=0,003, sol kulak N1, p=0,039). Sol kulak P1 ve kulaklar arası latans farkında anlamlı bir kısalma bulgusu gözlemlemedik. (Sol kulak P1, p=0,298 Sağ kulak, p=648, Sol kulak, p=303). Havadan yoğun bir ortama daldırılan su altı dalgıçlarında doğrusal hız ve ivmeye bağlı olan otolit fonksiyonunun değişmesi beklenebilir.

Amplitüd farklılığından dolayı oluşan amplitüd asimetri oranı, servikal VEMP için önemli bir parametredir. Özmen A. (113) yaptığı bir çalışmada; servikal VEMP testinde iki kulağın amplitüd cevaplarının farklılığını azaltmak için tansiyon aletinin manşonunda oluşturduğu sabit bir basınçla beraber SKM kasının kasılması ile miyojenik potansiyelleri kaydetmiş; ancak amplitüdler arası değişkenliğin azalması sonuca yaklaştırmakla birlikte, tam başarıyı sağlamamıştır. Bu çalışmanın sonucunda Özmen A. amplitüd değişkenliğini ilgilendiren faktörlerin kontrol altına alınabilmesi için daha fazla çalışmaya ihtiyaç olduğu belirtmiştir.

Sharoni ve ark. tarafından yapılan bir çalışmada profesyonel dalgıçlar üzerinde vestibüler sistem Smooth Pursuit testi ile değerlendirilmiştir. Profesyonel dalgıçlarda kontrol grubuna göre Pursuit testinde anlamlı derecede azalmış pursuit hız değerleri elde edilmiştir. Elde edilen bu değerin plastisite sürecinin bir sonucu olabileceğini söylemişlerdir (114).

Yoga yapan 20 birey üzerinde yapılan bir çalışmada, c-VEMP amplitüdleri kontrol grubu ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlarda c-VEMP amplitüdleri açısından anlamlı artışlar

gözlemlenmiştir. Bu anlamlı artışların vestibüler sistemin plastisite özelliğinden kaynaklandığı not edilmiştir (115).

40 katılımcıdan oluşan, 20-40 yaş aralığında 20 Bharat natyam ve 20 salsa dansçılarının normal bireyler ile karşılaştırıldığı bir çalışmada, cVEMP testi uygulandıktan sonra P1 N1 dalga latansları ve amplitüd sonuçları incelenmiştir. Elde edilen sonuçlarda, dans grubunda P1-N1 mutlak latansları kontrol grubuna göre anlamlı olarak daha erken ortaya çıktığı gözlenmiştir. Aynı şekilde dans grubunda P1-N1 dalga amplitüdü kontrol grubuna göre anlamlı derecede artış göstermiştir. Ayrıca standart sapma açısından dans grubunda, kontrol grubuna göre dalga latansları ve amplitüd bulguları açısından daha az farklılık elde edilmiştir. Bu anlamlı farkın oluşmasının nedeni olarak vestibüler plastisite olduğu belirtilmiştir (116). Çalışmamızda c-VEMP yanıtlarında amplitüd asimetri oranı değerlendirildiğinde sağ ve sol kulaklar için istatistiksel olarak anlamlı derecede artış gözlenmiştir. (Sağ kulak, P=0,0003 Sol kulak, P=0,0002). Bizim çalışmamızda da elde ettiğimiz amplitüd artışları vestibüler plastisite açısından anlamlı sonuçlar olarak kabul edilmiştir.

Davit ve arkadaşları yaptıkları bir çalışmada farelerde dünyanın yerçekimi alanının iç kulak utrikuler epiteli üzerine uyguladığı yükü, yer çekiminin etkisinin ve basıncın olmadığı uzaysal ortamdaki halleri ile kıyaslama yapmışlardır. Bu çalışma için 15 gün boyunca uzaysal ortama maruz bırakılan 6 farenin sonuçları ile normal şartlarda olan farelerin sonuçları kıyaslanmıştır (117). Elde edilen sonuçlarda statik baş pozisyonunu kodlamayla ilişkili bir bölge olan utrikül striola çevresinde sinaps yoğunluğunun azaldığı ortaya konulmuştur. Sinaps yoğunluğunun bu denli azalması sinaptik plastisite olarak değerlendirilmiştir (117). Ross tarafından yapılan başka bir çalışmada (118), uzay mekiğinde 9 gün boyunca yerçekimsiz ortama maruz kalan ratların sakküler ve utrikuler makulalarını incelemiştir. Elde ettiği sonuçları kontrol grubuyla karşılaştırılmış ve istatistiksel olarak anlamlı sonuçlar elde etmiştir. Elde ettiği anlamlı bulguları sakküler ve utrikuler plastisiteye dolayısıyla sinaptik plastisiteye bağlı olduğunu belirtmiştir (118).

Çalışmamızda amplitüd değerleri açısından SCUBA grubunda kontrol grubuna göre her iki kulakta da istatistiksel olarak anlamlı artışlar elde edilmiştir (Sağ kulak, P:0,0003, Sol kulak, P:0,0002). Literatürde özellikle uzaysal ortamda oluşan hipobarik durumlarda sakküler ve utrikuler makuladaki azalan sinaptik bulguların aksine hiperbarik ortamda sinaptik bulguların

artacağı ön görülmüştür. Elde ettiğimiz bulguların özellikle hiperbarik ortamda SCUBA dalgıçlarında gözlenen yüksek amplitüd cevaplarının nedeninin artan sakkülokolik refleksin dolayısıyla sakküler plastisiteye bağlı olabileceği düşünülmüştür. SCUBA dalgıçlarında oluşan vestibüler problemlerin bazılarının otolitik fonksiyonların yüksek basınca maruz kalmasından dolayı oluşabileceği düşünülmüştür.

Sonuç olarak çalışmamızda elde ettiğimiz bulgulara göre hiperbarik ortama maruz kalan SCUBA'ların cVEMP yanıtlarında P1-N1 amplitüdlerindeki artışın otoliter yapıların etkilenmesine bağlı olarak sakküler fonksiyonları etkileyebileceği ve bununla birlikte iç kulak barotravmasına bağlı olarak da normal işitme aralığında saf ses işitme eşiklerini değiştirebileceğini göstermiştir.

KAYNAKLAR

1. Scarpa A, Ralli M, De Luca P, Maria Gioachini F, Cavaliere M, Yenidem M. et al. Inner ear disorders in scuba divers: a review. J Int Adv Otol. 2021;17.260-64 doi:10.5152/iao.2021.8892
2. Abrahamova, D. Hlavacka, Age-related changes of human balance during quiet stance. Physiological Research. 2008;57:957. doi: 10.33549/physiolres.931238
3. Tiffany A Glazer, Steven A Telian. Otologic hazards related to scuba diving. 2016;8:140-44. doi: 10.1177/1941738116631524
4. Agrawal, Y, Bremova, T. Kremmyda, O, Strupp. Semicircular canal, saccular and utricular function in patients with bilateral vestibulopathy: analysis based on etiology. J Neurol M. 2013;260: 876–83. doi: 10.1007/s00415-012-6724-y
5. Bozkurt, M. Sivil havacılıkta görevli pilotların video head ımpulse test (vHİT) ve vestibüler evoked miyojenik potansiyeler (VEMP) ile değerlendirilmesi [Yüksek Lisans Tezi]. Ankara: Yıldırım Beyazıt Üniversitesi; 2019.
6. T. Murofushi, K. Kaga VEMP: fundamentals and clinical applications springer. 2016;43:367-76
7. Macambira YK Dos S, Carnaúba ATL, Fernandes LCBC, Bueno NB, Menezes P de L. Aging and wave-component latency delays in oVEMP and cVEMP: a systematic review with meta-analysis. Braz J Otorhinolaryngol. 2007;83:475-87. doi: 10.1016/j.bjorl.2016.12.006.
8. Raymond KA, Cooper JS. Scuba diving treasure island (FL): StatPearls; 2020.
9. Abramovich A, Yanir Y, Shupak A. Medical problems in scuba diving. Chest. 2001;120:1040. doi: 10.1378/chest.120.3.1040.
10. Roydhouse N. 1001 Ear, nose and sinus disorders in scuba divers. Can J Application Sports Science. 1985;10:99-103.
11. Strutz J. Otorhinolaryngological aspects of diving sports. HNO. 1993;41:401-11.
12. Livingstone DM, Smith KA, Lange B. Scuba diving and otology: a systematic review including recommendations for diagnosis, treatment and postoperative care. Diving Hyperb Med. 2017;47:97-109. doi: 10.28920/dhm47.2.97-109.

13. Lechner M, Sutton L, Fishman JM, Kaylie DM, Moon RE, Masterson L. et al. Otorhinolaryngology and diving- part 1: otolaryngological hazards associated with compressed gas scuba diving: a review. JAMA Otolaryngoly Head and Neck Surgery. 2018;144:252-58. doi: 10.1001/jamaoto.2017.2617.
14. In OJ, Brett K, Frank AJ. Ear barotrauma. Treasure Island (FL): StatPearls; 2020.
15. Azizi MH. Ear disorders in scuba divers. Int J Occup Environ Med. 2011;2:20-6.
16. Clenney TL, Lassen LF. Recreational scuba diving injuries. I am a Family Physician. 1996;53:1761-74.
17. Glazer TA, Telian SA. Otological hazards associated with scuba diving. Sports Health. 2016;8:140-4. doi: 10.1177/1941738116631524.
18. Parell GJ, Becker GD. Inner ear barotrauma in scuba divers: A long-term follow-up after continued diving. Arch Otolaryngol Head and Neck Surgery. 1993;119:455-7. doi: 10.1001/archotol.1993.01880160103016.
19. Shupak A. Recurrent diving-related inner ear barotrauma. Otology Neurotology. 2006;27:1193-6. doi: 10.1097/01.mao.0000231499.69404.22
20. Marchese-Ragona R, Marioni G, Ottaviano G, Gaio E, Staffieri C, Filippis de C. Pediatric sudden sensorineural hearing loss after diving. Auris Nasus Larynx. 2007;34:361-4. doi: 10.1016/j.anl.2006.11.004.
21. Boyd KL, Wray AA. Inner ear decompression disease. Treasure Island (FL): StatPearls; 2020.
22. Klingmann C. Inner ear decompression sickness in compressed air diving. Submarine Hyperb Med. 2012;39:589-94.
23. Rozycki SW, Brown MJ, Camacho M. Inner ear barotrauma in divers: an evidence-based tool for assessment and treatment. Diving Hyperb Med. 2018;48:186-93. doi: 10.28920/dhm48.3.186-193.
24. Klingmann C, Praetorius M, Baumann I, Plinkert PK, Barotrauma and decompression sickness of the inner ear: 46 cases during treatment and follow-up. Otology Neurotology. 2007;28:447-54. doi: 10.1097/MAO.0b013e318030d356.
25. Morvan JB, Gempp E, Rivière D, Louge P, Vallee N, Vardalle P. Perilymphatic fistula after scuba diving: a series of 11 cases. Diving Hyperb Med. 2016;46:72-5.

26. Nahum Z, Shupak A, Spitzer O, Sharoni Z, Doweck I, Gordon JR. Inner ear decompression sickness in sports compressed air diving. Laryngoscope. 2001;111:851-6. doi: 10.1097/00005537-200105000-00018.
27. Guenzani S, Mereu D, Messersmith M, Olivari D, Arena M, Spano A. Inner ear decompression sickness in nine trimix recreational divers. Diving Hyperb Med. 2016;46:111-6.
28. Mitchell SJ, Doolette DJ. Pathophysiology of inner ear decompression sickness: potential role of the persistent foramen ovale. Diving Hyperb Med. 2015;45:105-10.
29. Capuano L, Cavaliere M, Lopardo D, Parente G, Damiano A, Perone R. et al. Right-to-left shunt and idiopathic sudden sensorineural hearing loss. Acta Ear Nose Throat Italy. 2019;39:103-6. doi: 10.14639/0392-100X-1796.
30. Tremolizzo L, Malpieri M, Ferrarese C, Appollonio I. Inner ear decompression sickness: 'hubble-bubble' without brain trouble? Diving Hyperb Med. 2015;45:135-6.
31. Money KE, Buckingham IP, Calder IM, King JD, Jhonson WH, Landolt JP. et al. Damage to the middle ear and inner ear in underwater divers. Submarine Biomedical Res. 1985;12:77-84.
32. Honek J, Sramek M, Sefc L, Januska J, Fiedler J, Horvath M. et al. Effect of conservative diving profiles on the formation of venous and arterial bubbles in divers with patent foramen ovale: a pilot study. Int J Cardiol. 2014;176:1001-2. doi: 10.1016/j.ijcard.2014.04.218.
33. Francescon D, Cooper JS. Alternobaric vertigo. Treasure Island (FL): StatPearls; 2020.
34. Kitajima N, Sugita-Kitajima A, Kitajima S. Altered eustachian tube function in SCUBA divers with alternobaric vertigo. Otology Neurotology. 2014;35:850-6. doi: 10.1097/MAO.0000000000000329.
35. Klingmann C, Knauth M, Praetorius M, Plinkert PK, Alternobaric Vertigo- really a hazard? Otology Neurotology. 2006;27:1120-5. doi: 10.1097/01.mao.0000235373.78116.a8.
36. Uzun C, Yağız R, Taş A, Adalı MK, İnan N, Koten M. et al. Alternobaric vertigo and risk factors in SCUBA divers. J Laryngoly Oto. 2003;117:854–60. doi: 10.1258/002221503322542845.

37. Çiftçi JC. Diving injuries to the inner ear. Ann Otol Rhinol Laryngol Suppl. 1977;86:1–20. doi: 10.1177/00034894770861s201.
38. Molvaer OI, Albrektsen G. Alternobaric vertigo in professional divers. Submarine Biomedical Res. 1988;15:271–82.
39. Molvaer O. Vestibular problems in diving and space. Scan Audiol Attachment. 1991;34:163–70.
40. Velepic M, Bonifacic M, Manestar D, Velepic M, Bonifacic D. Cartilage palisade tympanoplasty and diving. Otology Neurotology. 2001;22:430-2. doi: 10.1097/00129492-200107000-00002.
41. Elliott EJ, Smart DR. Evaluation and management of inner ear barotrauma in divers and recommendations for return to diving. Diving Hyperb Med. 2014;44:208–22
42. Uzun C, Adalı MK, Taş A, Koten M, Karasalihoglu AR, Devren M. Use of the nine-step inflation/deflation test as an indicator of middle ear barotrauma in sport divers. Br J Audiol. 2000;34:153–63. doi: 10.3109/03005364000000125.
43. Uzun C, Adalı MK, Koten M, Yagiz R, Aydin S, Cakir B. et al. The relationship between mastoid pneumatization and middle ear barotrauma in divers. Laryngoscope. 2002;112:287–91. doi: 10.1097/00005537-200202000-00016.
44. Uzun C. Evaluation of pre-dive parameters related to eustachian tube dysfunction for symptomatic middle ear barotrauma in divers. Otology Neurotology. 2005;26:59–64. doi: 10.1097/00129492-200501000-00010.
45. Ranapurwala SI, Poole C, Marshall SW, Kucera KL, Denoble PJ, Wing S. Factors influencing adherence to predive checklists among recreational scuba divers. Submarine Hyperb Med. 2016;43:827–32.
46. Foster PP, Boriek AM, Butler BD, Gernhardt ML, Bové AA. Patent foramen ovale and paradoxical systemic embolism: a bibliographic review. Aviation Space Environment Med. 2003;74:1–64.
47. Ungar OJ, Cavel O, Yahav O, Tsur N, Handzel O. Outcome of balloon eustachian tuboplasty in SCUBA divers. Ear Nose Throat J. 2020. doi: 10.1177/0145561320933957.

48. Lafère P, Balestra C, Caers D, Germonpré P. Patent foramen ovale (PFO), personality traits and repetitive decompression sickness. Retrospective analysis of 209 cases. Pre-Psych. 2017; 8:1328. doi: 10.3389/fpsyg.2017.01328.
49. Germonpré P. Permanent (patented) foramen ovale (PFO): implications for safe diving. Diving Hyperb Med. 2015;45:73–4.
50. Klingmann C, Wallner F. Health aspects of diving in ENT medicine. Part II: diving sport. HNO. 2004;52:845-7,58-9. doi: 10.1007/s00106-004-1106-0.
51. House JW, Toh EH, Perez A. Diving after stapedectomy: clinical experience and recommendations. Otolaryngol Head and Neck Surgery. 2001;125:356–60. doi: 10.1067/mhn.2001.118183.
52. Antonelli PJ, Adamczyk M, Appleton CM, Parell GJ. Inner ear barotrauma after stapedectomy in the guinea pig. Laryngoscope. 1999;109:1991-5. doi: 10.1097/00005537-199912000-00018.
53. Hintze JM, Geyer L, Fitzgerald CW. Effect of repetitive hyperbaric exposure on cochlear implants during SCUBA diving. Laryngoscope. 2019;129:2760-4. doi: 10.1002/lary.27880.
54. Plishka CM. A clinician's guide to balance and dizziness: evaluation and treatment. SLACK Incorporated. 2015.
55. Üneri A. Dizziness nedir? İstanbul, Nobel Tıp Kitabevi, 2004.
56. Lysakowski A, Flint PW, Haughey BH, Lund VJ, Niparko JK, Richardson MA. et al. Anatomy of the vestibular system. Cummings Otololaryngology: Head & Neck Surgery. 2010:1850-965. doi: 10.1016/B978-0-323-05283-2.00131-2
57. Topuz B. Kulak: anatomi, fizyoloji, odioloji, semptomlar, muayene; Kulak-BurunBoğaz Hastalıkları Teşhis ve Tedavi. Denizli, Türker Ofset. 1997:7-12.
58. Kerber KA and Baloh RW. Dizziness, vertigo, and hearing loss. In: Bradley WG, Daroff RB, Fenichel GM, Jankovic J, editors. Neurology in Clinical Practice. 2008:237-49.
59. Akyıldız AN. Anatomy of the balance organ. Ear Diseases and Microsurgery, Ankara Bilimsel Tıp Yayınevi. 1998: 103-16.
60. Barrett KE, Barman SM, Boitano S, Brooks HL. Hearing & Equilibrium. Review of Medical Physiology. 2012.

61. 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;100:966-70. doi: 10.1177/000348949110001203.
62. Snell R. Clinical Anatomy. Lippincott Williams & Wilkins: USA. 2004:436-37.
63. 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. doi: 10.1111/j.1749-6632.1996.tb15688.x.
64. Aslan A. Ear anatomy. Koç C, Ed: Ear Nose Throat Diseases and Head and Neck Surgery, Ankara, Güneş Tıp Kitabevi. 2013;4:58-61.
65. Della Santina CC, Potyagaylo V, Migliaccio AA, Minor LB, Carey JP. Orientation of human semicircular canals measured by three-dimensional multiplanar CT reconstruction. Journal of the Association for Research in Otolaryngology. 2005;6:191-206. doi: 10.1007/s10162-005-0003-x.
66. Abbas PJ and Miller CA. Phsiology of the auditory vestibular system. In Bailey BJ, editor. Head&Neck Surgery-Otolaryngology. 2013:1441-61.
67. Akyıldız N. Ear diseases and microsurgery-I. Ankara, Bilimsel Tıp Yayınevi. 1998.
68. Hullar TE, Della Santina CC, Hirvonen T, Lasker DM, Carey JP, Minor LB. Responses of irregularly discharging chinchilla semicircular canal vestibular-nerve afferents during highfrequency head rotations. Journal of neurophysiology. 2005;93:2777-86. doi: 10.1152/jn.01002.2004.
69. Kingma H. Function tests of the otolith or statolith system. Curr Opin Neurol. 2006;19:21-5. doi: 10.1097/01.wco.0000199021.48538.d9.
70. Jones SM, Jones TA, Mills KN, Gaines GC. Anatomical and physiological considerations in vestibular dysfunction and compensation. Semin Hear. 2009;30:231-41. doi: 10.1055/s-0029-1241124
71. Zucca G, Valli S, Valli P, Perin P, Mira E. Why do benign paroxysmal positional vertigo episodes recover spontaneously. Journal of Vestibular Research. 1998;8:325-9.
72. Lawrence M, Paparella MM, Shumrick DA Gluckman JL, Meyerhof WL. Introductionto ınner ear (Fluid) physiology. Otolaryngology. 1991;1:199-217.

73. Barnes GR, Forbat LN. Cervical and vestibular afferent control of oculomotor response in man. Acta Otolaryngol.1979;8:79-87. doi: 10.3109/00016487909137143.
74. Barmack NH. Central vestibular system: vestibular nuclei and posterior cerebellum. Brain research bulletin. 2003;60:511-41 doi: 10.1016/s0361-9230(03)00055-8.
75. Güneri EA. BPPV: The most common cause of vertigo. Journal of Internal Medicine Forum. 2010;2:34-5.
76. Almaç A. Vestibular Refleks's, in Ankara Otorhinolarngology Society; Vertigo and its Treatment, Ankara. 1990:11-4.
77. Hall JE. Cortical and brain stem cntrol of motor function, in Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology. 2016:707-19.
78. Guyton AC, Hall JE. Cortical and brain stem control of motor function In: Guyton AC, Hall JE, editors. Textbook of Medical Physiology. Philadelphia, USA: Elsevier Saunders. 2006:685-97.
79. Dündar A. Introduction to the Ear; Embryology, Embryopathology, Clinical Anatomy and Basic Concepts. Afyon: Afyon Kocatepe üniversitesi, 2003.
80. Ardıç FN. Vertigo, 1st edition. Izmir, Güven Kitapevi. 2005.
81. Yüksel A, Gündüz M. Vestibular system anatomy and physiology, basic concepts and approaches in audiology, İstanbul, Nobel Tıp Kitabevi. 2015:87-94.
82. Colebatch JG, Halmagyi GM, Skuse NF. Myogenic potentials generated by a click-evoked vestibulocollic reflex. Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry. 1994;57:190-7. doi: 10.1136/jnnp.57.2.190.
83. Rosengren SM, Welgampola MS, Colebatch JG. Vestibular evoked myogenic potentials: Past, present and future. Clinical Neurophysiology Journal. 2010;121:636-51. doi: 10.1016/j.clinph.2009.10.016.
84. 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: 204-18. doi: 10.1111/j.1749-6632.1964.tb26749.x.
85. Weber K, Aw ST, Todd MJ, McGarvie LA, Curthoys IS, Halmagyi GM. Head impulse test in unilateral vestibular loss Vestibulo-ocular reflex and catch-up saccades. Neurology. 2008;70:454-63. doi: 10.1212/01.wnl.0000299117.48935.2e.

86. Bath AP, Harris N, Yardley MP. The vestibulo-collic reflex. Clin Otolaryngol Allied Sci. 1998;23:462-6. doi: 10.1046/j.1365-2273.1998.00192.x.
87. 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;18:1210-3. doi: 10.1002/mus.880181021.
88. Welgampola MS, Colebatch JG. Vestibulocollic reflexes: Normal values and the effect of age. Clinical Neurophysiology. 2001;112:1971-9. doi: 10.1016/s1388-2457(01)00645-9.
89. Basta D, Todt I, Ernst A. Characterization of age-related changes in vestibular evoked myogenic potentials. Journal of Vestibular Research. 2007;17:93-8.
90. Su HC, Hua Erbek S, Gokmen Z, Ozkiraz S, Erbek SS, Tarcan A. et al. Vestibular evoked myogenic potentials in preterm infants. Audiol Neurootol. 2009;14:1-6. doi: 10.1159/000148204.
91. Erbek S, Gokmen Z, Ozkiraz S, Erbek SS, Tarcan A, Ozluoglu LN. Vestibular evoked myogenic potentials in preterm infants. Audiology Neurootology. 2009;14:1-6.
92. Young YH, Chen CN, Hsieh WS, Wang SJ. Development of vestibular evoked myogenic potentials in early life. Eur J Paediatr Neurootology. 2009;13:235-9. doi: 10.1016/j.ejpn.2008.04.008.
93. 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;71:1181-5. doi: 10.1016/j.ijporl.2007.04.007.
94. Welgampola MS, Colebatch JG. Characteristics and clinical applications of vestibular-evoked myogenic potentials. Neurology. 2005;64:1682-8. doi: 10.1212/01.WNL.0000161876.20552.AA.
95. Bjork A, Kugelberg E. The electrical activity of the muscles of the eye and eyelids in various positions and during movement. Clin Neurophysiol. 1953;5:595-602. doi: 10.1016/0013-4694(53)90037-6.
96. 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;114:3264-72. doi: 10.1121/1.1628249.

97. Rosengren SM, McAngus Todd NP and Colebatch JG. Vestibularevoked extraocular potentials produced by stimulation with bone-conducted sound. Clinical Neurophysiology. 2005;116:1938-48. doi: 10.1016/j.clinph.2005.03.019.
98. Timothy C, Hain M.D. Ovemp methodology from Katner and Gurkov. 2012.
99. Manzari L, Burgess AM, Curthoys IS. Ocular and cervical vestibular evoked myogenic potentials in response to bone-conducted vibration in patients with probable inferior vestibular neuritis. The Journal of Laryngology and Otology. 2012;683-91 doi: 10.1017/S0022215112000692.
100. De Waele C, Huy PTB, Diard JP, Freyss G and Vidal PP. Saccular dysfunction in Meniere's disease. American Journal of Otolaryngology. 1999;20:223-32.
101. 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;1164:486-91. doi: 10.1111/j.1749-6632.2008.03730.x.
102. Çakır N. Otolaringoloji, Baş ve Boyun Cerrahisi. İstanbul, Nobel Tıp Kitapevleri. 1999.
103. Eggert T. Eye movement recordings: Dev Ophthalmol. 2007;40:15-34. doi: 10.1159/000100347.
104. Bajondas FJ, Kline BL. Nistagmus ve benzeri osilasyonlar. In: Atabay Ç, Kansu T. Nörooftalmoloji. Ankara, Hacettepe Üniversitesi Yayınları. 1993.
105. Richard V, Abadi PHD. Mechanisms underlying nystagmus. JR Soc Med. 2002;95:231-4. doi: 10.1177/014107680209500504.
106. American National Standards Institute. Methods for manual pure-tone threshold audiometry *ANSI 3.21*. New York. 2004. doi: 10.1097/AUD.0000000000000669.
107. Lalieu RC, Akkerman I, Am van Ooij PJ, Boresmo Woogd AA, van HULTS RA. Nutritional status of patients referred for hyperbaric oxygen treatment; a retrospective and descriptive cross-sectional study. Diving Hyperb Med. 2021;20;51:338-44. doi: 10.28920/dhm51.4.322-327.
108. Goplen FK, Grønning M, Irgens Å, Sundal E, Nordahl SHG. Vestibular symptoms and otoneurological findings in retired open water divers. Aviat Space Environ Med. 2007;78:414-9.

109. Macdiarmid JI, Ross JAS, Taylor CL, Watt SJ, Adie W, Osman LM. Univ of Aberdeen, Scotland. HSE Books. 2004.

110. Garrido Campos MA, Hindelang BA, De Carvalho DS, Urzua Finke I, Herrera R, Radon K. Hearing Prevalence and Risk Factors Loss in Chilean Shellfish Divers. Annals of Global Health. 2018;84:442–9. doi: 10.29024/aogh.2310.

111. Sen A, Al-Deleamy LS, Kendirli TM: Benign paroxysmal positional vertigo in an airline pilot. Aviat Space Environ Med. 2007;78:1060-3. doi: 10.3357/asem.2074.2007.

112. Lavon H, Tal D, Kaminski-Graif G, Hershkovits D, Shupak A. Vestibular evoked myogenic potentials and saccular plasticity in divers. Aviat Space Environ Med. 2010;81:103-6. doi: 10.3357/asem.2672.2010.

113. Özmen, Afşin Ö. ‘’Vestibüler uyarılmış miyojenik potansiyellerin (Vemp) ölçüm tekniğinin geliştirilmesi ve bursa yöresine ait normatif değerlerin belirlenmesi’’ [Doktora Tezi]. Bursa: T.C. Uludağ Üniversitesi;2014

114. Sharoni Z, Shupak A, Spitzer O, Nachum Z, Gadoth N. Vestibular findings in professional divers. Ann Otol Rhinol Laryngol. 2001;110:127-31. doi: 10.1177/000348940111000207.

115. Shambhu, T, Kumar, S.D. & Prabhu, P. Effect of practicing yoga on cervical vestibular evoked myogenic potential. Eur Arch Otorhinolaryngology. 274:3811–5 doi: 10.1007/s00405-017-4695-4.

116. Swathi VM, Sathish Kumar KN. Influence of dance training on sacculocollic pathway: vestibular evoked myogenic potentials (VEMP) as an objective tool‖. Journal of Evolution of Medical and Dental Sciences. 2013;40:7747-54. doi: 10.14260/jemds/1368

117. Sultemeier DR, Choy KR, Schweizer FE, Hoffman LF. Spaceflight-induced synaptic modifications within hair cells of the mammalian utricle. J Neurophysiol. 2017;117:2163-78. doi: 10.1152/jn.00240.2016.

118. Dr. Ross MD. Spaceflight study of synaptic plasticity in adult rat vestibular maculae. Acta Otolaringology Suppl. 1994;516:1-14.

EKLER

EK 1: Etik Kurul Onayı

TRAKYA ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ DEKANLIĞI
GİRİŞİMSEL OLMAYAN BİLİMSEL ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU Edirne, Türkiye

ARAŞTIRMA BAŞVURUSU ONAYIBAŞVURU BİLGİLERİ	PROTOKOL KODU	TÜTF-GOBAEK 2022/394	
	PROTOKOL ADI	Hiperbarik Ortamda iç Kulak Barotravmasına Bağlı Olarak Perifik Vestibüler Sistemin Değerlendirilmesi	
	SORUMLU ARAŞTIRICI ÜNVANI / ADI	Doç. Dr. Erdoğan BULUT	
	ARAŞTIRMA MERKEZİ		
	DESTEKLEYİCİ		
	ARAŞTIRMAYA KATILAN MERKEZLER	Tek Merkez Ulusal	Çok Merkez Uluslararası
KARAR BİLGİLERİ	**Karar No:25/08**		**Tarih:26.12.2022**
	Üniversitemiz Sağlık Bilimleri Fakültesi Öğretim Üyesi Doç. Dr. Erdoğan BULUT'un sorumluluğunda yapılması planlanan ve yukarıda başvuru bilgileri verilen Yüksek Lisans Öğrencisi Ömer BOZKURT'un tez çalışmasının araştırma başvuru dosyası ve ilgili belgeler araştırmanın gerekçe, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş; araştırmaya ilişkin giderlerin gönüllüye ve/veya bağlı bulunduğu sosyal güvenlik kurumuna ödetilmediği koşullarda ve veri toplanacak yerlerden gerekli izinler alındıktan sonra gerçekleştirilmesinde etik bilimsel standartlar açısından sakınca bulunmadığına mevcudun oy birliği ile karar verilmiştir		
ETİK KURUL BİLGİLERİ			
ÇALIŞMA ESASI	Helsinki Bildirgesi, İyi Klinik Uygulamalar Kılavuzu, TÜTF-GOBAEK Yönergesi		

ÜYELER

Ünvan/Ad/ Soyadı	Uzmanlık Dalı	Kurumu	Cinsiyeti	İlişki(*)	Katılım (**)	İmza
Dr. Öğr. Üyesi Fatma Gülsüm ÖNAL Başkan	Tıp Tarihi ve Etik	T.Ü.T.F. Tıp Tarihi ve Etik A.D.	K	E H	E H	
Prof. Dr. Hakan GÜRKAN Başkan Yardımcısı	Tıbbi Genetik	T.Ü.T.F. Tıbbi Genetik A.D.	E	E (H)	(E) H	
Doç. Dr. Selçuk KORKMAZ Üye	Biyoistatistik	T.Ü.T.F. BiyoistatistikA.D.	E	E H	E H	
Prof. Dr. Mehmet Erdal VARDAR Üye	Ruh Sağlığı ve Hastalıkları	T.Ü.T.F. Ruh Sağlığı ve Hastalıkları A.D.	E	E H	E H	
Prof. Dr. Hasan ÜMİT Üye	İç Hastalıkları	T.Ü.T.F. İç Hastalıkları A.D.	E	E H	E H	
Prof. Dr. Sernaz TOPALOĞLU Üye	İç Hastalıkları	T.Ü.T.F. İç Hastalıkları A.D.	K	E H	E H	
Doç. Dr. Sezgi SARIKAYA SOLAK Üye	Deri ve Zührevi Hastalıklar	T.Ü.T.F. Deri ve Zührevi Hastalıklar A.D.	K	E (H)	(E) H	
Doç. Dr. Oktay KAYA Üye	Fizyoloji	T.Ü.T.F. Fizyoloji A.D.	E	E H	E H	
Prof. Dr. Galip EKUKLU Üye	Halk Sağlığı	T.Ü.T.F. Halk Sağlığı A.D.	E	E H	E H	
Prof. Dr. Filiz TÜTÜNCÜLER KÖKENLİ Üye	Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları	T.Ü.T.F Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları A.D	K	E (H)	(E) H	
Öğr. Gör. Dr. Sinan ATEŞ Üye	Kadın Hastalıkları ve Doğum	T.Ü.T.F. Kadın Hastalıkları ve Doğum A.D.	E	E (H)	(E) H	
Prof. Dr. Sevtap HEKİMOĞLU ŞAHİN Üye	Anestezi ve Reanimasyon	T.Ü.T.F. Anestezi ve Reanimasyon A.D.	K	E (H)	(E) H	
Doç. Dr. Doğan ALBAYRAK Üye	Genel Cerrahi	T.Ü.T.F. Genel Cerrahi A.D.	E	E H	E H	
Doç. Dr. Burhan Can ÇANAKÇI Üye	Endodonti	T.Ü. Diş Hekimliği Fakültesi	E	E (H)	(E) H	
Doç. Dr. Hilal KEKLİCEK Üye	Protez-Ortez ve Biyomekani	T.Ü. Sağlık Bilimleri Fakültesi	K	E (H)	(E) H	
Avukat Emine NURLU Üye		T.Ü. Rektörlüğü	K	E H	E H	
Emekli Öğretmen Sinan SEÇKİN Üye	Emekli Öğretmen	Serbest Üye	E	E (H)	(E) H	

*Araştırma ile ilişki
**Toplantıda Bulunma

ÖZGEÇMİŞ

BENZERLİK RAPORU

Hiperbarik Ortamda İç Kulak Barotravmasına Bağlı Olarak Periferik Vestibüler Sistemin Değerlendirilmesi

ORİJİNALLİK RAPORU

%11	%8	%4	%5
BENZERLİK ENDEKSİ	İNTERNET KAYNAKLARI	YAYINLAR	ÖĞRENCİ ÖDEVLERİ

BİRİNCİL KAYNAKLAR

1	acikerisim.ybu.edu.tr:8080 İnternet Kaynağı	%2
2	acikerisim.baskent.edu.tr İnternet Kaynağı	%2
3	acikbilim.yok.gov.tr İnternet Kaynağı	%1
4	Submitted to Baskent University Öğrenci Ödevi	%1
5	www.journalagent.com İnternet Kaynağı	<%1
6	Çetinbağ, Özgenur. "Gürültülü Ortamlarda Çalışmaya Bağlı Işitme Kaybı Olan Hastalarda Odyo-Vestibüler Bulguların Değerlendirilmesi: Olgu Kontrol Çalışması", Dokuz Eylul Universitesi (Turkey), 2024 Yayın	<%1
7	Submitted to Hasan Kalyoncu Üniversitesi Öğrenci Ödevi	<%1