



BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KULAK BURUN BOĞAZ ANABİLİM DALI
ODYOLOJİ TEZLİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

TRAMPLEN VE KULE ATLAYICILARININ KULAK
FONKSİYONLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

NATALİA BORİSOVA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ANKARA

2019



BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KULAK BURUN BOĞAZ ANABİLİM DALI
ODYOLOJİ TEZLİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

TRAMPLEN VE KULE ATLAYICILARININ KULAK
FONKSİYONLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
NATALIA BORISOVA

TEZ DANIŞMANI
Prof. Dr. H. Seyra ERBEK

ANKARA, 2019



T.C
BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Odyoloji Tezli Yüksek Lisans Programı çerçevesinde Natalia Borisova tarafından yürütülmüş olan bu çalışma, aşağıdaki jüri tarafından Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 06/02/2019

Tez Konusu: "Tramplen ve Kule Atlayıcıların Kulak Fonksiyonlarının Değerlendirilmesi"

TEZ DANIŞMANI: **Prof. Dr. Hatice Seyra ERBEK**

TEZ JÜRİSİ ÜYELERİ

Prof. Dr. Hatice Seyra Erbek

Başkent Üniversitesi

Prof. Dr. Selim Sermed Erbek

Başkent Üniversitesi

Doç. Dr. Suna Yılmaz

Ankara Üniversitesi

ONAY: Bu tez, Başkent Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği'nin ilgili maddeleri uyarınca yukarıdaki jüri üyeleri tarafından uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulunun ...11.. / ...02.. / 2019 tarih ve ...9-12.. Karar Sayısı ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Fatma Belgin ATAÇ
Enstitü Müdürü



BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS / DOKTORA TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU

Tarih: 10 / 01 / 2019

Öğrencinin Adı, Soyadı : Natalia BORİSOVA

Öğrencinin Numarası : 21510175

Anabilim Dalı : Kulak Burun Boğaz

Programı : Odyoloji

Danışmanın Unvanı/Adı, Soyadı : Prof. Dr. Hatice Seyra ERBEK

Tez Başlığı : Trampelen ve Kule atlayıcılarının kulak fonksiyonlarının değerlendirilmesi

Yukarıda başlığı belirtilen Yüksek Lisans/Doktora tez çalışmamın; Giriş, Ana Bölümler ve Sonuç Bölümünden oluşan, toplam 85 sayfalık kısmına ilişkin, 10 / 01 / 2019 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından Turnitin programı adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 11 'dir.

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

10. / 01. / 2019

Öğrenci Danışmanı Unvan, Ad, Soyad,

TEŞEKKÜR

Eğitimini almaktan hayatım boyunca gurur duyacağım Başkent Üniversitesi'nin birbirinden değerli bilim insanlarına en içten sevgi, saygı ve teşekkürlerimi kabul etmeleri için ricada bulunarak sözlerime başlamak istiyorum.

Gelişip, başarılı olabilmemiz için, paha biçilmez katkılarından dolayı Başkent Üniversitesi Kulak Burun Boğaz Ana Bilim Dalı Başkanı Sayın Prof. Dr. Levent N. Özlüoğlu'na sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Başkent Üniversitesi'ndeki eğitim sürecinde ihtiyaç duyduğum her an varlığını yanında hissettiğim, tez danışmanım olarak da geleceğimi şekillendirmek için verdiği desteklerini hiç unutmayacağım Başkent Üniversitesi Kulak Burun Boğaz bölümü ve Odyoloji Ana Bilim Dalı Öğretim Üyesi Sayın Prof. Dr. Seyra ERBEK'e sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Kusursuz yetişmemiz adına bize çok kıymetli bilgi aktırarak verdiği destekler için Başkent Üniversitesi Kulak Burun Boğaz Ana Bilim Dalı Üyesi Sayın Prof. Dr. Selim Sermed ERBEK'e sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Gelişmemiz adına desteklerini esirgemeyen Başken Üniversitesi Kulak Burun Boğaz Ana Bilim Dalı Öğretim Üyeleri Sayın Prof. Dr. Adnan Fuat BÜYÜKLÜ, Sayın Doç Dr. Evren HIZAL, Sayın Yar. Doç. Dr Fulya ÖZER, Sayın Uzm. Dr. Gülfem ALP BEYAZPINAR'a sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Klinik tecrübe ve çalışmalarımızda gelişimimiz için desteklerini esirgemeyen Uzm. Ody. Berkay ASLAN, Sayın Güldeniz PEKCAN, Sayın Sinem YEGÜL KAPICIOĞLU ve Melike KÜRKLÜ'ye sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Hayatımın her aşamasında maddi manevi desteklerini esirgemeyerek bana güç veren sevgili ailem, annem Evgeniya BORİSOVA, babam Vladimir

BORİSOVA, teyzem Valentina Şapoşnikova'ya ve her daim yanımda olarak bana destek veren değerli eşim Yusuf Ahmet ÖKTÜ'ye sonsuz teşekkürler.

ÖZET

BORİSOVA N., TRAMPLEN VE KULE ATLAYICILARININ KULAK FONKSİYONLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ, BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ KULAK BURUN BOĞAZ ANABİLİM DALI, ODYOLOJİ YÜKSEK LİSANS TEZİ, 2019.

Amaç: Trampelen ve kule atlayıcılarının kulak fonksiyonları değerlendirmeye olarak orta kulak fonksiyonlarının, orta kulak rezonans frekansını ve vestibüler uyarılmış miyojenik potansiyel (VEMP) testi ile denge fonksiyonlarının değerlendirmektir.

Gereç ve Yöntem: Bu çalışma, trampelen ve kule atlama sporu yapan 07-15 yaş aralığındaki 34 çocuktan (17 kız, 17 erkek) oluşan sporcu grubu ile bu sporla ilgisi olmayan yaş ve cinsiyet eşleştirmeli 34 çocuktan oluşan kontrol grubundan oluşmaktadır. Katılımcıların ailelerinden onay formu alınmış ve katılımcılara uygulanan testler ile ilgili bilgi verilmiştir. Atlayıcıların odyometrik değerlendirmelerinde 1000 Hz, 2000 Hz, 3000Hz, 4000Hz, 6000Hz, 8000Hz frekanslarındaki saf ses hava yolu işitme eşikleri, 1000Hz, 2000Hz, 4000Hz saf ses kemik yolu işitme eşikleri, timpanogram değerleri, multifrekans timpanometride rezonans frekans değerleri ile refleks eşikleri değerlendirilmiştir. Ayrıca hastalarda denge testi olarak VEMP testi uygulanmış olup cVEMP ve oVEMP amplitüd değerleri de kaydedilmiştir.

Bulgular: Çalışmada elde edilen bulguların ortalama değerlerine göre kadın atlayıcılarda cVEMP amplitüdün sol eşiği istatistik olarak düşük çıkmış ($p=0.031$); oVEMP amplitüd sol değerleri tüm sporcularda istatistik olarak anlamlı fark bulunmuş, yüksek çıkmıştır ($p=0.011$). Gruplar arasında RF ortalama ve ortanca değerleri açısından karşılaştırıldıktan sonra anlamlı fark bulunmamıştır. Trampelen ve kule atlayıcıların denge testlerinde sporcularda ve erkek grubunda OVEMP sol amplitüdü daha yüksek; kadın atlayıcılarda cVEMP amplitüdün sol düşük değer

bulunmuştur. Timpanogram testinde; TTP değeri sağda sporcularda istatistik olarak düşük çıkmıştır. İşitme, östaki tüpü fonksiyonları, denge fonksiyonlarının sonuçlarına göre işitme kaybı sonuçları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunamamıştır.

Sonuç: Bu çalışma ile trampelen ve kule atlayıcılarında ani basınç değişikliği, kontrol grubuna göre orta kulak fonksiyonlarında ve işitme düzeyleri açısından istatistiksel olarak bir fark yaratmamaktadır. Ancak trampelen ve kule atlayıcılarında cVEMP ve oVEMP amplitüd değerlerinde istatistik olarak anlamlı fark bulunmuştur. Bu sporla ilgilenen ve bu spora başlayacak çocuklarda atlama programına başlamadan önce denge ve postür eğitimi ve gerekirse simülasyon çalışmalarının yapılması uygun olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Trampelen ve Kule Atlama, atlayıcı, ani basınç değişikliği, işitme kaybı, multifrekans timpanometri, vestibuler uyarılmış miyojenik potansiyeller.

Bu çalışma, Başkent Üniversitesi Tıp ve Sağlık Bilimleri Araştırma Kurulu tarafından onaylanmış (Proje no: KA 17/311) ve Başkent Üniversitesi Araştırma Fonu tarafından desteklenmiştir.

ABSTRACT

BORISOVA N., EVALUATION OF THE EAR FUNCTIONS OF SPRINGBOARD AND PLATFORM DIVERS, BASKENT UNIVERSITY HEALTH SCIENCE INSTITUTE, OTORHINOLARYNGOLOGY DEPARTMENT, GRADUATE THESIS OF THE CLINICAL AUDIOLOGY PROGRAMME, 2019.

Objective: To evaluate the ear functions of spring board and platform divers by taking into consideration the middle ear functions, middle ear resonance frequency and vestibular evoked myogenic potential (VEMP) test and balance functions.

Material and methods: This study consists of 34 athletes (17 girls, 17 boys) from 07-15 age group who does spring board and platform diving sports, and 34 children with age and gender matching who were not related to this sport. The parents of the participants received the approval form and the participants were informed about the tests applied. In the audiometric evaluations of the divers, pure sound hearing thresholds at frequencies 1000 Hz, 2000 Hz, 300Hz, 4000 Hz, 6000 Hz, 8000 Hz, 1000Hz, 2000Hz, 4000hz, pure sound bone path hearing thresholds, tympanograms values, Resonance frequency values in multifrequency tympanometry and reflex thresholds were evaluated. In addition, VEMP test was applied and cVEMP and oVEMP amplitud values of patients were recorded.

Results: In this study, the left threshold of cVEMP amplitudes in female divers was statistically low ($P=0.031$), and oVEMP amplitude left values were statistically significant in all athletes ($P=0.011$). There was no significant difference between the groups in terms of mean and median Resonance frequency values. In balance tests of spring board and platform divers, the left low value of cVEMP amplitude was lower for female divers while oVEMP left amplitude value was higher for men divers. In the tympanogram test; TTP value was lower in athletes on the right ear. There was no statistically significant correlation between hearing loss

and the results of the function of the eustachian tube functions and the results of the balance functions.

Conclusion: In this study, sudden pressure changes for spring board and platform divers does not make a statistically significant difference between the middle ear functions and the hearing levels according to the control group. However, there was a statistically significant difference in cVEMP and oVEMP amplitude values for spring board and platform divers. For kids that are interested in this sport and going to start a diving training program should get an education first then if necessary, should do some simulation studies.

KeyWords: Spring board and Platform Diving, divers, sudden pressure change, hearing loss, multifrequency tympanometry, vestibular evoked myogenic potentials.

This study was approved by Baskent University Institutional Review Board and Ethics Committee (Project no: 17/311) and supported by Baskent University Research Fund.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZET.....	v
ABSTRACT.....	vii
İÇİNDEKİLER.....	ix
KISALTMALAR VE SİMGELER.....	x
ŞEKİLLER.....	xii
TABLolar.....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	3
2.1. Orta Kulak.....	3
2.2. İç Kulak.....	4
2.3. İşitme Fizyolojisi.....	5
2.4. Östaki Tüpü.....	6
2.4.1. Östaki tüpü embriyolojisi ve anatomisi.....	6
2.4.2. Östaki tüpünün histolojisi.....	8
2.4.3. Östaki tüpünün fizyolojisi.....	8
2.4.4. Östaki tüpü fonksiyon testleri.....	11
2.5. Vestibüler Sistem.....	12
2.5.1. Vestibüler sistem embriyolojisi.....	12
2.5.2. Vestibüler anatomi.....	13
2.5.3. Vestibüler fizyoloji.....	15
2.5.4. Vestibüler sistem incelemelerinin tarihçesi.....	19
2.6. Vestibüler Sistem ve Orta Kulak Fonksiyonları için Testler.....	20
2.6.1. Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyeller (VEMP).....	20
2.6.2. Orta Kulak Fonksiyonları için Testler.....	23
2.7. Trampelen ve Kule Atlama Sporu.....	28
3. GEREÇ ve YÖNTEM.....	30
3.1. Çalışmanın örnekleme.....	30

3.2. Çalışmada dışlanma kriterleri.....	30
3.3. Çalışmada uygulanan testler.....	31
3.3.1. Odyometri Testi	31
3.3.2. Akustik Timpanometri.....	31
3.3.3. Östaki Fonksiyon Testi	31
3.3.4. Akustik Refleks Testi	32
3.3.5. Multifrekans timpanometri Testi	32
3.3.6. VEMP	34
3.4. Verilerin Değerlendirilmesi	35
4. BULGULAR.....	36
5. TARTIŞMA	47
6. KAYNAKLAR.....	55

KISALTMALAR VE SİMGELER

dB	: Desibel
daPa	: Dekapaskal
DTH	: dış tüy hücresi
Hz	: Herzt
μ V	: mikrovolt
MFT	: Multifrekans Timpanometri
MLF	: Mediallongitudinalfasikulus
MLR	: Orta latans cevap
RF	: Rezonant Frekans
SPL (Sound Pressure Level)	: ses basınç seviyesi
SPL	: Sound Pressure Level
VER	: Vestibüler uyarılmış refleks
VOR	: Vestibulookuler refleks
VSR	: Vestibülo-spinal Refleks
VEMP	: Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyeller
oVEMP	: Oküler Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyeller
cVEMP	: Servikal Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyeller

ŞEKİLLER

Şekil 1 : Kulağın Anatomik Yapısı	3
Şekil 2 : Koklea sıvıları	4
Şekil 3 : İnflasyon-deflasyon testi grafiği	11
Şekil 4 : Vestibüler sistemin Embriyolojik Gelişimi	13
Şekil 5 : Utrikül ve Sakkül makulalarının gösterimi	16
Şekil 6 : cVEMP ölçümü	21
Şekil 7 : cVEMP grafiği	22
Şekil 8 : oVEMP elektrot yerleşimi	23
Şekil 9 : oVEMP grafiği	23
Şekil 10 : Timpanometride değerlendirilen parametreler	24
Şekil 11 : Timpanogram çeşitleri	25
Şekil 12 : Multifrekans Timpanometride Vanhuyse Modeli	27
Şekil 13 : Östaki fonksiyon testi sonucu	32
Şekil 14 : Multifrekans Timpanometri cihazı	33
Şekil 15 : Multifrekans Timpanometri sonuç çıktısı	34
Şekil 16 : cVEMP (sağda) ve oVEMP (solda) elektrot yerleşimi	35
Şekil 17 : Kontrol-Erkek ve Sporcu-Erkek grubunun “Rözanans Frekans” değerlerinin karşılaştırılması	42
Şekil 18 : Kontrol-Kadın ve Atlayıcı-Kadın grubunun “Rözanans Frekans” değerlerinin karşılaştırılması	42
Şekil 19 : Kontrol-Erkek ve Sporcu-Erkek grubunun “oVEMP amplitüd” değerlerinin grafik olarak gösterilmesi	45
Şekil 20 : Kontrol-Kadın ve Sporcu-Kadın grubunun “cVEMP amplitüd” değerlerinin grafik olarak gösterilmesi	46

TABLolar

Tablo 1 : Katılımcıların frekans ve dağılım tablosu	36
Tablo 2 : Hava yolu ile elde edilen SSO değerleri	37
Tablo 3 : Orta kulak tepe basınç değeri ortalaması açısından kontrol ve sporcu gruplarında yer alan kadınlar arasındaki farklılığa ilişkin Timpanometri sonuçları	38
Tablo 4 : Orta kulak statik komplians değeri ortalamaları açısından kontrol ve atlayıcı gruplarında yer alan kadınlar arasındaki farklılığa ilişkin Mann-Whitney testi sonuçları	38
Tablo 5 : Sporcu ve Kontrol Gruplarında erkeklerin Timpanogram parametreleri	39
Tablo 6 : Çalışma ve Kontrol Gruplarında Akustik Refleks yanıtları	40
Tablo 7 : Sağ kulak patent olma durumunun gruplar arasındaki dağılımı	40
Tablo 8 : Sol kulak patent olma durumunun gruplar arasındaki dağılımı	41
Tablo 9 : Grupların RF ortalama değerleri açısından karşılaştırılması	41
Tablo 10 : Kontrol ve atlayıcı gruplar arasındaki farklılığa ilişkin cVEMP testi Sonuçları	43
Tablo 11 : Kontrol ve atlayıcı gruplar arasındaki farklılığa ilişkin oVEMP testi sonuçları	44
Tablo 12 : Kontrol ve sporcu gruplarında yer alan erkekler arasında oVEMP testi amplitüd sonuçları	45
Tablo 13 : Kontrol ve sporcu gruplarında yer alan kadınlar arasında cVEMP testi amplitüd sonuçları	46

1. GİRİŞ

İşitme, dış ortamda meydana gelen ses dalgalarının kulak tarafından toplanması ve beyindeki merkezler tarafından algılanmasına kadar olan süreç olarak tanımlanmaktadır. İşitme sistemi içinde dış, orta ve iç kulak ile santral işitsel yollar ve işitme merkezi yer almaktadır.

Denge kavramı ise canlılarda proprioseptif duyu, görsel sistem ve vestibüler sistemden oluşan karmaşık bir yapıyı kapsamaktadır. İç kulakta yer alan vestibüler sistemin, fonksiyonunu yerini getirebilmesi için denge sistemi oluşturan diğer yapılarla (proprioseptif duyu ve görsel sistem)uyum içinde çalışması gerekmektedir. Vestibüler sistem periferik ve santral olmak üzere iki bölümde incelenmektedir.

Orta kulak ile nazofaringeal boşluğu birbirine bağlayan östaki tüpü, orta kulak ve dış kulak basıncının dengelenmesi için önemli bir rol üstlenir. Östaki tüpünün fonksiyonu, ani basınç değişimlerinden etkilenmektedir.

Trampelen ve kule atlayıcıları 1,3,5 ve 10 metreden atlayan sporculardır. Suya çarpma açıları ve şiddetleri atlayıcıların sıklıkla yarışmalar ve antrenmanlar sırasında işitme problemleri, kulak dolgunluğu ve kulak ağrısı gibi işitsel semptomlar yaşamalarına neden olmaktadır.

Tüm dünyada uzun yıllardır profesyonel düzeyde eğitim verilen ve yarışmaları düzenlenen trampelen ve kule atlama sporuna son yıllarda ülkemizde ilgi artmıştır. Buna karşı işitme ve denge sistemini koruyan eğitimlerin her iki sistem üzerine olası etkilerini inceleyen herhangi bir çalışma henüz yayınlanmamıştır.

Trampelen ve kule atlayıcılarında suya girişlerdeki ani basınç değişikliği sonucunda ortaya çıkabilen kulak problemleri; sporcunun sağlığını etkileyip kalıcı hasarlara yol açabilmektedir. Bunun yanı sıra, sporcunun üst üste antrenmanlarda zaman harcayarak hazırlandığı çok önemli müsabakalarda; sporcunun kulak sorunları dolayısıyla ülke, federasyon ve kulüpler devre dışı kalabilmektedir. Bu nedenle bu

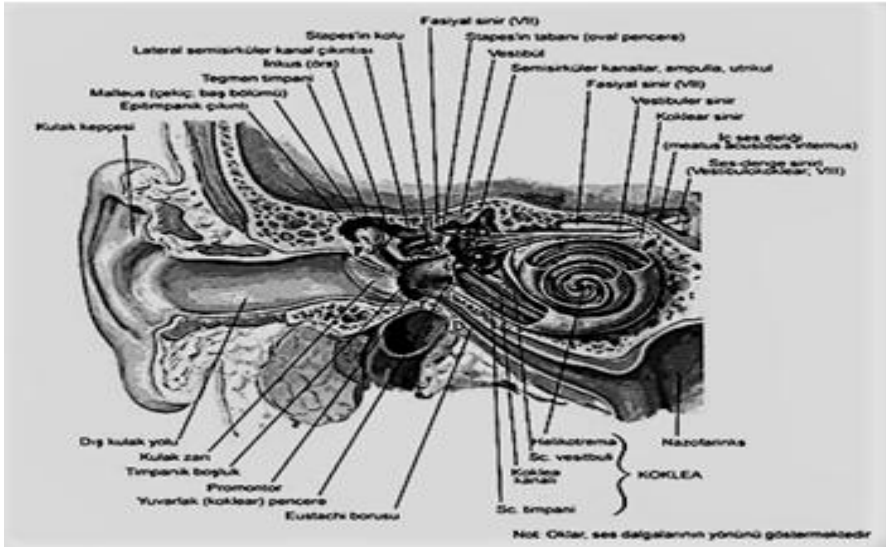
spor dalında karşılaşılabilen kulak sorunları, tüm dünyada önemle takip edilen ve hassasiyet gerektiren bir konudur.

Bu çalışmanın amacı; ülkemizde trampelen ve kule atlama sporunu icra eden sporcuların işitme ve denge sistemlerindeki değişikliklerin ortaya konmasıdır. Elde edilen bulguların bu spor dalı ile işitsel ve vestibüler sistem arasındaki ilişkiyi inceleyen araştırmalara katkıda bulunması planlanmaktadır.

2. GENEL BİLGİLER

Sesleri algılayıp sinyalleri işleyen duyu organımız kulaklarımızdır. Kulak üç kısımdan oluşur; dış kulak ,orta kulak ve iç kulak. Kulak anatomisi Şekil 1'de görülmektedir.

Dış kulak ses dalgalarını toparlayıp orta kulağa iletmekten; Orta kulak aldığı ses dalgalarının enerjisini değiştirerek sıkıştırılmış dalgalar şeklinde iç kulağa iletmekten; iç kulak ise aldığı bu ses dalgalarını elektrokimyasal sinyallerine dönüştürerek beyne iletmekle sorumludur ve beyinde sesi algılayıp yorumlar (1).



Şekil 1: Kulağın Anatomik Yapısı (2).

2.1. Orta Kulak

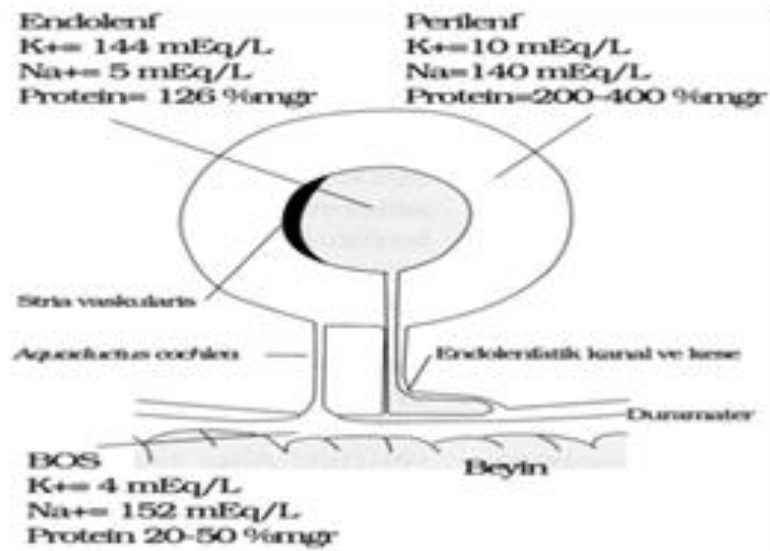
Orta kulak, kulak zarı ve birbirleriyle eklemlenmiş üç tane kemikçikten oluşan hava ile dolu bir boşluktur. Östaki tüpü ile burnun arkasına bağlanır. Görevi ise ses dalgalarını iç kulağa iletmektir (3). Orta kulakta bulunan kemikçikler sırasıyla malleuz, inkus ve stapes olarak adlandırılır (3).

2.2. İç Kulak

İç kulak; işitme için koklea organı ve denge için ise vestibül ve semisirküler kanallarından oluşur. Yuvarlak pencere ve oval pencere iç kulağın, orta kulakla bağlantısını sağlar. Oval pencere stapes tabanı ile kaplıdır (4,5).

Koklea giderek küçülen çapı ile kendine yaklaşık 3 defa kıvrılıp kör olarak sonlanan bir sarmal şeklindeki kemik sistemidir. Apekte biten koklea'nın merkezi dikey aksına modiulus adı verilir. İçerisinde içi sıvı dolu 3 adet membranöz tüp yer alır. Bu sıvıların adları perilenf ve endolenfdir. Perilenf sodyum açısından zengindir ($[K^+]=10$ mEq/l; $[Na^+]=140$ mEq/l). Endolenf ise potasyum yönünden zengindir ($[K^+]=144$ mEq/l; $[Na^+]=5$ mEq/l) (5). Şekil 2'de kokleadaki sıvıların bir özeti yer almaktadır.

Tüy hücrelerinin iç tüylü ve dış tüylü hücreler olmak üzere iki farklı çeşidi vardır. Yaklaşık olarak 12.500 dış tüy hücresi (DTH) ve 3.500 iç tüy hücresi (İTH) olmak üzere kokleada toplamda 16.000 civarında tüylü hücre bulunur. Tüy hücrelerinin fonksiyonu, mekanik enerjinin elektriksel (nöral) enerjiye dönüştürmek, ses enerjisinin amplifikasyon derecesini ayarlamak ve ses frekansı seçiciliğine katkıda bulunmak şeklinde sayılabilir (6).



Şekil 2: Koklea sıvıları

İç ve dış saçlı hücrelerde oluşan elektriksel akım, kendisi ile alakalı olan sinir liflerini uyarır. Bunun sayesinde sinir enerjisi frekansına ve şiddetine göre corti organında kodlanmış olur. Kokleada yer alan duyu hücreleri ses dalgalarını işitme sinirine iletirler, işitme siniri de bu mesajı aferent lifler aracılığıyla beyne ulaştırır. İletilen bu mesaj beyinde işitme ile ilgili merkezde çözümlenir (6).

2.3. İşitme Fizyolojisi

İşitme olabilmesi için bir ses kaynağına, ses dalgalarına, sesi ileten bir ortama ve bunları toparlayarak algılayan bir organa (kulak) ihtiyaç vardır.

Kulak kepçesi anatomik yapısından yüzünden sesleri dış ortamdan toplayıp bir kazanç uygulayarak kulak kanalına yollar ve kulak kanalındaki sesler kulak zarını titreştirir. Kulak zarın titreşmesi ile kemikçikler hareket eder. Kemikçiklerin mekanik hareketi sonucu ses dalgaları oval pencereden iç kulağa doğru geçiş yapar. Hava ortamdan sıvı ortama ses dalgaları iletilir. Ses dalgalarının da hava ortamından sıvı ortama geçişinde 30 dB' lik bir enerji kaybına uğrar. Bunun sebebi sıvı ortamda ses dalgalarının bir kısmının geri yansıtılarak iç kulağa ulaşamamasıdır (akustik rezistans-ses dalgalarının yayılmasına karşı uygulanan direnç). Bu enerji kaybını orta kulak, kemikçikler neredeyse 30 dB artırır. Bunun sayesinde ortam değişikliği yüzünden kaybedilen enerji telafi edilmiş olur (7).

İç kulağa gelen ses dalgaları salyangozdaki tüy hücrelerinde elektriksel uyarıya dönüştürülür. Bu uyarılar salyangoza bağlı olan aferent sinirlerinin yardımı sayesinde beynin duyma bölgesine götürülür. Ayrıca beyinde çözümlenen uyarılar da eferent sinirler yardımı ile tekrar salyangozdaki dış tüy hücrelerine gider ve dış tüy hücrelerden de uyarılar iç tüy hücrelerine iletilerek fizyolojik olarak işitme eylemi yaşanır (7).

2.4. Östaki Tüpü

1563 yılında Eustachius tarafından tanımlanan östaki tüpü, nazofarinks ile orta kulağı bağlayan bir boru olarak betimlenmiştir. 17. yüzyılda yapılan çalışmalarla Toynbee, Politzer ve Bezold östaki tüpünün, orta kulağın havalandırılmasının planlanmasında görevli olduğunu keşfetmiştir (8). Östaki tüpü bir borudan çok çevresindeki yapılarla uyum içinde çalışan ve diğer organların fonksiyonlarını planlayan bir organdır (9).

2.4.1. Östaki tüpü embriyolojisi ve anatomisi

Embriyolojik olarak östaki tüpü, fetal dönemin 16.ve 28.haftaları arasında birinci faringeal cepten oluşur. Doğduktan sonra ilk 2 yıl temporal kemiğin petröz ve skuamöz kısımlarındaki gelişimlerle birlikte östaki tüpü de gelişir. Gelişim sürecinde östaki tüpünün kıkırdak kısmı kemik kısmına doğru yönelir ve yetişkinlerde çocuğa göre daha vertikal bir yol izler. Östaki tüpünün bebeklik döneminde ortalama boyutu 17,5 mm iken; yetişkinlerde ortalama 37,5 mm ölçülmüştür (9).

Östaki tüpü 31-38 mm uzunluğunda 1/3'ü posterior kemik, 2/3'ü anterior kıkırdaktan olmak üzere iki kısımdan ve etrafındaki önemli peritubal kaslardan meydana gelir. Östaki tüpünün iskeleti, iç yüzü mukoza, dış yüzü fibröz doku ile örtülü oluk biçiminde bir kıkırdak levha tarafından oluşur (10). Östaki tüpünün kartilajı ters 'J' şeklinde iken, lümeni medialde uzun lateralde ise daha kısadır. Kartilaj lümenin nazofarinkteki açıklığı 8,5 mm iken, isthmusta 2 mm'ye kadar kısılabılır. Östaki tüpünün kemik kısmı 11 mm olup istmustan itibaren genişleyerek ilerler 2x5 mm'lik oval bir açıklıkla orta kulağa açılır (10). Östaki borusu dinlenme anında kapalı durumdadır. Yutkunma esneme hapşırma gibi hareketlerde açılır (10,11).

Östaki tüpü etrafındaki peritubal kaslar üç adettir; Tensor veli palatini (TVP), Levator veli palatini (LVP) ve salpingofaringeal kası (9).

Tensor veli palatini kası: prensip olarak östaki tüpünü açan kastır (8). Bu kasın çıktığı noktalar; lateral kısım için kafa tabanında sfenoid kemik ve skafoïd fossa, medial kısım için östaki tüpü kıkırdak lateral alanıdır. Hamulus'a bağlıdır. Sfenoidden gelen parçadan ve kıkırdak östaki tüpü alanında uzanan bir kısım kas demetinin tendonu orta kulağa geçerek malleusun başına tutunur ve bu kısma Tensortimpani kası denir (8). Bu tensortimpani kasının östaki fonksiyonunda çok fazla etkisi olmaz. Tensor veli palatini kasının medial kısmı östakinin fonksiyonunda aktiftir. Tensor veli palatini kası kasılı değilken, kitle etkisi nedeniyle östaki tüp girişinin kapalı kalmasına sebep olur. Kasıldığında lateral laminayı aşağıya ve dışa doğru çekerek lateral membranöz duvarı dilate eder ve tüpün açılmasına sebep olur (9).

Levator veli palatini'nin kaynağı petrozapektir, östaki tüpü tabanı boyunca paralel ilerleyip yumuşak damak dorsal yüzünde lifler halinde yayılarak son bulur. Östaki tüpünün tabanını yükselterek açar(9).

Salfingofaringeal kas ise östaki tüpünün kıkırdak kısmının medial kenarlarından çıkıp inferolateral olarak ilerler ve palatofaringeal kas içinde biter. Fonksiyonu tam olarak bilinmemektedir (8,9).

Tensor veli palatini motor inervasyonu V. Sinir mandibular dalından iletilirken; Levator veli palatini ve salfingofaringeal kaslar X. Sinirden motor uyarısı alır. Kişide yutkunma, esneme dişleri kenetleme şeklindeki hareketlerde bu kaslar uyarılabilir (9).TVP östaki tüpünün açılmasında yer alır. Kasta iç ve dış olmak üzere iki farklı band vardır. Dış band, sfenoid kemiğin spina angularisinden ve skafoïd fossadaki iç pterigoid uzantısının kökünden kaynak alır. TVP'nin iç bandının tensor timpani kasının tendonunu kullanarak hareketine devam eder. TVP östaki borusu kıkırdak kısmının dış kısmına yapışarak östaki borusu ile dik açı yapar. TVP kası kısa sürede hızlı ve sert kasılan beyaz liflerden meydana gelir (1,9).

2.4.2. Östaki tüpünün histolojisi

Histolojide östaki tüpü incelendiğinde; kemik lümende orta kulak mukozasının devamında silyalı küboidal epitelyum gözlenir; kıkırdak lümendeki epitelyum, üst havayolu epitelinin devamı iken pseudostratifide silyalı kolumnar epitelidir. Kıkırdak lümenin zemininde goblet hücreler ve mukus sekresyonundan fazlaca varken aynı lümenin üst yarısı düzdür ve goblet hücre içermez (8).

Lenfoid doku daha fazla kıkırdak lümenin inferior bölümünde ve submukozal şeklinde görülür. Bu dokunun enflamasyonu lümenin tıkanmasına neden olabilir. Lateralmukozal duvar Ostman'ın yağ yastığı adı verilen bir yağ dokusu topluluğu ile kaplıdır. Bu yağ yastıkçığının miktarında metabolik durumlardan kaynaklanan azalma patolojik östaki denilen hastalığa sebep olarak gösterilir (8,9). Patolojik östaki, istirahat halinde sürekli açık kalan östaki tüpü anlamına gelip hastanın sesini ve nefesini kendi kulağında algılamasına sebep olacak şekilde bulgu veren bir olaydır(9).

2.4.3. Östaki tüpünün fizyolojisi

Östaki borusu, orta kulağın havalanmasını sağlayarak kulak zarının her iki yanındaki hava basıncını dengelemesini sağlar(1).

Aynı zamanda orta kulakta toplanacak her türlü normal ve ya patolojik salgıların boşaltılmasını sağlar. Östaki tüpü yalancı çok katlı epitel tüy hücreleri ile kaplıdır. Titrek tüylü hücreler mukus bezlerden salınan mukus tabakasıyla kaplıdır(1).

Dış ortam basıncının hızlı değiştiği durumlarda basıncı dengelemek için kullandığımız iki manevra vardır. Valsalva manevrası, Toynbee manevrasıdır(11).

Sağlıklı bir orta kulakta düzgün çalışan bir östaki tüpü gereklidir. Orta kulak içinde birden fazla fonksiyonu olan östaki tüpünün en önemli görevleri; basınç

eşitlemek, mukosilyer temizlemek ve drenaj, nazofarenks florasından ve yüksek sestten korumaktır (8).

Östaki tüpü nazofarenks girişi genelde kapalıdır. Östaki tüpünün yutkunmakla açılması 4 adımda yaşanır(12):

1. Yumuşak damağın yükselmesi ve levator veli palatini kasının kasılması sonucu kıkırdağın medial laminaşı mediale döner ve nazofarengal orifisin dilatasyonu başlar.
2. Damak elevasyonu ve mediallyamina dönmesi devam ederken lateral duvar lateralize olur ve nazofarengal orifis lateral ve vertikal şekilde açılır.
3. Lateral faringeal duvarın lateral hareketi nazofarengal orifisin dilatasyonunu sürdürür ve tensor veli palatini kasının kasılması ile tüpün proksimal bölümünde dilatasyon başlar.
4. Tensor veli palatini kasının en yüksek kontraksiyonunda tüpün distal bölümü de isthmusa kadar açılır ve tüpte dilatasyon sağlanır.

Tüp 0.3-0.5 saniye açık kaldıktan sonra yavaşça kapanır. Tensor veli palatini kası relaksasyon yaparak tüp distalden proksimale doğru kapanmasını sağlar (12).

Östaki tüpünün fizyolojini anlamak için fonksiyonlarını da anlamak gerekir (8):

Basınç eşitleme veya havalandırma: Orta kulağın havalanmasının zorunlu olmasının sebebi şudur; zarın titreşebilmesi için gergin olması gerekmektedir. Bir tarafta basınç az olursa zar az basıncın olduğu tarafa doğru yönelir ve titreşemez (1). Ayrıca orta kulak havalandırılmazsa yani dış ortamla bağlantısı kesilirse basınç düşer ve organizma içinde havalı boşluklarda mukozaya, havayı sürekli emer. Bu da damarların permeabilitesini bozar, transudasyon oluşmasına sebep olur ve hava yerine transuda dolar (8). 19. Yüzyılda Politzerin “Hydrops-ex-vacuo” modelinde de bu belirtilmiştir. Politzer, östaki tüpünün fizyolojik açılmaları yaşanmazsa orta kulakta nazofarinkse göre bir negativite oluşacağını ve östakinin sürekli kapalı kalmasının da orta kulakta patolojilere neden olabileceğini bu modelle anlatmıştır (1,12).

Orta kulakta iki taraflı gaz değişimi dış ortamla basınç dengesinin devamı için lazımdır. Orta kulaktaki gaz konsantrasyonları venöz dolaşımla aynı şekildedir. Mukoza ve kavitedeki gaz geçişi oksijen, karbondioksit olunca hızlı olurken, azot için yavaştır. Karbondioksit nitrojenden 40 kat daha hızlı, oksijen ise nitrojene göre nerdeyse iki kat daha hızlı absorbe olur. Karbondioksit ve oksijen kısa dönem basınç değişikliklerini etkilerken, aynı zamanda uzun dönemde nitrojendeki basınç değişiklikleri de önem kazanmaktadır. (8).

Mukosilyer temizleme ve drenaj: Orta kulak boşluğunun temizlenmesi östaki tüpünden mukus tabakanın dışarı atılması ile olur (8). Östaki tüpünün alt kısmında yer alan fazla miktardaki goblet hücreleri ve kolumnarsilyalı epitelyum bu görevi yapar. Sağlıklı orta kulaktaki bir materyalin drenaj süresinin yaklaşık 10 dakika olduğu kabul edilmektedir (12). Dışarı drene edilecek mukusun yoğunluğu, silyalı epitelin hareket kabiliyetini de belirler. Sinüzit, kistik fibrosis gibi hiperviskosite olaylarında östaki tüpünün drenaj fonksiyonu azalır. Viral bir enfeksiyon sonrası östaki tüpündeki silyalı epitelin eski haline gelmesi ise bir ay sürer (8).

Orta kulak koruma: Östaki tüpünün kemik kısmı sürekli açık olduğundan kıkırdak kısmının normalde kapalı olarak durması, orta kulağın korunması için önemlidir (8). Östaki tüpü tabanında üretilen surfaktan proteinler (SP-A), fagositik ve antiinflamatuvar etki korumaya yardımcı olur. Timpanik kaviteye ve mastoid hava hücrelerine istenmeyen sekresyonların ve diğer olası patojenik ajanların girişinin engellenmesi, gastroözefageal reflü materyalinin durdurulması, konuşma sırasında kişinin kendi sesinin bloke edilmesi ve ani gaz değişimlerinin engellenmesi koruma fonksiyonu içinde değerlendirilir (12). Östaki tüpü ayrıca dış kulak yoluna gelen yüksek sestten orta kulağı da korur (8).

2.4.4. Östaki tüpü fonksiyon testleri

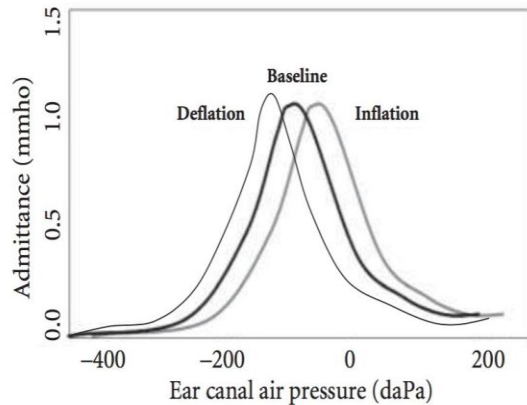
Timpanometri testi ile östaki fonksiyonunu değerlendirirken, Valsava ve Toynbee, İnflasyon-Deflasyon Testi için manevraları kullanırken, Timpanometrik Tepe Basıncının pozitif veya negatife kayması (10 da Pa değerinde kayma varsa) östaki tüpünün normal sınırlarda çalıştığını anlamına gelir ve östaki tüpü “patent” veya “iyi” olarak değerlendirilmek için yapılır(13,14).

Östaki tüpünün fonksiyonlarını değerlendirmek için Timpanometri kullanarak 1975 de Bluestone tarafından yapılan östaki fonksiyon değerlendirmesinde kullanılan 3 test vardır (13,15):

Valsalva Testi: Önce 220 Hz de klasik bir timpanogram alınır. Hastadan burnunu ve ağzını kapayarak yanaklarını şişirmesini istenir. Östaki Tüpü sağlam ise TTP pozitif kayar(13).

Toynbee Testi: 220 Hz’de klasik bir timpanogram alındıktan sonra hastanın burnunu kapatıp 3 kez yutkunmasını istenir .Östaki tüpü sağlam ise TPP’ de negatife kayar(13).

İnflasyon - deflasyon testi: Dış kulak yoluna +200/400 daPa ile -400 daPa aralığında negatif ve pozitif basınç verilir. ET çalışıyorsa TTP tersi yönüne doğru kayması gerekir(15). Şekil 3’de İnflasyon-deflasyon eğrisi gösterilmiştir.



Şekil 3: İnflasyon-deflasyon testi grafiği

2.5. Vestibüler Sistem

Vestibüler sistem; vücut postürünün kontrolü, gövde, baş ve göz küresi hareketlerinin koordinasyonu ile görsel fiksasyon gibi hayati işlevlerin gerçekleşmesinde rol alır.

Periferik ve santral olmak üzere iki bölümde incelenir. Periferik bölüm; anterior, posterior, lateral olarak adlandırılan üç semisirküler kanal ile vestibüler end veya otolit organlar olarak da adlandırılan sakkül, utrikül, vestibüler sinir ve vestibüler gangliyondan oluşurken; santral bölüm, dört vestibüler nükleus, ikincil vestibüler nöronlar ve bu yapıların santral bağlantılarından meydana gelir (16).

2.5.1. Vestibüler sistem embriyolojisi

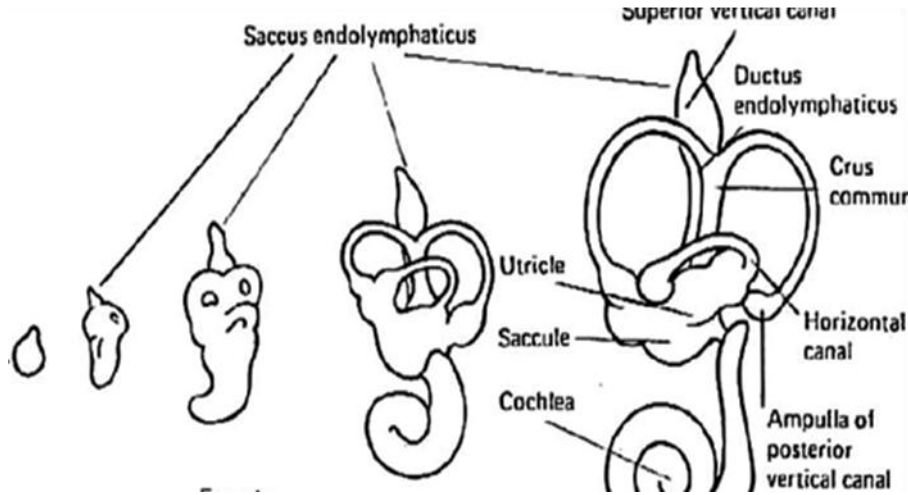
İç kulağın embriyodaki gelişimi gebeliğin 3. haftasında başlayıp 25. haftasında sonlanır. Vestibüler sistem iç kulak gelişiminin bir kısmı olarak öncelikle otik plak ve sonrasında otik vezikülden ortaya çıkmaktadır. İç kulak gelişiminin evreleri, embriyonik arka beynin (rhombensefalon) iki tarafındaki yüzey ektoderminin kalınlaşmasıyla başlar. Gebeliğin üçüncü haftasında embriyonik gelişim başlar, kalınlaşan yüzey ektodermi otik plazmayı oluşturan invajinasyonu başlatır (17).

Otik plak nöroektoderm ve ektodermden meydana gelir. Otik plak sonra içe doğru kapanarak daha sonraki otik vezikülleri oluşturacak olan otik oyukları yaratmaktadır (18). Otokistler veya otik veziküller gebeliğin dördüncü haftasında oluşur. Otik vezikül içe doğru ilerler ve aşağı ve yukarı doğru değişerek sıra sıra vestibüler aparat ve membranöz kokleayı oluşturur (17,18) . Beşinci haftanın sonunda koklear ve vestibüler kısımların tamamı ayrılmış olur.

Otik vezikül dorsal utriküler bölüm ve ventral sakküler kısmı oluşturmak için uzar ve ayrışır. Utriküler bölüm utrikülü ve semisirküler kanalları meydana getirir. İlk oluşan SSK superior'dur; onu sırasıyla posterior ve lateral SSK'ların oluşumu takip eder, (17).

Membranöz labirenti çevreleyen kemik kapsül, embriyonik mezoderm üzerinden hamileliğin 19. ve 23. haftaları arasında, yaklaşık 5 hafta süresince oluşur. Otik kapsülün kemikleşmesi ilk olarak gebeliğin 19. Haftasında iç kulağın koklea ve süperior semisirküler kanal bölgesinde gözlenir (18).

Şekil 4'de vestibüler sistemin embriyolojik gelişimi izlenmektedir.



Şekil 4: Vestibüler sistemin Embriyolojik Gelişimi.

2.5.2. Vestibüler anatomi

Vestibüler sistem, periferik ve santral olmak üzere iki ana bölümden oluşur. *Periferik bölüm*; anterior, posterior, lateral olmak üzere üç SSK ile birlikte sakkül, utrikül, vestibüler sinir ve vestibüler gangliyondan meydana gelir.

Santral bölüm ise; dört vestibüler nükleus, ikincil nöronları ve bunların santral bağlantılarından oluşur.

Periferik vestibüler sistem, kemik ve membranöz labirentten meydana gelir. Kemik labirent, temporal kemiğin petröz kısmındaki otik kapsülde yer alır ve

membranöz labirenti çevrelemektedir. Kemik labirent bir bütün şekilde koklea, vestibulum ve üç semisirküler kanaldan oluşmaktadır ve membranöz labirentten perilenf adı verilen bir sıvı aracılığı ile ayrılır (19).

Membranöz labirent ise kemik labirente trabeküller ile sabitlenir. Membranöz labirentin vestibüler bölümünde utrikül ve sakkül adında iki tane kesecik ile ductus semisirkularis yer almaktadır. Koklear bölümde ise duktus koklearis vardır.

Membranöz labirent, kemik labirentten farklı olarak endolenf sıvısı ile kaplıdır (16,19).

Scarpa Ganglionu, afferent vestibüler sinir liflerinin hücre gövdelerini içerisinde bulundurur. İntenal akustik kanalda (IAC) yer alır (16). Vestibüler sinir lifleri Scarpa Ganglion'undan çıkarak, vestibüler tüylü hücrelerinin tabanlarında sinaps yaparlar ve hareket olarak algılanacak uyarımı beyine aferent olarak yollarlar (17).

Merkezi sinir sistemi vestibüler yolu şunlardan oluşur; vestibüler organlardan beyin sapındaki vestibüler çekirdeğe vestibüler sinir projeksiyonları, beyin sapından talamik çekirdeğe, serebelluma ve omuriliğe doğru projeksiyonlar ve talamustan serebral korteks projeksiyonları şeklindedir (16,19).

Her vestibüler nükleusun, vestibüler sistemi içinde ayrı bir fonksiyonu vardır. Vestibüler reseptör hücreler vestibüler gangliyon hücreleri ile innerve edilir. Vestibüler nükleilerde ise vestibüler sistemin ikinci nöronları bulunur.

Dört temel nükle şunlardır;

- superior (Bechterew),
- lateral (Deiters),
- medial (Schwalbe) ,
- denden-inferior (Roller) vestibüler nükleus.

Bu dört vestibüler nukleinin görevleri vestibüler sinirden alınan uyarımları göz, postür ve denge ile ilgili nöral yapılara yansıtmaktır (19).

Lateral ve inferior nukleusların vestibulospinal refleksler ile, medial ve superior nukleuslar ise vestibülooküler refleksler ile ilişkilidir. Vestibüler nukleuslara gelen stimulus daha sonra beş ana sisteme yönlendirilir. Vestibüler nukleusların ilişkide olduğu sistemler aşağıdakilerdir:

-Nukleus Oculomotorius: Median longitudinal fasciculus ve retiküler formasyonun multisinaptik bağlantıları

-Spinal kordun motor bölümü: Retikülospinal yollar, vestibülospinal yollar ve median longitudinal fasikulusun alt bölümü

-Serebellum

-Otonom sinir sistemi

-Temporal lob korteksi Bu sistemler multisinaptik yollar ile birleşir.

Vestibüler sinir aracılığıyla vestibüler nukleilere gelen uyarıların çoğu, burada sona erse de bir kısmı serebelluma projeksiyon yapar. Spinal kord, serebellum, otolit organlar ve retiküler formasyondan vestibüler nukleilere projeksiyon yapan aferent nöron grupları bulunur. Vestibüler çekirdeklere ulaşan afferentler aşağıdakilerdir:

-Superior Vestibüler Nukleus: Semisirküler kanal kristası ve serebellum

-Lateral Vestibüler Nukleus: Serebellum, makula, utrikuli ve spinal kord

-Medial Vestibüler Nukleus: Krista ampüllerisler, serebellum, retiküler formasyon ve makula utrikuli

Inferior Vestibüler Nukleus: Makula utrikuli, makula, sakkulus ve serebellum.

2.5.3. Vestibüler fizyoloji

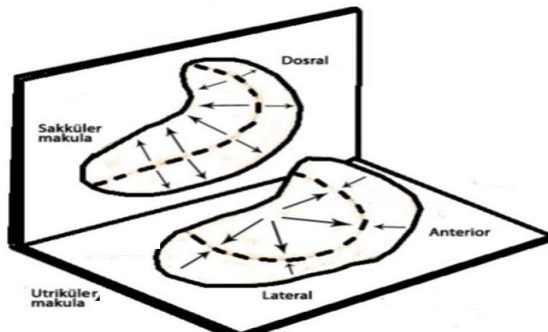
Endolenfin vestibüler sistemdeki rolü çok önemlidir. Ewald'ın üç kanunu bu durumu şu şekilde açıklamaktadır (16):

1. Semisirküler kanal uyarıldığında aynı düzlemdeki kanalda endolenf akımına ve nistagmus yaşanmasına neden olur.
2. Horizontal kanalda, ampullopedal endolenf akımı, ampullofugal akımdan daha büyük cevaba sebep olur.
3. Vertikal kanallarda tam tersine, ampullofugal endolenf akımı ampullopedal akımdan daha büyük cevap verir.

Utrikül ve Sakkül: Utrikül vestibülün üst arka duvarında yer alır. Sakkül ise tam olarak vestibülün iç duvarının ön kısmında bulunur (19,20). Görevleri, başın uzaydaki yerleşimini sağlamaktır. Lineer akselerasyon, yer çekimi kuvvetine ve başın hareketlerine tepki verirler (21).

Makulalar, içinde otolit veya otokonya adı verilen kalsiyum karbonat partiküllerinin gömülü olduğu jelatinöz bir madde ile tabakalanır (19). Vestibüler reseptör tüylü hücreler bu otolitik membran boyunca hareketlere tepki verirler. Tüylü hücrelerin stereosilyumları jelatinöz tabakaya doğru uzanır (19,20). Otokonyaların yoğunluğunu çevreleyen endolenften miktarı fazla olduğundan baş sabit haldeyken yerçekimi tüylü hücrelerin stereosilyasını harekete geçirebilir (20).

Utrikül ve sakkülü terk eden uyarılar öncelikle vestibüler ganglionda sinaps yapıp sonradan lateral vestibüler nükleiyeye giderler.



Şekil 5: Utrikül ve Sakkül makulalarının gösterimi.

Tüylü Hücreler: Vestibüler sistemde iki şekilde sensör nöroepitelyum vardır. Bunlar makula ve krista ampullaristir. Her iki yapıda da kadeh şekilli mekanoreseptörler vardır.

Bu hücreler nöroepitelyumdan oluşan membranın içindedir ve her tüylü hücrede, hücrenin apikal ucundan filizlenen 20-200 arası stereosilyum (*stereocilium*) isimli titretilen tüylü hücre veya tüycük ve bir adet kinosilyum (*kinocilium*) adı verilen büyük tüy bulunur (19).

Baş hareketleri sayesinde stereosilyaların kinosilyuma doğru eğilmesi sonucu mekanik kanallar açılır. Bu olay tüylü hücrede depolarizasyona ve kalsiyum kanallarının açılmasına sebep olur. Potasyum kanalının açılmasıyla afferent vestibüler sinir liflerini sinapslarına nörotransmitterler bırakılır. Stereosilyanın kinosilyumdan ters yönde eğilmesi sonucu hiperpolarizasyon olayı yaşanır, kalsiyum kanalları kapanır ve nörotransmitter salınımı azalır (21). Kısacası, stereosilyaların kinosilyuma doğru hareketi uyarımı başlatan bir potansiyel oluştururken, stereosilyaların kinosilyumdan uzağa gitmesi uyarımı engelleyen bir sinir potansiyeli orta çıkartmaktadır.

Vestibüler labirentte ve vestibüler uç-organlarda farklı iki tip tüylü hücre bulunur;

Tip I Hücreler: Daha çok alıcı bölgelerin (kupula, makula) merkezinde bulunan kadeh şeklindeki dar boyunlu olan hücrelerin sınırları kalın miyelinlidir. Yüksek frekanslı baş hareketleri için duyarlıdır.

Tip II Hücreler: Düz ve silindirik şekilde olan bu hücrelerdeki sınırlar ince miyelinlidir. Düşük frekanslı baş hareketlerine karşı duyarlıdır ayrıca daha çok alıcı bölgelerin krista makula periferinde bulunur.

Semisirküler Kanallar: Utrikülle başlayarak yine utrikülle biterler. Süperior, posterior ve lateral olmak üzere üç çeşidi vardır. Yerleşim şekli olarak üçü de birbirine dik olacak şekilde konumlanmışlardır. Semisirküler kanalların yapısı kemikten meydana gelir. Bu yapının içinde semisirküler duktuslar vardır. Bu iki yapı

birbirlerinden perilenf sıvısıyla ayrılırlar. Semisirküler kanallar açısal harekete duyarlıdır ve ölçülürken kontraletaraldeki karşıtlarıyla beraber ele alınmalıdırlar. Buna göre başın hareketi esnasında sağ ve sol lateral kanallar simetrik şekilde çalışırken; süperior SSK kontralateraldeki posterior SSK ile simetrik olarak çalışır (20). Bu düzen rotasyonel akselerasyonun üç boyutlu temsilini oluşturur.

Her bir duktusun sonunda krista ampullarisi barındıran ampulla adı verilen bir alan vardır. Ampullanın içi tüylü hücrelerin gömülü olduğu bir jelatinöz tabaka olan kupula ile kaplanmıştır (19). Histolojik açıdan makula benzer.

SSK'lar başın rotasyonel hareketleri sonucu oluşan uyarıları üretir ve bu yüzden, utrikul ve sakkülün tam tersine, kinetik labirent olarak da adlandırılmaktadırlar (16,19).

Vestibüler Sinir: Vestibüler sinir 8.kraniyel sinir şeklinde adlandırılan vestibulokoklearis'in vestibüler kolunu oluşturur. Vestibüler sinir iki kola ayrılmaktadır. Horizontal SSK'lar ve utrikül makülasından oluşan lifler, süperior vestibüler siniri meydana getirirken, posterior SSK ampullasından ve sakkül makülasından köken alan lifler bir araya gelerek inferior vestibüler siniri oluştururlar (21).

Uyarılar tüylü hücrelerden ayrıldıktan sonra bu hücrelerin etrafında yer alan sinir uçlarına yönlendirilirler. Sinir uçları birleşerek sinir liflerini oluşturur.

Vestibüler sistemin tepkimelerini anlamak için vestibüler refleksler de ayrıca incelenmelidir.

Vestibüler sistem 2 tane motor refleks üretmektedir: görsel fiksasyon için vestibüler-oküler refleks (VOR) ile gövdenin uzaydaki oryantasyonunu sağlayan motor gelişimdeki postüral dengeye yardımcı olan vestibülospinal refleks (VSR) şeklinde (22,23).

Vestibulo Oküler Refleks (VOR); Vestibüler sistem ve göz hareketlerini kontrol eden okülomotor sistem arasında direk bağlantılar vardır. Bu bağlantılar başın hareketi sırasında retinanın imaja sabitlemesini yardımcı olurlar.

Vestibulo-oküler refleks hareket anında dış ortamın sabit olduğu algısını yaratır. Retinanın fiksasyonu kafanın hareket yönünün tersi yönde başın hareket hızına yakın yavaş göz hareketleri ile sağlanmaktadır. Bu durum üç nörondan oluşan latans refleksi sayesinde elde edilir (23).

Vestibulo-spinal Refleks (VSR); Baş sabitlemede ve yerçekimine karşı dik postürü devam ettirmektedir. Vestibüler reseptörlerin uyarılması sonucu boyun ve gövdedeki yer çekimine karşı tepki veren kasları uyarılır. Bu fonksiyon baş, gövde ve alt ekstremitelerin yer çekimine karşı vücut sabitler ve düşmeyi engeller (23).

2.5.4. Vestibüler sistem incelemelerinin tarihçesi

Vestibüler sistem ile ilgili araştırmalar 1900'lü yıllara kadar uzanmaktadır. İlk incelemelerde İtalyan Doktor Pietro Tullio'nun (1881 – 1941) imzası görülmektedir. Tullio araştırmalarında sistemin yüksek sese karşı duyarlı olduğunu ayrıca tepkimeye geçtiğini gözlemiştir. Deney hayvanlarında kemik labirent üzerinde pencereler yaratılmış ve yüksek ses sonucunda ani baş, göz ve postüral hareketlerin oluştuğunu bildirmiştir. Bu durum günümüzde "Tulio Fenomeni" olarak adlandırılır.

Von Bekesy 1961 yılında yaptığı çalışmada sese kokleadan bağımsız, vestibüler yanıtların belirlendiğini söylemiş ve 122-134 dB SPL şiddetinde sunulan 1000 Hz'lik ses uyarısının ardından oluşan baş hareketlerini aktarmıştır. Von Bekesy bu durumun sebebini otolit organda ses uyarısı sonrasında sıvının değişmesi olarak göstermiştir. Günümüzde ses uyarısına bağlı vestibüler tepkilerin ölçülmesinde kullanılan tekniklerin öncüsü olarak Bickford olarak kabul edilir (24).

Colebatch ve arkadaşları ise 1994 yılında yayınlanan çalışmada Bickford'un tekniğini elektrotları inion yerine anterior boyun kaslarına konumlandırarak yeniden uygulamışlardır (25). İleri derecede unilateral ve bilateral sensörinöral işitme kaybı olan ama vestibüler fonksiyonu hala olan hastalarda dalgaların varlığı gözlemlenmiştir. Bu araştırmaların ardından VEMP vestibüler test bataryası ile bir bütün haline gelmiştir.

2.6. Vestibüler Sistem ve Orta Kulak Fonksiyonları için Testler

2.6.1. Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyeller (VEMP)

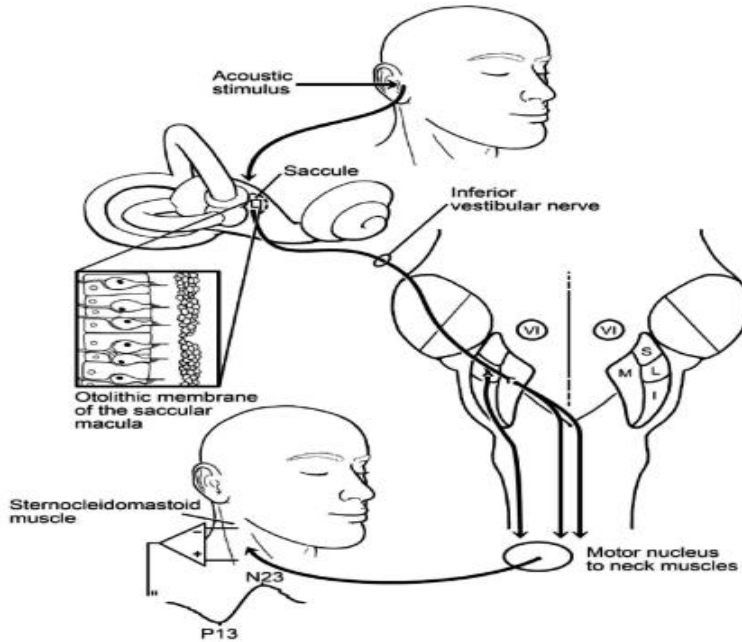
Otolit organların sese karşı oluşan duyarlılıklarının vestibülo-spinal refleks oluşturabildiğine ve bu refleksin kayıt altına alınabildiğine dair ilk çalışmalar 1992 yılında Colebatch ve arkadaşları tarafından uygulanmıştır (26). Vestibüler uyarılmış miyojenik potansiyeller (VEMP, Vestibular Evoked Myogenic Potentials), nöro – otolojik (sakkülokolik) refleksi test eder (27).VEMP kısa latanslı miyojenik cevaplardır ve kısa süreli akustik veya elektriksel uyarılara cevap olarak kas yüzeyinden elektrotlar vasıtasıyla cevapların kaydedilmesine dayanan, periferik vestibüler organların uyarılması ile kaslarda sonlanan refleks arkının ölçüldüğü bir elektro fizyolojik test yöntemidir.

Servikal ve Oküler Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyeller (c / oVEMP) vestibüler sistem hastalıklarının bulunmasında yaklaşık 20 yıldır kullanılır. cVEMP ve oVEMP cevapları, hem hava hem de kemik yolu uyarıları ile elde edilebilir.Kontrol edilebilen, şiddeti ve süresi ayarlanabilen hava iletimi (AC) ses, kemik iletimi (BC) ses, titreşim ve galvanik (elektriksel) akım gibi diğer uyarılar daha standart ve ölçülebilir cevaplara neden oldukları için testlerde daha çok tercih edilirler (27).

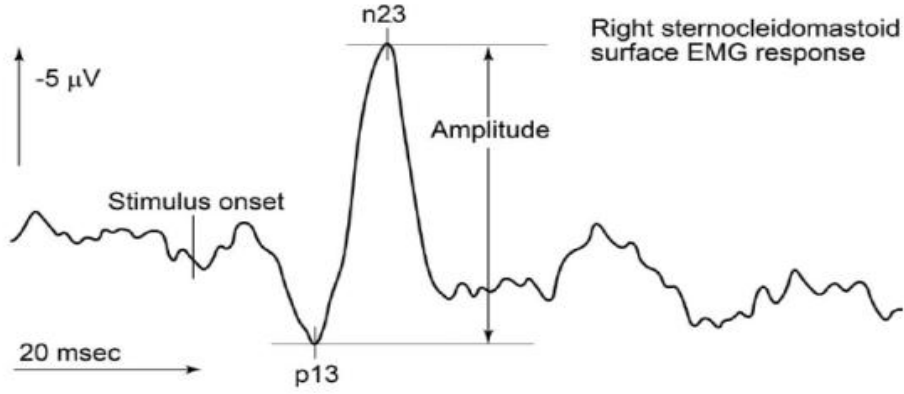
Servikal (cervical) VEMP (sVEMP/cVEMP): VEMP'ler tonik olarak kontralateral servikal kaslardan (ki bunlara kolik ya da servikal vemp-cvemp denilir) ölçüldüğü zaman bu test yöntemine cVEMP adı verilmektedir.

cVEMP testinde kullanılan aktif elektrot Sternocleidomastoid (SCM) kasının orta hattına yerleştirilir ve aktif olmayan elektrot ise SCM kasının sternuma yakın kısmına yerleştirilir. Ayrıca hastanın verteks hattına bir adet toprak elektrot bağlanmalıdır. Hastaya yüksek şiddetteki klik uyarın sunulur ve uyarının sakkül ve inferiorvestibüler sinir üzerinde yaratacağı tepki elektrotlar ile ölçülür. sVEMP testi ile vestibülospinal refleks ile ilgili bilgi elde edilmektedir.

Sakkül, vestibüler çekirdek, medial vestibülospinal trakt, medial logitudunal fasciculus ve sternocleido mastoid kasta oluşan refleks arkında uyarını takiben bir pozitif ve bir de negatif amplitüd'lü tepe belirir. Kısaca p13 ve n23 isimli bu iki yanıtın vestibüler kaynaklı olduğu bilinmektedir (28). p13 ve n23 dalgalarının oluştuğu süre (latans) ve bu iki dalganın tepeleri arasındaki aralık (amplitüd) klinisyenlere, vestibüler patolojiler ile ilgili bilgi sağlamaktadır.



Şekil 6: cVEMP ölçümü.

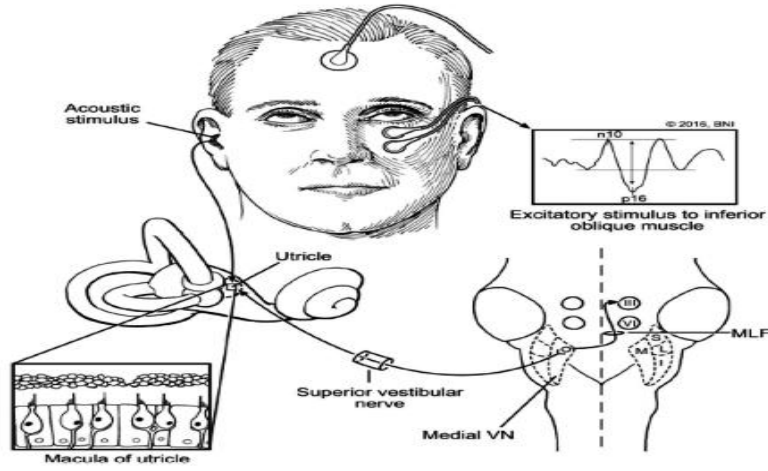


Şekil 7: cVEMP grafiği.

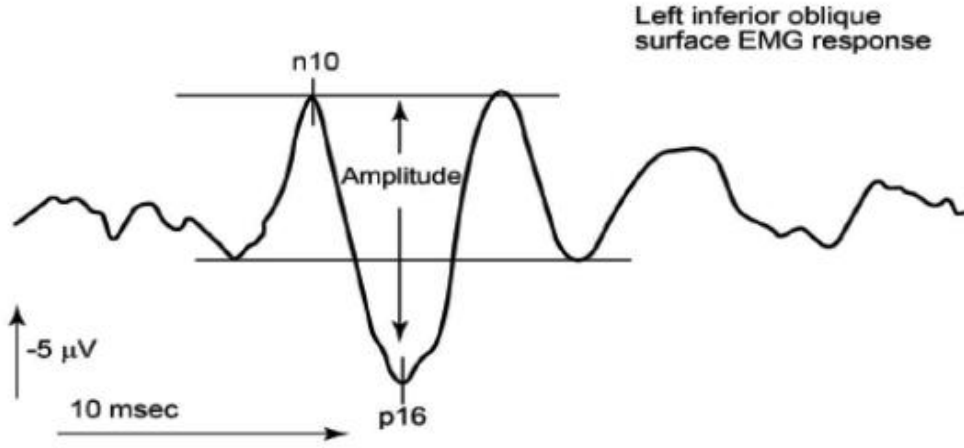
Oküler VEMP (oVEMP): oVEMP cevabı, vestibülo-oküler refleksden kaynaklanır ve ekstra-oküler kaslardan, özellikle inferior oblik (IO) kasından kaydedilir. oVEMP yeni bir vestibüler uyarılmış miyojenik potansiyel olarak daha yakın bir zamanda gözlerin altına yüzey elektrot yerleştirilmesi ile keşfedilmiştir (25, 28). Göz kürelerinin altına inferior oblik kasına yerleştirilmiş yüzeyel elektrotlarla hava yolu ve kemik yolu üzerinden sunulan uyarımlar kullanılarak kısa latanslı elektrografik (EMG) kayıtların elde edildiği gözlenmiştir. Bu EMG kaydı Vestibülo oküler refleks (VOR) yoluyla ortaya çıkan ekstra oküler göz kaslarının aktivitesidir. Utrikül ve süperior vestibüler sinirin aktivitesini incelemek için kullanılmaktadır. Cevabın özgün kökeni son zamanlara kadar belirsiz kalmıştır. Bu yüzden, oVEMP henüz klinik uygulamada yaygın olarak uygulanmamaktadır (28).

oVEMP testi ile utrikül ve süperior vestibüler sinir fonksiyonları incelenir. Kayıtlar yüksek şiddetli ve düşük tekrar oranı ile klik veya toneburst uyarılar verilerek yüzeyel elektrotlarla saptanır. oVEMP testi ile vestibülo-oküler refleksin aktivasyonu ile ortaya çıkan ekstraoküler kas aktivitesinin kaydı yapılır. Testte kullanılan uyarılar cVEMP ile kullanılan yöntemlere benzer (28).

oVEMP testi sonucunda yaklaşık 10 ms ve 14 ms civarında oluşan iki dalga belirmektedir. Negatif ve pozitif yönlü bu dalgalar, n10 ve p14 olarak adlandırılır. Bu dalgaların ortaya çıktığı süre ve dalgaların tepe noktaları arasındaki mesafe vestibüler patolojileri değerlendirmek için kullanılmaktadır.



Şekil 8: oVEMP elektrot yerleşimi



Şekil 9: oVEMP grafiği.

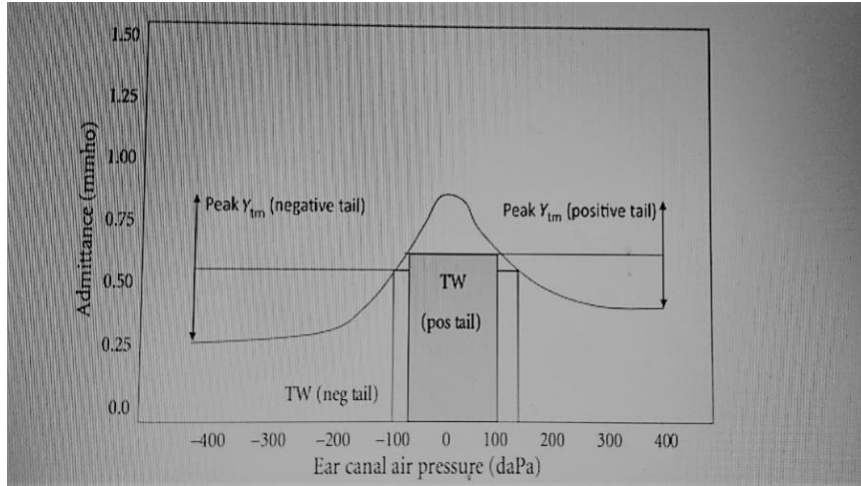
2.6.2. Orta Kulak Fonksiyonları için Testler

KBB ve odyoloji kliniklerinde orta kulak basıncı hakkında bilgi almak için klasik timpanometri ve multifrekans timpanometri testleri uygulanır.

Timpanometri; Kulak kanalı basıncının bir fonksiyonu olarak akustik immitansının ölçülmesi esasına dayanır. İlk defa Danimarka'da Terkildsen ve Thomsen (1957) tarafından orta kulak basıncını ölçen bir yöntem olan bu metot daha sonraları dünya genelinde odyolojik ve otolojik muayenelerde rutin olarak kullanılmaya başlamıştır (15). Timpanometri hassas, pahalı ve girişimsel olmayan,

orta kulak hastalıklarının ayırıcı tanısında kullanılan önemli bir araçtır. Sıklıkla alçak frekanslı problemler kullanılmalarına rağmen daha yüksek frekanslı problemlerin kullanımı klinik anlamda kabul görmeye başlanmıştır. Ayrıca hassas bir ölçüm aracı olmasından dolayı kemikçik zincir ile ilgili patolojilerde sıklıkla faydalanılan bir yöntemdir. Orta kulak fonksiyonları 256 Hz prob tone kullanılarak bilgi verir. Östaki Tüpünün fonksiyonlarını değerlendirmede, en sık yine akustik timpanometri kullanılır (12).

Timpanometri testi ile değerlendirilen parametreler aşağıda sıralanmış ve Şekil 10'da gösterilmiştir (15).



Şekil 10: Timpanometride değerlendirilen parametreler.

Tepe Noktası Basıncı: Dış kulak yolu basıncı ve orta kulak basıncının birbirine eşit olduğu anda akustik uyarının admitansı iletimi maksimum seviyede olur. Admitansın maksimum olduğu basınç değeri timpanometrik tepe basıncı olarak adlandırılır (29).

Dış Kulak Kanalı Hacmi: Dış kulak kanalında hacmin ölçümü net olarak orta kulak admitansının (geçişinin) belirlenmesi açısından önemlidir (15).

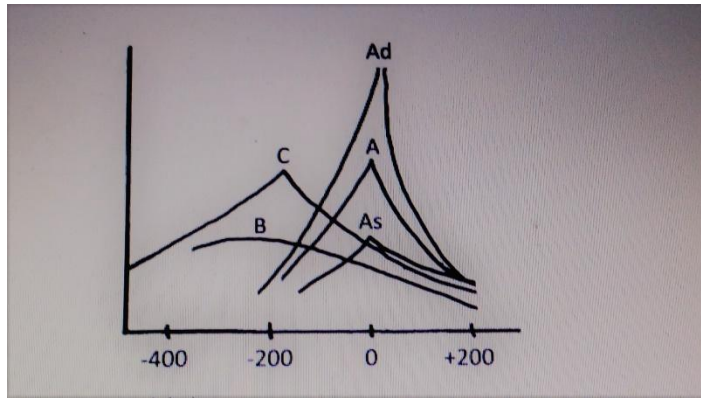
Timpanogram Gradienti ve Genişlik: Timpanogramın sivriliğini ya da yuvarlaklığını belirleyen değerlerdir (15).

Erişkin ve çocuklarda normal timpanogram değerleri değerlendirildiği zamanlarda; Paradise'a göre normal kulaklarda tepe basıncı -100 ila +50 daPa arasında değişir (1). Normal bir timpanogram eğrisi Tip A şeklindedir. Normal bireylerde statik esneklik değeri ise 0.39 ile 1.30 cc arasında değişebilmektedir (1).

Östaki disfonksiyonu ve effüzyonlu otitlerde tepe basıncı negatif alana kaymaktadır. Akut otit başlangıcında tepe basıncı pozitif alanda bulunabilir (1,15). Bu ölçümler timpanogram adı verilen bir grafik üzerinde değerlendirilir. Timpanometrik değerler ve timpanogram türleri aşağıdaki gibidir:

- Tip A, normal admitans ve tepe basıncı değerlerine sahip , normal kulaklarda görülen timpanogramdır.
- Tip Ad, tepe basıncı normal ancak admitansın yüksek , yüksek tepeli timpanogram çeşididir.
- Tip As, tepe basıncı normal , basık tepeli timpanogram çeşididir.
- Tip B, tepe vermeyen, düz eğri şeklinde görünen timpanogram tipidir.
- Tip C, -100 da Pa'dan daha düşük basınçta tepe veren timpanogramdır (1,15).

Timpanogram çeşitleri şekil 11'de gösterilmiştir.



Şekil 11: Timpanogram çeşitleri.

Multi-Frekans Timpanometri; Klasik timpanometriden farklı olarak; 226 Hz ile 2000 Hz arasında çeşitli probe tonlar ile elde edilen timpanogramların analizini

sağlayan bir yöntemdir (15,30). Multifrekans timpanometrinin değişik probe ton uygulaması özellikle orta kulak patolojilerinin tanısında yarar sağlar (29). MFT orta kulağın rezonans frekansını (RF) bulmayı sağlar. Bu frekansta, sistemin katılık ve kütle elemanları dengededir (29,31).

1975 yılında MFT ile ilgili ilk çalışma Coletti tarafından uygulandı. 290 kişilik ilk çalışmada düşük frekanslarda V, orta frekanslarda W ve yüksek frekanslarda ise ters V şeklinde 3 farklı grup elde edilmiştir (31).

Aynı yıllarda çalışmalarında, Vanhuyse ve ark. 678 Hz'de normal ve patolojik kulaklarda oluşan pik ve grafik sayısı ile kategorize edilmiş suseptans (B) ve konduktans (G) timpnogramlarını tanımlamışlardır. Daha sonra bu model, Margolis tarafından Vanhuyse modeline göre yüksek frekanslara da adapte edilmiştir (31) (Şekil 11).

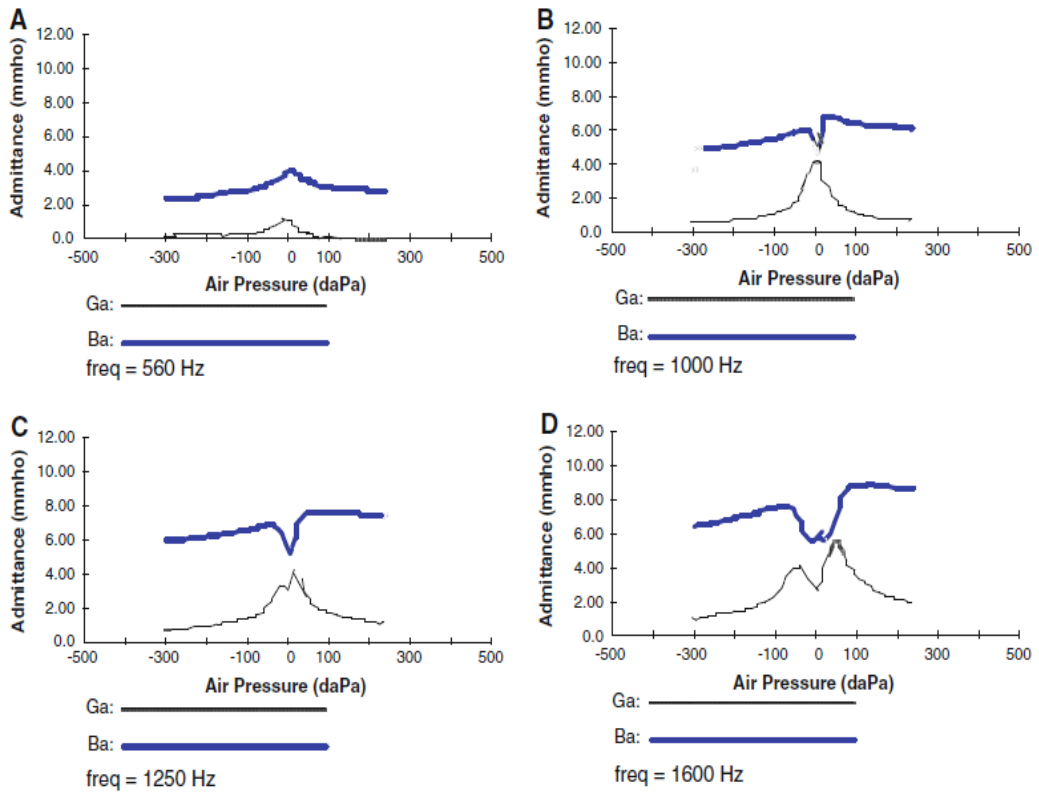
1B1G deseni; 1 pikli suseptans, 1 pikli konduktans timpnogramıdır. Normal kulaklarda standart düşük frekanslı timpanogramla elde edilen patern bu desendir. Orta kulak sertlik etkisindeyken yani orta kulak direnci dış kulak yolu direncinden daha fazla iken elde edilir. Admitans faz açısı 90-45 dereceleri arasındadır.

3B1G deseni; 3'lü suseptans (2 pik ve ortada çukur) ve 1 pikli konduktans paternidir. Bu desende orta kulak ya sertlik etkisinde ya da rezonanstadır. Suseptans grafiğindeki çukur şekil pozitif veya negatif kuyruğun üzerinde ise orta kulak sertlik etkisindedir. Admitans faz açısı 45 derece ile 0 dereceleri arasındadır.

3B3G deseni; 3 pikli suseptans ve 3 pikli konduktans timpanogramından oluşur. Orta kulak rezonanstayada kütle etkisindedir. Admitans faz açısı 0 ve -45 dereceleri arasındadır. Suseptans timpanogramındaki derin çukur şekil pozitif veya negatif kuyruğa eşit olduğunda (suseptans=0) orta kulak rezonanstadır. Bu derin çukur şekli pozitif veya negatif kuyruğun altına inerse orta kulak kütle etkisindedir.

5B3G deseni; 5 pikli suseptans ve 3 pikli konduktans timpanogramı vardır. Orta kulak kütle etkisindedir. Admitans faz açısı -45 ve 90 dereceleri arasındadır (31).

Multifrekans Timpanometride değerlendirilen bir değer parametre ise 45 derecede admitans faz açısı frekansdır. $F45^\circ$ biçiminde gösterilen bu frekans, suseptansın konduktansa eşit olduğu durumdaki frekanstır. Otosklerotik kulaklarda rezonansın frekansa alternatif olduğu belirtilir (31).



Şekil 12: Multifrekans Timpanometride Vanhuyse Modeli (31).

Multifrekans timpanometri ayrııcı tanıdaki avantajları olmasına rağmen klinik uygulamada fazla kullanılmamaktadır. Ölçümlerin standart tek probe tonlu timpanometriye oranlar daha karmaşık olması, standart sonuçların bulunmaması ve bu tekniğin kullanımında sağlayacağı yararlar üzerine yeterince araştırma olmaması kliniklerde kullanıma engel oluşturmaktadır (30,32).

Yapılan pek çok çalışmada RF değerinin 650 ile 1400 arasında değiştiği ve ortalama 950 Hz olduğu belirtilmiştir (30).

Rezonans Frekansın orta kulakta kütle ve sertliği etkileyen çeşitli durumlarda değiştiği bilinmektedir. RF değerini arttıran olaylar orta kulağın sertliğinin arttığı otoskleroz, kemikçik sistem fiksasyonu ve romotoid artrit gibi hastalıklardır.

Rezonans frekansını azaltan durumlar ise orta kulağın kütle etkisinin arttığı yada sertlik etkisinin azaldığı durumlardır. Örneğin; efüzyonlu otitits media, kemikçik zincir kopukluğu, atelettazik kulak zarı gibi durumlar (32).

2.7. Trampfen ve Kule Atlama Sporu

Atlama sporu su sporları ailesinden olup, bir metre ve üç metre yükseklikteki trampfen adı verilen esnek bir malzemedan yaylanıp sıçrayarak veya beş metre, yedi buçuk metre, on metre yükseklikteki sabit bir kuleden jimnastik ve akrobasi hareketlerini yaparak en az beş-altı metre derinliğindeki bir suya dalışla son bulan bir spor dalıdır (33).

Atlama sporunun dünyadaki gelişimine bakıldığında 19.yy. kadar cesaret gösterisi şeklinde yapılan düzensiz bir yapısı olduğu, 1900'lü yıllardan itibaren yüzme, jimnastik ve akrobasinin birleştiği bir spor dalı olarak karşımıza çıktığı görülmektedir (33).

1904 yılında sadece erkeklerde başlayan olimpik yarışmalara 1912'den itibaren kadınların da katılması ile bugünkü şekillenmenin temelleri atılmıştır.

Bugün uluslar arası yarışmalarda erkekler ve kadınlar bireysel yarışmalarda, erkekler senkronize, kadınlar senkronize karışık senkronize ve karışık grup yarışmaları gerçekleştirilmektedir.

Atlama sporu sırasında gerek antrenmanlarda gerek yarışmalarda branşa özgü sağlık problemleri vardır. Bunlar kısaca;

- Hareketin kontrolünü kaybedip yüz üstü veya sırtüstü veya yandan suya çarpmalara bağlı yaşanan bedensel travmalar
- Göze alınan darbeler,
- Kulağa alınan darbeler.
- Suyu kötü açı ile girişte omuz eklemlerinde yaşanan sakatlıklar.
- Yanlış açıyla girişte yaşanan vertebra problemleri.
- Nedenleri konusunda yeterli bilgiye sahip olmadığımız KBB sorunları olarak gözlenmektedir (33).

Trampelen ve kule atlayıcıları, sağlıklı bir kulak fonksiyonuna rağmen yıllar içinde ani basınç değişiklikleri nedeniyle çeşitli kalıcı veya geçici işitme sorunları yaşayabilmektedir (34).

3. GEREÇ ve YÖNTEM

Bu çalışma, Başkent Üniversitesi Tıp Fakültesi Kulak Burun Boğaz Ana Bilim Dalı'nda Şubat 2018- Mayıs 2018 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir. Çalışma, Başkent Üniversitesi Tıp ve Sağlık Bilimleri Araştırma Kurulu tarafından onaylanmış (Proje no: KA 17/311) ve Başkent Üniversitesi Araştırma Fonu tarafından desteklenmiştir.

3.1. Çalışmanın örneklemi

Bu çalışma, trampelen ve kule atlama sporu yapan 07-15 yaş arasındaki 34 çocuktan (17 kız, 17 erkek) oluşan sporcu grubu ile bu sporla ilgisi olmayan yaş ve cinsiyet eşleştirmeli 34 çocuktan oluşan kontrol grubundan oluşmaktadır. Katılımcıların ailelerinden onam formu alınmış ve katılımcılara uygulanan testler ile ilgili bilgi verilmiştir. Katılımcıların tamamına demografik bilgilerini içeren ve orta kulak, Östaki tüpü ve vestibüler fonksiyonu ile ilgili semptomları sorgulayan bir anket uygulanmıştır (Ek 1).

3.2. Çalışmada dışlanma kriterleri

Katılımcılardan her hangi bir ek engele (Dış kulak yolu, timpanik membran ve/veya orta kulak patolojisi varlığı) sahip olanlar, ototoksik ilaç kullananlar, akustik ve/veya fiziksel travma öyküsü olanlar, rekürren otitis media, otoskleroz gibi işitsel eşiklerini etkileyebilecek kulak hastalığı, geçirilmiş kulak cerrahisi hikâyesine sahip olan bireyler çalışmanın dışında bırakılmıştır.

3.3. Çalışmada uygulanan testler

3.3.1. Odyometri Testi

Katılımcıların işitme eşiklerini değerlendirmek için Interacoustics AC 40 ®, Denmark odyometre cihazı kullanılarak saf ses odyometritesti gerçekleştirilmiştir. Test esnasında katılımcıların işitme eşikleri 125 -8000 Hz arasında değerlendirilmiş ve 500-4000 Hz saf ses ortalaması işitme eşiği olarak alınmıştır. Test sonucunda saf ses ortalaması 15 dB'den kötü olanlar çalışma dışında bırakılmıştır.

3.3.2. Akustik Timpanometri

Interacoustics 235H, Denmark cihazı kullanılarak test gerçekleştirilmiştir. Hastalar oturtularak dış kulak yoluna bir prob yerleştirilmiştir. Bu probun üç ana parçası vardır. Hoparlör kısmından 226 Hz, 85 dB SPL şiddet düzeyinde ses gönderilir, manometre kısmı da dış kulak yolundaki hava basıncını +200 daPa ile -400 daPa arasında değiştirir. Mikrofon kısmı da timpanik membrandan geri gelen sinyali toplar ve timpanogram grafiği elde edilmiştir. Orta kulağın Timpanometrik Tepe Basınç (TPP) değeri, timpanogram grafiğinin şekli, timpanometrik gradient (TG) ile statik admitans veya daha yaygın kullanımı ile statik komplians değeri bu testle elde edilmiştir.

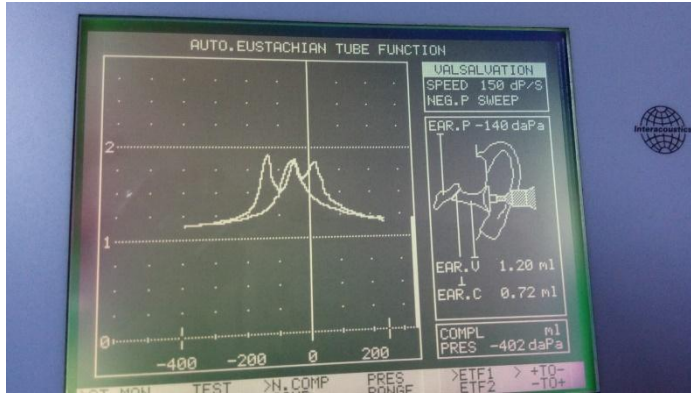
3.3.3. Östaki Fonksiyon Testi

Her iki kulakta östaki fonksiyonunu değerlendirmek için akustik timpanometride Valsalva ve Toynbee testlerinin arka arkaya uygulanmasından sonra otomatik olarak östaki fonksiyon testi de yapılmıştır.

Önce 226 Hz de bir timpanogram alındıktan sonra kişiden valsalva manevrası (burun deliklerini eliyle sıkarak kapatıp kulaklarında dolgunluk hissi oluncaya kadar

yanaklarını şişirme hareketi) istenmiştir. Bu aşamada burun sıkma sonrası ikinci bir timpanogram alınmıştır. Daha sonra hastaya Toynbee manevrası (burun deliklerini kapatıp yutkunma hareketi) yaptırılır ve sonrasında üçüncü bir timpanogram alınır.

Östaki fonksiyonu normal olan kişilerde bu testte normal/valsalva/yutkunma sırasında çizilen üç grafiğin değişik olması ve 10 daPa değerinde kayma gerekmektedir. Buna göre katılımcılar, bu testten “tüp patent” veya “tüp disfonksiyonu” sonucuna sahip olmuşlardır. Östaki tüp fonksiyonu patent olan bir hastanın test sonucu Şekil 13’de görülmektedir.



Şekil 13: Östaki fonksiyon testi sonucu.

3.3.4. Akustik Refleks Testi

Katılımcıların klasik timpanometride akustik refleks testleri de yapılmıştır. Prob tonun 85 dB iç kulağa iletimi sağlanmıştır. Dar band, geniş band veya saf ses uyaran verilmiştir. Stapesin kasılmasına bağlı olarak, prob tonun şiddetindeki değişim saptanmıştır.

3.3.5. Multifrekans timpanometri Testi

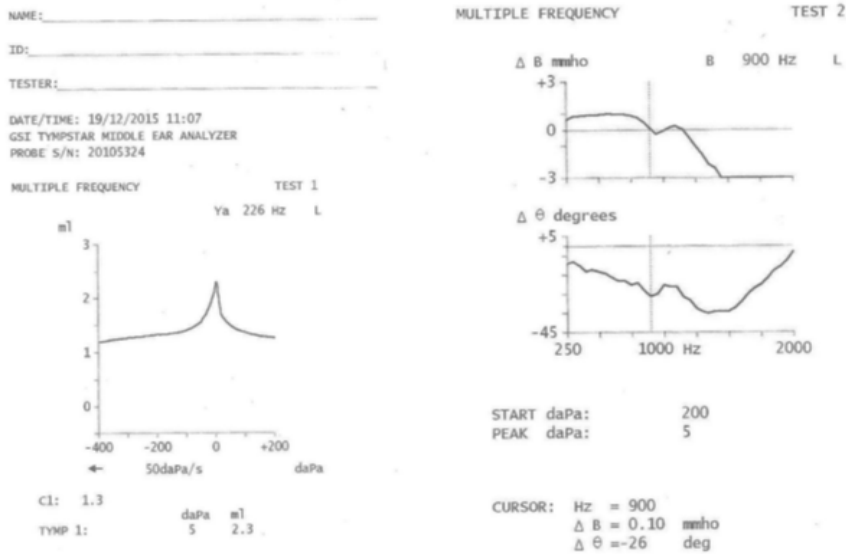
Test, GSI (Grason-Stadler Inc.) Tymptar Middle Ear Analyzer Version 2 timpanometri cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Orta kulak rezonans frekansını

bulmak ve orta kulağı objektif değerlendirmek için bu testten yararlanılmıştır. Katılımcıların bu testte rezonans frekans değerleri elde edilmiştir.

Multifrekans Timpanometrinin çalışma prensibinde; öncelikle 226 Hz'lik probe tone kullanılarak timpanogram ve statik admittans kaydedilir. Timpanogram kaydında, hava basıncı +200 ile -400 daPa arasında 200 daPa /saniye oranında değiştirilerek uygulanır. Daha sonra orta kulağın multifrekansı, probe tonu 250 Hz ile 2000 Hz arasında 50 Hz lik basamaklar halinde taranarak ve kulak kanalına +200 daPa basınç uygulanılarak değerlendirilir. Bu ölçümlerde saptanan faz açısı ölçümleri hafızaya kaydedilir. İkinci bir probe tone, timpanometrinin tepe değerindeki basınç kulak kanalına verilir. Her iki ölçüm arasındaki değer farkları frekansiyel fonksiyonlu bir grafikte değerlendirilir. Düşük frekanslardaki timpanometride tek tepe noktası içerirken; yüksek frekans probe tonlu timpanogramlar çok sayıda tepe noktaları içerir. Normal orta kulakta sesin gazdan önce katıya, daha sonra sıvıya transferi akustik admitans kuralları sayesinde ayarlanmaktadır. Akustik admittans (Y), akustik empedansın (Z) tersi olarak adlandırılır. Şekil 14'de MFT cihazı, Şekil 15'de ise MFT çıktısı izlenmektedir.



Şekil 14: Multifrekans Timpanometri cihazı.



Şekil 15: Multifrekans Timpanometri sonuç çıktısı.

3.3.6. VEMP

Katılımcılara Interacoustics Eclipse VEMP (Smart EP 25) kullanılarak sVEMP ve oVEMP testi uygulanmıştır. Her iki test için de tek kullanımlık Ag/AgCl elektrotlar kullanılmıştır.

Katılımcılara uygulanan test protokolünde cVEMP için öncelikle peeling jel ile cilt temizliği gerçekleştirilmiştir. Daha sonrasında katılımcılardan dik şekilde otururken boyunlarını kayıt yapılan kulağın zıt yönüne doğru çevrilmiş ve gergin pozisyonda tutmaları istenmiştir. Aktif elektrod, SKM kasının 1/3 orta bölümüne, referans elektrod sternoklavikular eklemün üstüne, toprak elektrod ise verteks konumuna (Fz) yerleştirilmiştir (Şekil 16). Monoaural insert earphone kulaklık aracılığıyla hava yolu üzerinden 500 Hz'de 100 dB sPL'lik tone burst uyarın sunulmuştur ve ipsilateral SKM yanıtlarının kaydı alınmıştır. EMG sinyalleri 10 Hz altında ve 3000 Hz üzerinde filtre edilmiştir.

oVEMP testi için katılımcılar dik vaziyette otururken 30 derecelik açı ile klinikte belirlenen noktaya gözlerini sabitleyerek bakmaları istenmiştir. Aktif elektrotlar (+) göz çukurunun 5 mm altına inferior oblik kasın üzerine, referans elektrotlar (-)aktif elektrotların 1 veya 2 cm altına, toprak elektrodu ise verteks

bölgesine yerleştirilmiştir (Şekil 16). Elektrotların direnci 5 mikroohm'dan düşük tutulmuştur. Kayıt için hava yolu iletimi yoluyla 105 dB SPL'de 500 Hz.'de tone burst uyaran kullanılmıştır. Uyaran hızı 5 Hz, iniş çıkış süresi 1 msn. olarak test uygulanmıştır. Analiz süresi 50 msn. olarak belirlenmiştir.



Şekil 16: cVEMP (sağda) ve oVEMP (solda) elektrot yerleşimi.

3.4. Verilerin Değerlendirilmesi

Araştırmamızın H1 hipotezi atlayıcılar ile normal (atlayıcı olmayan) grup arasında kulak fonksiyonlarında anlamlı farklılık olacağıdır. H0 hipotezi ise her iki grup arasında anlamlı bir farklılık olmamasıdır.

Bu çalışmada elde edilen veriler SPSS 17 paket programı ile analiz edilmiştir. Değişkenlerin normal dağılımdan gelme durumları araştırılırken Kolmogorov-Smirnov ve Shapiro Wilk's testlerinden yararlanılmıştır.

Gruplar arasındaki farklılıklar incelenirken değişkenlerin normal dağılımdan gelmemesi nedeniyle Mann Whitney U ve Kruskal Wallis-H Testlerinden yararlanılmıştır.

Sonuçlar yorumlanırken anlamlılık düzeyi olarak 0,05 kullanılmış olup; $p < 0,05$ olması durumunda anlamlı bir ilişkinin olduğu, $p > 0,05$ olması durumunda ise anlamlı bir ilişkinin olmadığı belirtilmiştir.

4. BULGULAR

Katılımcıların demografik istatistikleri incelendiğinde eşit yaş ortalamalarına 11.29 (7-15yaş) sahip oldukları görülmüştür. İki grup arasında yapılan istatistiksel değerlendirmede, trampelen ve kule atlayıcı ve normal grup arasında anlamlı fark elde edilememiştir (p 1.000).

Katılımcılara testler öncesi uygulanan anket soruları değerlendirildiğinde; her iki grup arasında sorulara verilen cevaplar arasında anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir (p>0.05). Araştırmanın içerisindeki sporcu grubunda profesyonellik değerleri araştırıldığında profesyonellik süresi ortalamasının 1,09 yıl (0,6-2 yıl) olduğu belirlenmiştir. Demografik bilgilerin analizi Tablo 1’de verilmiştir.

		Kontrol	Sporcu	Ki-kare	p
Cinsiyet	Erkek	17	17	0.000	1.000
	Kadın	17	17		
Toplam Kişi		34	34		
Ortalama Yaş		11.29	11.29		

Tablo 1: Katılımcıların frekans ve dağılım tablosu.

Kule ve trampelen atlayıcıların ve kontrol grubundaki katılımcıların işitme fonksiyonunu değerlendirmek için; saf ses odyometri testi yapılmıştır. Saf ses ortalama (SSO) 500Hz,1,2 ve 4 kHz deki değerlerin ortalaması olarak değerlendirilmiştir.

Katılımcıların sağ ve sol kulakları için hava yoluyla elde edilen ortalama saf ses ortalamaları değerlendirildiğinde atlayıcı grubunun saf ses ortalaması sırasıyla sağ ve sol kulak için 5.29 dB ve 4.18 dB iken; kontrol grubunda sağ kulak için 3.77 dB, sol kulak içinse 3.79 dB'dir.

İki grup arasında her iki kulaktan elde edilen SSO'lar için anlamlı bir farklılık yoktur. Her iki kulak için hava yolu ile elde edilen SSO değerleri Tablo 2'de görülmektedir.

	SSO Ortalama Sağ	p	SSO Ortalama Sol	p
Sporcu	5.29	0.068	4.18	0.665
Kontrol	3.77		3.79	

Tablo 2: Hava yolu ile elde edilen SSO değerleri.

Atlayıcı ve Kontrol grubundaki katılımcıların her iki kulağında akustik timpanometride, timpanogram çeşidine, Timpanometrik Tepe Basıncına (TTP), statik kompliansına ve akustik refleksine bakılmıştır.

Atlayıcı ve kontrol grubundaki kişilerin tamamında Tip A timpanogram tespit edilmiş olup; fark gözlenmemiştir. TPP değerleri ve statik komplians açısından gruplar sağ kulak, sol kulak olarak karşılaştırıldığı gibi cinsiyetler de kıyaslanmıştır. Kadın cinsiyetinin sonuçlarına göre; "TTP Sağ" değeri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmaktadır ($p < 0,05$). Kontrol grubunda yer alan kadınlara ait ortalama TTP değeri -52,35 daPa; atlayıcı grubunda yer alan kadınlara ait ortalama TTP değeri -7,29 daPa OLUP; anlamlı derecede düşüktür(Tablo3).

Kontrol ve atlayıcı gruplarında yer alan kadınlar arasında "TTP Sol" değeri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır.($p = 0.569$).

Timpanogram	Değişken daPa	Grup-Cinsiyet					Mann - Whitney Testi			
			n	Ortalama	ss.	Min	Max	Sıra Ort.	Z	p
Tip A	TTP Sağ	Kontrol - Kadın	1 7	-52,35	63,40	-168	36	13,68	-2,243	0,025*
		Sporcu - Kadın	1 7	-7,29	31,80	-84	32	21,32		
Tip A	TTP Sol	Kontrol - Kadın	1 7	-62,88	112,54	-320	20	16,53	-0,57	0,569
		Sporcu - Kadın	1 7	-6,24	34,97	-50	65	18,47		

Tablo 3: Orta kulak tepe basınç değeri ortalaması açısından kontrol ve sporcu gruplarında yer alan kadınlar arasındaki farklılığa ilişkin Timpanometri sonuçları.

Statik komplians kadınlarda ortalama değeri; atlayıcı grubunda kadınlarda sağ kulakta 0,65ml, sol kulakta 0,56 ml olarak ölçülmüştür. Kontrol grubunda ise sağ kulakta 0,82 ml, sol kulakta 0,81ml değerler alınmıştır. Bu değer için kadınlar karşılaştırıldığında anlamlı bir fark bulunmamıştır (Tablo 4).

Değişken	Grup-Cinsiyet						Mann - Whitney Testi		
		n	Ortalama	ss.	Min	Max	Sıra Ort.	Z	p
Statik Kompleans Sağ/ml	Kontrol- Kadın	1 7	0,82	0,51	,27	1,70	18,18	-0,397	0,691
	Sporcu - Kadın	1 7	0,65	0,27	,24	1,30	16,82		
Statik Kompleans Sol/ml	Kontrol- Kadın	1 7	0,81	0,60	,1	1,9	18,26	-0,776	0,438
	Sporcu - Kadın	1 7	0,56	0,25	,2	1,2	15,66		

Tablo 4: Orta kulak statik komplians değeri ortalamaları açısından kontrol ve atlayıcı gruplarında yer alan kadınlar arasındaki farklılığa ilişkin Mann-Whitney testi sonuçları.

Sporcu ve kontrol grubunda erkeklerin sağ ve sol kulakları için Timpanometri ile elde edilen Timpanometrik Tepe Basıncı (TTP), ortalamaları değerlendirildiğinde

atlayıcı grubunun TTP ortalaması sırasıyla sağ ve sol kulak için - 7.53 daPa ve - 15.65 daPa iken; kontrol grubunda sağ kulak için -47.35 daPa, sol kulak içinse -47.65 daPa'dir. İki grup arasında sağ kulak için elde edilen TTP değerleri istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır (p=0.075). İki grup arasında sol kulak için elde edilen TTP değerleri istatistiksel olarak yine bir fark bulunmamıştır (p=0.066).

Statik komplians erkeklerde ortalama değeri; atlayıcı grubunda erkeklerde sağ kulakta -15.65 ml, sol kulakta 0,84ml olarak; kontrol grubunda ise sağ kulakta 0,82 ml, sol kulakta 0,73ml değerler alınmıştır. Bu değer için gruplar karşılaştırıldığında anlamlı bir fark bulunmamıştır. Erkek katılımcıların timpanometri sonuçları Tablo 5'de özetlenmiştir.

Timpanogram	Değişken	Grup-Cinsiyet	Mann - Whitney Testi						
			n	Ortalama	Min	Max	Z	p	
Tip A	TTP Sağ DaPa	Kontrol - Erkek	17	-47,35	-248	36	-1,78	0,075	
		Sporcu - Erkek	17	-7,53	-116	100			
	Statik komplians Sağ/ml	Kontrol - Erkek	17	0,82	0,32	1,64	-0,86	0,389	
		Sporcu - Erkek	17	0,86	0,30	2,80			
	TipA	TTP Sol DaPa	Kontrol - Erkek	17	-47,65	-176	35	-1,84	0,066
			Sporcu - Erkek	17	-15,65	-88	44		
Statik komplians Sol/ml		Kontrol - Erkek	17	0,73	0,02	1,62	-0,31	0,756	
		Sporcu - Erkek	17	0,84	0,22	3,80			

Tablo 5: Sporcu ve Kontrol Gruplarında erkeklerin Timpanogram parametreleri.

Akustik Refleks sporcularda ve kontrol grubunda pozitif olarak alınmıştır; çalışma grubunda 68 kulakta (n=34) % 100'inde, kontrol grubunda 68 kulakta (n=34) %100'inde refleks alınmıştır. Gruplar arasında akustik refleks sonucuna göre yapılan

karşılaştırmada istatistiksel olarak bir fark (Pearson Ki-Kare Testi $p=1.000$) bulunamamıştır (Tablo 6).

Kulak sayısına göre	No/ %	Akustik Refleks		Total
		Var	Yok	
Sporcular	N	68	0	68
	%	%100	%09	%100
Kontrol grubu	N	68	0	68
	%	%100	%0	%100
Total	N	136	0	136
	%	%100	%100	%100

Tablo 6: Çalışma ve Kontrol Gruplarında Akustik Refleks yanıtları.

Atlayıcı ve Kontrol gruplarındaki katılımcılarda östaki tüpünün patent olma durumu değerlendirmek için akustik timpanometri cihazı kullanılmıştır. İki grupta tüm kulaklar değerlendirildiğinde; östaki tüpünün patent olma durumu açısından istatistiksel olarak bir fark gözlenmemiştir. Atlayıcı grubundaki 34 katılımcının 68 kulak tamamı değerlendirildiğinde 45 kulakta; kontrol grubundaki 34 katılımcının 68 kulağı değerlendirildiğinde ise 41 kulakta östaki disfonksiyonu olduğu belirlenmiştir. Ancak istatistiksel olarak bu sonucun gruplar arası karşılaştırmasında bir anlam tespit edilememiştir (Tablo 7 ve 8).

		Katılımcılar		Toplam	p
		Kontrol	Sporcu		
Sağ kulak	patent	14	14	28	1.000
	disfonks	20	20	40	
Toplam		34	34	68	
		100.0%	100.0%	100.0%	

Tablo 7: Sağ kulak patent olma durumunun gruplar arasındaki dağılımı

		Katılımcılar		Toplam	p
		Kontrol	Sporcu		
Sol kulak	patent	13	9	22	0.300
	disfonks	21	25	46	
Toplam		34	34	68	
		100.0%	100.0%	100.0%	

Tablo 8: Sol kulak patent olma durumunun gruplar arasındaki dağılımı

İki gruptaki katılımcıların multifrekans Timpanometri cihazı ile rezonans frekans (RF) değerleri karşılaştırılmıştır. Atlayıcılarda sağ kulakta RF ortalama değeri 970.59 Hz (SD±239,67) solda 958,24 Hz (SD±287,02); kontrol grubunda sağda 915 Hz (SD±268,53), solda 910,88 Hz (SD±299,38) olarak ölçülmüştür. Atlayıcılarda sağ kulakta RF ortanca değeri 950 Hz; kontrol grubunda sağ kulakta RF ortanca değeri 900 Hz olup istatistiksel olarak aralarında fark yoktur (p=0.368). Kontrol grubunda ve Atlayıcılarda sol kulakta ortanca değeri 950 Hz ölçülmüştür ve anlamlı fark yoktur (p=0.16). Multifrekans Timpanometri ile bakılan RF değerleri Tablo 9’da özetlenmiştir.

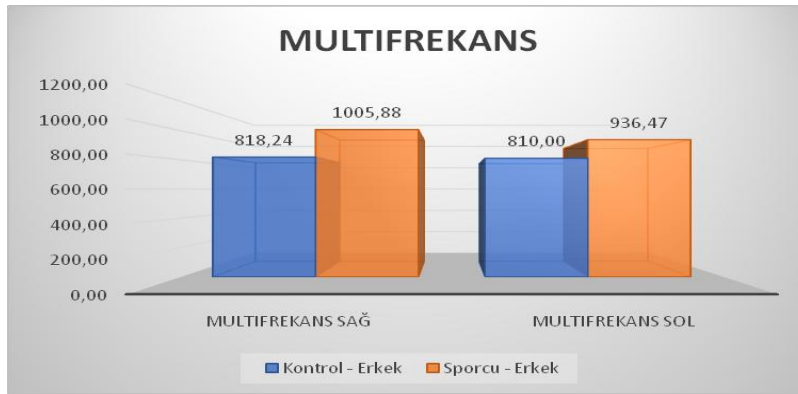
		n	Ortalama	ss.	Min	Max	Z	p
Multifrekans Sağ	Kontrol	34	915,00	268,52	260	1450	-0,901	0,368
	Sporcu	34	970,59	239,67	350	1800		
	Toplam	68	942,79	254,15	260	1800		
Multifrekans Sol	Kontrol	34	910,88	299,38	260	1950	-1,405	0,16
	Sporcu	34	958,24	287,02	260	1550		
	Toplam	68	934,56	292,04	260	1950		

Tablo 9: Grupların RF ortalama değerleri açısından karşılaştırılması.

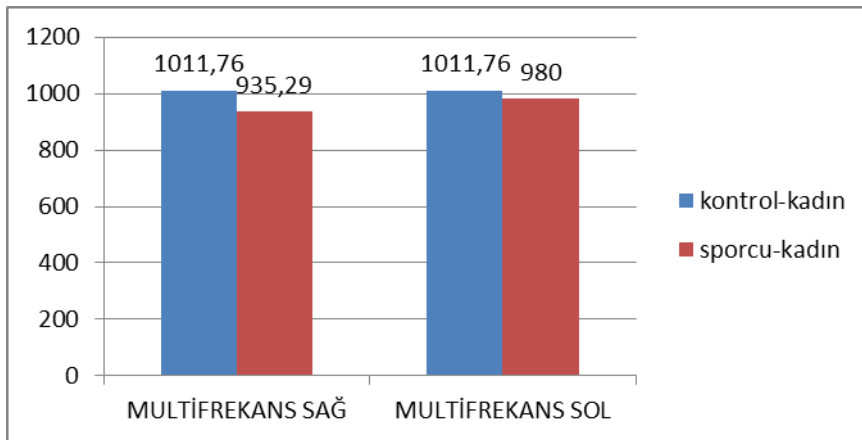
Multifrekans timpanometride RF değerinin cinsiyete göre farklılığı olabileceği göz önüne alınarak kadın ve erkek katılımcılar, RF ortalama ve ortanca

değeri açısından ayrı ayrı karşılaştırılmıştır. Atlayıcı erkeklerde; sağ kulakta RF ortalama değeri 1005,88 Hz (SD±264,51); solda 936,47 Hz (SD±339,72) ölçülmüştür. Kontrol grubundaki erkeklerde ise; sağda 818,24 Hz (SD±278,77),solda 810,00 Hz (SD±257,27) olup, sağ ve sol kulak açısından iki grup arasında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır.[sağ (p=0.177),sol (p=0.273)].

Atlayıcı kadınlarda sağ kulakta RF ortalama değeri 935,29 Hz (SD±214,16) solda 980,00 Hz (SD±231,27) ölçülmüştür. Kontrol grubundaki kadınlarda ise sağda 1011,76 Hz (SD±226,06),solda 1011,76 Hz (SD±311,51) olup, sağ ve sol kulak açısından iki grup arasında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır.[sağ (p=0.89),sol (p=0.356)]. Sonuçlar grafik olarak Şekil 17 ve Şekil 18’de verilmiştir.



Şekil 17: Kontrol-Erkek ve Sporcu-Erkek grubunun “Rözanans Freqans” değerlerinin karşılaştırılması.



Şekil 18: Kontrol-Kadın ve Atlayıcı-Kadın grubunun “Rözanans Freqans” değerlerinin karşılaştırılması.

Araştırmaya katılan grupların cVEMP ve oVEMP testlerinde sağ ve sol kulaktan elde edilen p13-n23/p10-n14 amplitüd; p13-n23/p10 ve n14 latansı ortalama değerleri gruplar arası karşılaştırılarak sonuçlar elde edilmiştir.

İki grubun arasındaki cVEMP testi karşılaştırmasında; *sağ kulak için* atlayıcı grubun P13 latans ortalama değeri 16,43 ms; N23 latans ortalama değeri 22,59 ms; P13-N23 amplitüd değeri de 140,56 μ V olarak bulunmuştur. Kontrol grubun sağ kulak için P13 latans ortalama değeri 16,38 ms; N23 latans değeri 23,33 ms; P13-N23 amplitüd değeri 193,45 μ V olarak bulunmuştur. *Sol kulak için* atlayıcıların P13 latans değeri 16,78 ms; N23 latans değeri 23,4 ms ; P13-N 23 amplitüd değeri ise 137,3 μ V olarak bulunmuştur. Kontrol grubunda sol kulak için P 13 latans değeri 16,46 ms; N23 latans değeri 23,3 ms; P13-N23 amplitüd değeri de 155,38 μ V olarak bulunmuştur. Bu değerler açısından her iki grup arasında sağ ve sol kulak için istatistiksel olarak bir fark gözlenmemiştir (Tablo 10).

	cVEMP Latans P13 Sağ	p	c VEMP Latans P13 Sol	p
Sporcu	16.43 (13.33-20.34)	0.873	16.78 (14.00-19.67)	0.507
Kontrol	16.38 (13.33-20.34)		16.46 (13.00-19.34)	
	cVEMP Latans N23 Sağ	p	c VEMP Latans N23 Sol	p
Sporcu	22.59(18.00-26.33)	0.258	23.4 (19.00-27.10)	0.995
Kontrol	23.33 (18.34-27.67)		23.3 (17.34-27.67)	
		0.556		0.632
	c VEMP Amplitude Sağ	p	cVEMP Amplitude Sol	P
Sporcu	140.56 (43.36-283.74)	0.556	137.3 (40.12-371.20)	0.632
Kontrol	193.45 (15.94-539.20)		155.38 (29.68-410.98)	

Tablo 10: Kontrol ve atlayıcı gruplar arasındaki farklılığa ilişkin cVEMP testi sonuçları.

İki grubun arasındaki oVEMP testi karşılaştırmasında; *sağ kulak için* atlayıcı grubun P10 latans değeri 13.73 ms; N14 latans değeri 10,46 ms; P10-N14 amplitüd değeri de 8,64 μ V olarak bulunmuştur. Kontrol grupta sağ kulak için P 10 latans değeri 13,63 ms; N 14 latans değeri 10,5 ms; P10-N14 amplitüd değeri 6.72 μ V olarak bulunmuştur. *Sol kulak için* atlayıcıların P10 latans değeri 13.99 ms; N14 latans değeri 10.52 ms; P10-N14 amplitüd değeri ise 8,4 μ V olarak bulunmuştur. Kontrol grubun sol kulak için P10 latans değeri 13,9 ms; N14 latans değeri 10.65 ms; P10-N14 amplitüd değeri de 5,13 μ V olarak bulunmuştur.

P 10 latans değeri açısından sağ kulak için ($p = 0.84$) ve sol kulak için P10 ($p = 0.727$) gruplar arası anlamlı fark yoktur. N14 latans değeri için ise sağ kulak için ($p = 0.329$); sol kulak için ($p = 0.912$) yine anlamlı fark yoktur. Amplitüd içinse sağ kulak için ($p = 0.092$) anlamlı fark yokken; sol kulakta gruplar arasında amplitüd için ($p = 0.011$) anlamlı derecede fark bulunmuştur (Tablo 11).

	oVEMP Latans P10 Sağ	p	oVEMP Latans P10 Sol	p
Sporcu	13.75 (8.09-17.00)	0.84	13.99 (7.34-21.29)	0.727
Kontrol	13.63 (6.33-17.63)		13.9(7.34-20.67)	
	oVEMP Latans N14 Sağ	p	oVEMP Latans N14 Sol	p
Sporcu	10.46 (7.67-13.13)	0.329	10.52 (6.67-14.92)	0.912
Kontrol	10.5 (4.67-13.04)		10.65 (6.32-15.67)	

	oVEMP Amplitude Sağ	p	oVEMP Amplitude Sol	p
Sporcu	8.64 (1.66-21.08)	0.092	8.4 (1.99-18.50)	0,011*
Kontrol	6.72 (0.72-18.91)		5.13 (1.32-14.28)	

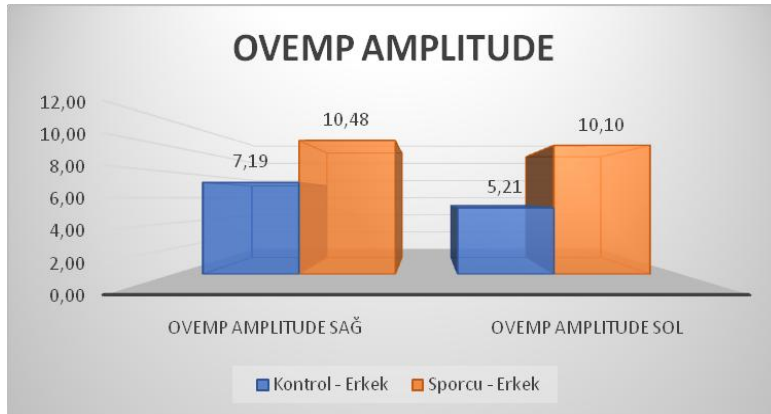
Tablo 11: Kontrol ve atlayıcı gruplar arasındaki farklılığa ilişkin oVEMP testi sonuçları.

Kontrol ve sporcu gruplarında cinsiyetler ayrı ayrı karşılaştırıldığında; kadınlar arasında oVEMP sonuçları arasında fark yokken; erkekler arasında

“oVEMP Amplitude Sol” değişkeni açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmaktadır ($p<0,05$). Kontrol grubunda yer alan erkeklere ait ortalama “oVEMP Amplitude Sol” değeri 5,21 μ V; sporcu grubunda yer alan erkeklere ait ortalama “oVEMP Amplitude Sol” değeri olan 10,10 μ V’den anlamlı derecede dūşüktür. Erkek katılımcıların sonuçları Tablo 12’de ve Őekil 19’da özetlenmiŐtir.

Değişken	Cinsiyet: Erkek	Mann Whitney U Test						
		n	Ortalama	ss.	Min	Max	Z	p
oVEMP Amplitude Sağ	Kontrol	17	7,19	6,04	1,62	18,91	-1,24	0,215
	Sporcu	17	10,48	5,66	2,06	21,08		
oVEMP Amplitude Sol	Kontrol	17	5,21	3,33	1,32	14,28	-2,26	0,024*
	Sporcu	17	10,10	5,87	2,08	18,50		

Tablo 12: Kontrol ve sporcu gruplarında yer alan erkekler arasında oVEMP testi amplitüd sonuçları.



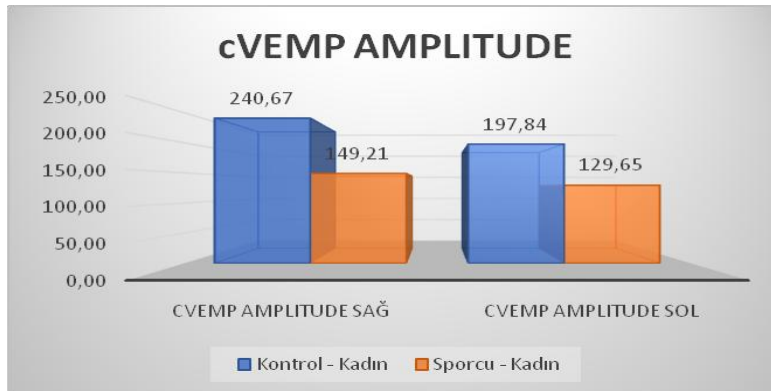
Şekil 19: Kontrol-Erkek ve Sporcu-Erkek grubunun “oVEMP amplitüd” değerlerinin grafik olarak gösterilmesi.

Kontrol ve sporcu gruplarında cinsiyetler ayrı ayrı karşılaştırıldığında; kadınlar arasında “cVEMP amplitude Sol” değişkeni açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmaktadır ($p<0,05$). Kontrol grubunda yer alan kadınlara ait

ortalama “cVEMP amplitude Sol” değeri 197,84 μ V iken; sporcu grubunda yer alan kadınlara ait ortalama “cVEMP amplitude Sol” değeri 129,65 μ V olarak ölçülmüş ve sporcu grupta anlamlı derecede düşük bulunmuştur. Kadın katılımcıların sonuçları Tablo 13’de ve Şekil 20’de özetlenmiştir.

	Cinsiyet : Kadın	Mann-Whitney U Testi					Z	p
		n	Ortalama	ss.	Min	Max		
cVEMP amplitüd Sağ	Kontrol	17	240,67	177,49	15,94	539,20	-1,016	0,309
	Sporcu	17	149,21	56,36	43,36	225,90		
cVEMP amplitüd Sol	Kontrol	17	197,84	101,20	44,55	410,98	-2,154	0,031*
	Sporcu	17	129,65	76,89	40,12	371,20		

Tablo 13: Kontrol ve sporcu gruplarında yer alan kadınlar arasında cVEMP testi amplitüd sonuçları.



Şekil 20: Kontrol-Kadın ve Sporcu-Kadın grubunun “cVEMP amplitüd” değerlerinin grafik olarak gösterilmesi.

5. TARTIŞMA

Su sporları ailesinden olan Trampfen ve Kule atlama sporu, atlama havuzu veya denize, değişik yükseklikteki trampfen veya kulelerden yapılan akrobatik atlama sanatıdır. Olimpiyatlarda trampfen atlayışları 3m'den, kule atlayışları 10 m'den yapılır. Yeni başlayan bir uygulama olan High Diving ise kadınlar için 20 m. Erkekler için ise 27 m. yüksekliğe kurulmuş platformlardan denize atlayarak gerçekleştirilir. Dünya şampiyonalarında 1m. yarışmaları da yapılmaktadır.

Dünyada, uluslararası yüzme federasyonu (FINA) tarafından koyulan kurallarla yönetilen bu branşta, başlangıç dönemlerinde havuz derinlikleri 3,5 m iken sporcuların suya giriş tekniklerinin gelişmesi sonucu, 5-6 m ye varan derinlikler kullanılmaktadır (35).

Sporcular, dalışlarının zorluk derecesi ve bu dalışlarda teknik olarak icra şekillerine göre puan alırlar. Bu sporla ilgilenen sporcularda bacaklar, kollar ve eklemler çok iyi durumda olmalı, kaslarının ise hem esnek hem de havada vücut tutuşunu kontrol edebilecek kadar güçlü olması gerekmektedir. Sporcular genelde 14-16 yaş arasında en iyi dönemlerini yaşarlar (35). Literatür incelendiğinde Trampfen ve kule atlama sporu yapanların kulakla ilgili sağlık durumunu değerlendiren bir çalışma bulunmamaktadır. Bu anlamda çalışmamız bir ilki yansıtmaktadır.

Çalışmamızda 7-15 yaş grubunda olan atlayıcıların işitme ve denge sistemlerini, aynı kriterlere sahip kontrol grubundaki katılımcılarla karşılaştırdık. Katılımcıların tamamında testler öncesi uygulanan anket soruları değerlendirildiğinde; her iki grup arasında sorulara verilen cevaplar arasında bir farklılık gözlenmemiştir. Anket cevaplarında ortalama herkesin yılda en az bir kez kulak burun boğaz muayenesi olduğu belirlenmiştir. Katılımcılarda kulak tıkanıklığı ve baş dönmesi olmadığı ve bunlar sonucunda denge bozukluğu yaşanmadığı belirlenmiştir.

Çalışmamızda sporcu ve kontrol gruplarının, saf ses odyometri sonuçları karşılaştırılmıştır ve bu karşılaştırma sonucu herhangi bir farklılığa rastlanmamıştır. Çalışmamızın çocuk yaş grubundan oluşması saf ses odyometride farklılık çıkmamasını açıklayabilir. Literatürde dalma (scuba) sporu ile ilgilenenlerde odyolojik değerlendirme ile ilgili bir çalışmada; katılımcılar kontrol grubundaki dalış yapmayan bireyler ile karşılaştırılmış ve işitme eşikleri ölçülmüştür. Araştırmanın sonucuna göre dalış yapan ve yapmayan bireyler arasında saf ses odyometri eşiklerinde anlamlı bir farklılık yoktur (36). Bu anlamda bizim çalışmamızdaki saf ses odyometri sonuçlarının literatürle uyumlu olduğu söylenebilir.

Ani basınç değişiklikleri orta kulak fonksiyonlarını etkileyebilir. Trampelen ve kule atlayıcıları günde 1.5-2 saat antreman yapıp; 5-6 m lik derin suyun içine defalarca atlayabilmektedirler. Bu sırada orta kulaktaki basınç değişimlerini inceleyen önceden yapılmış bir çalışma literatürde gözlenmemiştir. Ancak dalma sporu ile ilgilenenlerde yapılan çeşitli çalışmalarda; ani basınç değişikliklerinin iç kulaktan ziyade özellikle orta kulakta barotravmaya yol açtığı ve bu durumun özellikle immitansmetri ile tespit edileceği belirtilmiştir (37). Gerçekten de dalgıçlarla yapılan bir çalışmada; barotravma en sık (%52,1) orta kulakta oluşmuştur (38). Anoroga ve ark. Yaptıkları çalışmada (37); suyun altında dalgıçların karşılaştıkları basınç değişiminde orta kulak fonksiyonlarındaki değişimi 29 dalgıç ile değerlendirmişler ve dalgıçların orta kulak değerlendirmeleri, basıncın olduğu ortam ve basınçsız ortam simüle edilerek karşılaştırmışlardır. Dalgıçların orta kulak değerlendirmelerine Valsalva, Toynbee manevralarının etkileri araştırılmış ve Toynbee manvrasından sonra dalgıçların timpanometrik bulgularında anlamlı değişimler gözlenmiştir (37).

Orta kulağın fonksiyonları incelenirken impedansmetride bakılacak unsurlar genellikle timpanometrik tepe basıncı, orta kulak kompliansı, östaki tüp fonksiyonu en sık değerlendirilen parametrelerdir. Timpanometrik Tepe Basıncı (TPP), orta kulak ve östaki tüpü fonksiyonlarının değerlendirilmesinde tek başına kullanılmamakla beraber, negatif basınç yönünde olması östaki disfonksiyonunu işaret edebilir (15). Bu çalışmada; atlayıcı ve kontrol grubunda yer alan katılımcıların

her iki kulağında da akustik timpanometri ile timpanogram çeşidine, Timpanometrik Tepe Basıncına (TTP), statik kompliansına ve akustik refleksine bakılmıştır.

Atlayıcı ve kontrol grubundaki tüm kişilerde Tip A timpanogram elde edilmiştir. TPP değerleri ve statik komplians ve akustik refleks açısından gruplar sağ kulak, sol kulak olarak karşılaştırılmıştır. Kontrol ve atlayıcı gruplarında yer alan kadınlar arasında sağ kulakları için TTP değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmaktadır ($p<0,05$). Bunun dışında diğer parametreler açısından katılımcılar arasında fark yoktur. Fark gözlenen değer için de oluşan farklılık, her iki grupta da fizyolojik sınırlar içerisindedir.

Derin suya dalan ve dalma sporu ile uğraşanlarda barotravma riski östaki fonksiyon testi ile ölçülmektedir. Bu test 226 Hz timpanometri cihazı ile kolaylıkla yapılabilmektedir. Östaki fonksiyonunun değerlendirilmesi ani basınç değişikliği ile karşılaşan bu kişilerde oldukça önemlidir. Çünkü östaki tüpünün patent olmaması durumu, barotravma riski ile karşı karşı kalmaya yol açabilir (38).

Deniz seviyesinin üzerine çıkıldıkça atmosfer basıncı giderek azalır, deniz seviyesinin altına inildikçe ise giderek artar. ET normal fonksiyon gördüğü sürece; dış ortam basıncında farklılıklar olsa bile orta kulak basıncı atmosfer basıncı ile eşit miktarda tutulur. ET'nin boyut ve açıklığı kişilerde farklılık gösterdiğinden bazı kişilerde barotravma oluşması daha olasıdır ve birçok değişik sebepten dolayı ET disfonksiyonu ortaya çıkabilir ve bu durum negatif orta kulak basıncının eşitlenmesini zorlaştırıp bazen de imkânsız hale getirerek barotravma riskini artırır. Kulak tıkanıklığı irtifa değişikliklerine sebep olan durumlarda yaşanır. Eğer alerji, soğuk algınlığı sebebiyle burun tıkanıklığı ya da bir üst solunum yolu enfeksiyonu varsa, kulak tıkanıklığı görülme ihtimali daha yüksektir (39). Tuba'nın açılma sıklığı jet savaş uçaklarında ve dalışlarda dakikada 3-5 kez, pike yapan uçaklarda ise 15-20 kez olmalıdır (39,40). Orta kulakta basınç azlığını gidermek için basınç eşitleme manevraları geç yapılırsa basınç farkı 80-120 mBar'a ulaşır ve ET bir daha açılmayabilir (tuber blokaj) (39,40).

Çalışmamızda; atlayıcı ve kontrol gruplarındaki katılımcılarda östaki tüpünün patent olma durumu değerlendirmek için akustik admitansmetri cihazı kullanılmıştır. İki grupta da tüm kulaklar değerlendirildiğinde; östaki tüpünün patent olma durumu açısından sağ kulak ($p=1.000$) ve sol kulak ($p=0.300$) için istatistiksel olarak bir fark gözlenmemiş; atlayıcı grubundaki 34 katılımcının 68 kulak tamamı değerlendirildiğinde 45 kulakta; kontrol grubundaki 34 katılımcının 68 kulağı değerlendirildiğinde ise 41 kulakta östaki disfonksiyonu olduğu belirlenmiştir. Çalışmamızdaki trampelen ve kule atlayıcı grubu, çocuk katılımcılardan oluşmakta ve profesyonellik düzeyleri 1.5-2 yıl ile sınırlıdır. Ayrıca çalışmanın yapıldığı zaman aralığı ilkbahar yaz aylarıdır. Bu iki husus orta kulak ve östaki fonksiyonu açısından kontrol grubu ile fark çıkmamasına neden olabilir.

Multifrekans timpanometri, orta kulağı değerlendirmede klasik 226 Hz timpanometriden daha çok cevap verebilir. Bu iki yöntemin orta kulak fonksiyonlarını değerlendirmek için karşılaştırıldığı pek çok çalışmada multifrekans timpanometrinin üstünlüğü gösterilmiştir. Ünlüer ve ark. (41), 2014 yılında yaptıkları çalışmada; 0-28 hafta arasındaki yenidoğan ve infant grubunda Transient Oto-akustik Emisyon ile klasik timpanometri ve multifrekans timpanometri ile testler yapıp karşılaştırmışlardır. 226 Hz prob ton kullanılarak yapılan orta kulak fonksiyon değerlendirmelerinin, özellikle yedi aydan küçük bebeklerde çelişkili test sonuçları verdiğini, 1000 Hz prob ton kullanımının ise daha güvenilir olduğunu belirtmişlerdir. Klasik timpanometri kütle etkisi yaratan patolojilerde sertlik etkisi yaratan patolojilere göre daha da kısıtlıdır. Lai ve ark. (42), 2008' de yaptıkları çalışmada; erişkinlerde klasik timpanometri ile multifrekans timpanometriyi otitis mediada karşılaştırmışlar ve tanıda multifrekans timpanometrinin daha hassas ve objektif olduğunu bildirmişlerdir. Öğüt ve ark.(43), cerrahi olarak gösterilmiş otosklerozlu vakalarında multifrekans timpanometrinin spesifitesini %82, sensitivitesini %80 olarak göstermişlerdir.

Literatürde ani basınç değişikliklerinde multifrekans timpanometri ile rözönans frekansın ölçüldüğü bir çalışmada; yüksek irtifa uçucularının uçucu adaylarına göre daha düşük RF değerine sahip oldukları tespit edilmiştir (44). Vidal

ve ark.(45), 2014'de yaptıkları bir çalışmada trendelenburg pozisyonunda RF değerinin arttığını bulmuşlardır.

Tramplen ve kule atlayıcıları iyi verim alabilmek için antrenmanlarda en fazla 2 farklı hareket yapmayı tercih ederler. Vücudun, düz, bükük, toplu pozisyonlardan birisi ile saltolu veya aynı anda hem salto hem burguyu birleştirerek serilerini defalarda 5-6 m derinlikteki havuzlara atlayarak tekrarlarlar. Tüm bu ani değişimlerin ve kafa üstü atlamaların RF a etkisi bu çalışmada incelenmiştir. Ancak atlayıcılarla kontrol grubu arasında bir farka rastlanmamıştır. Antreman öncesi ve sonrası RF bakılması şeklinde bir başka çalışmanın daha yapılmasının uygun olacağı düşünülmüştür.

Tramplen ve kule atlama sporunda güncel durumu ile 99 u tramplenden 134 ü kuleden olmak üzere değişik elementlerden oluşan 233 atlama vardır (35). Bunlar altı gruba ayrılır ve basitten zora doğru ilerler. Sporcular sadece bu zorlu hareketleri yapılarıyla değil aynı zamanda suya girişleriyle de puan alırlar, su sıçratmadan suya girmek ekstra puan getirir (35). Bu da sporcunun denge mekanizmasının gelişmiş olmasını gerektirmektedir.

Bu çalışmada; tramplen ve kule atlayıcısı çocuk katılımcılarda denge unsuru VEMP testi ile değerlendirilmiştir. Çünkü vestibüler reflekslerin üç önemli fonksiyonel rolü bu sporda önem kazanmaktadır. Bu roller; postürü korumak, hareket sırasında oküler stabilite ve dengeyi korumak için kaslarda geçici kontraksiyonlar üretmek, kas tonusu korumak olarak sayılabilir (46).

VEMP testi oküler ve servikal olarak literatürde pek çok periferik vestibüler hastalıkta kullanıldığı gibi normatif datalarının bulunması ile ilgili de çalışmalar vardır. Yapılan bir çalışmada 3 yaş üzerindeki çocukların erişkinlerle aynı normatif datalara sahip olduğu ve parametrelerde yaşa bağlı farklılıkların çıkmadığı tespit edilmiştir (47). Kliniğimizde yapılan kemik uyaran ile oVEMP testi normatif data çalışmasına göre sağlıklı erişkinlerde, ortalama n1 latansı $9,9 \pm 1,87$ (6,33-15,00) ms; p1 latansı $12,75 \pm 1,41$ (9,67-15,67) ms olarak ve amplitüd ortalaması $5,06 \pm 1,97$

(2,93- 11,12) μ V olarak bulunmuştur (48). Yine kliniğimizde yapılan hava yolu uyaran ile oVEMP testi normatif data çalışmasına göre sağlıklı erişkinlerde, latans süresi $9,85 \pm 1,85$ ms ve amplitüd süresi $7,8 \pm 4,09$ μ V olarak tespit edilmiştir (49).

cVEMP de amplitüd farklılığı ve dolayısıyla amplitüd asimetri oranı önemli bir parametredir. Özmen A. (50) yaptığı bir tez çalışmasında; cVEMP testinde sağ sol cevap farklılığını azaltmak için tansiyon aleti manşonunda oluşturulan sabit bir basınç ile beraber sternokleidomastoid kasın kasılması ile VEMP ölçümleri alınmış; ancak amplitüdüler arasındaki değişkenliğin azaltılması amacına yaklaşılmakla birlikte, yeterli başarı sağlanamamıştır. Amplitüd değişkenliğini ilgilendiren çok sayıda faktörün kontrol altına alınması için daha fazla çalışmaya ihtiyaç olduğu belirtilmiştir. Çalışmamızda cVEMP cevapları değerlendirilirken; amplitüd asimetri oranı ve düzeltilmiş amplitüd cevabı parametrelerine bakılmamıştır. Ancak cVEMP cevapları açısından sporcu ve kontrol grubu karşılaştırıldığında anlamlı bir farka rastlanmamakla beraber cinsiyet farklılığı araştırıldığında; kadın sporcu katılımcılarda istatistiksel olarak sol kulak cVEMP amplitüd değerlerinde anlamlı bir düşüş gözlenmiştir. Katılımcı sayısının artırılmasının bu değerdeki farklılığı açıklamak için uygun olacağı düşünülmüştür.

Çalışmamızda oVEMP cevapları değerlendirildiğinde; atlayıcı grup ile kontrol grubunun arasında sprocularda daha yüksek amplitüd olmak üzere anlamlı bir farka rastlanmıştır. Kadın ve erkek olarak cinsiyet faktörü araştırıldığında bu anlamlı yüksek amplitüd değerinin daha çok sporcu erkeklerden kaynaklandığı tespit edilmiştir.

Dengede postural kontrol ve kas tonusunun maksimum kullanıldığı mesleklerde denge ile ilgili çalışmalar incelenmiştir. Yoga yapan ve yapmayan iki grup arasında cVEMP değerleri karşılaştırıldığında; yoga yapanlarda amplitüd değerinde artış ve latans değerinde azalma tespit edilmiştir. Bu değişikliklerin düzenli yoga yapanlarda kas gücünün ve tonusunun artışı, postüral kontrolünün artışı ile oluşan vestibüler sistemdeki plastisiteye bağlanmıştır (51).

Postural kontrolün dansçı, dansçı olmayan ve vestibüler nöriniti olanlar arasında karşılaştırıldığı bir başka çalışmada; denge testleri olarak kalorik test ve dinamik posturografi kullanılmıştır (52). Kompanse vestibüler nörinit hastaları ile dansçıların aynı değerlere sahip olduğu ve dansçı olmayan kontrol grubu ve non-kompense nörinit hastalarına göre daha yüksek dinamik posturografi değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu da dansçı ve kompanse hastalarda vestibüler sistemden çok somatosensör bilginin daha önem kazandığını göstermektedir (52).

Su altına dalan profesyonel dalgıçlarda vestibüler sistemin değerlendirildiği bir çalışmada vestibüler sistem smooth pursuit testi ile değerlendirilmiş ve sonuçta dalgıçlarda daha düşük hız değerleri tespit edilmiştir. Bunun dalgıçlarda alışkanlık sürecinin bir sonucu olarak değerlendirilmiştir (53).

Lavon ve ark. (54), dalma sporu ile ilgilenenlerde VEMP testi sonuçlarını incelemiştir. 12 dalgıçta dalmanın hemen sonrası ve 24 saat sonrası ile 12 gönüllü kişinin sonuçlarını karşılaştırdıklarında; dalgıçlarda latanslarda istatistiksel olarak bir düşme tespit etmişlerdir. Ancak diğer parametrelerde ve dalamanın hemen sonrası ile 24 saat sonrası arasında bir farklılık görmemişlerdir (54). Bizim çalışmamızda testler, antremandan yaklaşık 6 saat sonra katılımcıların kliniğe gelmeleri sağlanarak uygulanmıştır. Antreman öncesi test yapılmamıştır. Ancak Lavon ve ark.'nın yaptığı çalışmada tekrarlayan testler arasında farklılığın olmaması bunun gerekli olmadığını ortaya koymaktadır.

Çalışmamızda özellikle erkek sporcularda oVEMP amplitüd değerlerinde anlamlı olarak daha yüksek değerler tespit edilmiştir. Bununla beraber latans değerlerinin de literatürle uyumlu olarak daha düşük olması beklenmektedir. Ancak çalışmamızda sporcuların profesyonellik süresi kısadır (1.5-2 yıl) ve katılımcı sayısı düşüktür. Bu nedenle trampelen ve kule atlayıcılarında denge unsurlarının birden fazla test ile değerlendirildiği daha yüksek sayıda ve daha uzun profesyonel katılımcının olduğu çalışmalara ihtiyaç vardır.

Çalışmamızın bir diğer kısıtlılığı, her ne kadar çalışmamız ileriye dönük, kontrollü bir klinik çalışma olarak tasarlanmış ve yürütülmüş olsa da testleri yapan ve sonuçları değerlendiren çalışmacı, çalışmaya alınan katılımcıların özelliklerine kör değildir. Çalışmamızın yapıldığı mevsimin de sonuçları etkileyebileceği düşünülmüştür.

Bütün bunlara rağmen çalışmamız trampelen ve kule atlayıcılarının bağlı olduğu Türkiye Yüzme Federasyonu sprocularının orta kulak -iç kulak ve denge fonksiyonlarını ölçerek literatürde bir ilk olma özelliğine sahiptir. Östaki tüpü fonksiyonunu ölçmek için daha etkili bir testin kullanıldığı, denge unsurlarını sadece VEMP ile değil dinamik postural grafi gibi birden fazla test ile değerlendirildiği katılımcı sayısının daha fazla olduğu çalışmalara ışık tutacak bir çalışma olmuştur.

Sonuç olarak, bu çalışma ile trampelen ve kule atlayıcılarında ani basınç değişikliği, kontrol grubuna göre orta kulak fonksiyonlarında ve işitme düzeylerinde açısından istatistiksel olarak bir fark yaratmamaktadır. Ancak trampelen ve kule atlayıcılarında oVEMP amplitüd değerlerinde istatistik olarak anlamlı fark bulunmuştur. Bu sporla ilgilenen ve bu spora başlayacak çocuklarda atlama programına başlamadan önce eğitim ve gerekirse simülasyon çalışmalarının yapılması uygun olacaktır.

6. KAYNAKLAR

1. Akyıldız N. Kulak Hastalıkları ve Mikrocerrahisi. Cilt 1 Ankara Bilimsel tıp yayınevi; 1998.
2. <http://koklea.tripod.com/kulak.htm>
3. Koç C. Kulak Burun Boğaz Hastalıkları ve Baş Boyun Cerrahisi. Ankara, Güneş Kitapevi; 2004.
4. Moller M. Hearing its and Pathophysiology, , California, Academic Press. 3:74-75; 2000.
5. Lee JH., Marcus DC. Endolymphatic Sodium homeostasis by Reissner's membrane. Neuroscience 119(1): 3-8; 2003.
6. Moller A.R. Hearing: Anatomy, Physiology and Disorders of the Auditory System, San Diego California, Elseivers. 6-10: 2006.
7. Seikel JA, King DW, Drumright D.G. Anatomy & Physiology for Speech, Language and Hearing, Fourth Edition , Delmar , 2010.
8. Reilly, R.C., Sando, I.: Anatomy and physiology of the eustachian tube, In Cummings fifth ed: Otolaryngology Head and Neck Surgery, Vol. 2, Ch 131, pp. 1866-1875. C.W. Mosby Elsevier, Philadephia, 2010.
9. Özdamar O.İ., Acar, G.Ö., Tekin M.:Östaki Tüpünün Embriyolojisi ve Anatomisi, Curr Pract ORL, 11(2):67-71, 2015.
10. Ishijima K, Sando I, Balaban C, Suzuki C, Takasaki K. Length of the eustachian tube and its postnatal development: computer-aided three dimensional reconstruction and measurement study. Ann Otol Rhinol Laryngol, 109: 542-548, 2000.
11. Takasaki K,Sando I,Balaban CD, Miura M.Functional anatomy of the tensor veli palatini muscle andOstmann's fatty tissue. Ann Otol Rhinol Laryngol,111: 1045-1049, 2002.
12. Çelik, O., Uz, U.: Östaki tüpü fizyolojisi ve fonksiyonları, Curr Pract ORL, 11(2):72-80, 2015.
13. Uzun, C.: Uçuculukta ve Dalgıçlıkta Kulak, In Onur Çelik (ed): Otoloji ve Nörotoloji, Cilt 2, Ch 48, pp.755-775, Elit Ofset Matbaacılık, İstanbul, 2013.

14. Martin, C., Karkas, A., Prades, J.M.: Tubotympanic system functioning, *Eur Ann Otorhinolaryngol Head Neck Dis*, 134(3):177-184, 2017.
15. Hunter, LL. and Sanford, C. A.: Tympanometry and Wideband Acoustic Immitance, In Katz J seventh ed: *Physiologic Principles and Measures*, Section 2, Ch 9, pp.137-163. Walters Klumer, Philedelphia, 2015.
16. Wright, C.,& Schwade, N. Anatomy and physiology of the vestibular system. In R. Roeser, M. Valente & H. Hosford-Dunn (Eds.), *Audiology: Diagnosis* (2nd ed.). New York, NY: Thieme Medical Publishers, Inc. 2007.
17. O'Reilly R, Grindle C, Zwicky EF, Morlet T. Development of the vestibular system and balance function: differential diagnosis in the pediatric population. *Otolaryngol Clin North Am*. 44: 251–271, 2011.
18. Peck JE. Development of hearing. Part II. Embryology. *J Am Acad Audiol* 5: 359–365, 1994.
19. Hızal E. Vestibüler sistemin anatomi ve fizyolojisi. In: Belgin E, editor. *Temel Odyoloji*. Ankara: Güneş Tıp Kitabevleri; p. 57-69, 2015.
20. Hain, T. C.,& Helminski, J. O. Anatomy and Physiolo-gy of the Normal Vestibular System. In S.J. Herdman (Ed). *Vestibular Rehabilitation*. Philadelphia, PA: F.A. Davis Com- pany, 2007.
21. Van De Graaff KM. Senses of hearing and balance. In: Van De Graaff KM, editor. *Human Anatomy*. Sixth ed. USA: The McGraw-Hill Companies; p. 516-30, 2001.
22. Nandi R, Luxon LM. Development and assessment of the vestibular system. *Int J Audiol*. 47:566–577, 2008.
23. Bronstein AM: Vestibular reflexes and positional manoeuvres. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 74: 289–293, 2003.
24. Bickford, R., Jacobson, J., Cody, D. Nature of average evoked potentials to sound and other stimuli in man. *Ann. N. Y. Acad. Sci*. 112: 204-223, 1964.
25. Colebatch, J.G., Halmagyi, G.M., Skuse, N.F. Myogenic potentials generated by a click-evoked vestibulocollic reflex. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry*. 57: 190-197; 1994.

26. Colebatch JG, Halmagyi GM. Vestibular evoked potentials in human neck muscles before and after unilateral vestibular deafferentation. *Neurology*. 42: 1635-1636, 1992.
27. Welgampola, M. S., Colebatch, J. G. Characteristics and clinical applications of vestibular-evoked myogenic potentials. *Neurology*. 64(10): 1682–1688, 2005.
28. Hızal E, Erbek S, Özlüoğlu LN. Vestibular Evoked Myogenic Potentials (VEMP). *Bozok Tıp Derg*. 1(1): 26-37, 2014.
29. Kırkım, G.: İmmittansmetrik değerlendirme yöntemleri, In Erol Belgin ed: *Temel Odyoloji*, Ch 9, pp. 105-112. Güneş Tıp Kitabevleri, Ankara, 2015.
30. Sezin, R.K.: Normal işitmeye sahip yetişkinlerde multifrekans timpanometri normalizasyon değerleri, Yüksek Lisans Tezi, Başkent Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Kulak Boğaz Anabilim Dalı Odyoloji ve Konuşma Ses Bozuklukları Bölümü, Ankara, 2011.
31. Kökten, N., Eğilmez, O.K.: Geniş band ve multifrekans timpanometri, *Türkiye Klinikleri J E.N.T.-Special Topics*, 8(2):26-31, 2015.
32. Iacovou, E., Vlastarakos, P.V., Ferekidis E. et al.: Multi-frequency tympanometry: Clinical applications for the assesment of the middle ear status, *Indian J Otolaryngol Head Neck Surg*, 65(3):283-287, 2013.
33. http://tyf.gov.tr//TYF_KIŞ_KUPASI_REGLAMANI.pdf
34. <http://library.la84.org/SportsLibrary/JOH/JOHv10n2/JOHv10n2f.pdf>
35. https://www.fina.org/sites/default/files/2018.fina_diving_officials_manual_2018-2021.pdf
36. Klingmann C, Knauth M, Ries S, Tasman AJ. Hearing threshold in sport divers:is diving really a hazard for inner ear function? *Arch Otolaryngol Head Neck Surg*. 130(2):221-5, 2004.
37. Anoraga, J S. , Bramantyo, B., Bardosono, S. et.al. An overview of changes in pressure values of the middle ear using impedance audiometry among diver candidates in a hyperbaric chamber before and after a pressure test. *IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series* 884, 2017.
38. Farmer JC. Era and sinus problems in diving. *Diving Medicine*, 2nd edition. Philadelphia: WB Saunders: 200-222,1990.

39. Bluestone CD and Doyle WJ. Anatomy and physiology of eustachian tube and middle ear related to otitis media. *J Allergy Clin Immunol* 81: 997–1003, 1988.
40. Ildız F. KBB Baş ve Boyun Cerrahisi Uzmanı Uçuş Doktoru. Erişim: <http://www.hvtd.org/htm/wordpress>. Erişim Tarihi: 10.11.2013.
41. Ünlüer, N.Ö., Türkyılmaz, M.D., Budak, B. et al.: Yenidoğan ve infantta multifrekans timpanometri bulguları, H.Ü. Sağlık Bilimleri Fakültesi Dergisi,1(1), 2014.
42. Lai, D., Li, W., Xian, J. et al.: Multifrequency tympanometry in adults with otitis media, *Eur Arch Otorhinolaryngol*, 265:1021-1025, 2008.
43. Öğüt, F.: Multifrekansiel timpanometri ölçümlerinin otosklerotik ve normal orta kulaklardaki karşılaştırılması, Odyoloji Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 2006.
44. Tuncer, M.M.: Çoklu frekans Timpanometri ölçümlerinin uçucularda ve uçucu adaylarında karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Başkent Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Kulak Boğaz Anabilim Dalı Odyoloji ve Konuşma Ses Bozuklukları Bölümü, Ankara, 2014.
45. Franco-Vidal, V., Bonnard, D., Bellec, O. et al.: Effects of body tilt on multifrequency admittance tympanometry, *Otol and Neurotol*, 36:737-740, 2014.
46. Ardiç F. Vertigo. İzmir: Güven Yayınevi; 2004.
47. Kuhn JJ, Lavender VH^{2,3,4}, Hunter LL^{2,3,4}, McGuire SE⁵, Meinzen-Derr J^{2,4,6}, Keith RW^{3,4}, Greinwald JH²Ocular Vestibular Evoked Myogenic Potentials: Normative Findings in Children”, *J Am Acad Audiol.*, 2018May;29(5):443-450.
48. Alp Gülfem, “Sağlıklı Erişkinlerde Kemik Yolu İletimli Ses Uyaranlı Oküler Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyel Testi Normalizasyon Değerleri”, Uzmanlık Tezi, Başkent Üniversitesi Tıp Fakültesi Kulak Burun Boğaz Anabilim Dalı, Ankara 2014
49. Erbek, Seyra , “Sağlıklı Erişkin Bireylerde Okülervestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyel (Ovemp) Normaldeğerleri”, Yüksek Lisans Tezi, Başkent Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Kulak Boğaz Anabilim Dalı Odyoloji Ve Konuşma Ses Bozuklukları Bölümü, Ankara, 2012

50. Özmen, Ömer, “Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyellerin (Vemp) Ölçüm Tekniğinin Geliştirilmesi Ve Bursa Yöresine Ait Normatif Değerlerin Belirlenmesi” Doktora Tezi, T. C.Uludağ Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Fizyoloji Anabilim Dalı , Bursa-2014
51. Shambhu T, Kumar SD, Prabhu P. Effect of practicing yoga on cervical vestibular evoked myogenic potential. *Eur Arch Otorhinolaryngol.* Oct;274(10):3811-3815,2017.
52. Martin-Sanz E, Ortega Crespo I, Esteban-Sanchez J.et. al. Postural stability in a population of dancers, healthy non-dancers, and vestibular neuritis patients. *Acta Otolaryngol.* Sep;137(9):952-956, 2017.
53. Sharoni Z, Shupak A, Spitzer O, Nachum Z, Gadoth N. Vestibular findings in professional divers. *Ann Otol Rhinol Laryngol.* Feb;110(2):127-31,2001.
54. Lavon H, Tal D, Kaminski-Graif G.et. al. Vestibular evoked myogenic potentials and saccular plasticity in divers. *Aviat Space Environ Med.* Feb;81(2):103-6, 2010.