

**BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
KULAK BURUN BOĞAZ HASTALIKLARI ANABİLİM DALI  
ODYOLOĞİ DOKTORA PROGRAMI**

**AKUSTİK TRAVMALARDA VESTİBÜLER UYARILMIŞ  
MİYOJENİK POTANSİYELLER (VEMP)**

**HAZIRLAYAN**

**F.CEYDA AKIN ÖÇAL**

**DOKTORA TEZİ**

**ANKARA – 2022**

**BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
KULAK BURUN BOĞAZ HASTALIKLARI ANABİLİM DALI  
ODYOLOĞİ DOKTORA PROGRAMI**

**AKUSTİK TRAVMALARDA VESTİBÜLER UYARILMIŞ  
MİYOJENİK POTANSİYELLER (VEMP)**

**HAZIRLAYAN**

**F.CEYDA AKIN ÖÇAL**

**DOKTORA TEZİ**

**TEZ DANIŞMANI**

**PROF. DR. SELİM S. ERBEK**

**ANKARA - 2022**

**BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ**  
**SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Kulak Burun Boğaz Hastalıkları Anabilim Dalı Odyoloji Doktora Programı çerçevesinde F. Ceyda Akın Öçal tarafından hazırlanan bu çalışma, aşağıdaki jüri tarafından Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: ... / ... / 20..

**Tez Adı:** Akustik Travmalarda Vestibüler Uyarılmış Myojenik Potansiyeller (Vemp)

**Tez Jüri Üyeleri (Unvanı, Adı - Soyadı, Kurumu)**

**İmza**

**Asil Üyeler**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**ONAY**

Prof. Dr. F.Belgin ATAÇ

Enstitü Müdürü

Tarih: ... / ... / .....

**BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ**  
**SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**DOKTORA TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU**

Tarih: ... /... /2021

Öğrencinin Adı, Soyadı: F. Ceyda Akıl Öçal

Öğrencinin Numarası:

Anabilim Dalı: Kulak Burun Boğaz Hastalıkları

Programı: Kulak Burun Boğaz Hastalıkları Anabilim Dalı Doktora

Danışmanın Unvanı/Adı, Soyadı:

Tez Başlığı: Akustik Travmalarda Vestibüler Uyarılmış Myojenik Potansiyeller (Vemp)

Yukarıda başlığı belirtilen Doktora tez çalışmamın; Giriş, Ana Bölümler ve Sonuç Bölümünden oluşan, toplam .... sayfalık kısmına ilişkin, .../.../2021 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı %...'dır. Uygulanan filtrelemeler:

1. Kaynakça hariç
2. Alıntılar hariç
3. Beş (5) kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

“Başkent Üniversitesi Enstitüleri Tez Çalışması Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Usul ve Esaslarını” inceledim ve bu uygulama esaslarında belirtilen azami benzerlik oranlarına tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Öğrenci İmzası:

**ONAY**

Tarih: .../.../2021

Öğrenci Danışmanı

Unvan, Ad, Soyad, İmza:

## TEŞEKKÜR

Gerek yüksek lisans gerekse doktora eğitimim süresince bilgi ve deneyimlerinden yararlanma olanağı bulduğum Başkent Üniversitesi Kulak Burun Boğaz Anabilim Dalı BaŐkanı Prof. Dr. Levent N. Özlüoğlu'na,

Tezimin her aŐamasında bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, eğitimime yaptığı bilimsel katkılarına minnettar olduğum, bilimsel alanda bana yeni ufuklar aÇan, sabrını ve hoŐgörüsünü hiçbir zaman benden esirgemeyen tez danışmanım ve saygıdeğer hocam Prof. Dr. Selim S. Erbek'e,

Hem yüksek lisans hem de doktora eğitimime büyük katkısı olan, aynı zamanda tezimin her aŐamasında bilgi ve yardımları ile bana destek veren, bilimsel yönüyle bana ıŐık tutan değerli hocam Prof. Dr. Seyra Erbek'e,

Yollarımızın keŐiŐtiđi ve yeni dostluklar kurduğum dönem arkadaşlarıma,

Bu zorlu ve uzun eğitimim süresince eğitimime ve yaŐamıma olan tüm katkıları, sabrı ve sevgisinden dolayı eŐime, oğluma ve yaŐamımın yön bulmasında sonsuz emekleri olan annem, babam ve kardeŐime teşekkür ederim.

F. Ceyda Akın ÖÇal

## ÖZET

### **F. Ceyda Akın Öçal. Akustik Travmalarda Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyeller (VEMP). Başkent Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Kulak Burun Boğaz Anabilim Dalı, Odyoloji Doktora Programı, 2022**

Bu çalışmanın amacı Türk Silahlı Kuvvetleri'nde görevi esnasında patlamaya maruz kalan, beraberinde sensorinöral işitme kaybı gelişmiş olan hastalarda geç dönemde baş dönmesinin servikal ve oküler vestibüler uyarılmış miyojenik potansiyeller (cVEMP, oVEMP) ve Baş Dönmesi Engellilik Envanteri (BEE) ile değerlendirilmesidir. Çalışmaya 22 sağlıklı erişkin gönüllü (44 sağlıklı kulak) ve blast travma geçirmiş 25 askeri personel (43 hasta kulak) hasta grubu olarak dahil edilmiştir. Kontrol ve hasta grubuna hem 500 Hz Tone-Burst (TB) hem 500 Hz Narrow Band (NB) Level Specific (LS) CE-Chirp uyarın ile cVEMP ve oVEMP testleri yapılmıştır. Hasta grubuna ayrıca Baş Dönmesi Engellilik Envanteri (BEE) doldurtulmuştur. 44 sağlam kulağın hepsinden hem TB hem de NB LS CE-Chirp uyarın ile cVEMP ve oVEMP yanıtları alınmıştır. Kontrol grubunda cVEMP ve oVEMP testinde P1 ve N1 latansı NB LS CE-chirp uyarın kullanıldığında, TB uyarana göre istatistiksel olarak anlamlı kısa izlenmiştir. P1N1 amplitüdü NB LS CE-chirp uyarın kullanıldığında, TB uyarana göre istatistiksel olarak anlamlı büyük izlenmiştir. Ayrıca hem cVEMP hem oVEMP'de NB LS CE-chirp uyaranda, TB uyarana göre istatistiksel olarak anlamlı düşük eşik izlenmiştir. Hasta grubun Baş Dönmesi Engellilik Envanteri (BEE) ortalaması  $14.80 \pm 23.38$  (0-88.00) bulunmuştur. Hasta grubunda etkilenen 43 kulağın 3'ünde hem NB LS CE-Chirp uyarınla hem de TB uyarınla cVEMP yanıtı alınmamıştır. 43 kulağın 38'inde TB uyarın ile oVEMP yanıtı alınırken, 40'ında NB LS CE-Chirp uyarın ile oVEMP yanıtı alınmıştır. TB ve NB LS CE-chirp uyarın ile yapılan cVEMP ve oVEMP testlerinde kontrol ve hasta grubu arasında P1 latans, N1 latans ve P1N1 amplitüd açısından istatistiksel olarak anlamlı fark izlenmemiştir.

Sonuç olarak blast travma sonrası geç dönemde otolit organların fonksiyonlarının etkilenmediği görülmüştür.

**Anahtar kelimeler:** blast, servikal vestibüler uyarılmış miyojenik potansiyeller (cVEMP), oküler vestibüler uyarılmış miyojenik potansiyeller (oVEMP), tone-burst, chirp

Bu tez çalışması, Başkent Üniversitesi Tıp ve Sağlık Bilimleri Araştırma Kurulu (Proje no:KA20/41) ve Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu (12/02/2020 tarih ve 20/22 sayılı karar) onayı ile gerçekleştirilmiştir.

## ABSTRACT

**F. Ceyda Akın Öçal. Vestibular Evoked Myogenic Potentials (VEMP) in acoustic traumas. Baskent University Institute of Health Sciences Department of Otorhinolaryngology, PhD Program in Audiology, 2022**

In this study, the presence of dizziness in the late period was investigated in patients working in the Turkish Armed Forces who exposed to blast trauma with a test battery consisting of cervical and ocular vestibular evoked myogenic potentials (cVEMP and oVEMP) and dizziness handicap inventory (DHI). Twenty-two healthy adult volunteers (44 healthy ears) and 25 military personnel (43 patient ears) who had blast trauma were included in the study. The cVEMP and oVEMP tests with both 500 Hz tone burst (TB) and 500 Hz Narrow Band (NB) Level Specific (LS) CE-Chirp stimuli were applied to the control and patient groups. The patient group also filled in the Dizziness Handicap Inventory (DHI). cVEMPs and oVEMPs were obtained in all 44 healthy ears in response to both TB and NB LS CE-chirp stimuli. In control group P1 and N1 latencies were significantly shorter in NB LS CE-chirp stimulus than in TB stimulus in cVEMP and oVEMP tests. When the NB LS CE-chirp stimulus was used, the P1N1 amplitude was statistically significantly larger than TB stimulus. In addition, a statistically significant lower threshold was observed in both cVEMP and oVEMP tests in NB LS CE-chirp stimulus compared to TB stimulus. The mean score of the Dizziness Handicap Inventory (DHI) of the patient group was  $14.80 \pm 23.38$  (0-88.00). In the patient group, cVEMP responses were not obtained in 3 of 43 affected ears in response to both TB and NB LS CE-chirp stimuli. While TB oVEMP response was obtained in 38 of 43 ears, NB LS CE-Chirp oVEMP response was obtained in 40 ears. In cVEMP and oVEMP tests there was no significant difference in comparison of P1 latency, N1 latency and P1N1 amplitude between control and patient groups for both TB stimulus and NB LS CE-chirp stimulus.

As a result, it was observed that the functions of otolith organs were not affected in the late period after blast trauma.

**Keywords:** blast, cervical vestibular evoked myogenic potentials (cVEMP), ocular vestibular evoked myogenic potentials (oVEMP), tone-burst, chirp

This thesis was carried out with the approval of Başkent University Medicine and Health Sciences Research Council (Project no: KA20/41) and Non-Interventional Clinical Research Ethics Committee (Decision no:20/22 and dated 12/02/2020).

# İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
ÖZET .....	ii
ABSTRACT .....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
TABLolar LİSTESİ.....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ .....	x
1. GİRİŞ.....	1
2.GENEL BİLGİLER .....	3
2.1. Vestibüler Sistem Anatomi ve Fizyolojisi .....	3
2.1.1. Kemik ve membranöz labirent.....	3
2.1.2. Tüylü hücreler .....	4
2.1.3. Utrikül ve sakkül .....	7
2.1.4. Duktus semisirkularis (Semisirküler kanallar) .....	8
2.1.5. Vestibüler ganglion .....	10
2.1.6. Vestibüler sinir .....	11
2.1.7. Vestibüler nükleer kompleks.....	11
2.1.8. Vestibüloserebellum .....	12
2.1.9. Yüksek seviye kortikal alanlar .....	13
2.1.10. Vestibülo-oküler refleks (VOR) .....	14
2.2. Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyeller (VEMP).....	16
2.2.1. Servikal vestibüler uyarılmış miyojenik potansiyel (c-VEMP).....	17
2.2.2. Oküler vestibüler uyarılmış miyojenik potansiyel (o-VEMP) .....	17
2.2.3. Değerlendirme parametreleri.....	18
2.3. Blast travmanın otolojik etkileri .....	18
3. GEREÇ VE YÖNTEM .....	20
3.1. Saf Ses Odyometri (SSO) .....	21
3.2. Baş Dönmesi Engellilik Envanteri (BEE-Dizziness Handicap Inventory) .....	21
3.3. Servikal Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyel (cVEMP) kaydı.....	21
3.4. Oküler Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyel (oVEMP) kaydı .....	23
3.5. İstatistiksel Değerlendirme .....	24



<b>4.BULGULAR .....</b>	<b>26</b>
<b>4.1. Kontrol grubu bulguları.....</b>	<b>26</b>
<b>4.2. Hasta grubu bulguları .....</b>	<b>30</b>
<b>4.3. Hasta ve kontrol gruplarının karşılaştırılması .....</b>	<b>35</b>
<b>4.3.1. Hasta ve kontrol gruplarının cVEMP yanıtlarının karşılaştırılması .....</b>	<b>35</b>
<b>4.4. Hasta grubunun etkilenen ve etkilenmeyen kulaklarının karşılaştırılması .....</b>	<b>44</b>
<b>4.4.1. Hasta grubunun etkilenen ve etkilenmeyen kulaklarının cVEMP yanıtlarının karşılaştırılması .....</b>	<b>44</b>
<b>4.4.2. Hasta grubunun etkilenen ve etkilenmeyen kulaklarının oVEMP yanıtlarının karşılaştırılması .....</b>	<b>46</b>
<b>5. TARTIŞMA.....</b>	<b>49</b>
<b>6. SONUÇ VE ÖNERİLER .....</b>	<b>62</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>65</b>
<b>EKLER</b>	
<b>EK 1: Baş Dönmesi Engellilik Envanteri</b>	
<b>EK 2: Aydınlatılmış Onam Formu</b>	

## TABLULAR LİSTESİ

	<b>Sayfa</b>
Tablo 4.1. Sağlıklı 44 kulağın uyaran tipine göre cVEMP sonuçları.....	27
Tablo 4.2. Sağlıklı 44 kulağın uyaran tipine göre oVEMP sonuçları.....	29
Tablo 4.3. Hasta grubunda etkilenen kulakların işitme eşikleri .....	30
Tablo 4.4. Blast travmadan etkilenen 43 kulağın alçak frekanslardaki (250-500 Hz), orta frekanslardaki (1000-2000 Hz) ve yüksek frekanslardaki (4000-6000-8000 Hz) işitme eşikleri .....	32
Tablo 4.5. Hasta grubun etkilenen ve etkilenmeyen kulaklarının SSO, 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz, 6000 Hz ve 8000 Hz frekanslarında işitme eşiklerinin karşılaştırılması.....	33
Tablo 4.6. Hasta grubunun etkilenen ve etkilenmeyen kulaklarının alçak frekanslardaki (250-500 Hz), orta frekanslardaki (1000-2000 Hz) ve yüksek frekanslardaki (4000-6000-8000 Hz) işitme eşiklerinin karşılaştırılması .....	34
Tablo 4.7. Hasta ve kontrol grubu arasında 500 Hz TB cVEMP P1 latans, N1 latans ve P1N1 amplitüd karşılaştırması.....	37
Tablo 4.8. Hasta ve kontrol grubu arasında 500 Hz NB LS CE-chirp cVEMP P1 latans, N1 latans ve P1N1 amplitüd karşılaştırması.. .....	39
Tablo 4.9. Hasta ve kontrol grubu arasında 500 Hz TB oVEMP P1 latans, N1 latans ve P1N1 amplitüd karşılaştırması.....	41
Tablo 4.10. Hasta ve kontrol grubu arasında 500 Hz NB LS CE-chirp oVEMP P1 latans, N1 latans ve P1N1 amplitüd karşılaştırması.. .....	43
Tablo 4.11. 43 etkilenen kulağın cVEMP yanıtı alınan 40'ı ve 7 etkilenmeyen kulağın 500 Hz TB uyaranla cVEMP yanıtlarının karşılaştırılması .....	44

Tablo 4.12. 43 etkilenen kulağın cVEMP yanıtı alınan 40'ı ve 7 etkilenmeyen kulağın 500 Hz NB LS CE-chirp uyararla cVEMP yanıtlarının karşılaştırılması.....	45
Tablo 4.13. 43 etkilenen kulağın 500 Hz TB uyararı ile oVEMP yanıtı alınan 38'i ve etkilenmeyen 7 kulağın yanıt alınan 6'sının oVEMP yanıtlarının karşılaştırılması.....	46
Tablo 4.14. 43 etkilenen kulağın 500 Hz NB LS CE-chirp uyararı ile oVEMP yanıtı alınan 40'i ve etkilenmeyen 7 kulağın yanıt alınan 6 'sının oVEMP yanıtlarının karşılaştırılması .....	47

## ŞEKİLLER LİSTESİ

	<b>Sayfa</b>
Şekil 2.1. Kemik ve membranöz labirent .....	4
Şekil 2.2. Vestibüler sistem yapıları.....	5
Şekil 2.3. Uyarılma ile tüy hücrelerindeki stereosilyalarda eğilme sonucunda tüy hücrelerinden nörotransmitter salınımı artar. Bu durum afferent sinir lifleri üzerinde eksitasyon yaratır. Stereosilyaların kinosilyuma doğru bükülmesi kanalların açılmasına ve hücrenin depolarizasyonuna, kinosilyumdan uzaklaşmaları ise kanalların kapanarak hücrenin hiperpolarizasyonuna yol açar .....	6
Şekil 2.4. Vestibüler tüylü hücrelerin yapısı .....	7
Şekil 2.5. Utrikül ve sakkül .....	8
Şekil 2.6. Semisirküler kanalların yerleşimi.....	9
Şekil 2.7. Semisirküler kanal ampullası .....	10
Şekil 2.8. Santral vestibüler yolağın şematizasyonu .....	13
Şekil 2.9. VOR arkı .....	15
Şekil 2.10. Blast dalgasının basınç profili (Friedlander eğrisi).....	18
Şekil 3.1. cVEMP testinde elektrod ve kulaklıkların yerleşimi .....	23
Şekil 3.2. oVEMP testinde elektrod ve kulaklıkların yerleşimi .....	24
Şekil 4.1. Kontrol grubu 500 Hz TB (üstte) ve 500 Hz NB LS CE-Chirp (altta) uyarı ile alınan cVEMP örneği .....	26
Şekil 4.2. Kontrol grubu 500 Hz TB (üstte) ve 500 Hz NB LS CE-Chirp (altta) uyarı ile alınan oVEMP örneği.....	28
Şekil 4.3. Hasta grubunun SSO (500-1000-2000-4000 Hz ortalaması), 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz, 6000 Hz ve 8000 Hz frekanslarındaki işitme eşikleri ortalaması..	31

Şekil 4.4. Hasta (üstte) ve kontrol (altta) grubunun 500 Hz TB uyaran ile alınan cVEMP örneği.....	36
Şekil 4.5. Hasta (üstte) ve kontrol (altta) grubunun 500 Hz NB LS CE-chirp uyaran ile alınan cVEMP örneği.....	38
Şekil 4.6. Hasta (üstte) ve kontrol (altta) grubunun 500 Hz TB uyaran ile alınan oVEMP örneği.....	40
Şekil 4.7. Hasta (üstte) ve kontrol (altta) grubunun 500 Hz NB LS CE-chirp uyaran ile alınan oVEMP örneği.....	42

## SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

ABR	auditory brainstem response
BEE	baş dönmesi engellilik envanteri
BM	baziler membran
BPPV	benign paroksizmal pozisyonel vertigo
CE	Claus Elberling
cVEMP	servikal vestibüler uyarılmış miyojenik potansiyeller
DDP	düşük dereceli patlayıcılar
EMG	elektromiyografi
EYP	el yapımı patlayıcı
İTİK	iletim tipi işitme kaybı
KZ	kemikçik zincir
LS	level specific
NB	narrow band
oVEMP	oküler vestibüler uyarılmış miyojenik potansiyeller
PIVC	parietoinsular vestibüler korteks
RMS	rectified muscle signal
SSK	semisirküler kanallar
SKM	sternokleidomastoid
SNIK	sensorinöral işitme kaybı
SSO	saf ses ortalaması
TB	tone-burst
TM	timpanik membran
VOR	vestibülo-oküler refleks
VSR	vestibülo-spinal refleks
YDP	yüksek dereceli patlayıcılar

# 1. GİRİŞ

Primer blast yaralanmaları, şok dalgasının vücut yüzeyine etkisinden kaynaklanır ve genellikle akciğerler, beyin ve kulaklar gibi hava ve sıvı dolu organları etkiler.

Primer blast yaralanmaları tipik olarak işitsel sistemi etkiler. Genel olarak blast etkisiyle olan yüksek basınç iletim, sensorinöral veya mikst tipte olabilecek işitme kayıplarını tetikleyebilir. Literatürde blast travmanın işitsel sistem üzerine etkilerine baktığımızda hastaların yaklaşık %60'ında herhangi bir tipte ve seviyede işitme kaybı mevcuttur (1). İşitme kayıpları hafif dereceden çok ileri dereceye kadar değişebilir. Blast etki dış kulağı etkileyebildiği gibi orta kulakta çeşitli boyutlarda timpanik membran perforasyonları, kemikçik zincir (KZ) kopuklukları ve fraktürleri oluşturabilir (2,3). Kokleada ise, blast etkiyle baziler membran (BM), üzerine uygulanan aşırı kuvvet nedeniyle mekanik olarak hasar görür. Bu da BM üzerindeki destek hücrelerinin iç ve dış tüy hücrelerinden ayrılmasına yol açabilir. Ayrıca retiküler laminanın sıkı hücre bağlantılarının bütünlüğünde değişikliklere, membran geçirgenliğinde değişikliklere veya retiküler laminada, koklear sıvıların iyonik ortamında değişikliklere neden olan perilenf ve endolenfin karışmasını sağlayan rüptürlere neden olabilir. Tüy hücrelerinin kaybı da patlama tarafından indüklenebilir. Dış tüylü hücreler, iç tüylü hücrelerden daha fazla hasar görmüştür. Kokleadaki bu hasarlar, bazal kısımda (yüksek frekanslarda) apikal kısımdan daha belirgindir (3,4). Yuvarlak penceredeki rüptürden kaynaklanan perilenf fistülü de gözlenebilir.

Otolit organlar, lineer akselerasyon ve yerçekimindeki değişikliklerle ilgili duyuşal input sağlayarak postural stabiliteye katkıda bulunan utrikül ve sakkülden oluşur. Sakkül vertikal düzlemde lineer akselerasyonu algılar. Buna karşılık, utrikül yatay olarak konumlandırılmıştır ve lateral düzlemde lineer akselerasyonu algılar. Son yıllarda otolit fonksiyonunu ölçmek için geliştirilen testler önem kazanmıştır. Servikal vestibüler uyarılmış miyojenik potansiyeller (cVEMP), sakküler ve/veya inferior vestibüler sinir fonksiyonunun, oküler vestibüler uyarılmış miyojenik potansiyeller (oVEMP) ise superior vestibüler sinir yoluyla utrikülden gelen vestibüler cevabı ölçer.

Blast travma kokleayı etkilemesinin yanında yakın anatomik komşuluk nedeniyle vestibüler sistemi de etkiler. Özellikle stapese yakınlıkları nedeniyle sakkül ve utrikülde etkilenme olabileceği düşünülmüştür. Literatürde blast sonrası sakkülde ve utrikülde oluşan hasar histolojik olarak gösterilmiştir (5,6). Ancak bunun klinikte hastalarda subjektif şikayet oluşturması ve objektif testlerde gözlenmesi ile ilgili literatürde çelişkili yayınlar mevcuttur. Bu çalışmanın amacı Türk Silahlı Kuvvetleri'nde görev yapan ve görev esnasında patlamaya maruz kalan beraberinde sensorinöral işitme kaybı gelişmiş olan hastalarda geç dönemde baş dönmesinin subjektif ve objektif olarak anketler ve elektrofizyolojik testlerle değerlendirilmesidir.

H0: Blast travma sonrası geç dönemde otolit organların fonksiyonu bozulmamıştır.

H1: Blast travma sonrası geç dönemde otolit organların fonksiyonu bozulmuştur.



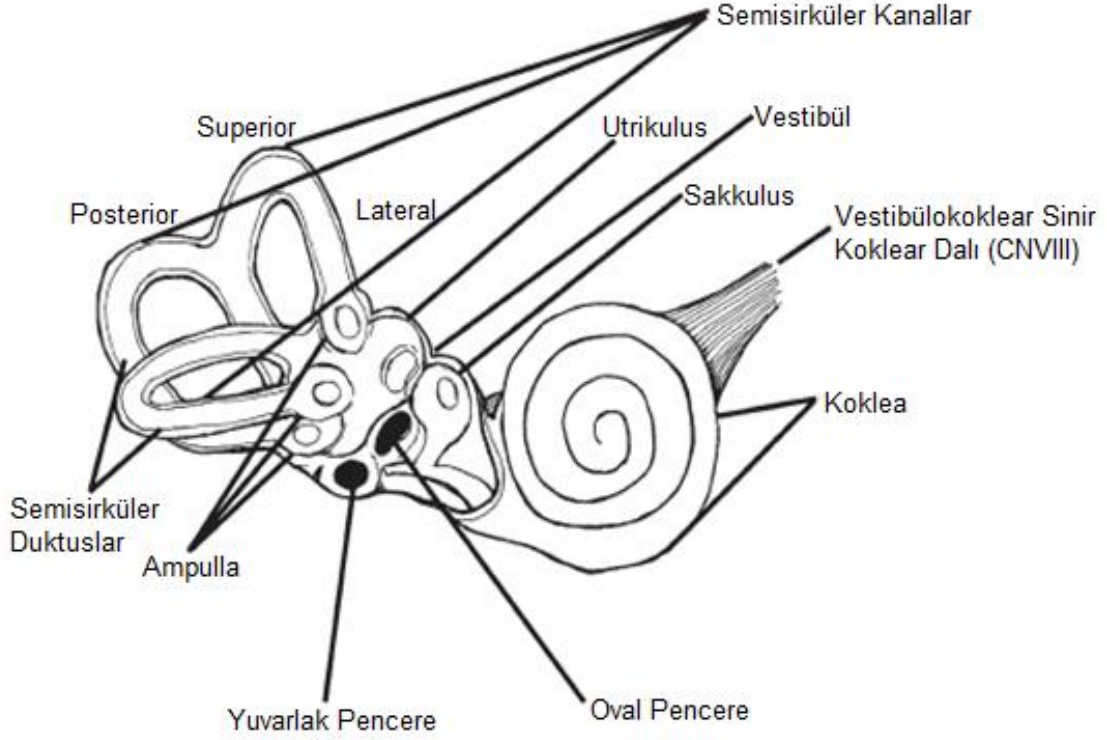
## **2.GENEL BİLGİLER**

### **2.1. Vestibüler Sistem Anatomi ve Fizyolojisi**

Vestibüler sistem, periferik vestibüler organ, oküler sistem, postural kaslar, beyin sapı, serebellum ve korteks arasındaki iletişimi içeren karmaşık bir duyuşsal organizasyondur. Vestibüler sistem baş hareketini ve vücuttaki yerçekimi kuvvetini algılar. Bu bilgi beyindeki vestibüler merkezler tarafından işlenir ve vücudun hareket sırasında dengeyi ve uygun uzaysal oryantasyonu sürdürebilmesini ve hareket sırasında görsel görüntülerin doğru işlenmesini sağlar (7).

#### **2.1.1. Kemik ve membranöz labirent**

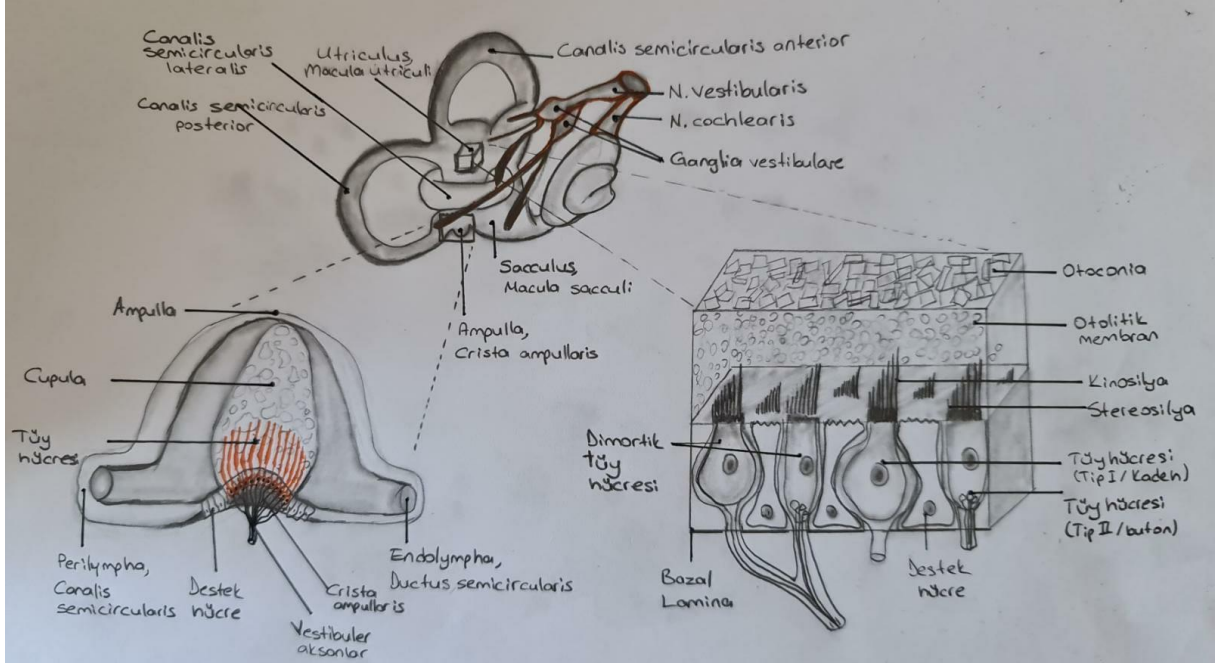
Periferik vestibüler sistem iç kulakta bulunur ve kemik ve membranöz labirentten oluşur (Şekil 2.1.). Bu sistem, temporal kemiğin petröz kısmındaki otik kapsülde bulunur. Kemik labirent koklea, vestibül ve semisirküler kanallardan oluşur. Koklea, işitmeyi sağlayan Corti Organını içeren salyangoz şeklinde bir yapıdır. Kemik labirent yapıları, perilemf olarak bilinen beyin omurilik sıvısı ile benzer bir sıvı ile doludur. Bu sıvı perilemfatik kanal tarafından komşu subaraknoid boşluğa boşaltılır. Membranöz labirent, sensör epitelyumu ve vestibüler organ yapılarını barındırır. Endolenf, membranöz labirent içinde yer alır ve bileşim olarak hücre içi sıvıya benzer. Bu sıvı, koklea'daki stria vaskularis ile vestibüler labirentteki sekretuar hücreler tarafından üretilir ve endolenfatik kese tarafından emilir (8,9). Vestibüler aparat utrikül, sakkül, lateral, superior (anterior) ve posterior semisirküler kanallar olmak üzere 5 organdan oluşur.. Utrikül ve sakkül vestibülde bulunur. Semisirküler duktuslar kemik semisirküler kanallarda bulunur. Otolit organlar olarak bilinen utrikül ve sakkül öne ve arkaya hızlanma veya yerçekimi etkisi gibi doğrusal (lineer) ivmelenmeyi algılarken, duktus semisirkülerler açısız ivmelenmeleri ve dönme hareketlerini algılar (10,11).



**Şekil 2.1.** Kemik ve membranöz labirent (7)

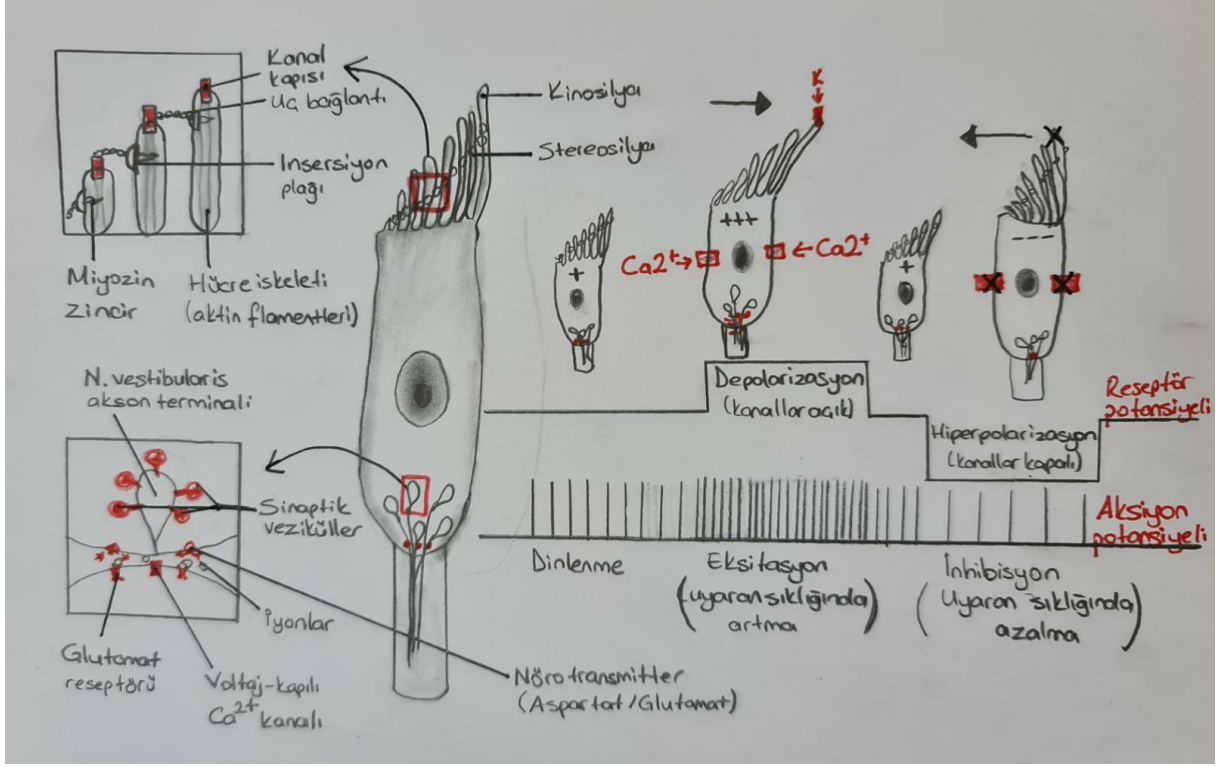
### 2.1.2. Tüylü hücreler

Vestibüler sistemde iki tip sensör hücre vardır: makula ve crista ampullaris. Semisirküler kanallarda bulunan özelleşmiş vestibüler sensör epiteline krista (crista) ampullaris; sakkül ve utrikülde bulunanlara ise maküla (macula) adı verilir. Her iki yapı da tüy hücreleri adı verilen çubuk şeklinde sensör mekanoreseptörler içerir. Bu reseptör hücreler, bir nöroepitelyum zarına gömülüdür. Tüylü hücrenin temel yapısını, tek bir büyük kinosilyum ve apikal ucunda yaklaşık 70-100 stereosilia oluşturur. Stereosilia, kinosilyuma en yakın olan en uzun ve kinosilyumdan en uzak olan en kısa olacak şekilde sıralanır. Kinosilyum gerçek bir siliaya benzer ancak hareketsizdir ve 9 + 2 mikrotübül ikili düzenine sahiptir (9 çift ile çevrili merkezi bir çift). Aksine, stereosilya ise, çeşitli miyozin izoformları ile kaplanmış aktin bakımından zengin birbirine paralel filamentlerden oluşur (12)(Şekil 2.2).



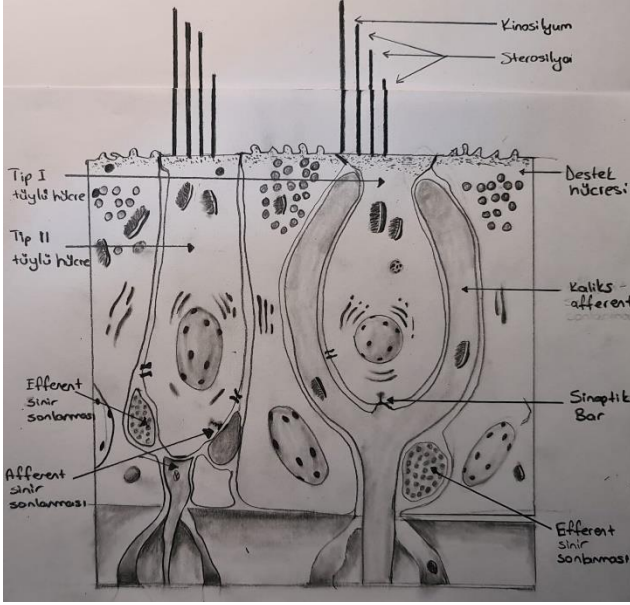
**Şekil 2.2.** Vestibüler sistem yapıları (crista ve makula)

Kısa stereosilyaların uçları bitişiğinde yer alan daha uzun stereosilyaların gövdesine bağlıdır. Baş hareketi, stereosilyaların kinosilyuma doğru eğilmesiyle sonuçlandığında, hücre içine  $K^+$  akışıyla sonuçlanan transdüksiyon kanallarının mekanik olarak açılmasına neden olur. Bu, tüylü hücrenin depolarizasyonu ile sonuçlanır ve tüylü hücrenin tabanında  $Ca^{++}$  kanallarını açar.  $Ca^{++}$  içeri akışı, ateşleme hızını artırarak afferent vestibüler sinir liflerini uyarır. Stereosilyaların kinosilyumdan uzağa bükülmesi kanalın mekanik olarak kapanmasına neden olur. Bu da,  $Ca^{++}$  kanallarını kapatan ve nörotransmitter salınımını azaltan tüylü hücrelerin hiperpolarizasyonuna neden olur, vestibüler sinir liflerinin ateşleme hızını azaltır (13). (Şekil 2.3.)



**Şekil 2.3.** Uyarılma ile tüy hücrelerindeki stereosilyalarda eğilme sonucunda tüy hücrelerinden nörotransmitter salınımı artar. Bu durum afferent sinir lifleri üzerinde eksitasyon yaratır. Stereosilyaların kinosilyuma doğru bükülmesi kanalların açılmasına ve hücrenin depolarizasyonuna, kinosilyumdan uzaklaşmaları ise kanalların kapanarak hücrenin hiperpolarizasyonuna yol açar (12).

İki tip tüylü hücre vardır. Tip I hücreler kadeh şeklinde olup, afferent sinir lifleri ile geniş çanak şeklinde bağlantısı bulunur. Tüylü hücrelerin çoğunluğu Tip II yapıya sahiptir. Bunlar, afferent sinir liflerine ile düğme şeklinde bağlantıları olan kolumnar hücrelerdir. Tip I tüylü hücreler, istirahat deşarjının yüksek değişkenliği olan düzensiz afferentlerle ilişkilidir. Tip II tüylü hücreler ise genellikle düzenli afferentler üzerinde sinaps yapar ve düşük değişkenlikli istirahat deşarjına sahiptirler. Her iki tüylü hücre tipi de duyarlılıklarını modüle eden vestibüler çekirdeklerden gelen efferent bağlantılara sahiptir (Şekil 2.4.)



**Şekil 2.4.** Vestibüler tüylü hücrelerin yapısı (14 nolu makaleden esinlenilmiş ve çizilmiştir)

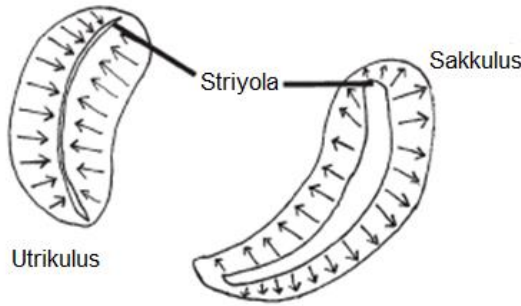
### 2.1.3. Utrikül ve sakkül

Utrikül ve sakkül, başın uzaydaki yönünü algılayan statik labirent yapılarıdır. Lineer akselerasyon, yerçekimi kuvvetlerine ve başın eğilmesine tepki verirler. Her biri makula adı verilen duyuşal bir nöroepitelyum içerir. Utrikül makulası horizontal düzlemde hareketi algılamakta, sakkül makulası vertikal düzlemde hareketi algılar.

Makula otolit veya otokonion adı verilen küçük kalsiyum karbonat partikülleri, jelatinöz bir membran ve bu membran içine stereosilya ve kinosilyumları gömülü vestibüler tüylü hücrelerinden oluşur. Otolitler endolenfite daha yoğun olduklarından, kafa sabitken tüylü hücrelerin stereosilyaları yer değiştirebilir. Baş dik bir pozisyonda iken makula utrikuli yatay (horizontal), makula sakkuli ise dikey (sagittal) düzlemedir.

Makuladaki stereosilyalar, striola adı verilen eğrisel bir çizgiye göre yönlendirilir. Bu çizgi utrikülde inceltme ve sakkülde kalınlaşma alanıdır. Tüylü hücrelerin kinosilyumları ve stereosilyaları, utrikülde striolaya doğru ve sakkülde strioladan uzağa yönlendirilir. Tüylü hücrelerin farklı yönlerdeki bu dağılımı, başın eğilme derecesine bağlı olarak farklı tüylü hücrelerin uyarıldığı anlamına gelir. Hareket, bir grup tüylü hücreyi uyarırken başka bir grubu inhibe eder ve başka bir grup tüylü hücre üzerinde hiçbir etkisi olmaz. Bu karmaşık

yanıt örüntüsü, başın konumuyla ilgili doğru bilgileri merkezi sinir sistemine iletmek açısından kritik öneme sahiptir (Şekil 2.5.).



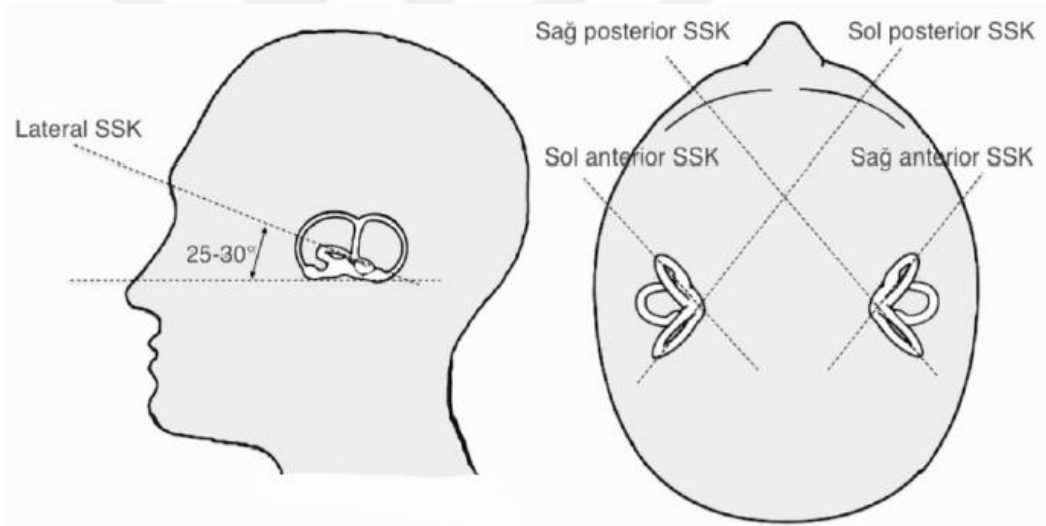
**Şekil 2.5.** Utrikül ve sakkül

Makulanın bir diğer önemli fizyolojik özelliği de adaptasyondur. Baş eğme uyarısı birkaç saniyeden fazla sürdüğünde, bükülmüş tüylü hücreler ve depolarize membran potansiyelleri normale dönmeye başlar. Bu da, tüylü hücrelerin daha fazla pozisyon değişikliğine yanıt vermesini sağlar.

#### **2.1.4. Duktus semisirkularis (Semisirküler kanallar)**

Semisirküler duktuslar, kemik semisirküler kanallar (SSK) ile aynı temel yapıya sahiptir. Başın açısal akselerasyonunu veya rotasyonunu algılayan ve birbirine dik açılarda yönlendirilen kinetik labirenti oluştururlar. Superior (anterior) ve posterior duktuslar sagittal düzleme 45 derecelik bir açıyla, lateral (horizontal) duktuslar ise aksiyal düzlemde 30 derecelik bir açıyla hizalanır. Semisirküler kanalların üçü de birbirlerine yaklaşık olarak dik açılarla yerleşmişlerdir.

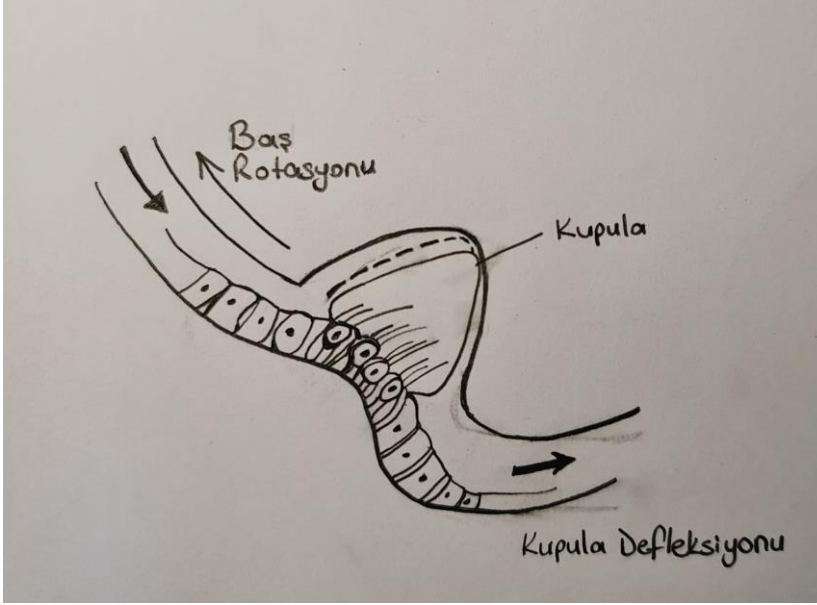
Sağ superior semisirküler kanal sol posterior semisirküler kanal ile, sol superior semisirküler kanal sağ posterior semisirküler kanal ile ve sol lateral semisirküler kanal sağ lateral semisirküler kanal ile aynı düzlemde yerleşirler (15) (Şekil 2.6.).



**Şekil 2.6.** Semisirküler kanalların yerleşimi

Bu düzenleme ile her kanal kendi özel düzlemindeki harekete duyarlıdır. Semisirküler kanallar utriküle açılır. Kanalların her birinin sonunda, duyuşal nöroepitelyumu içeren krista ampullaris adı verilen bir genişleme vardır. Burada tüylü hücrelerin gömülü olduğu jelatinimsi bir madde olan kupula bulunur. Krista ampullaris histolojik olarak makulaya benzer. Kupula makulanın jelatinimsi membranından daha kalındır ve ayrıca otolit içermez. Lateral kanallardaki tüy hücrelerinin kinosilyumları utriküle doğru iken, superior ve posterior kanallardaki tüy hücrelerinin kinosilyumları kanala doğrudur.

Rotasyonel hareket, kupulanın yer değiştirmesine neden olan endolenf hareketine neden olur ve böylece tüy hücreleri endolenf hareketinin tersi yönünde bükülür. Bu, iyon kanallarının açılmasına ve afferent liflerinin ateşlenmesini artıran tüylü hücrelerin depolarizasyonuna neden olur. Başın dönme hızı sabit olduğunda kupula dik konuma döner ve hücrenin membran potansiyeli normalleşir. Kafanın rotasyonel yavaşlaması, kupulanın baş hareketiyle aynı yönde yer değiştirmesine neden olur. Bu, tüylü hücrelerin iyon kanallarını kapatarak onun hiperpolarize olmasına neden olur ve afferent sinir ateşlemesinde bir azalmaya neden olur (Şekil 2.7.).



**Şekil 2.7.** Semisirküler kanal ampullası (7 nolu makaleden esinlenilmiş ve çizilmiştir)

Bir semisirküler kanalda eksitasyona neden olan endolenf akışı, eşleştiği kontralateral kanalın tüylü hücrelerini inhibe edecektir. Bu sistemin birkaç ana avantajı vardır. İlk olarak, bu durum bir semisirküler kanalın patolojisi olması durumunda sensör fazlalığına izin verir. Bu durumda da, düzlemindeki harekete ilişkin vestibüler input, eşleştiği diğer kanaldan alınacaktır. Diğer bir avantaj ise birbiriyle eş çalışan her iki semisirküler kanalın aynı anda ateşlenmesinin santral sinir sistemi tarafından göz ardı edilmesidir. Bu durum ateşlenme gibi vücut ısısının yükselmesi ile ortaya çıkabilir ve hareketle ilgili değildir. Son olarak, bu fizyolojik düzenleme aynı zamanda sensör aşırı yükün kompanzasyonuna izin verir.

### **2.1.5. Vestibüler ganglion**

Skarpa ganglionu olarak da bilinen vestibüler ganglion, internal akustik meatusun lateral kısmında yer alır . Krista ampullaris ve makulaların tüylü hücrelerinden afferent uyarılar alan 20.000'e yakın bipolar hücre gövdesinden oluşur.

Vestibüler ganglion, isthmus ile birbirine bağlanan superior ve inferior olmak üzere 2 bölüme ayrılır. Vestibüler ganglionun superior bölümünün periferik lifleri, superior ve



lateral semisirküler kanalların crista ampullarisinde ve ayrıca utrikülün makulasında sonlanır. Sakkülün makulası ve posterior semisirküler kanalların crista ampullarisini, vestibüler ganglionun inferior kısmından periferik vestibüler dallar alır. (7,13)

### **2.1.6. Vestibüler sinir**

Vestibüler ganglionun superior ve inferior bölümlerinden gelen aksonlar birleşerek vestibüler siniri oluşturur. Bu da koklear sinir ile birleşerek vestibulokoklear siniri oluşturur. Bu sinir fasiyal sinir, nervus intermedius ve labirent arter ile beraber internal akustik kanaldan geçer. Sinir lifleri serebellopontin açığı geçer ve pontomedüller bileşkedeki beyin sapına girer. Bu noktada vestibüler sinir koklear sinirden ayrılır. Afferent vestibüler liflerin çoğu, pontadaki ipsilateral vestibüler nükleer komplekse uzanır. Sinir liflerinin bir kısmı, serebellumun flokkulo-nodüler lobuna ve bitişik vermiyan korteksine uzanır.

### **2.1.7. Vestibüler nükleer kompleks**

Bu kompleks, vestibüler inputun primer işlemcisidir ve dört ana çekirdekte oluşur: medial, superior, lateral ve inferior. Bu çekirdekler ayrıca sırasıyla Schwalbe, Bechterew, Deiter ve desenden olarak da bilinir. Bu çekirdekler dördüncü ventrikülün tabanının altında bulunurlar ve iki ana kolon halinde rostral medulladan kaudal ponsa kadar uzanırlar.

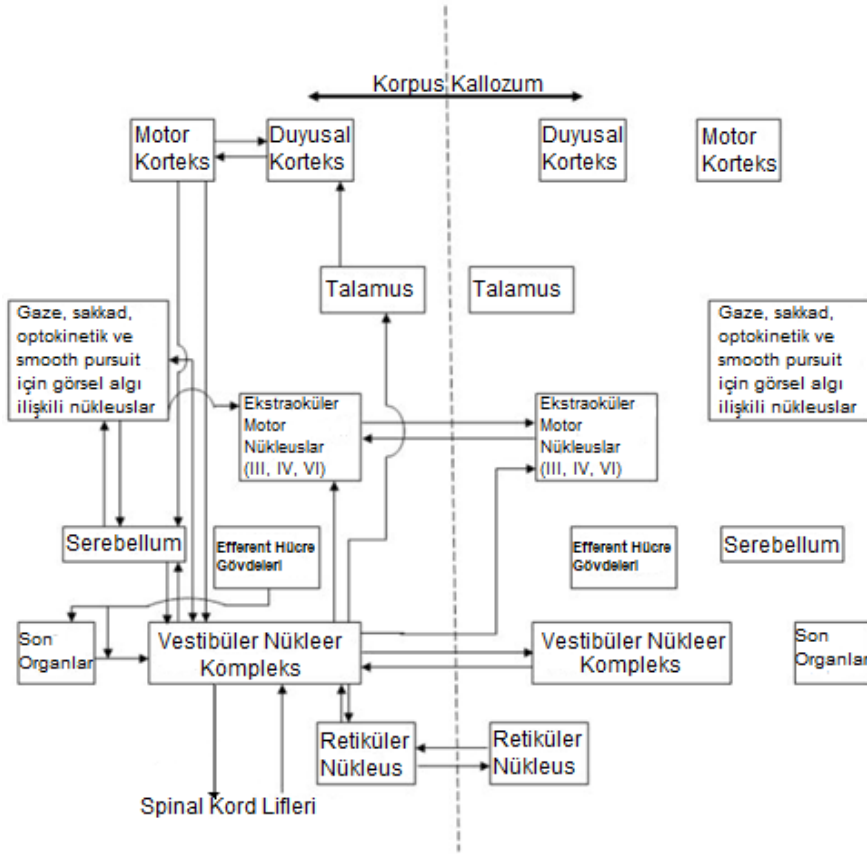
Medial vestibüler çekirdek en büyüğüdür ve medial kolonu oluşturur. Lateral kolon, superior, lateral ve inferior vestibüler çekirdeklerden oluşur. Medial vestibüler çekirdek, lateral semisirküler kanalların crista ampullarisinden afferentleri alır. Asendan aksonal lifler, medial longitudinal fasikül yoluyla ekstraoküler kasların motor çekirdeklerine giderek vestibüloküler refleks aracılığıyla eder. Ayrıca, baş ve boyun hareketinin koordinasyonuna izin vermek için medial vestibulospinal kanalda servikal spinal korda iki taraflı desenden projeksiyonlar yoluyla vestibülo- spinal refleksin kontrol edilmesinde işlev görür. Superior vestibüler nükleus ayrıca superior ve posterior semisirküler kanalların crista ampullarisinden vestibüler afferent input alır. Medial vestibüler çekirdek gibi, vestibüloküler refleksini koordine etmek için medial longitudinal fasikül yoluyla ekstraoküler kaslara çıkan efferent lifler gönderir.

Lateral vestibüler çekirdek, tüm vestibüler çekirdeklerin en büyük hücre gövdelerini içerir. Crista ampulla, makula ve vestibuloserebellumdan afferent girdiler alır. Bu çekirdekten gelen efferent çıkıntılar, ipsilateral spinal kordda lateral vestibüler yolak haline gelir. Bu yolak, postür ve dengeyi korumak için gövde kaslarındaki ve ekstremitelerin proksimal ekstansörlerindeki refleks tonusunu koordine ederek vestibülo-spinal refleks işlev görür.

Inferior vestibüler çekirdek, hem utrikül hem de sakkülün makulalarından afferent bilgi alır. Bu çekirdeğin diğer üç vestibüler çekirdeğe ve serebelluma giden projeksiyonları vardır.

### **2.1.8. Vestibüloserebellum**

Serebellumun vestibüler sistemdeki rolü, adaptif bir işlemci olarak fonksiyon göstermesidir. Vestibüler sistemin performansını izler ve gerektiğinde inhibitör input yoluyla vestibüler girdiyi yeniden ayarlar. "Vestibüloserebellum", flokkonodüler lob ve vermis korteksinden oluşur. İpsilateral serebellum, bilateral vestibüler çekirdeklere efferent bilgi gönderebilir. Doğrudan ipsilateral vestibüler çekirdeklere ve ipsilateral fastigial çekirdeğe giden projeksiyon lifleri vardır. Fastigial nükleustan gelen aksonlar, juxarestiform cisim aracılığıyla kontralateral vestibüler nükleusa projekte olur. Bu alan, postüral reflekslerin oluşmasında ve davranışları yönlendirmede önemli bir role sahiptir. Serebellar flokkulus, vestibüloökleler refleks kazancını ayarlar. Serebellar nodulus, vestibüloökleler refleksin süresini ayarlar ve ayrıca makuladan afferent aktivitenin işlenmesinde rol oynar. Anterior superior vermis, aksiyal kaslardan gelen vestibüler sinyalleri ve proprioseptif girdiyi kodlayarak vestibülospinal refleksin düzenlenmesinde rol oynar (Şekil 2.8.).



Şekil 2.8. Santral vestibüler yolağın şematizasyonu (16 nolu makaleden esinlenilmiştir)

### 2.1.9. Yüksek seviye kortikal alanlar

Karmaşık kortikal vestibüler bağlantılarla ilgili ayrıntılar net olarak anlaşılmamıştır ve vestibüler korteksin konumuyla ilgili fikir birliği henüz yoktur. Primatlarla ilgili çalışmalarda, vestibüler uyarı alan ana kortikal alanlar, parietoinsular vestibüler korteks (PIVC), intraparietal sulkusun 2v alanı ve santral sulkustaki 3av alanı olarak gösterilmiştir. Diğer vestibüler kortikal alanlardan gelen bilgiler buraya entegre edildiğinden PIVC, primatlarda ana vestibüler kortikal bölge gibi görünmektedir.

İnsanlar üzerinde yapılan araştırmalar, ana kortikal işleme bölgesinin büyük olasılıkla parietal veya insular kortekste veya yakınında olduğunu göstermektedir. İnsanlarda elektriksel olarak vestibüler semptomlar indüklenmiş ve “temporo-peri-sylvian vestibüler korteks” olarak adlandırılan lateral kortikal temporoparietal bir alan bulunmuş ve bunun primatlarda PIVC'ye karşılık geldiğini öne sürülmüştür.

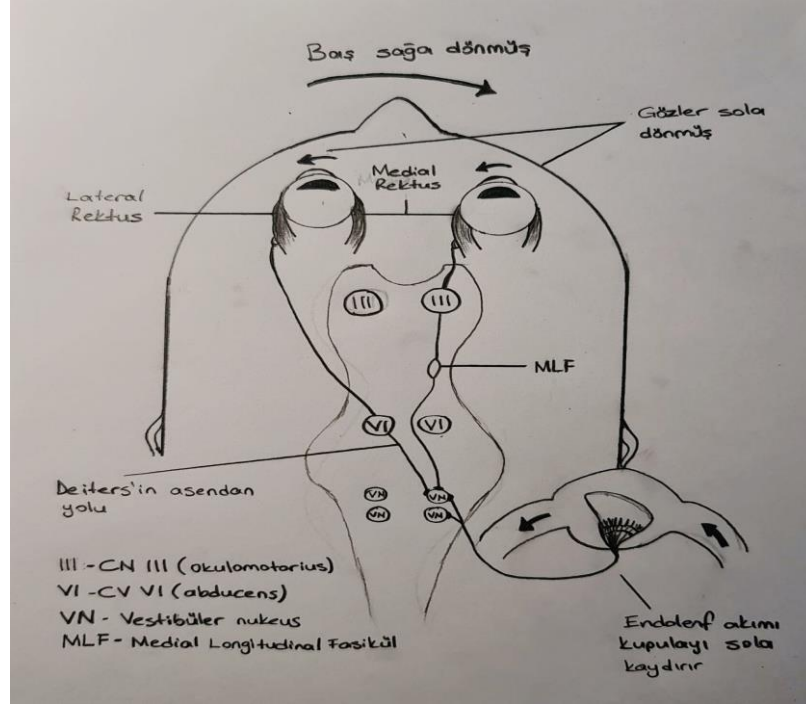
Çoklu vestibüler uyaranlara yanıt olarak yapılan görüntülemelerde kortikal aktivasyonun esas olarak retroinsular kortekste, fakat aynı zamanda parietal operkulumda ve posterior insulada olduğu bulunmuştur. Bir başka çalışmada, vestibüler uyaranlara Pozitron Emisyon Tomografisi ve fonksiyonel Manyetik Rezonans görüntüleme aktivasyonu yapılmış, sağ hemisferik parietal operküler alanın en tutarlı aktivasyon alanı olduğu gösterilmiştir.

Talamus ve hipokampusta da vestibüler bağlantıların var olduğu düşünülmektedir. Hipokampusun spatial oryantasyon ve spatial hafızanın işlenmesinde kritik bir rol oynadığına inanılmaktadır. Başın ve vücudun hareketine ilişkin vestibüler girdinin bu işlev için gerekli olduğu düşünülmektedir (7).

#### **2.1.10. Vestibülo-oküler refleks (VOR)**

Vestibuloküler refleks, başın rotasyonu sırasında retinada görüntülerin sabitlenmesi için göz hareketini koordine eder. SSK'lardan vestibüler çekirdeğe ve daha sonra ekstraoküler kaslara giden üç nöronlu bir refleks arkını içerir ve böylece başın yönünün tersi yönde ve baş hareketinin büyüklüğüne eşit olacak şekilde konjuge göz hareketine neden olur (Şekil 2.9.).

Örneğin, baş sağa döndüğünde, SSK'ların ampullasındaki endolenf akışı kupulayı sola yönlendirecektir. Bu, sağdaki tüylü hücrelerin depolarizasyonuna ve soldaki tüylü hücrelerin hiperpolarizasyonuna neden olur. Bu da, sağ vestibüler sinirin afferent liflerinde ateşleme frekansında bir artışa neden olur ve impulslar ipsilateral superior ve medial vestibüler çekirdeklere ve serebelluma gönderilir. Uyarıcı impulslar medial longitudinal fasikülde sağ okülomotor çekirdeklere ve Deiters'in çıkan yolunda sol abduzens çekirdeğine iletilir. Bu, ipsilateral medial rektus ve kontralateral lateral rektus kasılması ile sonuçlanır ve böylece sola (karşı tarafa) göz hareketine neden olur. Göz hızı ve baş hızı eşleşmiyorsa, serebellar flokkonodüler lobdan gelen input, bu uyumsuzluğu düzeltmek ve ateşleme hızlarını değiştirmek için vestibüler çekirdeklere gönderilir. Her iki taraftaki SSK'lar ve otolit organ dinamik VOR'da rol alırken, statik VOR'da otolit organlar görev alır.



**Şekil 2.9.** VOR arkı (7 nolu makaleden esinlenilmiş ve çizilmiştir)

**Ewald kanunları:** SSK'ların düzlemi, endolenf akımının yönü ve bunların göz hareketleri ile ilişkisini ortaya koyan kurallardır.

1-SSK'ın uyarılması sonucu ortaya çıkan göz hareketleri, o kanalın düzleminde ve endolenf akımı yönündedir.

2-Lateral SSK'da ampullopedal (ampullaya doğru) endolenf akımı, ampullofugal (ampulladan uzak) akıma göre daha büyük cevap oluşturur.

3- Anterior ve posterior SSK'larda ampullofugal endolenf akımı, ampullopedal endolenf akımına göre daha büyük cevap oluştururlar.

### 2.1.11. Vestibülo-spinal refleks (VSR)

Bu refleks, postür ve dengenin korunması için makula, crista ampullaris, vizüel sistem ve aksiyal ve ekstremite kaslarına beyin sapı ve serebellumdan gelen girdileri entegre eden birçok karmaşık bağlantıyı içerir. Hem lateral hem de medial vestibüler spinal yolları içerir. Lateral vestibüler yolak ana yoldur ve lateral vestibüler çekirdekten kaynaklanır. Otolitik organların makulasından lateral vestibüler çekirdeğe gelen girdiye yanıt olarak efferent vestibüler sinyaller, tüm spinal seviyelerdeki nöronlarda ipsilateral olarak taşınır.

İpsilateral gövde ve proksimal ekstremite ekstansörlerinin monosinaptik aktivasyonunu ve kontralateral proksimal ekstansörlerin disinaptik inhibisyonunu üretir.

SSK'lar tarafından algılanan başın açısal rotasyonu, medial vestibülospinal traktın orjin aldığı medial vestibüler çekirdeğe iletilir. Bu yolak, servikal spinal korddaki motor nöronlara bilateral olarak yansır. Bu da baş ve boyun hareketini koordine eden servikal aksiyal kasları aktive eder.

Vestibulospinal refleksi ile ilgili diğer bir refleks de vestibulokolik refleksdir. Bu, başı stabilize etmek ve uzayda doğru şekilde oryantasyonunu sağlamak için işlev gören boyun kaslarını aktive eder. Bu reflekse katkıda bulunan kesin yollar henüz bilinmemektedir.

## **2.2. Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyeller (VEMP)**

Vestibüler uyarılmış miyojenik potansiyeller (VEMP), çeşitli kaslarda sonlanan periferik vestibüler organların uyarılması sonucunda oluşan refleks arkıdır. Bu kas aktivitesi boyun kaslarından (sternokleidomastoid kasdan -SKM) ölçülüyorsa servikal vestibüler uyarılmış miyojenik potansiyel (c-VEMP), extraoküler kaslardan (inferior oblique kastan) ölçülüyorsa oküler vestibüler uyarılmış miyojenik potansiyel (o-VEMP) olarak adlandırılır. VEMP uygulamaları son yıllarda giderek daha yaygın şekilde kullanılmaktadır.

Bu testler ile, uyarıcı (ses, vibrasyon, elektrik) sonrasında sakkülden ve/veya utrikülden kaynaklanan ve inferior ve/veya superior vestibüler sinir tarafından santral sinir sistemine iletilen kısa latanslı (10 ms) cevaplar ölçülür. cVEMP ile vestibulo-kolik refleks yolağı ölçülürken, oVEMP ile vestibulo-oküler refleks (VOR) yolağı ölçülür.

İlk olarak Bickford ve arkadaşları (1964) ve ardından Townsend ve Cody (1971), yüksek sesli uyarana cevaben vestibüler sistemin aktive olmasıyla arka boyun kaslarında kısa latanslı yanıt elde etmişlerdir (17,18). Sonrasında, sakkülün end organ olduğu düşünülmüştür. 1992'de ise Colebatch ve Halmagyi, sternokleidomastoid (SKM) kasını kullanarak aynı yanıtı bulmuşlardır (19).

### **2.2.1. Servikal vestibüler uyarılmış miyojenik potansiyel (c-VEMP)**

cVEMP testi vestibülospinal trakt aracılığıyla ilerleyen sakküler vestibüler sinyalleri değerlendirir. Bir kulağa akustik uyarın verilirken ipsilateral SKM kası üzerinde elektromiyografi (EMG) kaydı yapılır. Sese duyarlı olan sakküldeki vestibüler hücreler, servikal vestibülokolik trakt aracılığıyla ipsilateral SKM kas aktivitesini anlık olarak inhibe ederler. Yani cVEMP inhibitör bir miyojenik cevaptır. İpsilateral SKM kasının kasılmasıyla oluşan EMG cevabı ortalaması alınarak bifazik bir dalga formu yanıtı elde edilir. cVEMP bir pozitif bir negatif dalgadan oluşan bifazik dalga ile karakterize olup, genellikle bu bifazik dalga P1N1 (veya P13-N23) olarak isimlendirilir. cVEMP cevapları ayrıca vücudun başka kaslarından da (masseter, triseps ve gastroknemius) alınabilir. Aktif (non-inverting (+)) elektrot sternumun üzerine, referans (inverting (-)) elektrotlar her 2 sternokleidomastoid (SKM) kasının üst üçte birlik kısmına, toprak elektrot ise vertekse yerleştirilir. Hastaya yüksek şiddette akustik uyarın verilmesi ile bu uyarının sakkül ve devamında inferior vestibüler sinir üzerinde yaratacağı cevap elektrotlar ile ölçülür. cVEMP refleksi arkı sakkül-inferior vestibüler sinir- vestibüler nukleus- medial ve lateral vestibülospinal (vestibülokolik) yol - ipsilateral SKM şeklindedir (20)

### **2.2.2. Oküler vestibüler uyarılmış miyojenik potansiyel (o-VEMP)**

oVEMP testi, superior vestibüler sinir yoluyla utrikülden vestibüler cevabı ölçer. Refleksi arkı utrikül-superior vestibüler sinir-vestibüler nukleus-kontralateral medial longitudinal fasikül-kontralateral inferior oblik kas şeklindedir. Kontralateral ekstraoküler kaslarda vestibülo-oküler refleksin yarattığı eksitator cevap ölçülür. oVEMP, verilen stimülusun bifazik bir dalga formu (P1N1 veya P16N10) oluşturmak için kontralateral inferior oblik kastan yüzey EMG yanıtlarının ortalamasını alır. Referans elektrotlar (inverting) her iki alt göz kapağının 1 cm altına (inferior oblik kas üzerine), aktif (non-inverting (+)) elektrot çene üzerine ve toprak elektrot altına yerleştirilir.

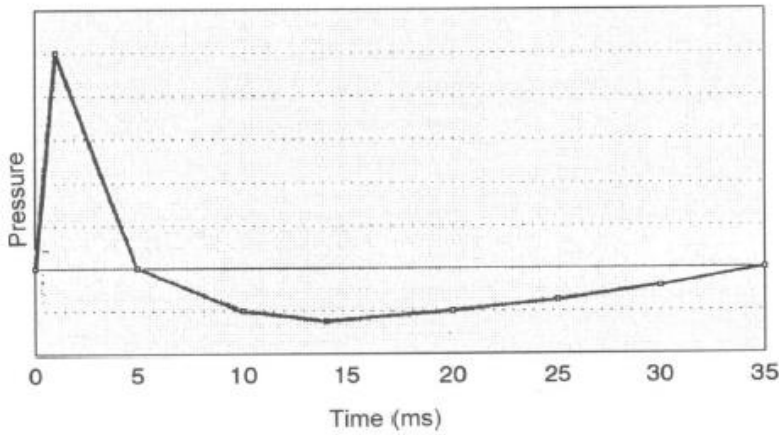
### 2.2.3. Değerlendirme parametreleri

VEMP yanıtlarının değerlendirilmesinde dalga morfolojisi, eşik (threshold- bifazik bir VEMP cevabını uyarmak için gereken minimum ses uyarını), latans, amplitüd ve kulaklararası asimetri oranı (interaural asimetri ratio-IAR: Sol kulak P1N1 amplitüd-Sağ kulak P1N1 amplitüd/ Sol kulak P1N1 amplitüd+ Sağ kulak P1N1 amplitüd) kullanılır.

Sensorinöral işitme kaybı (SNIK) VEMP yanıtını etkilemez. İletim tipi işitme kaybı (ITIK) ise oval pencereye ulaşan ses şiddetini azaltabilir. Dolayısıyla VEMP yanıtları alınmayabilir.

### 2.3. Blast travmanın otolojik etkileri

Blast travma genellikle geliştirilmiş patlayıcı cihazların yüksek enerjili patlamalarının neden olduğu bir akustik travma olup, basit tıbbi müdahale ile tedavi edilebilen küçük yaralanmalardan ölümcül yaralanmalara kadar geniş bir etkiye sahiptir. Bir patlama meydana geldiğinde, ilk olarak kısa süreli süpersonik pozitif basınç dalgaları ortaya çıkar, ardından uzun süreli bir negatif basınç dalgası meydana gelir ve bu kısa sürede meydana gelen basınç değişiklikleri, atmosferik basınca göre bariz farklılıklarla, patlamadan primer olarak sorumludur (**Şekil 2.10**). Ayrıca, yaralanmanın derecesi patlama dalgasının hızı, şiddeti, süresi ile doğru orantılıdır (21).



**Şekil 2.10.** Blast dalgasının basınç profili (Friedlander eğrisi) (3)



Patlayıcılar, yüksek dereceli patlayıcılar ve düşük dereceli patlayıcılar olarak sınıflandırılır. Yüksek dereceli patlayıcılar, patlama dalgası veya şok dalgası olarak bilinen güçlü bir süpersonik basınç dalgasına sahiptir. Düşük dereceli patlamalar, subsonik bir patlamaya sahiptir ve yüksek dereceli patlama dalgasından yoksundur.

Primer blast yaralanmaları bağırsak, akciğer ve orta kulak gibi gaz içeren organları etkiler. Kulak yaralanmaları patlamanın mekanik hasarına bağlıdır ve blast hasardan kolayca ve sıklıkla etkilenebilir (22). Orta kulak yaralanmaları arasında iletim tipi işitme kaybına sebep olan timpanik membran perforasyonu, kemikçik zincir (KZ) devamsızlığı, dislokasyonu ve kanama yer alır. İç kulak yaralanması geçici veya kalıcı sensörinöral işitme kaybı ve tinnitus ile sonuçlanabilir.

Akustik travmanın etkilerine karşı iç kulakta en savunmasız yapı baziler membrandır. Patlama dalgaları, iç ve dış tüylü hücrelerin destek hücrelerinden ayrılmasına, retiküler lamina rüptürüne ve tüylü hücrelerin ölümüne yol açabilir (3,23). Geçici eşik kayması retiküler laminayı oluşturan sıkı hücre bağlantılarının bütünlüğündeki değişikliklere sekonder olabilir. Kalıcı hasar ise tüylü hücrelerin kaybına ve corti organının şiddetli hasarına sekonderdir. Ortaya çıkan işitme kaybı 2000-8000 Hz frekans aralığında ve sensorinöral tipte olup görülme sıklığı %35 ile % 54 arasında bildirilmektedir.

Blast travmadaki vestibüler hasar ile ilgili çelişkili yayınlar mevcuttur. Travma sonrası vestibüler hasar görülmesi muhtemelen sakkülün stapes tabanına yakın anatomik yerleşimine bağlanmıştır (24). Ancak patlama sonrası dizziness ve postural dengesizlik görülen hastalarda yapılan bir çalışmada vestibülo-oküler refleks ile ilgili tutarsız sonuçlar elde edilmiştir. Bu çelişkiler muhtemelen hastaların maruz kaldığı patlamanın gücündeki büyük değişkenlikle açıklanabilir. Patlamaya maruz kalmayı takiben vestibüler hasarın yeri ve kapsamı bilinmemektedir. Ancak anketler, klinik ölçümler ve fizyolojik testler, muhtemelen periferik vestibüler reseptörlerin ve santral vestibüler çekirdeklerin hasarına işaret etmektedir (25).

### 3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışma, Başkent Üniversitesi Tıp ve Sağlık Bilimleri Araştırma Kurulu ve Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu tarafından 12/02/2020 tarih ve 20/22 sayılı kararı ile uluslararası Helsinki Deklarasyonu'nda bildirilen kurallara uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Çalışma vaka-kontrol çalışması olarak planlanmıştır. Örneklem büyüklüğü G power kullanılarak 0.95 gücünde (power) ve 0.05 anlamlılık düzeyinde hesaplanmıştır. Çalışmaya 22 sağlıklı erişkin gönüllü (44 sağlıklı kulak) ve Türk Silahlı Kuvvetleri'nde görevli olan ve görevi sırasında blast travma geçirmiş 25 askeri personel (43 hasta kulak) hasta grubu olarak dahil edilmiştir. Çalışmaya katılan tüm bireylerden bilgilendirilmiş gönüllü olur formu alınmıştır.

Çalışmaya blast travma (roket, el yapımı patlayıcı (EYP)) nedeniyle hastaneye başvuran askeri personel ve yaş ve cinsiyet bakımından benzer sağlıklı kontrol grubu dahil edilmiştir.

Hasta grubunun çalışmaya dahil edilme kriterleri:

- 1)Daha öncesinde herhangi bir otolojik (kulak zarı perforasyonu, geçirilmiş kulak cerrahisi, kronik otit varlığı), nörolojik ve oftalmolojik probleminin bulunmaması
- 2)Blast travma nedeniyle sensörinöral işitme kaybı olması

Kontrol grubunun çalışmaya dahil edilme kriterleri:

- 1)Tüm kulakların otoskopik muayenesinin normal olması ve saf ses ortalamalarının (SSO) 20 dB den daha iyi olması
- 2) Tip A timpanogram ve normal akustik refleks varlığı
- 3) Herhangi bir otolojik veya nörolojik probleminin olmaması olarak belirlenmiştir.

Kontrol grubuna otoskopik muayene sonrası saf ses odyometri (SSO), timpanometri, akustik refleks , hem Tone-Burst (TB) hem Narrow Band (NB) Level Specific (LS) CE-Chirp uyararı ile cVEMP ve oVEMP testleri yapılmıştır. Hasta grubuna, kontrol grubuna yapılanlara ilave olarak Baş Dönmesi Engellilik Envanteri (BEE) doldurtulmuştur.

### **3.1. Saf Ses Odyometri (SSO)**

Hava yolu eşikleri 125-8000 Hz ve kemik yolu eşikleri 250-4000 Hz frekans aralıklarında , aynı cihaz (AC40, Interacoustic, Danimarka) ile ölçüldü. Ölçümlerde supraaural TDH 39 kulaklık kullanıldı. Saf ses ortalaması 500, 1000, 2000 ve 4000 Hz ortalaması alınarak hesaplandı.

### **3.2. Baş Dönmesi Engellilik Envanteri (BEE-Dizziness Handicap Inventory)**

Baş Dönmesi Engellilik Envanteri (BEE), 1990 yılında Jacobson ve Newman tarafından geliştirilmiş olup baş dönmesi yakınması olan hastaların yaşam kalitelerindeki değişikliği belirlemeyi amaçlar (26). BEE, hastaların fiziksel, fonksiyonel ve emosyonel durumu ile ilgili 25 sorudan oluşur. Emosyonel ve fonksiyonel engelliliği belirleyen 9'ar madde, fiziksel engelliliği belirleyen yedi madde mevcuttur. Yanıtlarda “evet ” dört puan, “hayır” sıfır puan, “bazen” iki puan olarak hesaplanır. Türkçe geçerlilik ve güvenilirliği olan envanterde yüksek puan baş dönmesinin yaşam kalitesini daha fazla olumsuz etkilediğini göstermektedir (27).

### **3.3. Servikal Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyel (cVEMP) kaydı**

Hastalara sessiz bir odada oturma pozisyonundayken servikal vestibüler uyarılmış miyojenik potansiyel (cVEMP) testi yapıldı. Test için Interacoustic Eclipse EP 15 (Interacoustics Eclipse EP15; Assens, Danimarka) ve insert kulaklık (Ear tone ABR 3A; 3M, Minneapolis, USA) kullanıldı. Cihaz, ISO 389-6 standartlarına göre lisanslı bir teknik personel tarafından kalibre edildi. cVEMP kaydı için, aktif (non-inverting (+)) elektrot sternumun üzerine, referans (inverting (-)) elektrotlar her 2 sternokleidomastoid (SKM) kasının üst üçte birlik kısmına, toprak elektrot ise vertekse yerleştirildi (Ambu®Neuroline™ 720; Ambu, Danimarka). (Şekil.3.1) SKM kasının etkili kasılması, kafayı test edilen kulağın karşı tarafına çevirerek elde edildi. Yazılımın görsel geri bildirimini gözlemleyerek test boyunca etkili kontraksiyon sağlandı. P13 N23 amplitüdü, SKM kas kasılmasından etkilendiğinden, kas aktivitesini sabit bir seviyede tutmak için EMG kaydı sırasında yazılımdan elde edilen görsel geri bildirimlerle ilgili hasta ve kontrol grubu bilgilendirildi.

Elektrotların empedansı <5 kOhm olacak şekilde ayarlandı. 500 Hz tone-burst (TB) ve 500 Hz Narrow Band Level Specific Claus Elberling Chirp (NB LS CE-Chirp) (360-720 Hz) uyarılarının oluşturduğu yanıtlar her bir kulakta ayrı ayrı kaydedildi. 500 Hz TB için, yükseliş plato ve iniş zamanı 2-2-2 ms idi. 360-720 Hz uyarıları (Up chirp) arasındaki 500 Hz NB CE-Chirp için uyaran süresi 9 ms idi. Her iki stimulus için cVEMP kayıtları 95 dB nHL'den başlayarak kaydedildi ve eşik belirlenene kadar 5 dB nHL azaltıldı. cVEMP, yaklaşık 13. milisaniyede (P13) pozitif polarite ve 23. milisaniyede (N23) negatif polarite ile karakterize bifazik P1N1 (P13N23) dalgası olarak tanımlandı. Testte iki kez tekrarlandığında aynı dalga formu ve latans elde edildiğinde yanıt olarak değerlendirildi. EMG sinyalleri amplifiye edildi (10.000x) ve 10-1000 Hz arasında filtrelendi. Stimulus rate 5.1 / sn, analiz süresi 55 ms ve polarite rarefaction olarak ayarlandı. Toplam 200 stimulus ortalaması alındı. Ham VEMP amplitüdlerini normalize etmek için düzeltilmiş (rectified) EMG dikkate alındı. Kayıt sırasında kas aktivitesi 20-200 µV RMS (Rectified muscle signal) arasında tutuldu. Kas yorgunluğunun mevcut çalışmada etkisini ortadan kaldırmak için, NB LS CE-Chirp ve TB uyarıları rastgele uygulandı.

44 sağlam kulak, hasta grubunun 43 etkilenen kulağı ve hasta grubunun 7 etkilenmeyen kulağı için ve her bir stimulus için, P1 latans, N1 latans, P1N1 amplitüdüleri ve eşikler ölçüldü.



**Şekil 3.1.** cVEMP testinde elektrod ve kulaklıkların yerleşimi

### **3.4. Oküler Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyel (oVEMP) kaydı**

oVEMP kaydı sessiz bir odada oturur pozisyonda yapıldı. Yüzey elektrotları kullanıldı ve elektrotların empedans seviyesi 5 k $\Omega$ 'un altına ayarlandı. Test, Interacoustics Eclipse EP 15 (Eclipse EP15; Interacoustics, Assens, Danimarka) ile gerçekleştirildi. Referans elektrotlar (inverting) her iki alt göz kapağının 1 cm altına (inferior oblik kas üzerine), aktif (non-inverting (+)) elektrot çene üzerine ve toprak elektrot altına yerleştirildi (Şekil 3.2.) (Ambu®Neuroline™ 720; Ambu, Ballerup, Danimarka). Deneklerden gözlerinden yaklaşık 60 cm uzaktaki bir sabitleme noktasına yaklaşık 30° yukarı bakacak şekilde kalmaları istendi. Uyarın olarak 500 Hz TB ve 500 Hz NB LS CE-Chirp (360-720 Hz) kullanıldı. Uyarın şiddeti 95 dB nHL'den başlatıldı ve 5 dB nHL düşerek eşik belirlendi. Cihaz, Uluslararası Standardizasyon Örgütü 389-6 standartlarına göre lisanslı teknik personel tarafından kalibre edildi. 500 Hz TB için yükselme-plato-düşme süresi 2 ms (2-2-

2) idi. 500 Hz NB LS CE-Chirp için uyarın süresi 9 ms idi. Uyarın hızı 5.1/sn , analiz süresi 55 ms ve polarite rarefaction olarak ayarlandı. Toplam 200 uyarının ortalaması alındı. EMG amplifiye edildi (10.000x) ve 10-1000 Hz arasında filtrelendi. Ölçüm esnasında kalibre edilmiş insert kulaklıklar (Ear Tone ABR 3A; 3M, Minneapolis, USA) kullanıldı.

44 sağlam kulak, hasta grubunun 43 etkilenen kulağı ve hasta grubunun 7 etkilenmeyen kulağı için ve her bir stimulus için, P1 latans, N1 latans, P1N1 amplitüdüleri ve eşikler ölçüldü.



**Şekil 3.2.** oVEMP testinde elektrod ve kulaklıkların yerleşimi (sol kulak stimülasyonu)

### 3.5. İstatistiksel Değerlendirme

Veriler, SPSS 22 yazılımı ile analiz edildi (SPSS Inc.,Chicago, IL, ABD). Tanımlayıcı istatistikler için mean, standart deviasyon (SD), median, minimum-maksimum değerleri ve interquartile range (IQR) verildi. Kontrol grubunda uyarınlar arasında cVEMP

ve oVEMP P1 latans, N1 latans, P1N1 amplitüd ve eşik değerleri karşılaştırmasında normal dağılıma uyması durumunda eşleştirilmiş t testi, normal dağılıma uymaması durumunda Wilcoxon Signed testi kullanıldı. Hasta grubunda etkilenen kulakların işitme eşiklerinin frekanslar arasında karşılaştırılmasında Wilcoxon Signed testi-Bonferroni düzeltmesi kullanıldı. Hasta grubun etkilenen ve etkilenmeyen kulaklarının işitme eşiklerinin karşılaştırılmasında verilerin normal dağılıma uyması durumunda Student t testi, normal dağılıma uymaması durumunda Mann Whitney U testi kullanıldı. Hasta ve kontrol grubu arasında her bir uyaran için cVEMP ve oVEMP P1 latans, N1 latans ve P1N1 amplitüd karşılaştırmasında normal dağılıma uyması durumunda Student t testi, normal dağılıma uymaması durumunda Mann Whitney U testi kullanıldı. Hasta grubun etkilenen ve etkilenmeyen kulaklarının cVEMP ve oVEMP P1 latans, N1 latans ve P1N1 amplitüd karşılaştırmasında normal dağılıma uyması durumunda Student t testi, normal dağılıma uymaması durumunda Mann Whitney U testi kullanıldı.

$p < 0.05$  istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

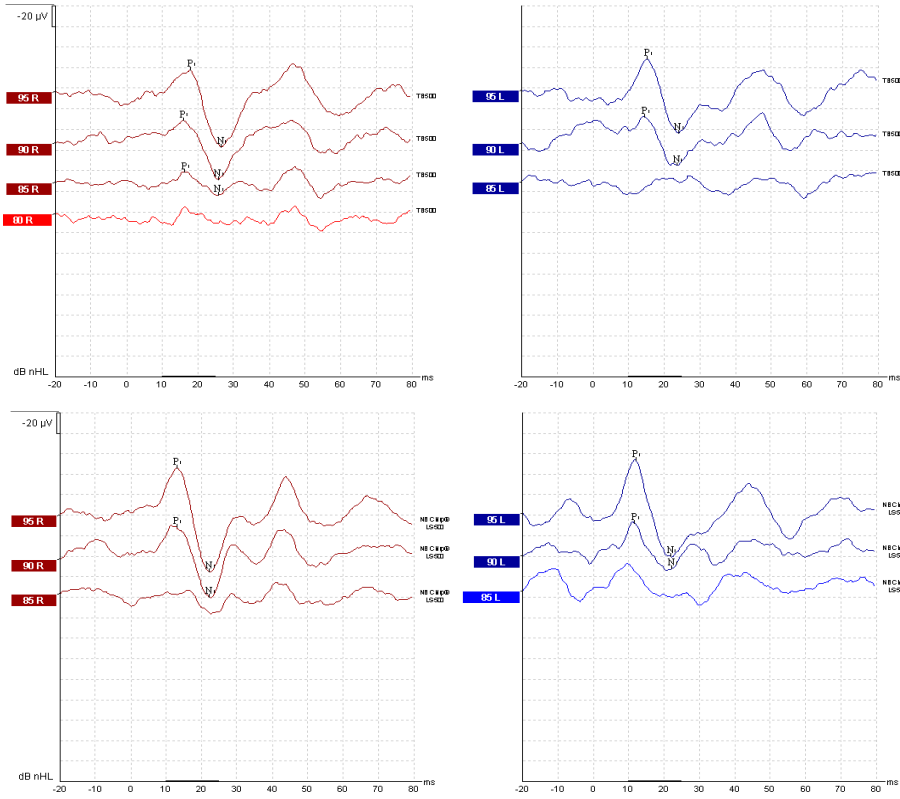
## 4.BULGULAR

Kontrol grubundan 22 sağlam kişi ve 44 sağlam kulak, hasta grubundan 25 kişi ve blast travmadan etkilenmiş 43 hasta kulak çalışmaya dahil edildi. Kontrol grubu yaş ortalaması  $28.68 \pm 7.25$  (20-47 yaş) iken, hasta grubu yaş ortalaması  $26.44 \pm 7.25$  (20-48 yaş) olarak bulundu. Her iki grup arasında yaş açısından anlamlı fark izlenmedi ( $p= 0.222$ ).

### 4.1. Kontrol grubu bulguları

44 sağlam kulağın hepsinden hem 500 Hz TB hem de 500 Hz NB LS CE-Chirp uyaran ile cVEMP ve oVEMP yanıtları alındı.

Kontrol grubundan 500 Hz TB ve 500 Hz NB LS CE-Chirp uyaran ile alınan cVEMP örneği Şekil 4.1’de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Kontrol grubu 500 Hz TB (üstte) ve 500 Hz NB LS CE-Chirp (altta) uyaran ile alınan cVEMP örneği



44 sağlam kulağın her 2 uyarana göre cVEMP P1 latansı, N1 latansı, P1N1 amplitüd ve eşik sonuçları tablo 4.1 de verilmiştir.

**Tablo 4.1.** Sağlıklı 44 kulağın uyarana göre cVEMP sonuçları

n=44	500 Hz TB	500 Hz NB LS CE-Chirp	p
<b>P1 latansı (ms)</b>			
<b>mean±SD</b>	15.13 ± 1.81	11.48 ± 1.68	<b>0.000*</b>
<b>median</b>	14.33	11.33	
<b>min-max</b>	(13.00-20.00)	(8.00-17.00)	
<b>IQR</b>	2.00	1.33	
<b>N1 latansı(ms)</b>			
<b>mean±SD</b>	24.77 ± 2.62	20.93 ± 2.72	<b>0.000**</b>
<b>median</b>	24.67	20.16	
<b>min-max</b>	(19.67-35.00)	(16.00-30.67)	
<b>IQR</b>	2.26	3.59	
<b>P1N1 amplitüd(µV)</b>			
<b>mean±SD</b>	75.11 ± 35.23	86.76 ± 36.22	<b>0.028*</b>
<b>median</b>	74.40	89.62	
<b>min-max</b>	(15.24-153.70)	(16.17-169.30)	
<b>IQR</b>	55.63	43.22	
<b>Eşik (dB nHL)</b>			
<b>mean±SD</b>	89.54 ±4.00	88.40 ± 4.00	<b>0.041*</b>
<b>median</b>	90.00	90.00	
<b>min-max</b>	(80.00-95.00)	(80.00-95.00)	
<b>IQR</b>	5.00	5.00	

p<0.05 anlamlı kabul edildi.

\*: Wilcoxon Signed testi

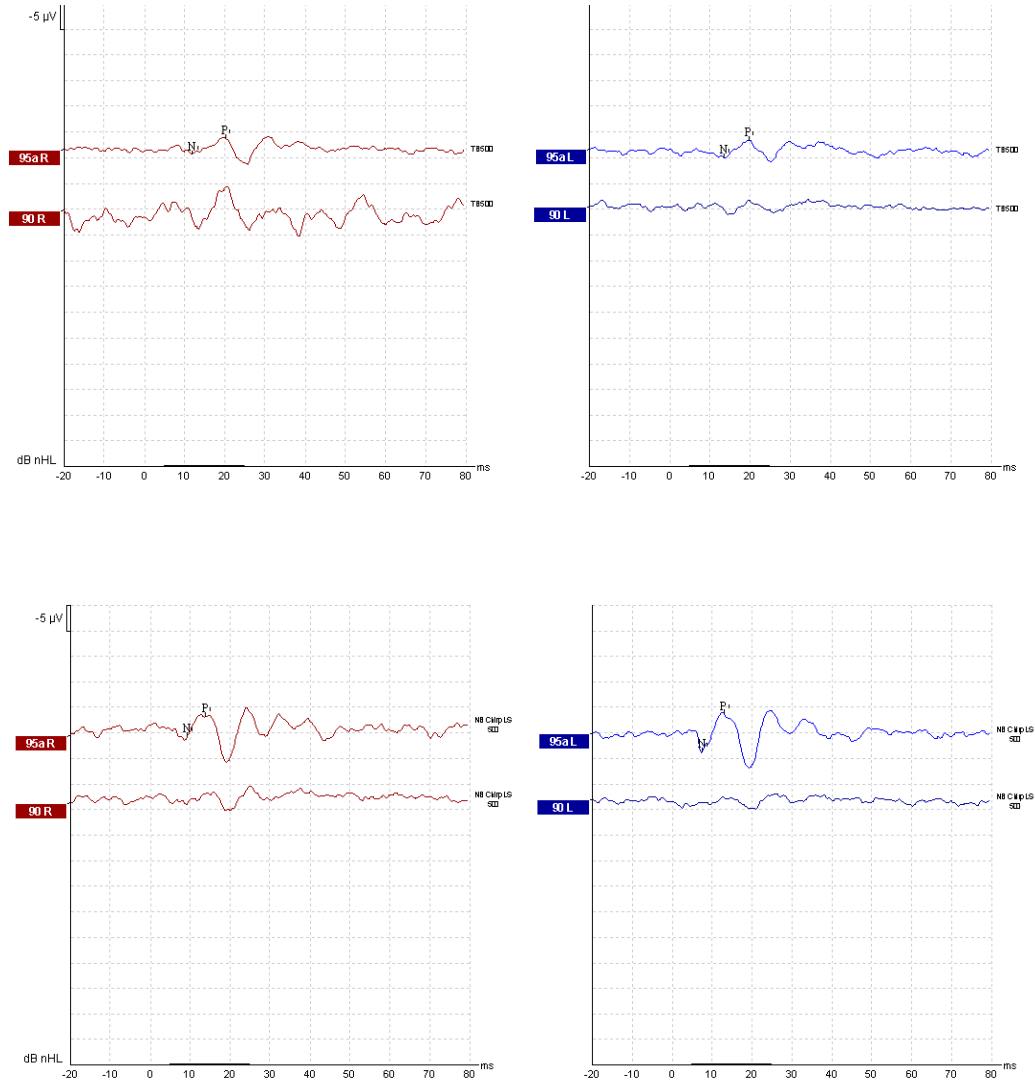
\*\* : Eşleştirilmiş t testi

(ms: milisaniye, µV: mikrovolt, SD: Standart deviasyon, min-max: minimum-maksimum, IQR: interquartile range)

Kontrol grubunda cVEMP testinde P1 ve N1 latansı 500 Hz NB LS CE-chirp uyarana kullanıldığında, 500 Hz TB uyarana göre istatistiksel olarak anlamlı kısa izlendi (hem P1 hem N1 latansı için p=0.000). P1N1 amplitüdü 500 Hz NB LS CE-chirp uyarana kullanıldığında, 500 Hz TB uyarana göre istatistiksel olarak anlamlı büyük izlendi

( $p=0.028$ ). Eşiklere baktığımızda ise kontrol grubunda cVEMP’de 500 Hz NB LS CE-chirp uyaranda, 500 Hz TB uyarana göre istatistiksel olarak anlamlı düşük eşik izlendi ( $p=0.041$ ).

Kontrol grubundan 500 Hz TB ve 500 Hz NB LS CE-Chirp uyararı ile alınan oVEMP örneği Şekil 4.2’de gösterilmiştir.



**Şekil 4.2.** Kontrol grubu 500 Hz TB (üstte) ve 500 Hz NB LS CE-Chirp (altta) uyararı ile alınan oVEMP örneği

Her 2 uyararı ile oVEMP P1 latansı, N1 latansı, P1N1 amplitüdü ve eşik sonuçları tablo 4.2’de verilmiştir.

**Tablo 4.2.** Sağlıklı 44 kulağın uyaran tipine göre oVEMP sonuçları

n=44	500 Hz TB	500 Hz NB LS CE-chirp	p
<b>P1 latans (ms)</b>			
mean±SD	16.06 ± 1.65	12.09 ± 1.56	<b>0.000*</b>
median	16.16	12.50	
min-max	(13.00-20.33)	(9.33-14.67)	
IQR	2.66	2.92	
<b>N1 latans(ms)</b>			
mean±SD	11.43 ± 1.32	7.40 ± 1.43	<b>0.000**</b>
median	12.00	7.33	
min-max	(8.00-14.00)	(3.67-10.33)	
IQR	1.92	1.50	
<b>P1N1 amplitüd(µV)</b>			
mean±SD	6.85 ± 5.59	11.27 ± 9.43	<b>0.000**</b>
median	5.09	8.08	
min-max	(0.99-26.17)	(1.31-46.78)	
IQR	4.36	10.03	
<b>Eşik (dB nHL)</b>			
mean±SD	93.06 ± 2.46	90.56 ± 1.60	<b>0.000**</b>
median	95.00	90.00	
min-max	(90.00- 95.00)	(90.00- 95.00)	
IQR	5.00	0.00	

p<0.05 anlamlı kabul edildi.

\*: Eşleştirilmiş t testi

\*\* : Wilcoxon Signed testi

(ms:milisaneye, µV:mikrovolt, SD:Standart deviasyon, min-max:minimum-maksimum, IQR:interquartile range)

oVEMP testinde P1 ve N1 latansı 500 Hz NB LS CE-chirp uyaran kullanıldığında, 500 Hz TB uyarana göre istatistiksel olarak anlamlı kısa izlendi (hem P1 hem N1 latansı için p=0.000). P1N1 amplitüdü 500 Hz NB LS CE-chirp uyaran kullanıldığında, 500 Hz TB uyarana göre istatistiksel olarak anlamlı büyük izlendi (p=0,000). Eşiklere baktığımızda ise

kontrol grubunda oVEMP’de 500 Hz NB LS CE-chirp uyaranda, 500 Hz TB uyarana göre istatistiksel olarak anlamlı düşük eşik izlendi (p=0.000).

#### 4.2. Hasta grubu bulguları

Hasta grubunda blast travmanın üzerinden geçen gün sayısı ortalamasının  $41.16 \pm 16.75$  (22-65) gün olduğu görüldü. Yine hasta grubundaki 25 hastadan 18’inde bilateral kulak ve 7’sinde unilateral kulak (4 sol kulak ve 3 sağ kulak) etkilenmişti. Hasta grubun Baş Dönmesi Engellilik Envanteri (BEE) ortalaması  $14.80 \pm 23.38$  (0-88.00) bulundu.

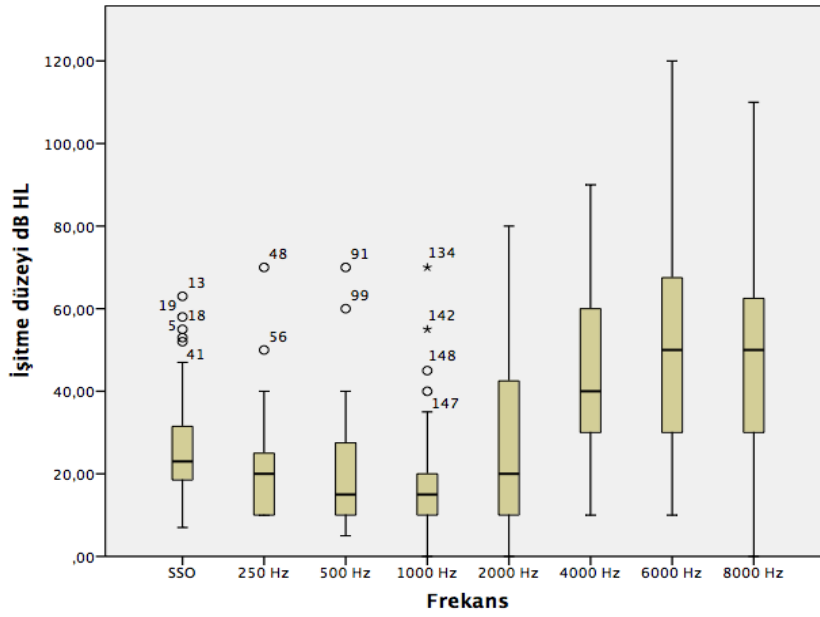
Hasta grubundaki etkilenen 43 kulağın saf ses ortalaması (SSO-500-1000-2000-4000 Hz ortalaması) , 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz , 6000 Hz ve 8000 Hz frekanslarındaki eşik değerleri (dB HL) tablo 4.3’de verilmiştir (Şekil 4.3)

**Tablo 4.3.** Hasta grubunda etkilenen kulakların işitme eşikleri

<b>n=43</b>	<b>Mean</b>	<b>SD</b>	<b>Median</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>	<b>IQR</b>
<b>SSO</b>	27.60	13.88	23.00	7.00	63.00	16.00
<b>250 Hz</b>	20.46	12.33	20.00	10.00	70.00	15.00
<b>500 Hz</b>	19.41	13.68	15.00	5.00	70.00	20.00
<b>1000 Hz</b>	16.86	14.35	15.00	0	70.00	10.00
<b>2000 Hz</b>	28.02	21.49	20.00	0	80.00	35.00
<b>4000 Hz</b>	44.53	21.37	40.00	10.00	90.00	30.00
<b>6000 Hz</b>	51.86	26.41	50.00	10.00	120.00	40.00
<b>8000 Hz</b>	51.27	25.86	50.00	0	110.00	35.00

SSO:Saf ses ortalaması (500-1000-2000-4000 Hz),

SD:Standart deviasyon, Min:minimum, Max:maksimum, IQR:Interquartile range



**Şekil 4.3.** Hasta grubunun SSO (500-1000-2000-4000 Hz ortalaması), 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz, 6000 Hz ve 8000 Hz frekanslarındaki işitme eşikleri ortalaması (SSO:Saf ses ortalaması)

Hasta grubunda etkilenen 43 kulağın alçak frekanslardaki (250-500 Hz), orta frekanslardaki (1000-2000 Hz) ve yüksek frekanslardaki (4000-6000-8000 Hz) işitme eşikleri karşılaştırıldığında her 3 grup arasında istatistiksel anlamlı fark izlenmiştir (Friedman testi,  $p=0.000$ ) Grup içi karşılaştırmalara baktığımızda alçak ve orta frekanslardaki işitme eşikleri arasında anlamlı fark yokken, alçak ve yüksek frekanslar arasında ayrıca orta ve yüksek frekanslar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu görülmüştür. (Wilcoxon Signed testi-Bonferroni düzeltmesi, alçak ve orta frekanslar arasındaki  $p=0.154$ , alçak ve yüksek frekanslar arasındaki  $p=0.000$ , orta ve yüksek frekanslar arasındaki  $p=0.000$ ) Bir başka deyişle blast travmalarda yüksek frekanslarda işitme eşikleri anlamlı derecede yüksek bulunmuştur (Tablo 4.4.).

**Tablo 4.4.** Blast travmadan etkilenen 43 kulağın alçak frekanslardaki (250-500 Hz), orta frekanslardaki (1000-2000 Hz) ve yüksek frekanslardaki (4000-6000-8000 Hz) işitme eşikleri

	N	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum	Percentiles		
						25th	50th (Median)	75th
Alçak frekanslardaki eşik (250-500 Hz)	43	19,9419	12,43421	7,50	70,00	10,0000	17,5000	25,0000
Orta frekanslardaki eşik (1000-2000 Hz)	43	22,4419	15,79716	2,50	60,00	10,0000	15,0000	32,5000
Yüksek frekanslardaki eşik (4000-6000-8000 Hz)	43	49,1953	22,60853	16,60	103,30	30,0000	45,0000	61,6000

Hasta grubun etkilenen ve etkilenmeyen kulaklarının SSO, 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz, 6000 Hz ve 8000 Hz frekanslarında işitme eşiklerinin karşılaştırılması **tablo 4.5.** de verilmiştir.

**Tablo 4.5.** Hasta grubun etkilenen ve etkilenmeyen kulaklarının SSO, 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz, 6000 Hz ve 8000 Hz frekanslarında işitme eşiklerinin karşılaştırılması

	<b>Etkilenen kulak (n=43)</b>	<b>Etkilenmeyen kulak (n=7)</b>	<b>p</b>
<b>SSO</b> mean±SD median min-max IQR	27.60 ± 13.88 23.00 7.00-63.00 16.00	6.00 ± 1.82 5.00 5.00-10.00 1.00	<b>0.000*</b>
<b>250 Hz</b> mean±SD median min-max IQR	20.46 ± 12.33 20.00 10.00-70.00 15.00	17.85 ± 3.93 20.00 10.00-20.00 5.00	<b>0.977*</b>
<b>500 Hz</b> mean±SD median min-max IQR	19.41 ± 13.68 15.00 5.00-70.00 20.00	13.57 ± 6.26 10.00 5.00-20.00 10.00	<b>0.311*</b>
<b>1000 Hz</b> mean±SD median min-max IQR	16.86 ± 14.35 15.00 0.00-70.00 10.00	6.42 ± 3.77 5.00 0.00-10.00 5.00	<b>0.015*</b>
<b>2000 Hz</b> mean±SD median min-max IQR	28.02 ± 21.49 20.00 0.00-80.00 35.00	7.14 ± 2.67 5.00 5.00-10.00 5.00	<b>0.001*</b>
<b>4000 Hz</b> mean±SD median min-max IQR	44.53 ± 21.37 40.00 10.00-90.00 30.00	4.28 ± 3.45 5.00 0.00- 10.00 5.00	<b>0.000**</b>
<b>6000 Hz</b> mean±SD median min-max IQR	51.86 ± 26.41 50.00 10.00-120.00 40.00	10.71 ± 7.86 10.00 0.00-20.00 15.00	<b>0.000*</b>
<b>8000 Hz</b> mean±SD median min-max IQR	51.27 ± 25.86 50.00 0.00-110.00 35.00	10.00 ± 6.45 10.00 0.00-20.00 10.00	<b>0.000**</b>

\*: Mann Whitney U testi

\*\* : Student t testi

SSO:Saf ses ortalaması (500-1000-2000-4000 Hz), SD:Standart deviasyon, Min:minimum, Max:maksimum, IQR:Interquartile range

Hasta grubun etkilenen ve etkilenmeyen kulaklarının SSO, 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz, 6000 Hz ve 8000 Hz frekanslarında işitme eşiklerini karşılaştırdığımızda iki grup arasında 250 Hz ve 500 Hz eşiklerinde istatistiksel anlamlı fark izlenmezken (p değerleri sırasıyla 0.977, 0.311), SSO, 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz, 6000 Hz ve 8000 Hz de her iki grup arasında anlamlı fark izlenmiştir (p değerleri sırasıyla 0.000, 0.015, 0.001, 0.000, 0.000 ve 0.000)

Hasta grubunun etkilenen ve etkilenmeyen kulaklarının alçak frekanslardaki (250-500 Hz), orta frekanslardaki (1000-2000 Hz) ve yüksek frekanslardaki (4000-6000-8000 Hz) işitme eşiklerinin karşılaştırılması tablo 4.6. da verilmiştir.

**Tablo 4.6.** Hasta grubunun etkilenen ve etkilenmeyen kulaklarının alçak frekanslardaki (250-500 Hz), orta frekanslardaki (1000-2000 Hz) ve yüksek frekanslardaki (4000-6000-8000 Hz) işitme eşiklerinin karşılaştırılması

	<b>Etkilenen kulak (n=43)</b>	<b>Etkilenmeyen kulak (n=7)</b>	<b>P</b>
<b>Alçak frekans eşik</b>			
<b>mean±SD</b>	19.94 ± 12.43	15.71 ± 3.13	<b>0.713*</b>
<b>median</b>	17.50	15.00	
<b>min-max</b>	7.50-70.00	12.50-20.00	
<b>IQR</b>	15.00	7.50	
<b>Orta frekans eşik</b>			
<b>mean±SD</b>	22.44 ± 15.79	6.78 ± 2.37	<b>0.001*</b>
<b>median</b>	15.00	5.00	
<b>min-max</b>	2.50-60.00	5.00-10.00	
<b>IQR</b>	22.50	5.00	
<b>Yüksek frekans eşik</b>			
<b>mean±SD</b>	49.19 ± 22.60	7.95 ± 4.46	<b>0.000*</b>
<b>median</b>	45.00	7.50	
<b>min-max</b>	16.60-103.30	3.30-15.00	
<b>IQR</b>	31.60	8.30	

\*: Mann Whitney U testi

SSO:Saf ses ortalaması (500-1000-2000-4000 Hz), SD:Standart deviasyon, Min:minimum, Max:maksimum, IQR:Interquartile range



Hasta grubunun etkilenen ve etkilenmeyen kulaklarının alçak frekanslardaki (250-500 Hz), orta frekanslardaki (1000-2000 Hz) ve yüksek frekanslardaki (4000-6000-8000 Hz) işitme eşiklerini karşılaştırdığımızda alçak frekanslarda her iki grup arasında anlamlı fark izlenmezken ( $p=0.713$ ), orta ve yüksek frekanslarda her iki grup arasında anlamlı fark izlendi ( $p$  değerleri sırasıyla 0.001, 0.000).

Hasta grubunda etkilenen 43 kulağın 3'ünde hem 500 Hz NB LS CE-Chirp uyararla hem de 500 Hz TB uyararla cVEMP yanıtı alınmadı (%6.9).

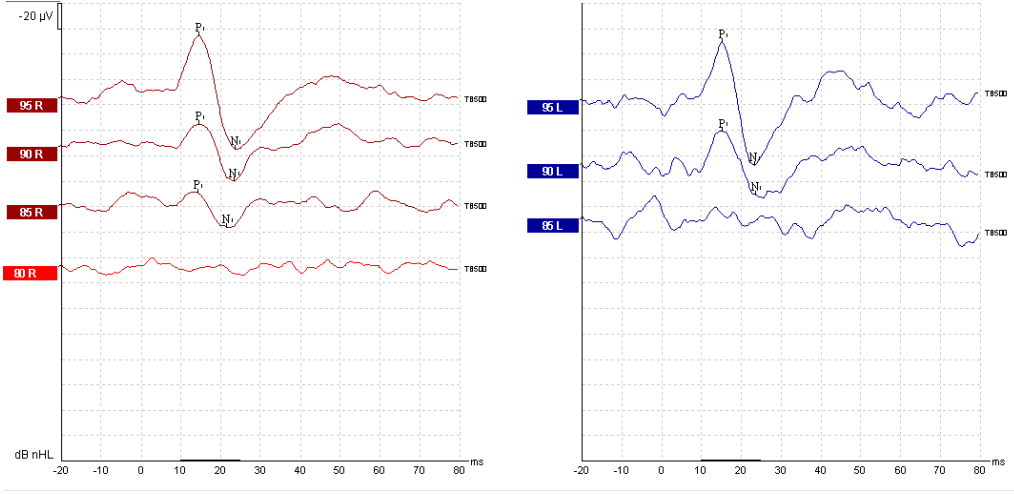
43 kulağın 5'inde 500 Hz TB oVEMP yanıtı alınmazken (%11.6), 3'ünde 500 Hz NB LS CE-Chirp oVEMP yanıtı alınmadı (%6.9). Yani 500 Hz TB oVEMP yanıtı alınmayıp, 500 Hz NB LS CE-Chirp oVEMP yanıtı alınan 2 kişi vardı.

### **4.3. Hasta ve kontrol gruplarının karşılaştırılması**

#### **4.3.1. Hasta ve kontrol gruplarının cVEMP yanıtlarının karşılaştırılması**

Karşılaştırma 44 sağlıklı kulak ile 40 hasta kulak arasında yapıldı.

Hasta ve kontrol grubunun 500 Hz TB uyararı ile alınan cVEMP örneği şekil 4.4'de verilmiştir.



**Şekil 4.4.** Hasta (üstte) ve kontrol (altta) grubunun 500 Hz TB uyararı ile alınan cVEMP örneği

Hasta ve kontrol grubu arasında 500 Hz TB cVEMP P1 latansı, N1 latansı ve P1N1 amplitüdü karşılaştırması tablo 4.7.'de verilmiştir.

**Tablo 4.7.** Hasta ve kontrol grubu arasında 500 Hz TB cVEMP P1 latans, N1 latans ve P1N1 amplitüd karşılaştırması.  $p < 0.05$  anlamlı kabul edildi.

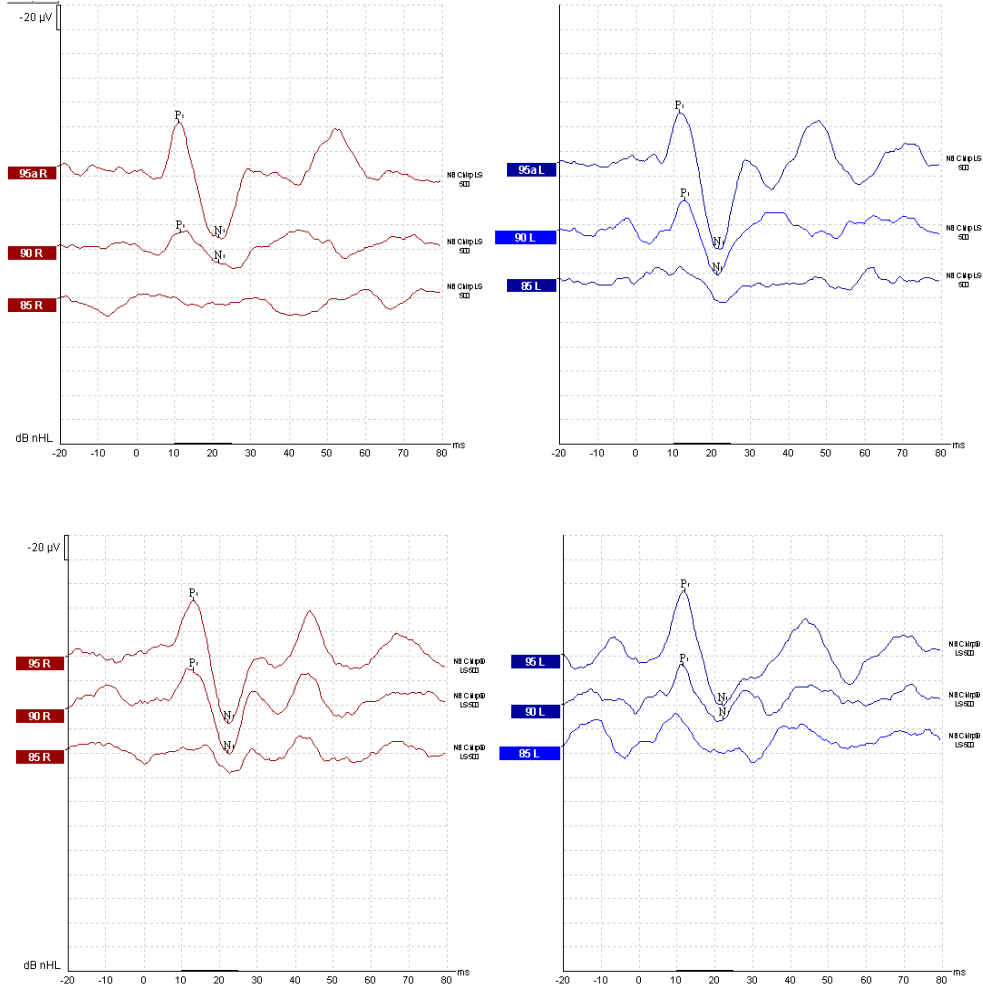
	<b>Kontrol grubu (n=44)</b>	<b>Hasta grubu (n=40)</b>	<b>p</b>
<b>P1 latans (ms)</b>			
<b>mean±SD</b>	15.13 ± 1.81	15.33 ± 2.09	<b>0.467*</b>
<b>median</b>	14.33	15.00	
<b>min-max</b>	(13.00-20.00)	(12.00-22.33)	
<b>IQR</b>	2.00	1.59	
<b>N1 latans(ms)</b>			
<b>mean±SD</b>	24.77 ± 2.62	24.62 ± 2.19	<b>0.925*</b>
<b>median</b>	24.67	24.50	
<b>min-max</b>	(19.67-35.00)	(20.33-32.00)	
<b>IQR</b>	2.26	2.26	
<b>P1N1 amplitüd(µV)</b>			
<b>mean±SD</b>	75.11 ± 35.23	94.78 ± 45.39	<b>0.066*</b>
<b>median</b>	74.40	88.98	
<b>min-max</b>	(15.24-153.70)	(20.29-225.00)	
<b>IQR</b>	55.63	60.58	

\*: Mann-Whitney U testi

(ms: milisaniye, µV: mikrovolt, SD: Standart deviasyon, min-max: minimum-maksimum, IQR: interquartile range)

500 Hz TB uyaran ile yapılan cVEMP testinde kontrol ve hasta grubu arasında P1 latans, N1 latans ve P1N1 amplitüd açısından istatistiksel olarak anlamlı fark izlenmedi (sırasıyla p değerleri 0.467, 0.925 ve 0.066).

Hasta ve kontrol grubunun 500 Hz NB LS CE-chirp uyaran ile alınan cVEMP örneği Şekil 4.5.'de verilmiştir.



**Şekil 4.5.** Hasta (üstte) ve kontrol (altta) grubunun 500 Hz NB LS CE-chirp uyararı ile alınan cVEMP örneği

Hasta ve kontrol grubu arasında 500 Hz NB LS CE-chirp cVEMP P1 latansı, N1 latansı ve P1N1 amplitüdü karşılaştırması tablo 4.8.'de verilmiştir.

**Tablo 4.8.** Hasta ve kontrol grubu arasında 500 Hz NB LS CE-chirp cVEMP P1 latans, N1 latans ve P1N1 amplitüd karşılaştırması.  $p < 0.05$  anlamlı kabul edildi.

	<b>Kontrol grubu (n=44)</b>	<b>Hasta grubu (n=40)</b>	<b>p</b>
<b>P1 latans (ms)</b>			
<b>mean±SD</b>	11.48 ± 1.68	11.60 ± 2.04	<b>0.576*</b>
<b>median</b>	11.33	11.33	
<b>min-max</b>	(8.00-17.00)	(6.67-18.00)	
<b>IQR</b>	1.33	1.25	
<b>N1 latans(ms)</b>			
<b>mean±SD</b>	20.93 ± 2.72	20.77 ± 2.61	<b>0.993*</b>
<b>median</b>	20.16	20.67	
<b>min-max</b>	(16.00-30.67)	(15.33-26.00)	
<b>IQR</b>	3.59	4.16	
<b>P1N1 amplitüd(μV)</b>			
<b>mean±SD</b>	86.76 ± 36.22	105.58 ± 47.99	<b>0.078*</b>
<b>median</b>	89.62	99.99	
<b>min-max</b>	(16.17-169.30)	(31.62-277.10)	
<b>IQR</b>	43.22	64.45	

\*: Mann-Whitney U testi

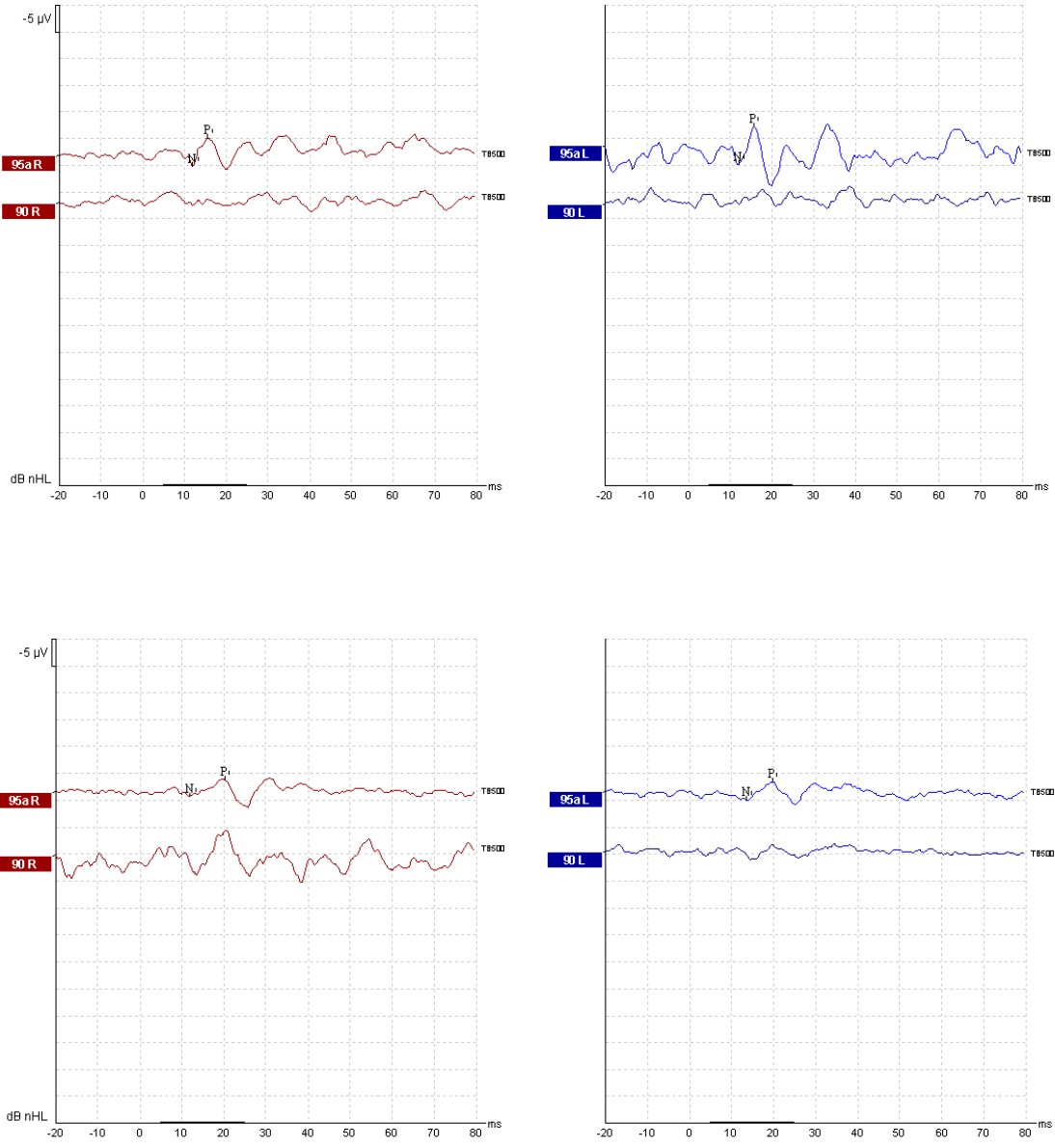
(ms: milisaniye,  $\mu$ V: mikrovolt, SD: Standart deviasyon, min-max: minimum-maksimum, IQR: interquartile range)

500 Hz NB LS CE-chirp uyaran ile yapılan cVEMP testinde kontrol ve hasta grubu arasında P1 latans, N1 latans ve P1N1 amplitüd açısından istatistiksel olarak anlamlı fark izlenmedi (sırasıyla p değerleri 0.576, 0.993 ve 0.078).

#### **4.3.2. Hasta ve kontrol gruplarının oVEMP yanıtlarının karşılaştırılması**

Karşılaştırma 44 sağlıklı kulak ile 500 Hz TB oVEMP ile yanıt alınan 38 kulak ve 500 Hz NB LS CE-chirp oVEMP ile yanıt alınan 40 hasta kulak arasında yapıldı.

Hasta ve kontrol grubunun 500 Hz TB uyararı ile alınan oVEMP örneği Şekil 4.6.'de verilmiştir.



Şekil 4.6. Hasta (üstte) ve kontrol (altta) grubunun 500 Hz TB uyararı ile alınan oVEMP örneği

Hasta ve kontrol grubu arasında 500 Hz TB oVEMP P1 latans, N1 latans ve P1N1 amplitüd karşılaştırması tablo 4.9.'de verilmiştir.

**Tablo 4.9.** Hasta ve kontrol grubu arasında 500 Hz TB oVEMP P1 latans, N1 latans ve P1N1 amplitüd karşılaştırması.  $p < 0.05$  anlamlı kabul edildi.

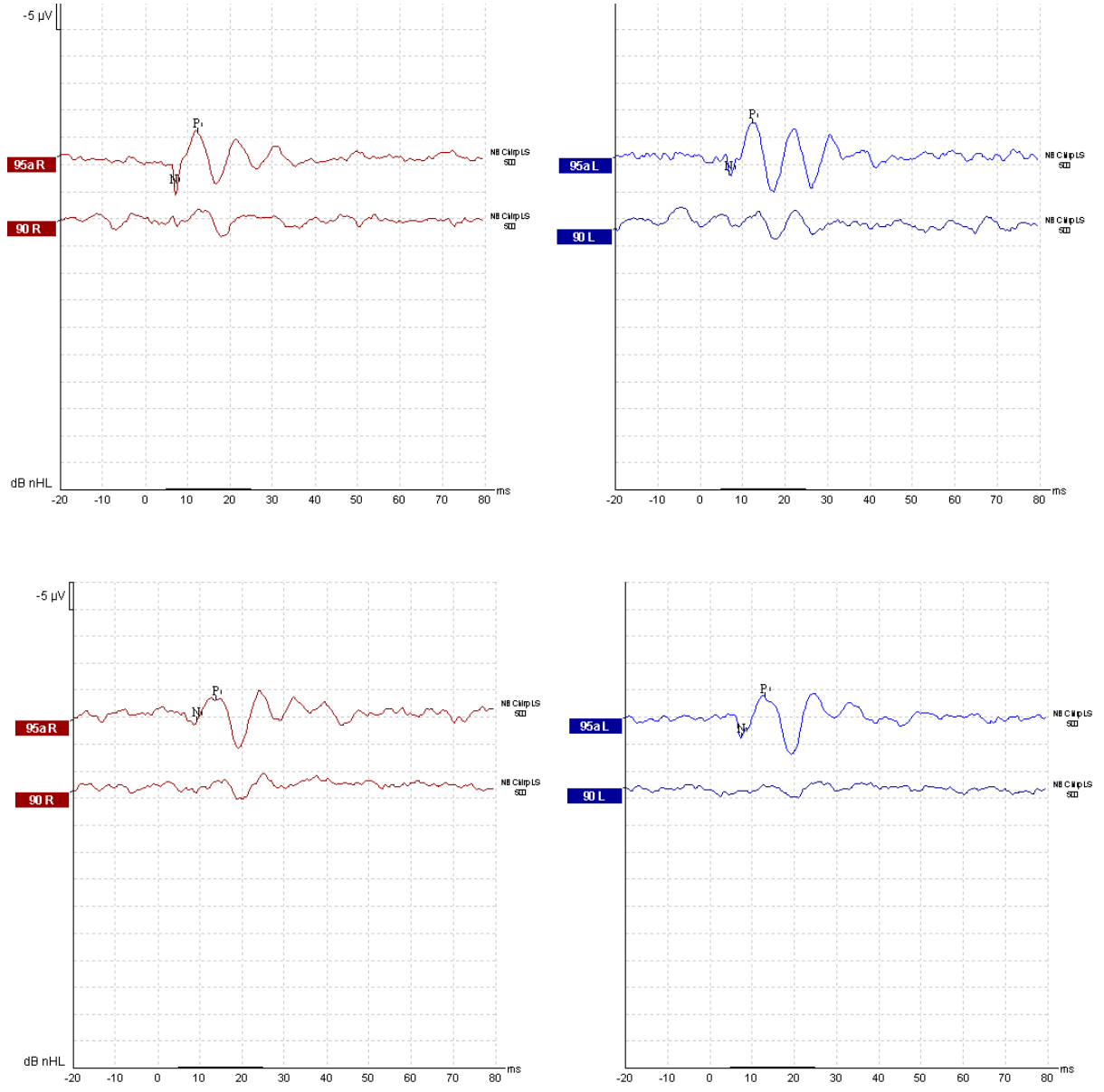
	<b>Kontrol grubu (n=44)</b>	<b>Hasta grubu (n=38)</b>	<b>P</b>
<b>P1 latans (ms)</b>			
<b>mean±SD</b>	16.06 ± 1.65	16.12 ± 1.73	<b>0.484*</b>
<b>median</b>	16.16	16.50	
<b>min-max</b>	(13.00-20.33)	(11.00-18.67)	
<b>IQR</b>	2.66	2.00	
<b>N1 latans(ms)</b>			
<b>mean±SD</b>	11.43 ± 1.32	11.41 ± 1.27	<b>0.933*</b>
<b>median</b>	12.00	11.67	
<b>min-max</b>	(8.00-14.00)	(8.67-14.67)	
<b>IQR</b>	1.92	1.75	
<b>P1N1</b>			
<b>amplitüd(µV)</b>	6.85 ± 5.59	7.27 ± 4.95	<b>0.289*</b>
<b>mean±SD</b>	5.09	5.36	
<b>median</b>	(0.99-26.17)	(2.09-25.80)	
<b>min-max</b>	4.36	3.93	
<b>IQR</b>			

\*: Mann-Whitney U testi

(ms:milisaniye, µV:mikrovolt, SD:Standart deviasyon, min-max:minimum-maksimum, IQR:interquartile range)

500 Hz TB uyaran ile yapılan oVEMP testinde hasta ve kontrol grubu arasında P1 latans, N1 latans ve P1N1 amplitüd açısından istatistiksel olarak anlamlı fark izlenmedi (sırasıyla p değerleri 0.484, 0.933 ve 0.289).

Hasta ve kontrol grubunun 500 Hz NB LS CE-chirp uyaran ile alınan oVEMP örneği Şekil 4.7.'de verilmiştir.



**Şekil 4.7.** Hasta (üstte) ve kontrol (altta) grubunun 500 Hz NB LS CE-chirp uyararı ile alınan oVEMP örneği

Hasta ve kontrol grubu arasında 500 Hz NB LS CE-chirp oVEMP P1 latans, N1 latans ve P1N1 amplitüd karşılaştırması tablo 4.10.'da verilmiştir.



**Tablo 4.10.** Hasta ve kontrol grubu arasında 500 Hz NB LS CE-chirp oVEMP P1 latans, N1 latans ve P1N1 amplitüd karşılaştırması.  $p < 0.05$  anlamlı kabul edildi.

	<b>Kontrol grubu (n=44)</b>	<b>Hasta grubu (n=40)</b>	<b>P</b>
<b>P1 latans (ms)</b>			
<b>mean±SD</b>	12.09 ± 1.56	12.85 ± 1.83	<b>0.081*</b>
<b>median</b>	12.50	12.83	
<b>min-max</b>	(9.33-14.67)	(8.33-16.67)	
<b>IQR</b>	2.92	2.00	
<b>N1 latans(ms)</b>			
<b>mean±SD</b>	7.40 ± 1.43	8.05 ± 1.67	<b>0.062*</b>
<b>median</b>	7.33	7.67	
<b>min-max</b>	(3.67-10.33)	(3.67-14.00)	
<b>IQR</b>	1.50	1.92	
<b>P1N1</b>			
<b>amplitüd(µV)</b>	11.27 ± 9.43	11.77 ± 8.02	<b>0.418*</b>
<b>mean±SD</b>	8.08	10.07	
<b>median</b>	(1.31-46.78)	(2.74-38.57)	
<b>min-max</b>	10.03	7.54	
<b>IQR</b>			

\*: Mann-Whitney U testi  
(ms:milisaniye, µV:mikrovolt, SD:Standart deviasyon, min-max:minimum-maksimum, IQR:interquartile range)

500 Hz NB LS CE-chirp ile yapılan oVEMP testinde hasta ve kontrol grubu arasında P1 latans, N1 latans ve P1N1 amplitüd açısından istatistiksel olarak anlamlı fark izlenmedi (sırasıyla p değerleri 0.081, 0.062, 0.418).

#### 4.4. Hasta grubunun etkilenen ve etkilenmeyen kulaklarının karşılaştırılması

##### 4.4.1. Hasta grubunun etkilenen ve etkilenmeyen kulaklarının cVEMP yanıtlarının karşılaştırılması

Hasta grubunda etkilenen 43 kulağın 40'ında, etkilenmeyen 7 kulağın hepsinde hem 500 Hz TB uyararı ile hem de 500 Hz NB LS CE-chirp ile cVEMP yanıtı alındı.

43 etkilenen kulağın cVEMP yanıtı alınan 40'ı ile 7 etkilenmeyen kulağın 500 Hz TB uyararıyla cVEMP yanıtlarının karşılaştırılması tablo 4.11.de verilmiştir.

**Tablo 4.11.** 43 etkilenen kulağın cVEMP yanıtı alınan 40'ı ve 7 etkilenmeyen kulağın 500 Hz TB uyararıyla cVEMP yanıtlarının karşılaştırılması p<0.05 anlamlı kabul edildi.

	<b>Etkilenen kulak (n=40)</b>	<b>Etkilenmeyen kulak (n=7)</b>	<b>P</b>
<b>P1 latans (ms)</b>			
<b>mean±SD</b>	15.33 ± 2.09	15.95 ± 1.96	<b>0.278*</b>
<b>median</b>	15.00	15.33	
<b>min-max</b>	(12.00-22.33)	(14.00-20.00)	
<b>IQR</b>	1.59	2.00	
<b>N1 latans(ms)</b>			
<b>mean±SD</b>	24.62 ± 2.19	26.04 ± 1.86	<b>0.059*</b>
<b>median</b>	24.50	26.67	
<b>min-max</b>	(20.33-32.00)	(23.00- 28.67)	
<b>IQR</b>	2.26	2.33	
<b>P1N1</b>			
<b>amplitüd(µV)</b>	94.78 ± 45.39	91.50 ± 28.68	<b>0.952*</b>
<b>mean±SD</b>	88.98	89.50	
<b>median</b>	(20.29- 225.00)	(50.81-134.60)	
<b>min-max</b>	60.58	47.21	
<b>IQR</b>			

\*: Mann-Whitney U testi

(ms:milisaniye, µV:mikrovolt, SD:Standart deviasyon, min-max:minimum-maksimum, IQR:interquartile range)

500 Hz TB uyararı ile yapılan cVEMP testinde hasta grubunun etkilenen ve etkilenmeyen kulakları P1 latans, N1 latans ve PIN1 amplitüdüleri açısından karşılaştırıldığında her 2 grup arasında istatistiksel anlamlı fark izlenmedi (p değerleri sırasıyla 0.278, 0.059 ve 0.952)

43 etkilenen kulağın cVEMP yanıtı alınan 40'ı ile 7 etkilenmeyen kulağın 500 Hz NB LS CE-chirp uyararıyla cVEMP yanıtlarının karşılaştırılması tablo 4.12.de verilmiştir.

**Tablo 4.12.** 43 etkilenen kulağın cVEMP yanıtı alınan 40'ı ve 7 etkilenmeyen kulağın 500 Hz NB LS CE-chirp uyararıyla cVEMP yanıtlarının karşılaştırılması p<0.05 anlamlı kabul edildi.

	<b>Etkilenen kulak (n=40)</b>	<b>Etkilenmeyen kulak (n=7)</b>	<b>P</b>
<b>P1 latans (ms)</b>			
<b>mean±SD</b>	11.60 ± 2.04	12.14 ± 1.38	<b>0.351*</b>
<b>median</b>	11.33	12.00	
<b>min-max</b>	(6.67- 18.00)	(10.33- 14.33)	
<b>IQR</b>	1.25	2.00	
<b>N1 latans(ms)</b>			
<b>mean±SD</b>	20.77 ± 2.61	21.66 ± 2.11	<b>0.398*</b>
<b>median</b>	20.67	21.33	
<b>min-max</b>	(15.33-26.00)	(19.67- 25.67)	
<b>IQR</b>	4.16	3.33	
<b>PIN1</b>			
<b>amplitüd(µV)</b>	105.58 ± 47.99	95.87 ± 41.82	<b>0.788*</b>
<b>mean±SD</b>	99.99	117.00	
<b>median</b>	(31.62- 277.10)	(36.51-138.50)	
<b>min-max</b>	64.45	89.27	
<b>IQR</b>			

\*: Mann-Whitney U testi

\*\* : Student t testi

(ms: milisaniye, µV: mikrovolt, SD: Standart deviasyon, min-max: minimum-maksimum, IQR: interquartile range)

500 Hz NB LS CE-chirp uyararı ile yapılan cVEMP testinde hasta grubunun etkilenen ve etkilenmeyen kulakları P1 latans, N1 latans ve P1N1 amplitüdüleri açısından karşılaştırıldığında her 2 grup arasında istatistiksel anlamlı fark izlenmedi (p değerleri sırasıyla 0.351, 0.398 ve 0.788)

#### 4.4.2. Hasta grubunun etkilenen ve etkilenmeyen kulaklarının oVEMP yanıtlarının karşılaştırılması

43 etkilenen kulağın 500 Hz TB uyararı ile oVEMP yanıtı alınan 38'i ve etkilenmeyen 7 kulağın yanıt alınan 6 'sının oVEMP yanıtları tablo 4.13.de verilmiştir.

**Tablo 4.13.** 43 etkilenen kulağın 500 Hz TB uyararı ile oVEMP yanıtı alınan 38'i ve etkilenmeyen 7 kulağın yanıt alınan 6'sının oVEMP yanıtlarının karşılaştırılması p<0.05 anlamlı kabul edildi.

	<b>Etkilenen kulak (n=38)</b>	<b>Etkilenmeyen kulak (n=6)</b>	<b>p</b>
<b>P1 latans (ms)</b>			
<b>mean±SD</b>	16.12 ± 1.73	16.05 ± 1.12	<b>0.471*</b>
<b>median</b>	16.50	16.00	
<b>min-max</b>	(11.00-18.67)	(14.67-18.00)	
<b>IQR</b>	2.00	1.58	
<b>N1 latans(ms)</b>			
<b>mean±SD</b>	11.41 ± 1.27	10.89 ± 1.23	<b>0.356**</b>
<b>median</b>	11.67	11.00	
<b>min-max</b>	(8.67-14.67)	(8.67- 12.00)	
<b>IQR</b>	1.75	1.83	
<b>P1N1 amplitüd(µV)</b>			
<b>mean±SD</b>	7.27 ± 4.95	8.22 ± 7.38	<b>0.973*</b>
<b>median</b>	5.36	6.31	
<b>min-max</b>	(2.09 – 25.80)	(2.29- 22.83)	
<b>IQR</b>	3.93	7.59	

\*: Mann-Whitney U testi

\*\* : Student t testi

(ms:milisaniye, µV:mikrovolt, SD:Standart deviasyon, min-max:minimum-maksimum, IQR:interquartile range)

500 Hz TB uyararı ile yapılan oVEMP testinde hasta grubunun etkilenen ve etkilenmeyen kulakları P1 latans, N1 latans ve P1N1 amplitüdüleri açısından karşılaştırıldığında her 2 grup arasında istatistiksel anlamlı fark izlenmedi (p değerleri sırasıyla 0.471, 0.356, 0.973).

43 etkilenen kulağın 500 Hz NB LS CE-chirp uyararı ile oVEMP yanıtı alınan 40'i ve etkilenmeyen 7 kulağın yanıt alınan 6 'sının oVEMP yanıtlarının karşılaştırılması tablo 4.14'de verilmiştir.

**Tablo 4.14.** 43 etkilenen kulağın 500 Hz NB LS CE-chirp uyararı ile oVEMP yanıtı alınan 40'i ve etkilenmeyen 7 kulağın yanıt alınan 6 'sının oVEMP yanıtlarının karşılaştırılması p<0.05 anlamlı kabul edildi.

	<b>Etkilenen kulak (n=40)</b>	<b>Etkilenmeyen kulak (n=6)</b>	<b>P</b>
<b>P1 latans (ms)</b>			
<b>mean±SD</b>	13.10 ± 2.21	15.00 ± 2.96	<b>0.069*</b>
<b>median</b>	13.00	14.67	
<b>min-max</b>	(8.33- 18.67)	(11.00- 20.00)	
<b>IQR</b>	2.00	4.00	
<b>N1 latans(ms)</b>			
<b>mean±SD</b>	8.30 ± 1.88	8.94 ± 2.72	<b>0.882**</b>
<b>median</b>	7.67	8.17	
<b>min-max</b>	(3.67-14.00)	(7.00- 14.33)	
<b>IQR</b>	2.00	2.84	
<b>P1N1</b>			
<b>amplitüd(µV)</b>	11.77 ± 8.02	15.05 ± 11.90	<b>0.636**</b>
<b>mean±SD</b>	10.07	9.62	
<b>median</b>	(2.74- 38.57)	(5.24-33.52)	
<b>min-max</b>	7.54	21.94	
<b>IQR</b>			

\*:Student t testi

\*\* : Mann-Whitney U testi

(ms:milisaniye, µV:mikrovolt, SD:Standart deviasyon, min-max:minimum-maksimum, IQR:interquartile range)

500 Hz NB LS CE-chirp uyararı ile yapılan oVEMP testinde hasta grubunun etkilenen ve etkilenmeyen kulakları P1 latans, N1 latans ve P1N1 amplitüdüleri açısından karşılaştırıldığında her 2 grup arasında istatistiksel anlamlı fark izlenmedi (p değeri sırasıyla 0.069, 0.882 ve 0.636).

## 5. TARTIŞMA

Kulak, blast travma sonrasında vücutta en sık yaralanan organlardan biridir. Literatürde blast travma etkisiyle sensorinöral, iletim veya mixt tip işitme kayıpları görüldüğü bilinmektedir. Ancak patlama etkisiyle vestibüler sistemde herhangi bir değişiklik olup olmadığı ile ilgili sınırlı sayıda çalışma ve oldukça değişken sonuçlar mevcuttur. Bu çalışmanın amacı Türk Silahlı Kuvvetleri'nde görev yapan ve görev esnasında patlamaya maruz kalan beraberinde sensorinöral işitme kaybı gelişmiş olan hastalarda geç dönemde baş dönmesinin subjektif ve objektif olarak değerlendirilmesidir. Objektif değerlendirme cVEMP ve oVEMP ile yapılmıştır. Bulgular blast etki ile anlamlı bir otolit fonksiyon değişikliği görülmediğini göstermesine rağmen, bazı hastalarda cVEMP ve oVEMP yanıt yokluğu görülmüştür. Hastaların çok azında BEE'inde yüksek skorlar elde edilmiştir.

Blast (patlama) genellikle katıların veya sıvıların hızla gaza dönüşmesiyle ortaya çıkan enerjidir. Gaz molekülleri hızla ısıtılır ve yüksek basınçlı bir biçimde ses hızından daha hızlı hareket eder. Basınçlı gaz, sıvı veya katı ile aynı hacmi doldurur. Yüksek basınç alanı, çevreye doğru genişler ve şok dalgası olarak bilinen bir aşırı basınç zirvesi oluşturur. Şok dalgasını, düşük basınç olarak bilinen atmosfer basıncında bir düşüş takip eder ve aşırı ısıtılmış bir blast rüzgarı oluşur (1).

Blast travmada oluşan aşırı basınç insan vücudunda çeşitli hasarlara ve yaralanmalara neden olabilir. Patlamanın insan vücudu üzerindeki etkileri çeşitli faktörler tarafından belirlenir: patlamadan uzaklık, patlamaya doğru olan yönelim, patlama dalgasının yansımaları ve rezonansı ile sonuçlanan çevresel özellikler, patlamanın gücü ve hastanın önceki travma öyküsü. Blast yaralanmaları beş farklı kategoride sınıflandırılabilir: birincil, ikincil, üçüncül, dördüncül ve beşincil yaralanmalar. Birincil blast yaralanmaları, aşırı basınç veya düşük basınç dalgasının kendisinden kaynaklanan hasarları veya yaralanmaları temsil eder. Beyin, kulak, akciğer, kan damarları ve gastrointestinal sistem gibi vücuttaki hava veya sıvı dolu organları ve yapıları etkiler. İkincil blast yaralanmaları, uçuşan enkaz veya şarapnel benzeri bomba parçalarından kaynaklanan hasar veya yaralanmaları ifade eder ve vücudun herhangi bir bölümünü etkileyebilir. Üçüncül yaralanmalara ise, kırıklara, künt travma yaralanmalarına ve ampütasyonlara yol açan blast rüzgar hareketi neden olur. Dördüncül blast yaralanmalar arasında yanıklar, zehirli dumanların inhalasyonu, ezilme yaralanmaları

ve ayrıca astım ve psikiyatrik rahatsızlıklar gibi kronik hastalıkların alevlenmesi yer alır. Son olarak beşincil blast yaralanmaları, patlamada patlayıcının solunması veya penta-eritritol-tetra-nitrat gibi maddelerin deri tarafından emilmesi yoluyla alınan toksik maddelerin neden olduğu sürekli bir hiperinflamatuvar durum sendromunu gösterir (3).

Patlayıcılar, yüksek dereceli patlayıcılar (YDP) veya düşük dereceli patlayıcılar (DDP) olarak sınıflandırılır. YDP lar bir süpersonik aşırı basınç şok dalgası üretir. Bu patlayıcılar arasında TNT, C-4, Semtex, nitrogliserin, dinamit ve amonyum nitrat akaryakıt bulunur. DDP lar, subsonik bir patlama yaratır. Bu patlayıcılar arasında da boru bombaları, barut ve molotof kokteylleri veya güdümlü füzeler olarak ayrılan bombalar sayılabilir. Patlayıcı ve yanıcı bombaları, kaynaklarına göre de ayrıca karakterize edilir. "Üretim" terimi, standart askeri üretim, seri üretim ve kalitesi test edilmiş silahlar anlamına gelir. Bir de amacı dışında üretilen silahlar veya ticari bir uçağı güdümlü bir füzeyle dönüştürmenin amaçlandığı bombalar mevcuttur. Üretilen (askeri) patlayıcı silahlar yalnızca YDP tabanlıdır. Teröristler ise YDP veya DDP patlayıcılar olan yasa dışı yollarla elde edilmiş silahlar veya el yapımı patlayıcıları kullanırlar. Bu çalışmaya Türk Silahlı Kuvvetleri'nde çalışan ve görev sırasında blast travmaya maruz kalmış 25 askeri personel dahil edilmiştir. Hastalar EYP ve roket saldırısı neticesinde blast travmaya maruz kalmışlardır.

Blast travmalar genellikle askeri alanda, ağır silahların ateşlenmesinden kaynaklanan namlu ağzı patlaması ve patlayıcıların ve mühimmatın patlaması ile meydana gelir. Askeri ortamlara ek olarak, kentlerdeki terör faaliyetlerindeki artışlar ve çoğu ülkede silahların ve patlayıcıların yaygın olarak bulunması nedeniyle son yıllarda blast travmaya maruziyet artmıştır. Bu çalışma da bu durumdan yola çıkarak, askeri personeldeki blast travmaların koklear hasar yanında vestibüler sistemde özellikle sakkül ve utrikülde hasar oluşturup oluşturmadığını araştırmayı amaçlamaktadır.

Otolojik yaralanma tipik olarak birincil blast yaralanması olarak kabul edilir. Hava moleküllerinin aşırı basınçlandırılması ve sonuçta ortaya çıkan darbeli gürültü ani sensörinöral, iletim veya mixt tip işitme kayıplarına neden olabilir.

2020 yılında yapılan DKY'dan kokleaya blast dalga iletimini modelleyen bir çalışmada elde edilen sonuçlar, blast etkisi ile timpanik membran, kemikçik zincirler ve baziler membranın (BM) önemli yer değiştirmelerini göstermiştir. Stapes tabanının yer



değiştirmesinin, normal akustik stimülasyon sırasındaki yer değiştirmeyi çok aşarak 60 lm kadar yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Bu büyük stapes hareketi, patlama sırasında corti organının yaralanmasına neden olan BM'nin yer değiştirmesi ile sonuçlanmıştır (28).

Klinik çalışmalar, hastaların yaklaşık %60'ında herhangi bir tipte işitme kaybı olduğunu göstermektedir. İşitme kaybının derecesi, hafifden ileri dereceye kadar değişmektedir (1).

Literatür blast travmanın sonucu olan işitsel sonuçların oldukça değişken olduğunu gösterir. Bu durum büyük olasılıkla bireyin patlamaya yakınlığına, kullanılan patlayıcının türüne ve miktarına ve patlamanın meydana geldiği ortama atfedilebilir.

Dış kulakta patlamada uçan debrisler pinna ve dış kulak kanalında hasar veya yaralanmalara neden olabilir. Orta kulakta blast travma, timpanik membranda (TM) perforasyonlara neden olabilir. Perforasyon sıklığı %50 olarak bildirilmektedir (29).

Ayrıca kemikçik zincirin birbirinden ayrılması veya kemikçiklerin fraktürü gibi diğer orta kulak hasarları da görülebilir. 2017 yılında yapılan bir çalışmada blast travmaya maruz kalmış vakaların %30'unda sensörinöral, %55'inde mikst ve %15 'inde iletim tipi işitme kaybı bildirilmiştir (30).

Bu çalışmaya TM perforasyonları ve kemikçik zincir patolojileri, VEMP testinin yanıt vermesini büyük oranda engellemeleri nedeniyle dahil edilmemiştir (31).

Koklea içinde, baziler membran (BM), akustik travmanın etkilerine karşı en savunmasız olan yapıdır. BM üzerine uygulanan aşırı kuvvet nedeniyle, blast dalgaları iç ve dış tüy hücrelerini destek hücrelerinden koparabilir. Bu durum, tüy hücrelerini destek yapılarına bağlayan retiküler laminayı rüptüre ederek, tüy hücrelerinin toksisitesine ve ölümüne yol açabilir. İç kulaktaki hasardan kaynaklanan işitme kaybı geçici veya kalıcı olabilir ve en sık BM boyunca 2000 ile 8000 Hz bölgesinde meydana gelir.

Geçici eşik kaymasının, retiküler laminanın sıkı hücre bağlantılarının bütünlüğündeki değişikliklerden, membran geçirgenliğindeki değişikliklerden veya retiküler laminadaki rüptürden kaynaklandığı varsayılmaktadır. Bu durum, iyonik ortamı değiştiren

perilenf ve endolenfin karışmasını sağlar. Retiküler lamina onarıldıkça geçici eşik kayması düzelir.

Remenschneider ve ark.larının yaptığı bir çalışmada patlamaya maruz kaldıktan sonra önemli derecede işitme kaybı olan hastaların %32'sinde, dakikalar içinde spontan iyileşme gözlemlenmiştir (32).

Kalıcı eşik kaymasında da bir dizi değişiklikler gözlenir. Bazı kulaklarda tüy hücrelerinin kaybı, daha ciddi hasar görmüş kulaklarda corti organının segmentlerinin skala mediada yüzdüğü tespit edilmiştir. Ayrıca dış tüy hücrelerinin silyalarının bükülmüş veya kırılmış olduğu görülmüştür. İç tüy hücreleri daha az hasar görür. Claudius hücrelerinin hasarı da tespit edilmiştir (2).

Son çalışmalar, iç tüy hücresi sinapslarının (sinaptik ribbon) ve işitsel nöronların da etkilendiğini göstermektedir. Bu tür sinaptik ve sinirsel kayıp, gürültüye maruz kalan popülasyonda yaygın olan gürültüye bağlı işitme kayıplarına ve kalıcı tinnitus ve hiperakuziye katkıda bulunur. Eşikler yaygın sinaptik ve nöral kayıplara karşı duyarsız olduğundan, bu hastalarda işitme eşikleri normal olmasına rağmen gizli işitme kayıpları (hidden hearing loss) mevcuttur (33, 34, 35).

Kumagami ve ark.ları blast travmaya maruz kalan kobaylarda endolenfatik kesedeki dejeneratif değişikliklere ve bir dereceye kadar endolenfatik hidropsa dikkat çekmiştir, ancak patlamaya maruz kalan insanlarda genellikle hidrops özelliği gözlenmemektedir (36).

Rapor edilen kalıcı blast travma kaynaklı işitme kaybı oranları % 35 ile % 54 arasında değişmektedir (1).

2018 yılında yapılan bir çalışmada 30 havai fişek patlamasına maruz kalan hasta değerlendirilmiş ve 10 hastada sağ kulak, 10 hastada sol kulak ve 10 hastada her iki kulağın etkilendiği görülmüştür. Çalışmada 4 frekanstan (500, 1000, 2000 ve 3000 Hz) alınan saf ses ortalamasına göre, yalnızca 12 kulakta (%30) SSO'sı 25 dB'in üzerinde izlenmiş ve hastaların odyogram konfigürasyonu değerlendirildiğinde ise 30 hastanın etkilenen 40 kulağının % 78'inde aşağı eğimli tipte (down-sloping-yüksek frekanslarda artan) işitme kaybı olduğu görülmüştür. Havai fişek patlamasına maruz kalan hiç kimsede normal tipte

odyogram görülmemiştir. Aynı çalışmada yüksek frekanslardaki (4000 ve 8000 Hz) işitme eşiklerinin, düşük (250 ve 500 Hz) ve orta (1000 ve 2000 Hz) frekanslardakilerden önemli ölçüde daha yüksek olduğu ortaya çıkmıştır. Etkilenen ve etkilenmeyen kulaklar arasındaki eşikler karşılaştırıldığında ise, 2000, 4000 ve 8000 Hz frekanslarında 2 grup arasında önemli farklılıklar varken (etkilenen kulaklarda yüksek frekanslarda eşikler yüksekken), 250, 500 ve 1000 Hz frekanslarında farklılık izlenmemiştir (24).

Teter ve ark.ları patlama kurbanlarının odyogramlarını incelemiş ve en sık yüksek frekanslarda sensorinöral kayıp görmekte birlikte dört farklı odyometrik konfigürasyon tanımlamıştır. Gürültüye bağlı işitme kaybıyla ilişkili 4 kHz'deki düşüş, genellikle patlama yaralanmasında farklı bir mekanizması olması nedeniyle beklenen bir özellik değildir (37).

Londra'da 1999 yılındaki patlama sonrası hastaların hepsinde işitme kaybı gözlenmiş ve esas olarak yüksek frekanslarda sensorinöral işitme kaybı olduğu belirtilmiştir (38).

Yaptığımız çalışmada etkilenen 43 kulağın SSO'sı  $27.60 \pm 13.88$  olarak bulunmuştur. Bu sonuçtan yola çıkarak SSO'sının blast travmadan kaynaklanan işitme hasarını değerlendirmek için yeterli bir parametre olmadığı söylenebilir. Hasta grubundaki blast travmadan etkilenen 43 kulağın yüksek frekanslardaki (4000-6000-8000 Hz) işitme eşiklerinin, alçak frekanslardaki (250-500 Hz) ve orta frekanslardaki (1000-2000 Hz) işitme eşiklerinden anlamlı derecede yüksek olduğu görülmüştür. Hasta grubunun etkilenen ve etkilenmeyen kulaklarının alçak frekanslardaki (250-500 Hz), orta frekanslardaki (1000-2000 Hz) ve yüksek frekanslardaki (4000-6000-8000 Hz) işitme eşiklerini karşılaştırdığımızda alçak frekanslarda etkilenen ve etkilenmeyen gruplar arasında anlamlı fark izlenmezken, orta ve yüksek frekanslarda her iki grup arasında anlamlı fark izlenmiştir. Sonuç olarak bu çalışmada da literatür ile uyumlu olarak blast travmalarda kokleanın bazal dönüşündeki hasarla ilişkili olarak yüksek frekanslarda işitme kaybı mevcuttur.

Servikal VEMP (cVEMP), ipsilateral sakkül ve inferior vestibüler sinirin, oküler VEMP (oVEMP) ise, kontrateral utrikülün ve superior vestibüler sinirin fonksiyonunu gösteren noninvaziv elektrofizyolojik testlerdir (20, 39, 40). Her 2 test de, superior semisirküler kanal dehisansı, vestibüler nörit, benign paroksizmal pozisyonel vertigo (BPPV), vestibüler schwannoma, Meniere hastalığı ve santral vestibüler bozuklukların tanısında önemli rol oynarlar (20, 41).

Uyaran frekansı, uyaran seviyesi, kas kontraksiyonu ve elektrot yerleşimi gibi VEMP yanıtını etkileyen birçok faktör vardır. Yanıt oranları, amplitüdler ve latanslar bu faktörlerden doğrudan etkilenir.

Literatürde cVEMP testinde en geniş dalga amplitüdü ve en düşük eşik değerlerinin 500 Hz ve 750 Hz TB uyaran kullanılarak elde edildiği bildirilmiştir (42). Sağlıklı bireylerde yapılan başka bir çalışma 400 ile 800 Hz arasındaki uyaran frekanslarının, en geniş dalga amplitüdü ve en düşük eşikli oVEMP oluşturmak için en etkili aralık olduğunu göstermiştir (43,44).

Cebulla ve ark.larının yaptığı çalışmada cVEMP elde etmek için ardışık ve yarı-eşzamanlı NB chirp uyaran kullanılmış ve amplitüdü 500 Hz'de en yüksek olduğu bulunmuştur (45).

Ayrıca semisirküler kanallar 500 Hz uyarana duyarsızdır. Yani 500 Hz uyaran, otolitik nöronları seçici olarak aktive eder (46).

Bu nedenle de bu çalışmada, NB LS CE-chirp ve TB uyaranları 500 Hz frekansında kullanılmıştır. Kas yorgunluğunu önlemek için uyaranlar rastgele sırayla verilmiştir.

Literatürde VEMP yanıt oranı sağlıklı bireylerde % 80 ile % 100 arasında bildirilmiştir (47). Özgür ve ark.ları cVEMP yanıt oranını 500 Hz TB için % 93.5 ve chirp için % 89.7 bulmuştur (48). Öte yandan Walther ve Cebulla hem TB hem de chirp uyarısı için % 90 yanıt oranı bulmuşlardır (49).

Bu çalışmada da , kontrol grubunda hem cVEMP hem oVEMP testlerinde, hem NB LS CE-chirp hem de TB uyaranlarından elde edilen yanıt oranı %100 olarak bulunmuştur. Dalga morfolojisine baktığımızda NB LS CE-chirp uyaran ile elde edilen dalgalar özellikle oVEMP testinde oldukça belirgindi. Bu da rutin pratikte oVEMP testinde TB uyarana göre chirp uyarının kullanılmasının daha avantajlı olabileceğini düşündürmektedir.

Akın ve ark.ları, uyaran şiddetinin latans üzerindeki etkisini incelemiş ve latans üzerinde herhangi bir değişkenlik olmaksızın cVEMP'ler elde etmek için 95-100 dB nHL'lik bir uyaran şiddetinin gerekli olduğunu bildirmişlerdir (42). Bu bulguların ışığında, bu

çalışmada 500 Hz frekansında TB ve NB LS CE chirp uyarılar, 95 dB nHL'lik bir uyarın şiddeti ile kullanılmıştır.

Son yıllarda, işitsel beyinsapı cevabı (Auditory brainstem response-ABR) ve İşitsel devamlı-durum yanıtları (Auditory Steady-State Responses-ASSR) testlerine ek olarak VEMP testinde de chirp uyarınının kullanımı artmıştır. ABR'de, V. dalga latansı, chirp uyaranda diğer uyarılara göre anlamlı olarak kısadır (50).

Klik, TB ve ton-pip gibi geleneksel akustik uyarılar kullanıldığında, koklea boyunca farklı nöral bölgeler aynı anda uyarılmaz. Ancak chirp uyarın, nöral yapılar arasındaki zamansal senkronizasyonu artırarak periferik işitmede zaman gecikmesini telafi etmek için tasarlanmıştır (51). Chirp uyarın, kokleadaki tüm bölgelerin yaklaşık olarak aynı anda uyarılmasını sağlar. Frekansı zamanla değişen (artan veya azalan) akustik bir uyarıdır. Bu zamansal senkronizasyon, uyarının daha düşük frekanslarına göre daha yüksek frekansları geciktirmesi ile sağlanabilir. Ancak bu uyarının vestibüler yolak üzerindeki doğrudan etkisi henüz net değildir (52).

Literatürde Claus Elberling (CE) chirp, geniş bant chirp, Narrow band (NB) chirp, CW-VEMP chirp vb. gibi birçok farklı chirp uyarını tanımlanmıştır. Walther ve Cebulla'ya göre etkili VEMP uyarın frekansları kullanıldığında chirp uyarın, VEMP için son derece uygundur (49).

Literatürde chirp uyarınının, TB uyarınına göre daha kısa bir latansa sahip olduğu bildirilmiştir (53,54). Bu, chirp uyarınının kokleanın daha geniş frekans bölgelerini aynı anda uyarması ve yükselme, plato ve düşme zamanını kapsayan saf ses uyarınından daha kısa koklear uyarına yol açmasıyla açıklanabilir (55). cVEMP testinde chirp uyarını ile kısa latans elde edilmesinin bir başka nedeni de chirp uyarınının sakkulusu daha etkili ve hassas bir şekilde uyarmasıdır (55).

Bu çalışmada da literatür ile uyumlu olarak kontrol grubunda hem cVEMP hem oVEMP testlerinde NB LS CE-chirp uyarını ile TB uyarına göre anlamlı olarak daha kısa latanslarda P1 ve N1 dalgaları elde edilmiştir. Muhtemelen TB uyarınının yükselme-plato-düşme süresi de bu gecikmeye katkı sağlamaktadır.

Uyaranlar arasında ABR amplitüdünü karşılaştıran önceki çalışmalar, chirp uyaran ile diğer uyaranlara göre daha büyük amplitüdü elde edildiğini göstermiştir (50,56). Ancak VEMP testinde P1N1 amplitüdü ile ilgili bazı tartışmalı sonuçlar bulunmaktadır. Örneğin, Özgür ve ark.ları ve Zakaria ve ark.ları, chirp uyarana kıyasla TB uyarani ile daha büyük P1N1 amplitüdü elde etmişlerdir (48, 57).

Buna karşılık, Wang ve ark.ları, Walther ve Cebulla, Akın Ocal ve ark.ları, Karacaylı ve ark.ları chirp uyaraniyla daha yüksek P1N1 amplitüdü bildirmişlerdir (45,53,54,55).

Bu çalışmada da sağlıklı kontrol grubunda hem oVEMP hem de cVEMP testlerinde chirp uyaran amplitüdülerinin TB uyaraniından anlamlı olarak daha büyük olduğu bulunmuştur. Çalışmalardaki bu farklılıklar otolitik organın tuning etkisinden ve kullanılan uyarı ve kayıt parametrelerinden kaynaklanmış olabilir. Ancak unutulmamalıdır ki, chirp uyaran tüm frekans bölgelerini aynı anda uyarmasına rağmen NB chirp uyarani, TB uyaraniından daha geniş bir spektral yayılım dezavantajına sahip olabilir (58).

Yine bu çalışmada hasta grubunda oVEMP testinde 500 Hz TB ile yanıt alınmayıp, 500 Hz NB LS CE-Chirp uyaran ile yanıt alınan 2 kişi mevcuttu. oVEMP, yanıt alınan göz kaslarının oldukça küçük olması nedeniyle küçük amplitüdü dalgalarından meydana gelmektedir. Burada chirp uyaran ile amplitüdü TB uyarana göre anlamlı büyük olması dalğanın tanınabilirliğini artırması açısından oldukça önemlidir.

Literatürde blast travmalarda, işitsel sistem yanında vestibüler sistem etkilenmesi ile ilgili birbirinden farklı çalışmalar mevcuttur.

McCabe ve ark.ları ginea pigleri 136-150 dB SPL aralığında yoğun sese maruz bırakmış ve zararlı etkilerin pars inferior (koklea ve sakkül) ile sınırlı olduğunu, buna karşılık pars superiorun (utrikül ve semisirküler kanallar) nispeten intakt olduğunu göstermişlerdir (5).

Fareler üzerinde yapılan bir çalışmada patlama dalgasına maruz kaldıktan sonra 1 aya kadar crista ve makuladaki tüy hücrelerinde önemli kalıcı stereosilya kayıpları gözlemlenmiş, hem periferik hem de santral vestibüler sistemde defisitler gösterilmiştir (25).

Blast travmalarındaki vertigonun, literatürde iç kulak hasarından ziyade santral sinir sisteminde sarsıntıya neden olan ikincil veya üçüncül mekanizmalardan kaynaklandığını bildiren çalışmalar mevcuttur. Travma sonrası periferik vestibüler etiyojiler arasında BPPV, perilenfatik fistül ve iç kulağın utrikül ve sakkülüne yönelik akut travma yer alır (59).

Pahor ve ark.ları 110 bar bombalanmasında yaralanan hastanın 2'sinde baş dönmesi gözlemlenmiştir. Bunlardan birinin de daha önce baş dönmesi atakları mevcutmuş (60).

Kerr ve Byrne ise serilerindeki baş dönmesi vakalarını, intrakraniyal travma ile ilişkilendirmişlerdir (61).

Yine 1968'deki bir çalışmada stapes tabanının ayrılması ile beraber perilenf fistülü bildirilmiştir (62). 1984'deki hayvan çalışmasında ise bu oran %40 olarak belirtilmektedir (63).

1993 yılında yapılan bir çalışmada patlamaya maruz kalmış beş kişi muayene edilip takibe alınmıştır. Vestibüler değerlendirme, elektronistagmografi ve smooth harmonik akselerasyon testi ile yapılmıştır. Üç hastada akut vestibüler semptomlar mevcut olup iyileşme saptanmıştır. Belirgin vestibüler kompanzasyon sağlanmasına rağmen, iki hastaya kalıcı vestibülopati tanısı konmuştur. Çalışma kulakta patlama yaralanması vakalarında tam vestibüler değerlendirmenin önemini vurgulamaktadır (64).

1995 yılında blast travma sonrası kulak hasarı oluşan 13 kişi incelenmiş ve 4'ünde vestibüler semptomların olduğu görülmüştür: 1 tanesinde 30 dakika süren rotasyonel vertigo, 1 tanesinde 2 gün süren, baş hareketiyle olan rotasyonel vertigo; 1 tanesinde hafif ve geçici dengesizlik (unsteadiness) ve sonucunda 45 gün süren küçük rotasyonel vertigo atakları görülmüştür. Ancak bulgular herhangi bir objektif vestibüler test ile doğrulanmamıştır (65).

2007 yılında yapılan blast travmaya maruz kalan 258 hastada yapılan bir çalışmada hastaların %15'inde baş dönmesi bildirilmiştir (1).

2017 yılında yapılan bir başka çalışmada blast travmaya maruz kalmış 41 hastanın 8'inde vertigo görülmüştür. 8 hastanın dördünde ayrıca nistagmus olup, sekiz hastadan yedisinde TM perforasyonu bildirilmiştir. Başta irritatif periferik vestibüler sendrom ile

başvuran ve stapes footplate kırığı olan bir hasta dışında tüm hastalarda vertigo 3 ay içinde kaybolmuştur (30).

Scherer ve ark.ları son 1 yıl içinde blast ilişkili travmatik beyin hasarı geçirmiş olan 24 Amerikan askerinden oluşan iki grubu (asemptomatik ve semptomatik) baş dönmesi açısından karşılaştırmışlardır. Baş dönmesi olan semptomatik hastalar videonistagmografi ile incelendiğinde tek taraflı vestibüler yetmezlik daha fazla görülmüş; ancak her iki grupta da santral vestibüler disfonksiyona bağlı açıklanamayan nistagmus rapor edilmiştir. Yazarlar bu vertigo vakalarının genellikle ikincil veya üçüncül patlama yaralanmasına bağlı kafa travması ile ilişkili olduğunu bildirmişlerdir. Aynı çalışmada 14 hastaya c-VEMP testi yapılmış ve 2'sinde tek taraflı yanıt olmadığı görülmüştür. 14 denekten ikisi ayrıca potansiyel olarak sakküler veya medial vestibülospinal sistem disfonksiyonu düşündürülen anormal derecede uzun P1 latansı göstermiştir. Ayrıca, Subjektif Vizüel Vertikal testi 18 hastanın 2'sinde anormal şekilde sağa çarpık izlenmiş, bu da olası tek taraflı otolit tutulumunu düşündürmüştür. Uygulanan BEE 'lerinde semptomatik grubun asemptomatik gruptan önemli ölçüde farklı olduğu bulunmuştur. Ancak hastaların işitme durumları ile ilgili herhangi bir bilgi verilmemiştir (66).

Yapılan başka bir çalışmada daha öncesinde baş dönmesi veya dengesizlik öyküsü olmayan blast travmaya maruz kalmış hastaların %18'inde baş dönmesi görülmüştür. Bu semptomun geç dönemde ortaya çıktığı bildirilmiştir. Altıncı ayda hastaların %17'sinde BEE'leri orta-ağır şiddette izlenmiştir. Ancak travmadan hemen sonra ve 6. Ay arasında BEE ile değerlendirilen baş dönmesi şiddetinde anlamlı fark izlenmemiştir (32).

Yine 2018 yılında yapılan çalışmada havai fişek patlamasına maruz kalan kişilerin %33'ünde baş dönmesi görülmüştür. Bu hastaların vestibüler sistem değerlendirmesinde 40 etkilenen kulakta kalorik testte 3 kulakta kanal parezisi, cVEMP ve oVEMP testlerinde ise (10 etkilenen kulakta yapılabilmemiş), 8 kulakta cVEMP yokluğu ve 2 kulakta normal cVEMP, 2 kulakta azalmış amplitüdü oVEMP ve 4 kulakta oVEMP yanıt yokluğu belirlenmiştir. İşitme kaybı, cVEMP anormalliği ve oVEMP anormalliği, kalorik testteki anormallikten anlamlı ölçüde daha yüksek oranlar göstermiştir. Bu sonuçlardan yola çıkarak blast travma ile koklea, utrikül ve sakkül etkilenmesinin olduğu ancak semisirküler kanalların blast etkiden korunduğu sonucuna varılmıştır (24).



Littlefield ve ark.larının yaptığı çalışmada tekrarlayan patlamaya maruz kalan askeri personel ve mühendislerden oluşan toplam 15 kişi 17 aya kadar takip edilmiştir. Çalışmaya katılanlardan hiçbiri her değerlendirme oturumu sırasında uygulanan subjektif görsel analog testlerde vestibüler problem bildirmemişlerdir. Akut dönemde ve uzun süreli takipte hiçbirinde kötüleşme izlenmemiş, ancak bazı ilginç temel grup farklılıkları görülmüştür. Yukarı vuran pozisyonel nistagmus yaygın ve hafif travmatik beyin hasarı öyküsü ile korele izlenmiştir. Bu nistagmusun akut blast etkisine bağlı olduğu düşünülmüştür. TB uyaran ile yapılan cVEMP ve oVEMP sonuçlarında bireyler arasında değişken sonuçlar olmasına rağmen, gruplar arasında veya zaman içinde latanslar açısından hiçbir fark görülmediği belirtilmiştir. Bu çalışmada da çalışmaya dahil olan hastaların işitme durumları ile ilgili herhangi bir bilgi verilmemiştir (67).

2002 yılında yapılan başka bir çalışmada 17 blast travmalı hasta ilk andan 6. Aya kadar takip edilmiş ve 7 hastada (%41.2) baş dönmesi olduğu görülmüştür. Bunlardan birine paroksizmal pozisyonel vertigo teşhisi konmuş ve diğerlerine yapılan posturografide denge sisteminde multi-sensör bir kayıp olduğu görülmüştür. Olaydan 6 ay sonra, 5 hastada denge bozuklukları devam etmiştir (22).

Vestibüler hasar, muhtemelen utrikülün ve sakkülün stapes tabanına yakın anatomik yerleşimine bağlı olmasına rağmen, nadiren bildirilmiştir, ki bu çalışmalar yaralanmayı sakküler ve utriküler hasara veya doğrudan kafaya darbeye bağlamaktadırlar. Utrikül ve sakkül rüptürleri, gerçekten de, patlamada ölen kişilerde postmortem bulgularda tanımlanmıştır (22).

2014 yılında blast travmalı 110 hasta ve 54 kontrol grubu ile yapılan bir çalışmada blast grubunda 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 3000 Hz ve 6.000 Hz'de kontrol grubundan daha fazla işitme kaybının olduğu bildirilmiştir. Patlamadan yaralanmış hastaları kontrollerle karşılaştırırken blast travma grubunda baş dönmesi önemli ölçüde fazla izlenmiştir. Baş dönmesi, bağımsız olarak değerlendirildiğinde artan işitme eşikleri ile korele izlenmiştir (21).

Hoffer ve ark.larının 2010 yılında yaptığı çalışmada blast travma sonrası literatürdeki en yüksek oranlarda vertigo gözlenmiştir. Bu semptom hem anketle hem de dinamik posturografi ve rotasyon sandalyesi ile değerlendirilmiştir (68).

Bu çalışmada ise hasta grubun Baş Dönmesi Engellilik Envanteri (BEE) ortalaması  $14.80 \pm 23.38$  (0-88.00) bulunmuştur. Hasta grubunda etkilenen 43 kulağın 3'ünde 500 Hz TB uyararla cVEMP yanıtı alınmamıştır (%6.9). 43 kulağın 5'inde ise 500 Hz TB oVEMP yanıtı alınmamıştır (%11.6). 2 hastanın BEE'i yüksek bulunmuştur (Birini skoru 74 ve diğerinin 88). BEE'i 74 olan hastanın cVEMP yanıtı olup, oVEMP yanıtı izlenmemiştir. BEE'i 88 olan hastanın hem cVEMP hem de oVEMP yanıtı alınmıştır. Bu sonuç bize bazı hastaların blast travma etkisiyle vestibüler yolağının bir kısmının etkilendiğini gösterebilir. Yine kontrol ve hasta grubu arasındaki farklılara baktığımızda 500 Hz TB cVEMP P1 latans, N1 latans ve P1N1 amplitüd ve 500 Hz TB oVEMP P1 latans, N1 latans ve P1N1 amplitüd açısından her iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı fark izlenmemiştir. Bu bulgular bu çalışmadaki hasta grubunun TM'lerinin sağlam olmasının vestibüler sistemi blast etkiden koruduğunu düşündürmektedir. Ayrıca testlerin yapılma süresi ortalama 41.16 gündür. Yani bu bulgular blast travmanın kronik dönemde vestibüler sistemde anlamlı değişiklik oluşturmadığını düşündürmektedir. Gerek bu çalışma gerekse literatürdeki diğer çalışmalar arasındaki blast travmanın vestibüler sistem üzerine etkisi ile ilgili farklı sonuçlar birçok sebebe bağlı olabilir. Maruz kalınan patlamaların şiddeti, süresi, patlamaya maruz kalan kişinin patlama anındaki pozisyonu bu farklılıkları etkilemiş olabilir. Ayrıca çalışmalar arasında kullanılan vestibüler testlerin farklılığı da bu farklı sonuçlarda oldukça önemlidir. Literatürdeki çalışmaların birçoğu blast travma sonrası vestibüler sistem değerlendirmesinde sınırlı bir test bataryası kullanmışlardır. Bu da tüm vestibüler yolağın birlikte değerlendirilmesini imkansız hale getirmiştir. Bu çalışmada da utrikül, sakkül, superior ve inferior vestibüler sinirler ve ilgili yollar değerlendirilmiştir.

Hasta ve kontrol grubunun VEMP yanıtları açısından karşılaştırılmasında gerek TB uyarı ile gerekse chirp uyarı ile istatistiksel olarak benzer sonuçlar alınmıştır. Buradan yola çıkarak chirp uyarının sağlıklı bireylerde kullanılabileceği gibi hasta gruplarında da TB uyarı yerine kullanılabileceği söylenebilir.

Bu çalışmanın en önemli limitasyonu denek sayısının azlığıdır. Ancak bilindiği üzere blast travma sonucu kulakta görülen değişiklikler oldukça heterojendir. Bu durum sadece SNIK yapmaz, bununla beraber büyük oranda TM perforasyonları ve KZ kopukluklarına neden olur. Dolayısıyla bu çalışma sadece blast travmanın kokleayı etkilediği düşünülen SNIK'lı kişilerde yapılmış ve kokleanın ve işitsel sistemin yanında vestibüler sistemin ne kadar etkilendiğinin cVEMP ve oVEMP ile tespiti amaçlanmıştır. Bir diğer handicap

hastaların hepsinin blast sonrasında hemen odyovestibüler sistem açısından değerlendirilememiş olmasıdır. Hastalar patlama sonra ortalama  $41.16 \pm 16.75$  (22-65) gün sonra Kulak Burun Boğaz polikliniğine başvurmuş ve odyolojik ve vestibüler testleri yapılmıştır. Dolayısıyla patlama sonrası ilk günlerde ve 90 günden sonra başvuran hastalar çalışma dışı bırakılmıştır. Bu da hastaların başvuru anında blast travmanın geç döneminde olduğunu düşündürür. Bu hastaların patlama sonucu multi organ yaralanmalarına maruz kalması oldukça sık görülen bir durumdur. Özellikle bu hastalarda ortopedik yaralanmalar sık olup, hastalar stabilize olduktan sonra polikliniğimize konsulte edilebilmektedirler.

Sonuç olarak blast travma sonrası vestibüler sistem muayenesi oldukça detaylı yapılmalı ve mümkünse bütün vestibüler sistem bölümlerinin değerlendirilebileceği geniş bir vestibüler sistem değerlendirme test bataryası kullanılmalıdır.

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

- 1- 44 sağlam kulağın hepsinden hem 500 Hz TB hem de 500 Hz NB LS CE-Chirp uyaran ile cVEMP ve oVEMP yanıtları alındı.
- 2- Kontrol grubunda cVEMP testinde P1 ve N1 latansı 500 Hz NB LS CE-chirp uyaran kullanıldığında, 500 Hz TB uyarana göre istatistiksel olarak anlamlı kısa izlendi. P1N1 amplitüdü 500 Hz NB LS CE-chirp uyaran kullanıldığında, 500 Hz TB uyarana göre istatistiksel olarak anlamlı büyük izlendi. Eşiklere baktığımızda ise kontrol grubunda cVEMP'de 500 Hz NB LS CE-chirp uyaranda, 500 Hz TB uyarana göre istatistiksel olarak anlamlı düşük eşik izlendi.
- 3- Kontrol grubunda oVEMP testinde P1 ve N1 latansı 500 Hz NB LS CE-chirp uyaran kullanıldığında, 500 Hz TB uyarana göre istatistiksel olarak anlamlı kısa izlendi. P1N1 amplitüdü 500 Hz NB LS CE-chirp uyaran kullanıldığında, 500 Hz TB uyarana göre istatistiksel olarak anlamlı büyük izlendi. Eşiklere baktığımızda ise kontrol grubunda oVEMP'de 500 Hz NB LS CE-chirp uyaranda, 500 Hz TB uyarana göre istatistiksel olarak anlamlı düşük eşik izlendi.
- 4- Hasta grubunda blast travmanın üzerinden geçen gün sayısı ortalamasının  $41.16 \pm 16.75$  (22-65) gün olduğu görüldü. Yine hasta grubundaki 25 hastadan 18'inde bilateral kulak ve 7'sinde unilateral kulak (4 sol kulak ve 3 sağ kulak) etkilenmişti. Hasta grubun Baş Dönmesi Engellilik Envanteri (BEE) ortalaması  $14.80 \pm 23.38$  (0-88.00) bulundu.
- 5- Hasta grubunda etkilenen 43 kulağın alçak frekanslardaki (250-500 Hz), orta frekanslardaki (1000-2000 Hz) ve yüksek frekanslardaki (4000-6000-8000 Hz) işitme eşikleri karşılaştırıldığında her 3 grup arasında istatistiksel anlamlı fark izlenmiştir. Grup içi karşılaştırmalara baktığımızda alçak ve orta frekanslardaki işitme eşikleri arasında anlamlı fark yokken, alçak ve yüksek frekanslar arasında ayrıca orta ve yüksek frekanslar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu görülmüştür.
- 6- Hasta grubun etkilenen ve etkilenmeyen kulaklarının SSO, 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz, 6000 Hz ve 8000 Hz frekanslarında işitme eşiklerini karşılaştırdığımızda iki grup arasında 250 Hz ve 500 Hz eşiklerinde istatistiksel anlamlı fark izlenmezken, SSO, 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz, 6000 Hz ve 8000 Hz de her iki grup arasında anlamlı fark izlenmiştir.

- 7- Hasta grubunun etkilenen ve etkilenmeyen kulaklarının alçak frekanslardaki (250-500 Hz), orta frekanslardaki (1000-2000 Hz) ve yüksek frekanslardaki (4000-6000-8000 Hz) işitme eşiklerini karşılaştırdığımızda alçak frekanslarda her iki grup arasında anlamlı fark izlenmezken, orta ve yüksek frekanslarda her iki grup arasında anlamlı fark izlendi.
- 8- Hasta grubunda etkilenen 43 kulağın 3'ünde hem 500 Hz NB LS CE-Chirp uyararla hem de 500 Hz TB uyararla cVEMP yanıtı alınmadı (%6.9). 43 kulağın 5'inde 500 Hz TB oVEMP yanıtı alınmazken (%11.6), 3'ünde 500 Hz NB LS CE-Chirp oVEMP yanıtı alınmadı (%6.9).
- 9- 500 Hz TB uyararı ile yapılan cVEMP testinde kontrol ve hasta grubu arasında P1 latans, N1 latans ve P1N1 amplitüd açısından istatistiksel olarak anlamlı fark izlenmedi.
- 10- 500 Hz NB LS CE-chirp uyararı ile yapılan cVEMP testinde kontrol ve hasta grubu arasında P1 latans, N1 latans ve P1N1 amplitüd açısından istatistiksel olarak anlamlı fark izlenmedi.
- 11- 500 Hz TB uyararı ile yapılan oVEMP testinde hasta ve kontrol grubu arasında P1 latans, N1 latans ve P1N1 amplitüd açısından istatistiksel olarak anlamlı fark izlenmedi.
- 12- 500 Hz NB LS CE-chirp ile yapılan oVEMP testinde hasta ve kontrol grubu arasında P1 latans, N1 latans ve P1N1 amplitüd açısından istatistiksel olarak anlamlı fark izlenmedi.
- 13- Hasta grubunda etkilenen 43 kulağın 40'ında, etkilenmeyen 7 kulağın hepsinde hem 500 Hz TB uyararı ile hem de 500 Hz NB LS CE-chirp ile cVEMP yanıtı alındı.
- 14- 500 Hz TB uyararı ile yapılan cVEMP testinde hasta grubunun etkilenen ve etkilenmeyen kulakları P1 latans, N1 latans ve P1N1 amplitüdüleri açısından karşılaştırıldığında her 2 grup arasında istatistiksel anlamlı fark izlenmedi.
- 15- 500 Hz NB LS CE-chirp uyararı ile yapılan cVEMP testinde hasta grubunun etkilenen ve etkilenmeyen kulakları P1 latans, N1 latans ve P1N1 amplitüdüleri açısından karşılaştırıldığında her 2 grup arasında istatistiksel anlamlı fark izlenmedi.
- 16- 43 etkilenen kulağın 38'inde ve etkilenmeyen 7 kulağın 6 'sında 500 Hz TB uyararı ile oVEMP yanıtı alındı.

- 17- 500 Hz TB uyaran ile yapılan oVEMP testinde hasta grubunun etkilenen ve etkilenmeyen kulakları P1 latans, N1 latans ve P1N1 amplitüdleri açısından karşılaştırıldığında her 2 grup arasında istatistiksel anlamlı fark izlenmedi.
- 18- 500 Hz NB LS CE-chirp uyaran ile yapılan oVEMP testinde hasta grubunun etkilenen ve etkilenmeyen kulakları P1 latans, N1 latans ve P1N1 amplitüdleri açısından karşılaştırıldığında her 2 grup arasında istatistiksel anlamlı fark izlenmedi.
- 19- Sonuç olarak blast travma sonrası geç dönemde otolit organların fonksiyonu bozulmamıştır.

## KAYNAKLAR

- 1- Cave KM, Cornish EM, Chandler DW. Blast injury of the ear: clinical update from the global war on terror. *Mil Med* 2007;172:726-30.
- 2- Garth RJ. Blast injury of the auditory system: a review of the mechanisms and pathology. *J Laryngol Otol* 1994;108:925-9.
- 3- Choi CH. Mechanisms and treatment of blast induced hearing loss. *Korean J Audiol.* 2012 Dec;16(3):103-7. doi: 10.7874/kja.2012.16.3.103. Epub 2012 Dec 18. PMID: 24653882; PMCID: PMC3936657.
- 4- Patterson JH Jr, Hamernik RP. Blast overpressure induced structural and functional changes in the auditory system. *Toxicology* 1997; 121:29-40
- 5- McCABE BF, LAWRENCE M. The effects of intense sound on the non-auditory labyrinth. *Acta Otolaryngol.* 1958 Mar-Apr;49(2):147-57. doi: 10.3109/00016485809134738. PMID: 13532656.
- 6- MANGABEIRA-ALBERNAZ PL, COVELL WP, ELDREDGE DH. Changes in the vestibular labyrinth with intense sound. *Laryngoscope.* 1959 Dec;69:1478-93. doi: 10.1288/00005537-195912000-00002. PMID: 14420617.
- 7- Khan S, Chang R. Anatomy of the vestibular system: a review. *NeuroRehabilitation.* 2013;32(3):437-43. doi: 10.3233/NRE-130866. PMID: 23648598
- 8- Casale J, Browne T, Murray I, Gupta G. Physiology, Vestibular System. 2021 May 9. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2021 Jan-. PMID: 30422573.
- 9- Baloh RW, Honrubia V. The peripheral vestibular system. *Contemp. Neurol. Ser.* 1979;18:23-46.
- 10- Kingma H, van de Berg R. Anatomy, physiology, and physics of the peripheral vestibular system. *Handb Clin Neurol.* 2016;137:1-16. doi: 10.1016/B978-0-444-63437-5.00001-7. PMID: 27638059.

- 11- Yoo H, Mihaila DM. Neuroanatomy, Vestibular Pathways. 2020 Nov 22. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2021 Jan-. PMID: 32491312.
- 12- Ulupınar E. Vestibüler nöroanatomi ve vestibüler fizyoloji. İncesulu ŞA, Erbek HS, editörler. Vertigoya Güncel Yaklaşım: Tanıdan Tedaviye. 1. Baskı. Ankara: Türkiye Klinikleri; 2020. p.1-9.
- 13- Tascioglu, A. B. Brief Review of Vestibular Anatomy and Its Higher Order Projections. Neuroanatomy,2005 4, 24-27.
- 14- Vidal, P. P.; Cullen, K.; Curthoys, I. S.; Du Lac, S.; Holstein, G.; Idoux, E.; Lysakowski, A.; Peusner, K.; Sans, A.; Smith, P. The Vestibular System. In Paxinos, G. (Ed.) The Rat Nervous System: Fourth Edition. Elsevier Inc., 2015. p. 805-864 .
- 15- Anna Lysakowski. Anatomy of the vestibular system In book: Cummings Otolaryngology Edition: 6th Chapter: Chap. 130. Publisher: Elsevier Saunders Editors: Paul W. Flint, Bruce H. Haughey, Valerie J. Lund, John K. Niparko, Mark A. Richardson, K. Thomas Robbins, J. Regan Thomas;2014. p.1850-65
- 16- Jones SM, Jones TA, Mills KN, Gaines GC. Anatomical and Physiological Considerations in Vestibular Dysfunction and Compensation. Semin Hear. 2009;30(4):231-241. doi:10.1055/s-0029-1241124
- 17- Bickford RG, Jacobson JL, Cody DTR. Nature of averaged evoked potentials to sound and other stimuli in man. Ann NY Acad Sci 1964;112:204-223
- 18- Townsend GL, Cody DT. The averaged inion response evoked by acoustic stimulation: its relation to the saccule. Ann Otol Rhinol Laryngol. 1971;80(1):121-131. doi:10.1177/000348947108000116
- 19- Colebatch JG, Halmagyi GM. Vestibular evoked potentials in human neck muscles before and after unilateral vestibular deafferentation. Neurology. 1992;42(8):1635-1636. doi:10.1212/wnl.42.8.1635



- 20- Fife TD, Colebatch JG, Kerber KA, Brantberg K, Strupp M, Lee H, Walker MF, Ashman E, Fletcher J, Callaghan B, Gloss DS 2nd. Practice guideline: Cervical and ocular vestibular evoked myogenic potential testing: Report of the Guideline Development, Dissemination, and Implementation Subcommittee of the American Academy of Neurology. *Neurology*. 2017 Nov 28;89(22):2288-2296. doi: 10.1212/WNL.0000000000004690. Epub 2017 Nov 1. PMID: 29093067; PMCID: PMC5705249.
- 21- Shah A, Ayala M, Capra G, Fox D, Hoffer M. Otologic assessment of blast and nonblast injury in returning Middle East-deployed service members. *Laryngoscope*. 2014 Jan;124(1):272-7. doi: 10.1002/lary.24169. Epub 2013 May 17. PMID: 23686673.
- 22- Cohen JT, Ziv G, Bloom J, Zikk D, Rapoport Y, Himmelfarb MZ. Blast injury of the ear in a confined space explosion: auditory and vestibular evaluation. *Isr Med Assoc J*. 2002 Jul;4(7):559-62. PMID: 12120473
- 23- Taşlı H, Gökgöz MC, Çoban VK, Nagiyev Z, Karakoç Ö. Does tympanic membrane perforation have a protective effect on the inner ear in blast-injured patients? *Ulus Travma Acil Cerrahi Derg*. 2021 Jan;27(1):79-84. English. doi: 10.14744/tjtes.2020.87639. PMID: 33394482.
- 24- Liao YH, Young YH. Inner Ear Damage by Firecracker Trauma. *Audiol Neurootol*. 2018;23(2):116-121. doi: 10.1159/000492611. Epub 2018 Sep 11. PMID: 30205364.
- 25- Lien S, Dickman JD. Vestibular Injury After Low-Intensity Blast Exposure. *Front Neurol*. 2018 May 14;9:297. doi: 10.3389/fneur.2018.00297. PMID: 29867715; PMCID: PMC5960675.
- 26- Jacobson GP, Newman CW. The development of the Dizziness Handicap Inventory. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg*. 1990 Apr;116(4):424-7. doi: 10.1001/archotol.1990.01870040046011. PMID: 2317323.
- 27- Canbal M, Cebeci S, Duyan G Ç, Kurtaran H, Arslan İ. Baş Dönmesi Engellilik Envanterinin Türkçe Geçerlilik ve Güvenilirlik Çalışması. *TJFM&PC*, 2016;10(1):19-24

- 28- Brown MA, Ji XD, Gan RZ. 3D Finite Element Modeling of Blast Wave Transmission from the External Ear to Cochlea. *Ann Biomed Eng.* 2021 Feb;49(2):757-768. doi: 10.1007/s10439-020-02612-y. Epub 2020 Sep 14. PMID: 32926269.
- 29- Chait RH, Casler J, Zajtchuk JT. Blast injury of the ear: historical perspective. *Ann Otol Rhinol Laryngol Suppl.* 1989 May;140:9-12. doi: 10.1177/00034894890980s503. PMID: 2497701.
- 30- Ballivet de Régloix S, Crambert A, Maurin O, Lisan Q, Marty S, Pons Y. Blast injury of the ear by massive explosion: a review of 41 cases. *J R Army Med Corps.* 2017 Oct;163(5):333-338. doi: 10.1136/jramc-2016-000733. Epub 2017 Feb 16. PMID: 28209807.
- 31- Lee JS, Lee SK, Shin IH, Yeo SG, Park MS, Byun JY. Vestibular evoked myogenic potential according to middle ear condition in chronic otitis media with tympanic membrane perforation. *Acta Otolaryngol.* 2014 Jan;134(1):34-40. doi: 10.3109/00016489.2013.836756. Epub 2013 Oct 9. PMID: 24102226
- 32- Remenschneider AK, Lookabaugh S, Aliphas A, Brodsky JR, Devaiah AK, Dagher W, Grundfast KM, Heman-Ackah SE, Rubin S, Sillman J, Tsai AC, Vecchiotti M, Kujawa SG, Lee DJ, Quesnel AM. Otologic outcomes after blast injury: the Boston Marathon experience. *Otol Neurotol.* 2014 Dec;35(10):1825-34. doi: 10.1097/MAO.0000000000000616. PMID: 25393974.
- 33- Mizutari K. Blast-induced hearing loss. *J Zhejiang Univ Sci B.* 2019 Feb.;20(2):111-115. doi: 10.1631/jzus.B1700051. Epub 2017 Oct 18. PMID: 29770646; PMCID: PMC6380998.
- 34- Niwa K, Mizutari K, Matsui T, Kurioka T, Matsunobu T, Kawauchi S, Satoh Y, Sato S, Shiotani A, Kobayashi Y. Pathophysiology of the inner ear after blast injury caused by laser-induced shock wave. *Sci Rep.* 2016 Aug 17;6:31754. doi: 10.1038/srep31754. PMID: 27531021; PMCID: PMC4987642.
- 35- Schaette R, McAlpine D. Tinnitus with a normal audiogram: physiological evidence for hidden hearing loss and computational model. *J Neurosci.* 2011 Sep 21;31(38):13452-7. doi: 10.1523/JNEUROSCI.2156-11.2011. PMID: 21940438; PMCID: PMC6623281

- 36- Kumagami H. Endolymphatic hydrops induced by noise exposure. *Auris Nasus Larynx*. 1992;19(2):95-104. doi: 10.1016/s0385-8146(12)80097-6. PMID: 1417579.
- 37- Teter DI, Newell RC, Aspinall KB. Audiometric configurations associated with blast trauma. *Laryngoscope*. 1970 Jul;80(7):1122-32. doi: 10.1288/00005537-197007000-00010. PMID: 5450302.
- 38- Persaud R, Hajioff D, Wareing M, Chevretton E. Otolological trauma resulting from the Soho Nail Bomb in London, April 1999. *Clin Otolaryngol Allied Sci*. 2003 Jun;28(3):203-6. doi: 10.1046/j.1365-2273.2003.00688.x. PMID: 12755756.
- 39- Felipe L, Kingma H. Ocular vestibular evoked myogenic potentials. *Int Arch Otorhinolaryngol* 2014; 18: 77-9
- 40- Erbek S, Gokmen Z, Ozkiraz S, Erbek SS, Tarcan A, Ozluoglu LN. Vestibular evoked myogenic potentials in preterm infants. *Audiol Neurootol*. 2009;14(1):1-6. doi: 10.1159/000148204. Epub 2008 Jul 29. PMID: 18663293
- 41- Weber KP, Rosengren SM. Clinical utility of ocularvestibular-evoked myogenic potentials (oVEMPs). *Curr Neurol Neurosci Rep* 2015; 15: 22.
- 42- Akin FW, Murnane OD, Proffitt TM. The effects of click and toneburst stimulus parameters on the vestibular evoked myogenic potential (VEMP). *J Am Acad Audiol* 2003;14:500-9. 16
- 43- Singh NK, Barman A. Characterizing the frequency tuning properties of air-conduction ocular vestibular evoked myogenic potentials in healthy individuals. *Int J Audiol* 2013; 52: 849-54.
- 44- Park HJ, Lee IS, Shin JE, Lee YJ, Park MS. Frequency tuning characteristics of cervical and ocular vestibular evoked myogenic potentials induced by air-conducted tone bursts. *Clin Neurophysiol* 2010; 121: 85-9
- 45- Cebulla M, Walther LE. Cervical vestibular evoked myogenic potentials via air conduction delivered by either sequentially or quasisimultaneously presented narrow-band chirp stimuli. *Int J Audiol* 2019;58:174-9.

- 46- Curthoys IS. A critical review of the neurophysiological evidence underlying clinical vestibular testing using sound, vibration and galvanic stimuli. *Clin Neurophysiol* 2010;121:132-44
- 47- Erbek S, Erbek SS, Yilmaz S, Yucel E, Ozluoglu LN. Vestibular evoked myogenic potentials in Behcet's disease. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 2008 Nov;265(11):1315-20. doi: 10.1007/s00405-008-0650-8. Epub 2008 Mar 26. PMID: 18365227.
- 48- Özgür A, Çelebi Erdivanlı Ö, Özergin Coşkun Z, Terzi S, Yiğit E, Demirci M, Dursun E. Comparison of Tone Burst, Click and Chirp Stimulation in Vestibular Evoked Myogenic Potential Testing in Healthy People. *J Int Adv Otol*. 2015 Apr;11(1):33-5. doi: 10.5152/iao.2015.927. PMID: 26223715.
- 49- Walther LE, Cebulla M. Band limited chirp stimulation in vestibular evoked myogenic potentials. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2016; 273:2983-91
- 50- Rodrigues GR, Ramos N, Lewis DR. Comparing auditory brainstem responses (ABRs) to toneburst and narrow band CE-chirp in young infants. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 2013;77:1555-60.
- 51- Elberling C, Callø J, Don M. Evaluating auditory brainstem responses to different chirp stimuli at three levels of stimulation. *J Acoust Soc Am* 2010;128:215-23
- 52- Atcherson SR, Moore PC. Are chirps better than clicks and tonebursts for evoking middle latency responses? *J Am Acad Audiol* 2014;25:576-83
- 53- Karaçaylı C, Akın Öçal FC, Çoban VK, Satar B. Normative Data of Ocular Vestibular Evoked Myogenic Potentials in Response to Chirp Stimulus. *J Int Adv Otol*. 2020 Dec;16(3):378-381. doi: 10.5152/iao.2020.6354. PMID: 33136020; PMCID: PMC7901469.
- 54- Ocal FCA, Karacayli C, Coban VK, Satar B. Can Narrow Band Chirp Stimulus Shake the Throne of 500 Hz Tone Burst Stimulus for Cervical Vestibular Myogenic Potentials? *J Audiol Otol*. 2021 Apr;25(2):98-103. doi: 10.7874/jao.2020.00486. Epub 2021 Jan 19. PMID: 33455152; PMCID: PMC8062248.

- 55- Wang BC, Liang Y, Liu XL, Zhao J, Liu YL, Li YF, et al. Comparison of chirp versus click and tone pip stimulation for cervical vestibular evoked myogenic potentials. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2014;271:3139-46
- 56- Ferm I, Lightfoot G, Stevens J. Comparison of ABR response amplitude, test time, and estimation of hearing threshold using frequency specific chirp and tone pip stimuli in newborns. *Int J Audiol* 2013;52:419-23
- 57- Zakaria MN, Zainun Z, Cheu Lih A. Considerations when analyzing vestibular evoked myogenic potential (VEMP) outcomes elicited by chirp stimulus in healthy participants. *J Int Adv Otol* 2015; 11:271-2
- 58- Elberling C, Don M, Cebulla M, Stürzebecher E. Auditory steady-state responses to chirp stimuli based on cochlear traveling wave delay. *J Acoust Soc Am* 2007;122:2772-85
- 59- Darley DS, Kellman RM. Otologic considerations of blast injury. *Disaster Med Public Health Prep.* 2010 Jun;4(2):145-52. doi: 10.1001/dmphp.d-08-00057r2. PMID: 20526137.
- 60- Pahor AL. The ENT problems following the Birmingham bombings. *J Laryngol Otol.* 1981 Apr;95(4):399-406. doi: 10.1017/s0022215100090873. PMID: 7229522.
- 61- Kerr AG, Byrne JE. Concussive effects of bomb blast on the ear. *J Laryngol Otol.* 1975 Feb;89(2):131-43. doi: 10.1017/s002221510008018x. PMID: 1123564.
- 62- Singh D, Ahluwalia KJ. Blast injuries of the ear. *J Laryngol Otol.* 1968 Nov;82(11):1017-28. doi: 10.1017/s0022215100069802. PMID: 5686416.
- 63- Yokoi H, Yanagita N. Blast injury to sensory hairs: a study in the guinea pig using scanning electron microscopy. *Arch Otorhinolaryngol.* 1984;240(3):263-70. doi: 10.1007/BF00453381. PMID: 6487137.
- 64- Shupak A, Doweck I, Nachtigal D, Spitzer O, Gordon CR. Vestibular and audiometric consequences of blast injury to the ear. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg.* 1993 Dec;119(12):1362-7. doi: 10.1001/archotol.1993.01880240100013. PMID: 17431991.

- 65- Cudennec YF, Buffe P, Poncet JL. Otologic features and teachings of a bombing attempt. *Mil Med.* 1995 Sep;160(9):467-70. PMID: 7478034.
- 66- Scherer MR, Burrows H, Pinto R, Littlefield P, French LM, Tarbett AK, Schubert MC. Evidence of central and peripheral vestibular pathology in blast-related traumatic brain injury. *Otol Neurotol.* 2011 Jun;32(4):571-80. doi: 10.1097/MAO.0b013e318210b8fa. PMID: 21358450.
- 67- Littlefield PD, Pinto RL, Burrows HL, Brungart DS. The Vestibular Effects of Repeated Low-Level Blasts. *J Neurotrauma.* 2016 Jan 1;33(1):71-81. doi: 10.1089/neu.2014.3824. Epub 2015 Jul 1. PMID: 25790248.
- 68- Hoffer ME, Balaban C, Gottshall K, Balough BJ, Maddox MR, Penta JR. Blast exposure: vestibular consequences and associated characteristics. *Otol Neurotol.* 2010 Feb;31(2):232-6. doi: 10.1097/MAO.0b013e3181c993c3. PMID: 20009782.

**EK 1: Baş Dönmesi Engellilik Envanteri (Dizziness handicap inventory)**

	Evet	Hayır	Bazen
1. Yukarı doğru bakmak probleminizi artırıyor mu?			
2. Probleminizden dolayı kendinizi kötü hissediyor musunuz?			
3. Probleminizden dolayı (iş/sosyal neden) seyahat etmekten kaçınıyor musunuz?			
4. Alışveriş sırasında raflar arasında dolaşmak probleminizi artırıyor mu?			
5. Probleminizden dolayı yatağınıza yatıp kalkmak zorlaştı mı?			
6. Probleminiz yemeğe çıkma, eğlenme gibi sosyal aktivitelere katılmanızı engelliyor mu?			
7. Probleminizden dolayı okumakta güçlük çekiyor musunuz?			
8. Probleminizden dolayı tabakları raflara yerleştirme, ev süpürme, spor veya dans gibi aktivitelerde zorlanıyor musunuz?			
9. Probleminizden dolayı yanınızda biri olmadan dışarı çıkmaktan kaçınıyor musunuz?			
10. Probleminizden dolayı diğer insanlarla birlikteyken utanıyor musunuz?			
11. Başınızın hızlı hareketleri probleminizi artırıyor mu?			
12. Probleminizden dolayı yüksekte bulunmaktan kaçınıyor musunuz?			
13. Yatak içinde dönmeniz probleminizi artırıyor mu?			
14. Probleminizden dolayı güç gerektiren ev veya bahçe işlerinde zorlanıyor musunuz?			
15. Probleminizden dolayı çevrenizdekiler sizi sarhoş sanıyor mu?			
16. Probleminizden dolayı tek başınıza yürümeniz zorlaştı mı?			
17. Yokuş aşağı yürümek probleminizi artırıyor mu?			
18. Probleminizden dolayı konsantre olmakta zorlanıyor musunuz?			
19. Probleminizden dolayı karanlıkta yürümeniz zorlaştı mı?			
20. Probleminizden dolayı evde tek başına kalmaktan korkuyor musunuz?			
21. Probleminizden dolayı kendinizi özürlü/bağımlı hissediyor musunuz?			
22. Probleminiz arkadaşlarınız veya aile bireylerinizle olan ilişkilerinizde problemlere neden oluyor mu?			
23. Probleminizden dolayı kendinizi depresif hissediyor musunuz?			
24. Probleminiz iş/ev işi sorumluluklarınızı etkiliyor mu?			
25. Öne eğilmek probleminizi artırıyor mu?			
Toplam: ..../..../....			

## EK 2: Aydınlatılmış Onam Formu

Araştırma adı: Akustik travmalarda vestibüler uyarılmış myojenik potansiyeller (VEMP), 29/01/2020



1993  
BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ

### KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU

## BİLİMSEL ARAŞTIRMALAR İÇİN BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU

#### LÜTFEN DİKKATLİCE OKUYUNUZ !!!

Bilimsel araştırma amaçlı klinik bir çalışmaya katılmak üzere davet edilmiş bulunmaktasınız. Bu çalışmada yer almayı kabul etmeden önce çalışmanın ne amaçla yapılmak istendiğini tam olarak anlamanız ve kararınızı, araştırma hakkında tam olarak bilgilendirildikten sonra özgürce vermeniz gerekmektedir. Bu bilgilendirme formu söz konusu araştırmayı ayrıntılı olarak tanıtmak amacıyla size özel olarak hazırlanmıştır. Lütfen bu formu dikkatlice okuyunuz. Araştırma ile ilgili olarak bu formda belirtildiği halde anlayamadığınız ya da belirtilemediğini fark ettiğiniz noktalar olursa hekiminize sorunuz ve sorularınıza açık yanıtlar isteyiniz. Bu araştırmaya katılıp katılmamakta serbestsiniz. Çalışmaya katılım **gönüllülük** esasına dayalıdır. Araştırma hakkında tam olarak bilgilendirildikten sonra, kararınızı özgürce verebilmeniz ve düşünmeniz için formu imzalamadan önce hekiminiz size zaman tanıyacaktır. Kararınız ne olursa olsun, hekimleriniz sizin tam sağlık halinizin sağlanmasına ve korunmasına yönelik görevlerini bundan sonra da eksiksiz yapacaklardır. Araştırmaya katılmayı kabul ettiğiniz taktirde formu imzalayınız.

***Önemli Not: Form hazırlanırken, araştırmacıya açıklama niteliğindeki italik yazılı ya da parantez kısımlarının silinmesi unutulmamalıdır.***

#### 1. ARAŞTIRMANIN ADI

Akustik travmalarda vestibüler uyarılmış myojenik potansiyeller (VEMP) (Yüksek sese maruz kalanlarda denge sisteminin değerlendirilmesi)

#### 2. GÖNÜLLÜ SAYISI

Bu araştırmada yer alması öngörülen toplam gönüllü sayısı 44'dür.



### **3. ARAŞTIRMAYA KATILIM SÜRESİ**

Bu araştırmada yer almanız için öngörülen süre 30 dakika dır.

### **4. ARAŞTIRMANIN AMACI**

Bu araştırmanın amacı, “yüksek sese maruz kalanlarda işitme fonksiyonları yanında denge fonksiyonlarının ne kadar etkilendiğinin tespit edilmesi amacıyla iç kulak denge organındaki utrikülün ve sakkülün fonksiyonunu değerlendiren oküler VEMP (O-VEMP) ve servikal VEMP (c-VEMP) testinin yapılması’ dir.

### **5. ARAŞTIRMAYA KATILMA KOŞULLARI**

Bu araştırmaya dâhil edilebilmeniz için gereken koşullar şunlardır (Kontrol grubu için)

1. Normal işitmeye sahip olmanız ( Saf ses ortalaması 15 DB den iyi, normal akustik refleks ve tip a timpanogram)
2. Herhangi bir kulak probleminizin ve nörolojik probleminizin olmaması

Bu araştırmaya dâhil edilebilmeniz için gereken koşullar şunlardır (Hasta grubu için)

- 1.Yüksek sese maruz kalma sonucu hafifden orta-ileriye sensorinöral işitme kaybınızın olması (25-70 dB)
2. Gürültüye maruz kalma öncesinde herhangi bir kulak probleminizin ve nörolojik probleminizin olmaması

### **6. ARAŞTIRMANIN YÖNTEMİ**

Size herhangi bir yan etkisi olmayan, yüzüne ve boynunuza eletrotlar ( bir çeşit kablo) bağlanarak kafanızı çevirerek boynunuzu kasmanız ve bir noktaya sabit bakmanız istenecek ve her iki kulağına ses verilerek bilgisayarda belli ölçümler elde edilecektir.

### **7. GÖNÜLLÜNÜN SORUMLULUKLARI**

1. Araştırma planına ve araştırmacının önerilerine uymalısınız.
2. Araştırma sırasında sizi rahatsız eden herhangi bir tıbbi durumu sorumlu araştırmacıya bildirmelisiniz.

### **8. ARAŞTIRMADAN BEKLENEN OLASI YARARLAR**

‘Akustik travmalarda vestibüler uyarılmış myojenik potansiyeller (VEMP) (Yüksek sese maruz kalanlarda denge sisteminin değerlendirilmesi’ isimli çalışmamız yalnızca bilimsel amaçlı olup sizin doğrudan yarar görmeyiz ya da tedavinizin seyrini değiştirmesi beklenmemektedir. Ancak, bu araştırmadan elde edilen sonuçlar sizin gibi tanı almış diğer hastaların tedavisinin planlanmasına katkı sağlayacaktır.Böylece akustik travma nedeniyle sensorinöral işitme kaybı gelişen hastaların denge sistemi hakkında fikir sahibi olunacaktır.

## **9. ARAŞTIRMADAN KAYNAKLANABİLECEK OLASI RİSKLER**

Araştırmamızın elektrotların yapıştırılıp kaldırılması esnasında geçici olarak görülebilecek hafif kızarıklık haricinde herhangi bir riski bulunmamaktadır. Olası bir soruna karşı gerekli tedbirler tarafımızdan alınacaktır.

## **10. ARAŞTIRMADAN KAYNAKLANABİLECEK HERHANGİ BİR ZARARLANMA DURUMUNDA YÜKÜMLÜLÜK / SORUMLULUK DURUMU**

Araştırma nedeniyle bir zarar görmeniz söz konusu olursa, tedavi için gereken masraflar Başkent Üniversitesi tarafından karşılanacaktır.

## **11. ARAŞTIRMA SÜRESİNCE ÇIKABİLECEK SORUNLARDA ARANACAK KİŞİ**

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

**İstediginizde Günün 24 Saati Ulaşılabilir Hekimin Adres ve Telefonları:**

## **12. GİDERLERİN KARŞILANMASI VE ÖDEMELER**

Bu araştırmaya katılmanız için veya araştırmadan kaynaklanabilecek giderler için sizden herhangi bir ücret istenmeyecektir. Hastalığınızın gerektirdiği tetkiklere ilave olarak yapılacak her türlü tetkik, fizik muayene ve diğer araştırma giderleri size veya güvencesi altında bulunduğunuz resmi ya da özel hiçbir kuruma ödetilmeyecektir.

## **13. ARAŞTIRMAYI DESTEKLEYEN KURUM**

Araştırmayı destekleyen kurum Başkent Üniversitesi' dir.

#### **14. GÖNÜLLÜYE HERHANGİ BİR ÖDEME YAPILIP YAPILMAYACAĞI**

Bu araştırmaya katılmanızla, araştırma ile ilgili çıkabilecek zorunlu masraflar tarafımızdan karşılanacaktır. Bunun dışında size veya yasal temsilcilerinize herhangi bir maddi katkı sağlanmayacaktır.

#### **15. BİLGİLERİN GİZLİLİĞİ**

Araştırma süresince elde edilen sizinle ilgili tıbbi bilgiler size özel bir kod numarası ile kaydedilecektir. Size ait her türlü tıbbi bilgi gizli tutulacaktır. Araştırmanın sonuçları yalnızca bilimsel amaçla kullanılacaktır. Araştırma yayınlansa bile kimlik bilgileriniz verilmeyecektir. Ancak, gerektiğinde araştırmanın izleyicileri, yoklama yapanlar, etik kurullar ve resmi makamlar tıbbi bilgilerinize ulaşabilecektir. Siz de istediğinizde kendinize ait tıbbi bilgilere ulaşabileceksiniz.

#### **16. ARAŞTIRMA DIŞI BIRAKILMA KOŞULLARI**

Gönüllüler yapılması planlanan testlerin tamamlanamaması durumunda araştırma dışı bırakılır.

#### **17. ARAŞTIRMADA UYGULANACAK TEDAVİ DIŞINDAKİ DİĞER TEDAVİLER**

#### **18. ARAŞTIRMAYA KATILMAYI REDDETME VEYA AYRILMA DURUMU**

Bu araştırmada yer almak tamamen sizin isteğinize bağlıdır. Araştırmada yer almayı reddedebilirsiniz ya da herhangi bir aşamada araştırmadan ayrılabilirsiniz; araştırmada yer almayı reddetmeniz veya katıldıktan sonra vazgeçmeniz halinde de kararınız size uygulanan tedavide herhangi bir değişikliğe neden olmayacaktır.

Araştırmadan çekilmeniz ya da araştırmacı tarafından çıkarılmanız durumunda da, sizle ilgili tıbbi veriler bilimsel amaçla kullanılabilir.

#### **19. YENİ BİLGİLERİN PAYLAŞILMASI VE ARAŞTIRMANIN DURDURULMASI**

Araştırma sürerken, araştırmayla ilgili olumlu veya olumsuz yeni tıbbi bilgi ve sonuçlar en kısa sürede size veya yasal temsilcinize iletilecektir. Bu sonuçlar sizin araştırmaya devam etme isteğinizi etkileyebilir. Bu durumda karar verene kadar araştırmanın durdurulmasını isteyebilirsiniz.

#### ***(Katılımcının/Hastanın/Anne-Baba/Yasal Temsilcinin Beyanı)***

Sayın Dr. Selim Sermed Erbek tarafından Başkent Üniversitesi Tıp Fakültesi Kulak Burun Boğaz Anabilim Dalı'nda tıbbi bir araştırma yapılacağı belirtilerek bu araştırma ile ilgili yukarıdaki bilgiler bana aktarıldı. Bu bilgilerden sonra böyle bir araştırmaya "katılımcı" (gönüllü) olarak davet edildim.

Eğer bu araştırmaya katılırsam hekim ile aramda kalması gereken bana ait bilgilerin gizliliğine bu araştırma sırasında da büyük özen ve saygı ile yaklaşılabacağına inanıyorum. Araştırma sonuçlarının eğitim ve bilimsel amaçlarla kullanımını sırasında kişisel bilgilerimin özenle korunacağı konusunda bana gerekli güvence verildi.

Araştırmanın yürütülmesi sırasında herhangi bir sebep göstermeden araştırmadan çekilebilirim (Ancak araştırmacıları zor durumda bırakmamak için araştırmadan çekileceğimi önceden bildirmemim uygun olacağını bilincindeyim). Ayrıca, tıbbi durumuma herhangi bir zarar verilmemesi koşuluyla araştırmacı tarafından araştırma dışı tutulabilirim.

Araştırma için yapılacak harcamalarla ilgili herhangi bir parasal sorumluluk altına girmiyorum. Bana da bir ödeme yapılmayacaktır.

Araştırma uygulamasından kaynaklanan nedenlerle herhangi bir sağlık sorununun ortaya çıkması halinde, her türlü tıbbi müdahalenin sağlanacağı konusunda gerekli güvence verildi. Bu tıbbi müdahalelerle ilgili olarak da parasal bir yük altına girmeyeceğim anlatıldı.

Bu araştırmaya katılmak zorunda değilim ve katılmayabilirim. Araştırmaya katılmam konusunda zorlayıcı bir davranışla karşılaşmış değilim. Eğer katılmayı reddedersem, bu durumun tıbbi bakımına ve hekim ile olan ilişkiye herhangi bir zarar getirmeyeceğini de biliyorum.

**ARAŞTIRMAYA KATILMA ONAYI**

Yukarıda yer alan ve araştırmaya başlanmadan önce gönüllüye verilmesi gereken bilgileri gösteren 4 sayfalık metni okudum ve sözlü olarak dinledim. Aklıma gelen tüm soruları araştırmacıya sordum, yazılı ve sözlü olarak bana yapılan tüm açıklamaları ayrıntılarıyla anlamış bulunmaktayım. Araştırmaya katılmayı isteyip istemediğime karar vermem için bana yeterli zaman tanındı. Bu koşullar altında, bana ait tıbbi bilgilerin gözden geçirilmesi, transfer edilmesi ve işlenmesi konusunda araştırma yürütücüsüne yetki veriyor ve söz konusu araştırmaya ilişkin bana yapılan katılım davetini hiçbir zorlama ve baskı olmaksızın büyük bir gönüllülük içerisinde kabul ediyorum. Bu formu imzalamakla yerel yasaların bana sağladığı hakları kaybetmeyeceğimi biliyorum. Bu formun imzalı ve tarihli bir kopyası bana verildi.

<b>GÖNÜLLÜ</b>		<b>İMZASI</b>
<i>İSİM SOYİSİM</i>		
<i>ADRES</i>		
<i>TELEFON</i>		
<i>TARİH</i>		

<b>VASİ (Varsa)</b>		<b>İMZASI</b>
<i>İSİM SOYİSİM</i>		
<i>ADRES</i>		
<i>TELEFON</i>		
<i>TARİH</i>		

<b>ARAŞTIRMACI</b>		<b>İMZASI</b>
<i>İSİM SOYİSİM ve GÖREVİ</i>		
<i>ADRES</i>		
<i>TELEFON</i>		
<i>TARİH</i>		

<b>ONAM ALMA İŞİNE BAŞINDAN SONUNA KADAR TANIKLIK EDEN KURULUŞ GÖREVLİSİ</b>		<b>İMZASI</b>
<i>İSİM SOYİSİM ve GÖREVİ</i>		
<i>ADRES</i>		
<i>TELEFON</i>		
<i>TARİH</i>		